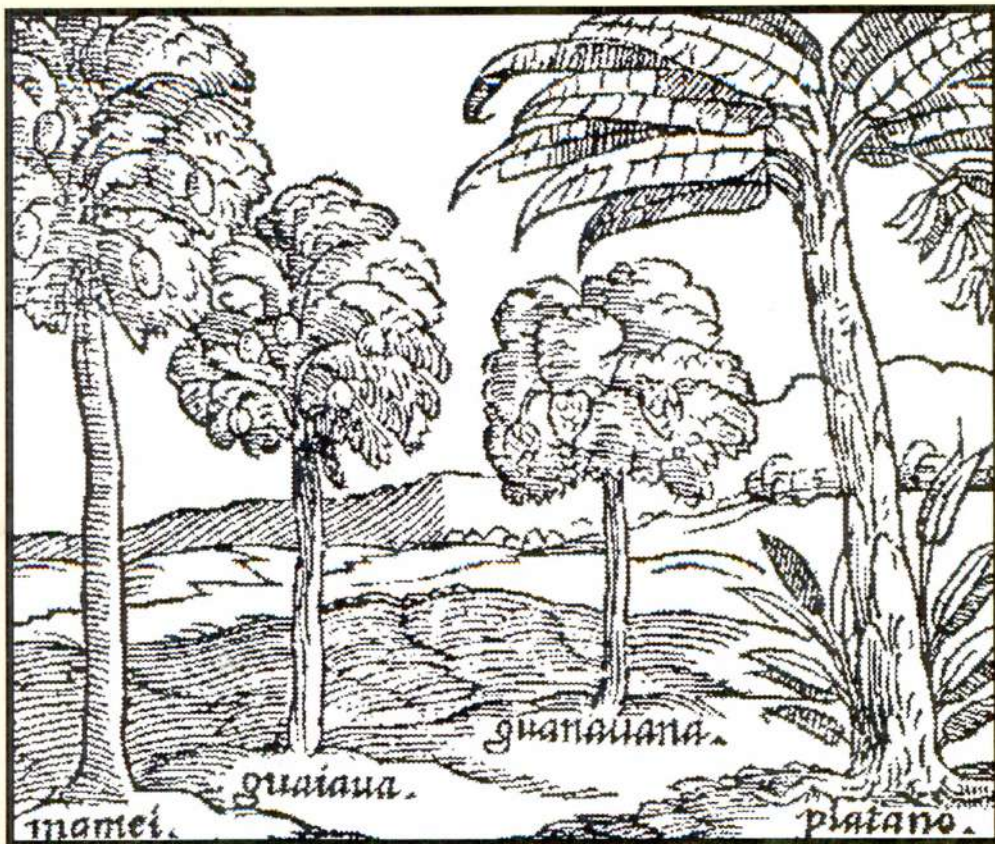


tropicales

BOTANICA DE LOS CULTIVOS TROPICALES

Jorge León



CA
-84
2706



3ra edición
revisada y
aumentada

BOTANICA DE LOS CULTIVOS TROPICALES

Tercera edición revisada y aumentada

Jorge León

Editorial Agroamérica
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

San José, Costa Rica

2000

CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION

* RODRIGO PEÑA *

ICA - COLOMBIA

© Jorge León
Tercera edición revisada y aumentada, IICA, 2000.

Originalmente publicado como *Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales*, 1968
Library of Congress Catalog Card Number: 68-8291.

Segunda edición revisada y aumentada, 1987.

Derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin autorización escrita del autor y del IICA.

Las ideas y los planteamientos contenidos en este libro son propios del autor y no representan necesariamente el criterio del IICA.

La Editorial Agroamérica, por medio de la Unidad de Edición y Traducción, fue responsable por el levantado de texto, la coordinación editorial y la revisión de pruebas y artes finales de este libro, y por medio de la Unidad de Diseño, Diagramado, Impresión y Encuadernación, del diseño de portada, el diagramado, el montaje, la fotomecánica, la impresión y la encuadernación.

Ilustración de la cubierta: Árboles frutales del Nuevo Mundo. Tomada de Benzoni, Girolamo. 1572. *Historia del Mundo Novo*. Venecia, G.M. Bonelli. p. 60.

León, Jorge

Botánica de los cultivos tropicales. 3a. ed. rev. y aum. - San José, C.R.: IICA, 2000, c 1968.

xxiii, 522 p. ; 24 cm. - (Colección Libros y Materiales Educativos / IICA ; no. 84).

ISBN 92-9039-395 5

1. Botánica. 2. Cultivos. 3. Trópicos. I. IICA. II. Título.

AGRIS
F01

Dewey
581.0724

Colección Libros y Materiales Educativos no. 84

ISBN 92-9039-395 5

Este libro fue publicado por la Editorial Agroamérica del IICA.
La colección Libros y Materiales Educativos tiene como fin
contribuir al desarrollo agrícola de las Américas.

Enero, 2000
San José, Costa Rica

IICA
LME-84
2000
MFN-2706

EXPLICACIÓN

Este libro es la tercera edición revisada y actualizada de "Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales", publicado originalmente por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en 1968. En esta nueva edición, las familias de plantas se han dispuesto siguiendo un sistema de clasificación filogenética más moderno; también se han hecho adiciones de cultivos en desarrollo, correcciones y cambios, especialmente en nomenclatura y referencias.

Su finalidad es dar a los estudiantes de agronomía de América Latina la información básica sobre el origen, la diversidad y la estructura de las plantas cultivadas en los trópicos. Ese tratamiento se hace por familias y especies, siguiendo el sistema filogenético de C. Cronquist (1981). Para los nombres de los cultivos no se dan las formas académicas, sino las denominaciones de uso corriente en América Latina; así se usa "limón" en vez de "limonero" y "nuez moscada" en lugar de "moscadero". El término "cultivo" se emplea en su acepción común, o sea como especie cultivada, que equivale al inglés "crop" o al francés "culture". En la mayoría de los casos, se da el nombre en español y portugués.

Los nombres científicos se reducen al genérico y específico, sin citar autores, y los sinónimos más comunes se dan entre paréntesis. A menudo se emplea el término "cultivar" como equivalente a variedad cultivada. Para la terminología se ha seguido, en lo posible, las definiciones y la ortografía del "Diccionario de Botánica" de P. Font Quer.

El autor desea expresar su agradecimiento al Dr. R.E. Schultes (Universidad de Harvard) y al Dr. R.A. Hamilton (Universidad de Hawái), por sus sugerencias en la preparación del libro; a Susana Raine (IICA), por el apoyo brindado para la publicación de esta nueva edición; a Máximo Araya (IICA), por su ayuda editorial; al Ing. Oscar Vélchez (La Molina, Perú), Francisco Hodgson (Universidad Nacional, Costa Rica) y Anabelle Maffioli, por la preparación de ilustraciones; y al personal de las bibliotecas del Tropen Institut (Amsterdam), de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), localizado en Turrialba, Costa Rica, por su cooperación.

También agradece al doctor Franz Schwanitz (Universidad de Hamburgo), por el permiso de reproducir ilustraciones; al Director del Field Museum of Natural History (Chicago), por los dibujos de "Tropical and Subtropical Fruits" de L.B. Dalhgren; y al Director del Departamento de Agricultura de Filipinas, por autorizar la copia o el arreglo de ilustraciones de la obra de W.H. Brown titulada "Useful Plants of the Philippines".

Finalmente, a su esposa, Maruja Sáenz de León, por su constante ayuda en la preparación y revisión del texto.

Jorge León

San José, Costa Rica, mayo de 1997

CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION

"RODRIGO PEÑA"

NCA - COLOMBIA

This One



1Y1T-LGE-CGP7

CONTENIDO

1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS CULTIVADAS	1
Diversidad varietal	1
Riqueza en formas diferentes	2
Producción uniforme	3
Alto rendimiento	4
Bajo contenido de sustancias tóxicas o irritantes	4
Métodos especiales de propagación	6
Otras características	6
Referencias	6
2. FACTORES QUE DETERMINAN LA VARIABILIDAD EN LOS CULTIVOS	7
Mutación	8
Poliploidia	10
Hibridación	11
Selección	13
Migración	14
Referencias	15
3. DOMESTICACIÓN DE LAS PLANTAS	15
Naturaleza de la evidencia	15
Condiciones previas a la domesticación	17
Procesos de domesticación	18
Agricultura incipiente	20
Referencias	21
4. REGIONES DE DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS CULTIVOS TROPICALES	21
Distribución de la diversidad genética	21
Áreas de concentración genética	22
Regiones de concentración de cultivos en los trópicos	23
Relaciones entre las tres regiones tropicales	39
La época de los descubrimientos y el desarrollo de los cultivos tropicales	40
Expansión de los cultivos industriales	42
Referencias	42

5. SISTEMÁTICA Y NOMENCLATURA	44
Especies y poblaciones	44
Nomenclatura	45
Clasificación de las plantas cultivadas	47
Referencias	48
DICOTILEDÓNEAS	49
6. MAGNOLIALES	50
ANONÁCEAS	50
Chirimoya, anona, <i>Annona cherimola</i>	50
Sarumuyo, anona, ata, fruta do conde, <i>Annona squamosa</i>	52
Atemoya, <i>Annona cherimola x squamosa</i>	53
Anona, corazón de buey, <i>Annona reticulata</i>	53
Ilama, anona blanca, <i>Annona diversifolia</i>	54
Guanábana, graviola, <i>Annona muricata</i>	54
Poshté, <i>Annona scleroderma</i>	55
Soncoya, <i>Annona purpurea</i>	56
Biribá, corosol, <i>Rollinia mucosa</i>	56
Ylangylang, <i>Cananga odorata</i>	56
MIRISTICÁCEAS	57
Nuez moscada, <i>Myristica fragrans</i>	57
REFERENCIAS	59
7. LAURALES	60
LAURÁCEAS	60
Frutales	60
Aguacate, palta, <i>Persea americana</i> (<i>P. gratissima</i>)	60
Coyo, chinini, yas, <i>Persea schiedeana</i>	64
Especies	64
Canela, <i>Cinnamomum verum</i> (<i>C. zeylanicum</i>)	64
Casia de China, <i>Cinnamomum aromaticum</i> (<i>C. cassia</i>)	65
Casia de Vietnam, <i>Cinnamomum loureirii</i>	66
Casia de Indonesia, <i>Cinnamomum burmannii</i>	66
REFERENCIAS	66
8. PIPERALES	66
PIPERÁCEAS	66
Pimienta, pimienta negra, pimienta do reino, <i>Piper nigrum</i>	66
Pimienta de Java, <i>Piper retrofractum</i> (<i>P. officinarum</i>)	69
Pimienta larga, <i>Piper longum</i>	69
Cubeba, <i>Piper cubeba</i>	69

Betel, <i>Piper betle</i> .....	.70
Pimienta de Guinea, <i>Piper guineense</i> .....	.70
REFERENCIAS .....	.70
9. URTICALES .....	.70
CANNABIDÁCEAS .....	.70
Cáñamo, marijuana, <i>Cannabis sativa</i> .....	.70
MORÁCEAS .....	.71
Fruta de pan, <i>Artocarpus altilis</i> (<i>A. communis</i>) .....	.71
Jaca, jack fruit, <i>Artocarpus heterophyllus</i> (<i>A. integrifolius</i>) .....	.74
Champedak, <i>Artocarpus integer</i> (<i>A. champeden</i>) .....	.75
Marang, <i>Artocarpus odoratissima</i> .....	.75
Hule, <i>Castilla elastica</i> .....	.76
CECROPIÁCEAS .....	.76
Uvilla, mapatí, <i>Pourouma cecropiifolia</i> .....	.76
URTICÁCEAS .....	.76
Ramio, <i>Boehmeria nivea</i> .....	.76
REFERENCIAS .....	.78
10. CARIOPILALES .....	.79
CACTÁCEAS .....	.79
Tuna, nopal, <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	.79
Pitahaya, <i>Hylocereus</i> spp., <i>Selenicereus</i> spp. ....	.81
Pitahaya amarilla, <i>Selenicereus megalanthus</i> .....	.81
Pitayo, <i>Stenocereus queretaroensis</i> .....	.81
Guamacho, grosella de Florida, <i>Pereskia aculeata</i> .....	.82
QUENOPODIÁCEAS .....	.82
Quinoa, <i>Chenopodium quinoa</i> .....	.82
Cañihua, <i>Chenopodium pallidicaule</i> .....	.82
Huauzontle, <i>Chenopodium berlandieri</i> (<i>C. nuttalliae</i>) .....	.83
AMARANTÁCEAS .....	.84
Granos, pseudocereales .....	.84
Huahtli, alegría, <i>Amaranthus hybridus</i> (<i>A. hypochondriacus</i> , <i>A. leucocarpus</i>) .....	.84
Achis, coimi, <i>Amaranthus caudatus</i> (<i>A. edulis</i>) .....	.84
Hortalizas .....	.85
PORTULACÁCEAS .....	.85
Espinaca de Suriname, <i>Talinum fruticosum</i> (<i>T. triangulare</i>) .....	.85
BASELÁCEAS .....	.86
Espinaca de Ceilán, bertalha, <i>Basella alba</i> (<i>B. rubra</i>) .....	.86
Ulluco, melloco, <i>Ullucus tuberosus</i> .....	.87
REFERENCIAS .....	.88

11. DILLENIALES .....	.89
DILLENIÁCEAS .....	.89
Hondapara, <i>Dillenia indica</i> .....	.89
REFERENCIA .....	.89
12. TEALES .....	.90
CARIOCARÁCEAS .....	.90
Pequi, <i>Caryocar brasiliense</i> .....	.90
Suari, <i>Caryocar nuciferum</i> .....	.90
Piquiá, <i>Caryocar villosum</i> .....	.90
TEÁCEAS .....	.92
Té, <i>Camellia sinensis</i> (<i>Thea sinensis</i>) .....	.92
CLUSIÁCEAS (GUTÍFERAS) .....	.95
Mangostán, <i>Garcinia mangostana</i> .....	.96
Mandú, <i>Garcinia dulcis</i> .....	.97
Imbe, <i>Garcinia livingstonei</i> .....	.97
Madroño, <i>Garcinia madruno</i> .....	.97
Bacuripari, <i>Garcinia macrophylla</i> .....	.97
Mamey, <i>Mammea americana</i> .....	.98
Bacurí, <i>Platonia esculenta</i> (<i>P. insignis</i>) .....	.99
REFERENCIAS .....	.99
13. MALVALES .....	.100
TILIÁCEAS .....	.100
Yute, <i>Corchorus capsularis</i> .....	.100
<i>Corchorus olitorius</i> .....	.102
Falsa, <i>Grewia asiatica</i> .....	.103
Capulín, calabura, <i>Muntingia calabura</i> .....	.103
ESTERCULIÁCEAS .....	.103
Cacao, <i>Theobroma cacao</i> L. ....	.104
Cupuassú, <i>Theobroma grandiflorum</i> .....	.110
Pataste, <i>Theobroma bicolor</i> .....	.110
Kola, <i>Cola nitida</i> , <i>C. acuminata</i> .....	.110
BOMBACÁCEAS .....	.111
Kapok, <i>Ceiba pentandra</i> .....	.111
Zapote amarillo, zapote, <i>Matisia cordata</i> (<i>Quararibea cordata</i>) .....	.113
Durián, <i>Durio zibethinus</i> .....	.113
Lai, <i>Durio kutejensis</i> .....	.114
MALVÁCEAS .....	.114
Fibrosas .....	.115
Algodón, <i>Gossypium hirsutum</i> .....	.115
<i>Gossypium barbadense</i> .....	.120

<i>Gossypium arboreum</i>	120
<i>Gossypium herbaceum</i>	120
Kenaf, <i>Hibiscus cannabinus</i>	120
Rosella, <i>Hibiscus sabdariffa</i>	122
Aramina, guaxima, <i>Urena lobata</i>	124
Hortalizas	124
Okra, gumbo, <i>Abelmoschus esculentus</i> (<i>Hibiscus esculentus</i>)	124
Aibika, <i>Abelmoschus manihot</i>	125
Oleaginosa	126
Almizchillo, <i>Abelmoschus moschatus</i>	126
REFERENCIAS	126
14. LECITIDALES	127
LECITIDÁCEAS	127
Nuez de Brasil, <i>Bertholletia excelsa</i>	127
Sapucaia, <i>Lecythis zabucajo</i> (<i>L. usitata</i>)	128
Paco, <i>Gustavia superba</i>	128
Sacchamango, <i>Grias neuberthii</i>	129
REFERENCIAS	129
15. VIOLALES	130
FLACOURTIÁCEAS	130
Ramontchi, ciruela gobernadora, <i>Flacourtia indica</i> (<i>F. ramontchi</i>)	130
Lovi-lovi, <i>Flacourtia inermis</i>	130
Kerkup, <i>Flacourtia jangomas</i> (<i>F. cataphracta</i>)	131
Rukam, <i>Flacourtia rukam</i>	131
Mukambura, <i>Dovyalis abyssinica</i>	132
Ketembilla, <i>Dovyalis hebecarpa</i> (<i>Aberia gardneri</i>)	132
Kei, <i>Dovyalis caffra</i>	133
BIXÁCEAS	133
Achiote, annato, urucu, <i>Bixa orellana</i>	133
PASIFLORÁCEAS	135
Maracuyá, <i>Passiflora edulis</i>	135
Granadilla, <i>Passiflora ligularis</i>	137
Granadilla, parcha, <i>Passiflora laurifolia</i>	137
Granadilla, <i>Passiflora maliformis</i>	138
Maracuyá-suspiro, granadilla, <i>Passiflora nitida</i>	138
Granadilla de Quijos, <i>Passiflora popenovii</i>	138
Granadilla real, badea, parcha granadina, <i>Passiflora quadrangularis</i>	138
Maracuyá grande, <i>Passiflora alata</i>	139
Tacso, curuba, <i>Passiflora mollissima</i>	139

CARICÁCEAS	139
Papaya, lechosa, mamão, <i>Carica papaya</i>	139
Papayuela, chihualcán, <i>Carica pubescens</i> (<i>C. candamarcensis</i>)	144
Babaco, higacho, chamburo, <i>Carica x heilbornii</i> (<i>C. pentagona</i> , <i>C. chrysopetala</i>)	145
Col de montaña, <i>Carica monoica</i>	145
CUCURBITÁCEAS	145
Ayote, calabaza, auyama, joko, <i>Cucurbita moschata</i>	146
Calabaza, huicoy, <i>Cucurbita pepo</i>	149
Zapallo, moranga, <i>Cucurbita maxima</i>	151
Tamalayote, sakil, pipián, <i>Cucurbita argyrosperma</i> (<i>C. mixta</i>)	152
Chilacayote, chiverre, victoria, <i>Cucurbita ficifolia</i>	154
Patola, <i>Trichosanthes cucumerina</i> (<i>T. anguina</i>)	154
Melón blanco, <i>Benincasa hispida</i> (<i>B. cerifera</i>)	155
Sandía, <i>Citrullus lanatus</i> (<i>C. vulgaris</i>)	156
Kundri, papasán, <i>Coccinia grandis</i> (<i>C. indica</i>)	157
Pepino de sabana, mashishe, gherkin, <i>Cucumis anguria</i>	157
Melón, <i>Cucumis melo</i>	158
Pepino, <i>Cucumis sativus</i>	159
Kiwano, <i>Cucumis metuliferus</i>	160
Egusi, <i>Cucumeriopsis mannii</i>	160
Calabaza, <i>Lagenaria siceraria</i>	160
Esponja vegetal, paste, <i>Luffa aegyptiaca</i> (<i>L. cylindrica</i>)	162
Lufa, <i>Luffa acutangula</i>	163
Balsamina, cundeamor, <i>Momordica charantia</i>	164
Tinda, <i>Praecitrullus fistulosus</i> (<i>Citrullus vulgaris</i> var. <i>fistulosus</i>)	164
Casabanana, cohombro de olor, cajuba, <i>Sicana odorifera</i>	165
Nuez de ostra, <i>Telfairia pedata</i>	165
Oroko, <i>Telfairia occidentalis</i>	166
Chayote, xuxu, <i>Sechium edule</i>	166
Tacaco, <i>Sechium tacaco</i>	168
Caihua, caigua, <i>Cyclanthera pedata</i>	169
REFERENCIAS	170
16. EBENALES	171
SAPOTÁCEAS	171
Chicozapote, chico, nispero, <i>Manilkara zapota</i> (<i>Achras zapota</i> , <i>M. zapotilla</i>)	171
Zapote, mamey zapote, <i>Pouteria sapota</i> (<i>Calocarpum mammosum</i> , <i>P. mammosa</i>)	174
Zapote, <i>Pouteria fossicola</i>	175
Injerto, zapote blanco, <i>Pouteria viridis</i>	175
Canistel, <i>Pouteria campechiana</i> (<i>P. salicifolia</i> , <i>Lucuma nervosa</i>)	175
Lúcuma, <i>Pouteria lucuma</i> (<i>P. obovata</i> , <i>Lucuma bifera</i>)	177
Caimo, abiu, <i>Pouteria caimito</i>	177
Pan de la vida, tzocohuite, <i>Pouteria glomerata</i> (<i>P. hypoglauca</i>)	178
Caimito, <i>Chrysophyllum cainito</i>	178

EBENÁCEAS	180
Zapote negro, <i>Diospyros digyna</i> (<i>D. ebenaster</i>)	180
Mabolo, <i>Diospyros blancoi</i> (<i>D. discolor</i>)	180
Kaki, <i>Diospyros kaki</i>	181
REFERENCIAS	181
17. ROSALES	182
ROSÁCEAS	182
Manzanita, <i>Crataegus pubescens</i>	182
Nispero de Japón, <i>Eriobotrya japonica</i>	182
Capulí, <i>Prunus serotina</i> var. <i>capuli</i>	183
Mora de Castilla, <i>Rubus glaucus</i>	183
Frambuesa de India, <i>Rubus rosifolius</i>	184
Frambuesa de Ceilán, <i>Rubus niveus</i> (<i>R. albescens</i>)	184
CRISOBALANÁCEAS	184
Frutales	184
Icaco, <i>Chrysobalanus icaco</i>	184
Olosapo, <i>Couepia polyandra</i>	185
Payura, <i>Couepia bracteosa</i>	185
Castanha de galinha, <i>Couepia longipendula</i>	185
Zonzapote, zunza, <i>Licania platypus</i>	186
Merecure, <i>Licania pyrifolia</i> (<i>Moquilea macrocarpa</i>)	186
Oiti da Bahia, <i>Licania salzmanni</i>	186
Oleaginosa	186
Oiticica, <i>Licania rigida</i>	186
REFERENCIAS	187
18. FBALES	187
FABÁCEAS (LEGUMINOSAS)	187
Características generales	187
Utilización	188
PAPILIONÁCEAS	189
Tribu a) Faseoleas	190
Frijol común, poroto, <i>Phaseolus vulgaris</i>	190
Pallar, lima, ixtapacal, <i>Phaseolus lunatus</i>	195
Ayocote, <i>Phaseolus coccineus</i> (<i>P. multiflorus</i>)	197
Piloy, murutungo, <i>Phaseolus polyanthus</i>	198
Tépari, escomite, <i>Phaseolus acutifolius</i>	199
Caupí, alubia, <i>Vigna unguiculata</i> , (<i>V. sinensis</i> , <i>V. catjang</i>)	200
Frijoles asiáticos	202
Mat, moth, <i>Vigna aconitifolia</i> (<i>Phaseolus aconitifolius</i>)	202
Urd, black gram, <i>Vigna mungo</i> (<i>Phaseolus mungo</i>)	203
Mung, ghora, green gram, <i>Vigna radiata</i> (<i>Phaseolus aureus</i> , <i>P. radiatus</i>)	203

Frijol de arroz, <i>Vigna umbellata</i> (<i>Phaseolus calcaratus</i>)	204
Otros granos y raíces comestibles	204
Bambara, <i>Vigna subterranea</i> (<i>Voandzeia subterranea</i>)	204
Soya, <i>Glycine max</i> (<i>G. soja</i>)	205
Gandul, frijol de palo, <i>Cajanus cajan</i> (<i>C. indicus</i>)	206
Lablab, frijol trepador, <i>Lablab purpureus</i> (<i>Dolichos lablab</i> , <i>L. niger</i>)	208
Jícama, <i>Pachyrhizus erosus</i>	209
Jícama, <i>Pachyrhizus tuberosus</i>	210
Ahipa, <i>Pachyrhizus ahipa</i>	211
Girigori, jícama africana, <i>Sphenostylis stenocarpa</i>	211
Sohphlong, <i>Flemingia vestita</i> (<i>Moghania vestita</i>)	211
Lenteja de tierra, <i>Macrotyloma geocarpum</i> (<i>Kerstingiella geocarpa</i>)	212
Haba de caballo, feijao-espada, <i>Canavalia ensiformis</i>	212
<i>Canavalia gladiata</i>	213
Pallar de los gentiles, <i>Canavalia plagiosperma</i>	213
Frijol terciopelo, <i>Mucuna deeringiana</i> (<i>Stizolobium deeringianum</i>)	213
Bucare, pito, <i>Erythrina</i> spp.	214
Faseoleas forrajeras	214
Calopo, <i>Calopogonium mucunoides</i>	214
Centro, jetirana, <i>Centrosema pubescens</i>	215
Lototonis, <i>Lototonis bainesii</i>	215
Sirat, <i>Macroptilium atropurpureum</i>	215
Soya perenne, <i>Neonotonia wightii</i> (<i>Glycine javanica</i> , <i>G. wightii</i>)	216
Kudzu tropical, <i>Pueraria phaseoloides</i> (<i>P. javanica</i>)	216
Tribu b) Hedisareas	216
Maní, cacahuete, amendoim, <i>Arachis hypogaea</i>	216
Hedisareas forrajeras	219
Maní forrajero, <i>Arachis glabrata</i>	219
Maní rastrero, <i>Arachis pintoi</i>	219
Pega-pegas, <i>Desmodium intortum</i>	220
Pega-pegas, <i>Desmodium uncinatum</i>	220
Estilo, meladinho, <i>Stylosanthes guianensis</i> (<i>S. gracilis</i>)	221
Estilo, alfalfa de Townsville, <i>Stylosanthes humilis</i>	221
Tribu c) Genisteas	221
Frijol alado, segadilla, <i>Psophocarpus tetragonolobus</i>	221
Crotalarias, <i>Crotalaria</i> spp.	222
Tribu d) Dalbergeas	222
Barbascos, cube, derris, <i>Derris elliptica</i>	222
Timbo, cube, <i>Lonchocarpus nicou</i>	223
Tonka, sarrapia, <i>Dipterix odorata</i>	224
Tribu e) Galegeas	224
Guar, <i>Cyamopsis tetragonoloba</i> (<i>C. psoraloides</i>)	224
Índigo, añil, <i>Indigofera tinctoria</i>	224
Tefrosia, <i>Tephrosia candida</i>	225
Tribu f) Cadieas	225

Nuez de Tahití, <i>Inocarpus fagifer</i> (<i>I. edulis</i>)	225
CESALPINIÁCEAS	226
Tamarindo, <i>Tamarindus indica</i>	226
Courbaril, guapinol, <i>Hymenaea courbaril</i>	226
MIMOSÁCEAS	227
Guamos, <i>Inga</i> spp.	227
Guaje, <i>Leucaena leucocephala</i> (<i>L. glauca</i>)	227
REFERENCIAS	228
19. PROTEALES	230
ELEAGNÁCEAS	230
Língaro, <i>Eleagnus philippensis</i>	230
PROTEÁCEAS	230
Macadamia, <i>Macadamia integrifolia</i>	230
<i>Macadamia tetraphylla</i>	232
REFERENCIAS	233
20. MIRTALES	233
MIRTÁCEAS	233
Frutales	233
Guayabo, <i>Psidium guajava</i>	233
Guayaba japonesa, araçá vermelho, <i>Psidium cattleianum</i> (<i>P. littorale</i>)	235
Cas, guayaba agria, <i>Psidium friedrichstahlianum</i>	235
Guayabo de sabana, <i>Psidium guineense</i> (<i>P. araca</i> , <i>P. molle</i>)	235
Pitanga, <i>Eugenia uniflora</i>	235
Arazá-boi, <i>Eugenia stipitata</i>	236
Ciruela de Río Grande, <i>Eugenia aggregata</i>	237
Grumichana, <i>Eugenia dombeyi</i> (<i>E. brasiliensis</i>)	237
Pera do campo, <i>Eugenia klotzschiana</i>	237
Pitomba, <i>Eugenia luschnathiana</i>	237
Uvalha, <i>Eugenia uvalha</i> (<i>E. pyriformis</i>)	238
Manzana rosa, pomarosa, <i>Syzygium jambos</i> (<i>Eugenia jambos</i>)	238
Manzana de agua, manzana de Malaya, yambo, <i>Syzygium malaccense</i> (<i>Eugenia malaccensis</i>)	239
Tambis, <i>Syzygium aqueum</i>	239
Jambolán, guayabo pesgua, <i>Syzygium cuminii</i>	239
Makopa, <i>Syzygium sumarangense</i> (<i>S. javanicum</i>)	240
Jaboticaba, <i>Myrciaria cauliflora</i>	240
Palillo, <i>Campomanesia lineatifolia</i>	241
Camu-camu, <i>Myrciaria dubia</i> (<i>M. paraensis</i>)	241
Feijoa, <i>Acca sellowiana</i> (<i>Feijoa sellowiana</i>)	241

Espicias	242
Clavo de olor, <i>Syzygium aromaticum</i> (<i>Eugenia aromatica</i>)	242
Jamaica, pimienta de Jamaica, <i>Pimenta dioica</i> (<i>P. officinalis</i>)	243
Malagueta, bayrum, <i>Pimenta racemosa</i> (<i>P. acris</i>)	245
PUNICÁCEAS	245
Granado, <i>Punica granatum</i>	245
REFERENCIAS	246
21. CELASTRALES	246
AQUIFOLIÁCEAS	246
Yerba mate, <i>Ilex paraguariensis</i>	246
ICACINÁCEAS	247
Umarí, <i>Poraqueiba sericea</i>	247
REFERENCIAS	247
22. EUFORBIALES	247
EUFORBIÁCEAS	247
Yuca, mandioca, <i>Manihot esculenta</i> (<i>M. utilissima</i>)	248
Jebe, seringueira, caucho, <i>Hevea brasiliensis</i>	253
Oleaginosas	258
Ricino, higuerilla, <i>Ricinus communis</i>	258
Tung, <i>Aleurites montana</i>	260
Lumbang, <i>Aleurites moluccana</i>	260
Tacay, inchi, <i>Caryodendron orinocense</i>	261
Tempate, piñón, <i>Jathropa curcas</i>	261
Frutales	262
Grosella, <i>Phyllanthus acidus</i> (<i>P. distichus</i>)	262
Neli, <i>Phyllanthus emblica</i>	262
Bignai, <i>Antidesma bunius</i>	263
Rambai, <i>Baccaurea motleyana</i>	263
Kapundung, <i>Baccaurea racemosa</i>	264
Hortalizas	265
Katuk, <i>Sauropus androgynus</i>	265
Chaya, <i>Cnidocolus chayamansa</i>	265
REFERENCIAS	265
23. RAMNALES	266
RAMNÁCEAS	266
Ver, yuyube, aprin, <i>Ziziphus mauritiana</i>	266

Joazeiro, <i>Ziziphus joazeiro</i>	267
REFERENCIA	267
24. LINALES	267
ERITROXILÁCEAS	267
Coca, <i>Erythroxylum coca</i> , <i>E. novogranatense</i>	267
REFERENCIAS	269
25. POLIGALALES	269
MALPIGIÁCEAS	269
Acerola de las Antillas, semeruco, Barbados cherry, <i>Malpighia</i> <i>glabra</i> (<i>M. puniceifolia</i> , <i>M. emarginata</i>)	269
Nance, <i>Byrsonima crassifolia</i>	270
REFERENCIAS	271
26. SAPINDALES	271
SAPINDÁCEAS	271
Rambután, <i>Nephelium lappaceum</i>	271
Pulasán, <i>Nephelium ramboutan-ake</i> (<i>N. mutabile</i>)	273
Lichi, <i>Litchi chinensis</i>	274
Longán, <i>Dimocarpus longan</i> (<i>Euphoria longana</i>)	275
Mamoncillo, mamón, <i>Melicoccus bijugatus</i>	276
Cotoperiz, guayo, <i>Talisia olivaeformis</i>	276
Pitomba, <i>Talisia esculenta</i>	277
Akí, seso vegetal, <i>Blighia sapida</i>	277
Guaraná, cupana, <i>Paullinia cupana</i>	278
BURSERÁCEAS	279
Nuez pili, <i>Canarium ovatum</i>	279
Canari, almendra de Java, <i>Canarium indicum</i> (<i>C. vulgare</i>)	281
ANACARDIÁCEAS	281
Mango, <i>Mangifera indica</i>	281
Bauno, binjái, <i>Mangifera caesia</i>	284
Bachang, <i>Mangifera foetida</i>	284
Kaweni, <i>Mangifera odorata</i>	285
Marañón, cajú, merey, <i>Anacardium occidentale</i>	285
Jocote, ciruelo, <i>Spondias purpurea</i>	287
Jobo, taparebá, <i>Spondias mombin</i> (<i>S. lutea</i>)	287
Ambarela, caja-mango, <i>Spondias cytherea</i> (<i>S. dulcis</i>)	288
Imbú, <i>Spondias tuberosa</i>	288

Amra, <i>Spondias pinnata</i> (<i>S. mangifera</i>)	289
Gandaria, <i>Bouea macrophylla</i> (<i>B. gandaria</i>)	289
SIMARUBÁCEAS	289
Aceituno, <i>Quassia simarouba</i> (<i>Simarouba glauca</i>)	290
MELIÁCEAS	290
Lansón, langsat, duku, <i>Lansium domesticum</i>	291
Santol, <i>Sandoricum koetjape</i>	291
RUTÁCEAS	292
Cítricos, <i>Citrus</i> spp.	292
Naranja dulce, <i>Citrus sinensis</i>	296
Naranja agrio, <i>Citrus aurantium</i>	299
Limón agrio, <i>Citrus aurantifolia</i>	300
Pomelo, <i>Citrus maxima</i> (<i>C. grandis</i>)	301
Grapefruit, toronja, <i>Citrus x paradisi</i>	302
Mandarina, <i>Citrus reticulata</i>	302
Limón, <i>Citrus limon</i>	304
Cidro, <i>Citrus medica</i>	305
Limón dulce, <i>Citrus limettoides</i>	305
Lima, <i>Citrus limetta</i>	305
Limón rugoso, <i>Citrus jambhiri</i>	306
Híbridos interespecíficos de <i>Citrus</i>	306
Otros géneros	306
Nagami, <i>Fortunella margarita</i>	306
Naranja trifoliado, <i>Poncirus trifoliata</i>	306
Uampi, <i>Clausena lansium</i>	306
Bael, <i>Aegle marmelos</i>	307
Matasano, <i>Casimiroa edulis</i>	307
REFERENCIAS	308
27. GERANIALES	310
OXALIDÁCEAS	310
Oca, cubio, <i>Oxalis tuberosa</i>	310
Carambola, <i>Averrhoa carambola</i>	311
Tiriguro, bilimbi, grosella, <i>Averrhoa bilimbi</i>	311
REFERENCIAS	312
28. APIALES	312
APIÁCEAS (UMBELÍFERAS)	312
Arracacha, mandoquinha, <i>Arracacia xanthorrhiza</i>	312
Culantro de monte, <i>Eryngium foetidum</i>	313
REFERENCIAS	313

29. GENTIANALES	314
APOCINÁCEAS	314
Ciruela de Natal, <i>Carissa grandiflora</i> (<i>C. macrocarpa</i>)	314
Karonda, <i>Carissa carandas</i> (<i>C. congesta</i>)	315
Amantugulu, <i>Carissa bispinosa</i> (<i>C. arduina</i>)	315
Mangabeira, <i>Hancornia speciosa</i>	315
Couma, <i>Couma utilis</i>	316
<i>Rauvolfia</i> spp.	316
REFERENCIAS	316
30. SOLANALES	317
SOLANÁCEAS	317
Tribu a) Solaneas	317
Tomate, <i>Lycopersicon esculentum</i>	317
Naranjilla, lulo, <i>Solanum quitoense</i>	321
Cocona, cubio, <i>Solanum sessiliflorum</i> (<i>S. topiro</i>)	322
Pepino dulce, <i>Solanum muricatum</i>	322
Berenjena, <i>Solanum melongena</i>	323
Yerba mora, <i>Solanum nigrum</i>	325
Igbo, yilo, <i>Solanum gilo</i>	325
Osún, <i>Solanum aethiopicum</i>	325
<i>Solanum integrifolium</i>	325
Berenjena africana, <i>Solanum macrocarpum</i>	326
Ixtlán, <i>Solanum wendlandii</i>	326
Papas, <i>Solanum tuberosum</i>	326
Miltomate, tomate de cáscara, <i>Physalis philadelphica</i> (<i>P. ixocarpa</i>)	328
Uchuba, <i>Physalis peruviana</i>	329
Tomate de árbol, <i>Cyphomandra betacea</i>	329
Casana, <i>Cyphomandra cajanumensis</i>	330
Chile, ají, <i>Capsicum annuum</i>	330
<i>Capsicum frutescens</i>	334
<i>Capsicum chinense</i>	334
<i>Capsicum baccatum</i> (<i>C. pendulum</i>)	334
Rocoto, <i>Capsicum pubescens</i>	334
Tribu b) Cestreas	334
Tabaco, <i>Nicotiana tabacum</i>	334
<i>Nicotiana rustica</i>	337
CONVOLVULÁCEAS	338
Camote, <i>Ipomoea batatas</i>	338
Kangkong, <i>Ipomoea aquatica</i> (<i>I. reptans</i>)	342
REFERENCIAS	342

31. LAMIALES	344
LAMIÁCEAS (LABIADAS)	344
Cantang, <i>Plectranthus rotundifolius</i> (<i>Coleus rotundifolius</i>)	344
Papa kafir, <i>Plectranthus esculentus</i> (<i>Coleus dazo</i>)	345
Patchuli, <i>Pogostemon cablin</i>	345
Chian, <i>Salvia hispanica</i>	345
REFERENCIA	346
32. ESCROFULARIALES	346
PEDALIÁCEAS	346
Ajonjolí, sésamo, <i>Sesamum orientale</i> (<i>S. indicum</i>)	346
REFERENCIAS	350
33. RUBIALES	350
RUBIÁCEAS	350
Estimulantes	350
Café arábigo, <i>Coffea arabica</i>	350
Café robusta, <i>Coffea canephora</i> (<i>C. koulouensis</i> , <i>C. laurentii</i> , <i>C. robusta</i>)	357
Café de Liberia, <i>Coffea liberica</i>	359
Medicinales	360
Ipecacuana, raicilla, poaia, <i>Psychotria ipecacuanha</i> , <i>P. emetica</i>	360
Quinas, <i>Cinchona</i> spp.	361
Frutales	362
Jagua, genipa, <i>Genipa americana</i> (<i>G. caruto</i>)	362
Parvi grandi, <i>Borojoa sorbilis</i> (<i>Thielodioxo sorbilis</i>)	363
Borojó, <i>Borojoa patinoi</i>	363
Voavanga, <i>Vangueria madagascariensis</i> (<i>V. edulis</i>)	363
REFERENCIAS	363
34. ASTERALES	364
ASTERÁCEAS (COMPUESTAS)	364
Girasol, <i>Helianthus annuus</i>	365
Cártamo, alazor, <i>Carthamus tinctorius</i>	366
Ramtil, <i>Guizotia abyssinica</i>	367
Piretro, <i>Tanacetum cinerarifolium</i>	367
Yacón, <i>Smallanthus sonchifolius</i> (<i>Polymnia sonchifolia</i>)	367
Yambú, berro de Pará, <i>Acmella oleracea</i> (<i>Spilanthes oleracea</i>)	368
Caejé, <i>Stevia ribaudiana</i>	368
REFERENCIAS	368

MONOCOTILÉDONEAS	370
35. ARECALES	370
ARECÁCEAS (Palmeras)	370
Cocotero, <i>Cocos nucifera</i>	370
Palma africana de aceite, <i>Elaeis guineensis</i>	378
Palmeras silvestres productoras de aceite	386
Macauba, totai, <i>Acrocomia aculeata</i>	386
Tucum, tucuma, <i>Astrocaryum aculeatum</i>	386
Chambira, <i>Astrocaryum vulgare</i>	386
Palma americana de aceite, <i>Elaeis oleifera</i> (<i>Corozo oleifera</i> , <i>Elaeis melanococca</i>)	387
Bataua, seje, <i>Oenocarpus bataua</i>	387
Babasú, <i>Attalea speciosa</i> (<i>Orbignya martiana</i>)	387
Cohune, corozo, palma real, <i>Attalea butyracea</i>	388
Palmeras productoras de cera	388
Carnauba, <i>Copernicia prunifera</i> (<i>C. cerifera</i>)	388
Caranday, <i>Copernicia alba</i>	389
Licuri, <i>Syagrus coronata</i>	389
Palmeras usadas en alimentación	389
Palma de azúcar, <i>Arenga pinnata</i> (<i>A. saccharifera</i>)	389
Pejibaye, chontaduro, pupunha, <i>Bactris gasipaes</i> (<i>Guilielma gasipaes</i> , <i>G. utilis</i>)	389
Pacaya, <i>Chamaedorea tepejilote</i>	391
Asaí, <i>Euterpe oleracea</i>	391
Aguaje, moriche, <i>Mauritia flexuosa</i>	391
Sagú, <i>Metroxylon sagu</i>	392
Nipa, <i>Nypa fruticans</i>	392
Salaka, <i>Salacca zalacca</i> (<i>S. edulis</i>)	393
Palmeras productoras de fibras	394
Piasava de Bahía, <i>Attalea funifera</i>	394
Rafia, <i>Raphia farinifera</i>	394
Masticatorio	394
Betel, <i>Areca catechu</i>	394
Marfil vegetal	395
Tagua, <i>Phytelephas macrocarpa</i>	395
Cañas	395
Ratán, <i>Calamus</i> spp.	395
REFERENCIAS	396
36. ARALES	397
ARÁCEAS	397
Taro, dasheen, <i>Colocasia esculenta</i>	397
Yautía, tiquisque, malanga, <i>Xanthosoma</i> spp.	399
Belembe, <i>Xanthosoma brasiliense</i>	402

Taro gigante, <i>Alocasia macrorrhiza</i>	402
Surán, <i>Amorphophallus paeoniifolius</i> (<i>A. campanulatus</i>)	402
Gallán, taro de pantano, <i>Cyrtosperma merkusii</i> (<i>C. chamissonis</i>)	402
REFERENCIAS	403
37. CIPERALES	403
POÁCEAS (GRAMÍNEAS)	403
Cereales mayores	403
Maíz, <i>Zea mays</i>	403
Arroz, <i>Oryza sativa</i>	411
Arroz africano, <i>Oryza glaberrima</i>	419
Sorgo, <i>Sorghum bicolor</i>	419
Cereales menores	423
Fonio, <i>Digitaria exilis</i>	424
Iburu, <i>Digitaria iburua</i>	424
Mijo negro, <i>Pennisetum glaucum</i> (<i>P. americanum</i> , <i>P. typhoides</i>)	424
Coracán, <i>Eleusine coracana</i>	425
Teff, <i>Eragrostis teff</i>	425
Millos, <i>Panicum sumatrense</i> (<i>P. miliare</i>)	425
Proso, <i>Panicum miliaceum</i>	425
Kodo, <i>Paspalum scrobiculatum</i>	425
Panizo, <i>Setaria italica</i>	425
Adlay, <i>Coix lachryma-jobi</i>	426
Caña de azúcar, <i>Saccharum</i> spp.	426
Pastos tropicales	432
Especies de mayor importancia	437
Tribu Clorideas	437
Rodes, rhodes, <i>Chloris gayana</i>	437
Estrella africana, <i>Cynodon aethiopicus</i> , <i>C. nlemfuensis</i>	437
Bermuda, grama, capim de burro, <i>Cynodon dactylon</i>	438
Tribu Paniceas	438
Nilo, <i>Acroceras macrum</i>	438
Zacate amargo, alfombra, <i>Axonopus compressus</i> , <i>A. affinis</i>	438
Imperial, micay, <i>Axonopus scoparius</i>	440
Bufel, <i>Cenchrus ciliaris</i>	440
Pangola, <i>Digitaria eriantha</i> (<i>D. pentzii</i> , <i>D. decumbens</i>)	440
Milanje, <i>Digitaria milanjana</i>	440
Pasto alemán, <i>Echinochloa polystachya</i>	441
Pasto antilope, <i>Echinochloa pyramidalis</i>	441
Bugoma, <i>Entolasia imbricata</i>	441
Caribe, <i>Eriochloa polystachya</i>	441
Honduras, hatico, <i>Ixophorus unisetus</i>	441
Calingueiro, <i>Melinis minutiflora</i>	441
Makarikari, <i>Panicum coloratum</i>	443

Guinea, <i>Panicum maximum</i>	443
Bahía, <i>Paspalum notatum</i>	444
Dalis, <i>Paspalum dilatatum</i>	444
Pasto rojas, <i>Paspalum guenoarum</i>	444
Vasey, <i>Paspalum urvillei</i>	444
Gamalote, <i>Paspalum fasciculatum</i>	444
Pasto amargo, <i>Paspalum conjugatum</i>	444
Kikuyo, <i>Pennisetum clandestinum</i>	444
Pasto elefante, gigante, <i>Pennisetum purpureum</i>	444
Nandi, <i>Setaria sphacelata</i> (<i>S. anceps</i>)	445
San Agustín, <i>Stenotaphrum secundatum</i>	445
Signal, <i>Urochloa brizantha</i> (<i>Brachiaria brizantha</i>)	445
Surinam, <i>Urochloa decumbens</i> (<i>Brachiaria decumbens</i>)	445
Corvinia, <i>Urochloa humidicola</i> (<i>Brachiaria humidicola</i>)	446
<i>Urochloa mosambicensis</i>	446
Pará, <i>Urochloa mutica</i> (<i>Panicum purpurascens</i> , <i>Brachiaria mutica</i>)	446
Mermelada, <i>Urochloa plantaginea</i> (<i>Brachiaria plantaginea</i>)	446
Tanner, <i>Urochloa radicans</i>	446
Ruzi, <i>Urochloa ruzizensis</i> (<i>Brachiaria ruzizensis</i>)	447
Tribu Andropogóneas	447
Gamba, <i>Andropogon gayanus</i>	447
Limpo, <i>Hemarthria altissima</i>	447
Tangle, <i>Heteropogon contortus</i>	447
Jaragua, puntero, <i>Hyparrhenia rufa</i>	449
Ratana, <i>Ischaemun indicum</i> (<i>I. ciliare</i>)	449
Roigrás, <i>Themeda triandra</i>	449
Tribu Maideas	449
Guatemala, <i>Tripsacum andersonii</i>	449
Prodigioso, <i>Tripsacum latifolium</i>	450
Gramíneas productoras de aceites esenciales	450
Citronela, <i>Cymbopogon nardus</i>	450
Pasto limón, <i>Cymbopogon citratus</i>	451
Palmarosa, <i>Cymbopogon martini</i>	451
Vetiver, pasto violeta, <i>Vetiveria zizanioides</i>	451
Bambúes	451
Bambú común, <i>Bambusa vulgaris</i>	453
Guadua, <i>Guadua chocoensis</i>	453
<i>Melocanna baccifera</i>	454
<i>Dendrocalamus strictus</i>	454
<i>Gigantochloa verticillata</i>	454
REFERENCIAS	454
38. BROMELIALES	456
BROMELIÁCEAS	456

Piña, abacaxí, <i>Ananas comosus</i>	456
REFERENCIAS	461
39. ZINGIBERALES	461
MUSÁCEAS	461
Bananos, <i>Musa</i> spp.	461
Bananos fei	471
Abacá, <i>Musa textilis</i>	471
Ensete, <i>Ensete ventricosum</i>	471
ZINGIBERÁCEAS	472
Jengibre, <i>Zingiber officinale</i>	472
Cardamomo, <i>Elettaria cardamomum</i>	473
Cúrcuma, <i>Curcuma longa</i> (<i>C. domestica</i>)	475
Zedoary, <i>Curcuma zedoaria</i>	476
Granos del paraíso, <i>Aframomum melegueta</i>	477
Galangal, <i>Alpinia galanga</i>	477
CANNÁCEAS	477
Achira, <i>Canna edulis</i>	477
MARANTÁCEAS	478
Arrorruz, <i>Maranta arundinacea</i>	478
Lairén, <i>Calathea allouia</i>	480
REFERENCIAS	481
40. LILIALES	482
AGAVÁCEAS	482
Sisal, <i>Agave sisalana</i>	482
Henequén, <i>Agave fourcroydes</i>	482
Especies de <i>Agave</i> de menor importancia	485
Agave azul, <i>Agave amaniensis</i>	485
Cantala, <i>Agave cantala</i>	486
Iztle, <i>Agave lecheguilla</i>	486
Agave de El Salvador, <i>Agave angustifolia</i>	486
Maguey, <i>Agave salmiana</i>	486
Tequila, <i>Agave tequilana</i>	486
Especies de <i>Furcraea</i>	486
Fique, cabuya, <i>Furcraea</i> spp.	486
Piteira, pita, <i>Furcraea foetida</i> (<i>F. gigantea</i>)	487
Cabuya, <i>Furcraea cabuya</i>	487
Fique, <i>Furcraea macrophylla</i>	487
Chuchao, cabuya, <i>Furcraea andina</i>	487
Cocuiza, <i>Furcraea humboldtiana</i>	487

Pitre, pita, <i>Furcraea hexapetala</i>	487
Sansevieria, <i>Sansevieria</i> spp.	488
DIOSCOREÁCEAS	488
Ñame grande, <i>Dioscorea alata</i>	488
Papa caribe, <i>Dioscorea bulbifera</i>	491
Ñame africanano, <i>Dioscorea x cayenesis</i> (<i>D. rotundata</i>)	492
<i>Dioscorea dumetorum</i>	492
Tongo, <i>Dioscorea esculenta</i>	493
<i>Dioscorea hispida</i>	493
<i>Dioscorea nummularia</i>	493
<i>Dioscorea pentaphylla</i>	494
Mapuey, cush-cush, <i>Dioscorea trifida</i>	494
Dioscoreas productoras de diosgeninas	495
<i>Dioscorea composita</i>	495
<i>Dioscorea floribunda</i>	495
REFERENCIAS	495
41. ORQUIDALES	496
ORQUIDÁCEAS	496
Vainilla, <i>Vanilla planifolia</i> (<i>V. fragans</i>)	496
Vainillón, <i>Vanilla pompona</i>	499
Vainilla de Tahití, <i>Vanilla tahitensis</i>	499
Orquídeas ornamentales	499
REFERENCIAS	501
REFERENCIAS GENERALES	502
ÍNDICE ALFABÉTICO DE FAMILIAS	505
ÍNDICE DE NOMBRES CIENTÍFICOS	507
ÍNDICE DE NOMBRES VULGARES	517

1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS CULTIVADAS

Las plantas cultivadas son elementos esenciales a la civilización, igual que los instrumentos o técnicas de trabajo, vestido, vivienda o medios de transporte. Son, en cierta forma, obra del hombre y han influido decisivamente en el desarrollo histórico. Cuando el hombre inició la domesticación de las plantas dejó de depender para su alimentación, vestido y otras necesidades, de los azares de la recolección de productos silvestres y de la caza y la pesca. De esa manera pudo consolidar la vida sedentaria y acomodarla a un lugar fijo y al ritmo de la producción de los cultivos, y dispuso de más tiempo para el desarrollo de manifestaciones artísticas y tecnológicas.

La relación entre el hombre y las plantas se ha acentuado desde las primeras civilizaciones. No es una relación estática pues el hombre continúa domesticando especies silvestres o intensificando y variando la utilización de las cultivadas. Entre los cultivos nuevos, es decir los domesticados en el último siglo, están el café robusta, palma de aceite, macadamia, *Hevea* y numerosas forrajeras tropicales. Por otro lado, ha ido encontrando sustitutos para ciertos productos vegetales, especialmente a partir del siglo XIX, lo que ha determinado el abandono de varios cultivos y la decadencia de otros. En la actualidad se obtiene de productos sintéticos el 99 % de los tintes, 97 % de resinas y plásticos, 60 % del caucho, 40 % de fibras del consumo mundial.

La utilización de las plantas varía desde la recolección de productos silvestres hasta el cultivo intensivo. Hay especies que el hombre apenas cultiva, sin que pueda decirse que sean domesticadas; el nómada que riega semillas de forrajes naturales en el borde del desierto o el que colec-

ta tubérculos de ñame y limpia el suelo del bosque dejando una parte para que se reproduzca la planta, está practicando una forma muy primitiva de cultivo. Otra situación, muy corriente en los trópicos, consiste en tolerar, cerca de las viviendas, plantas que han sido sembradas a propósito pero que no reciben cuidado alguno; al contrario, sucede a veces que un agricultor aplique fertilizante a plantas silvestres para mejorar su producción. Por eso es difícil y de poca utilidad establecer diferencias, particularmente en regiones de agricultura tradicional, entre especies domesticadas y cultivadas. Las diferencias estructurales o biológicas entre especies silvestres y cultivadas, o entre poblaciones originales y domesticadas de la misma especie, como se verá más adelante, resultan de la selección hecha por el hombre; estas diferencias son más acentuadas en los cultivos sometidos a selección larga e intensa. En ciertos casos afectan solamente a partes de la planta, en otros a toda ella o representan cambios en los procesos biológicos: maduración, latencia, respuesta a fotoperíodo, inmunidad a enfermedades y otros.

Diversidad varietal

La característica más notable de las plantas cultivadas es su riqueza varietal (Fig. 1.1). Se conoce unos 5000 cultivares de arroz, 200 de yuca y alrededor de 300 de café arábico; es difícil encontrar en especies silvestres una diversidad comparable. Esta diversidad, que aumenta cada día, da a las especies cultivadas una plasticidad que permite extender su cultivo a nuevas áreas. La ri-

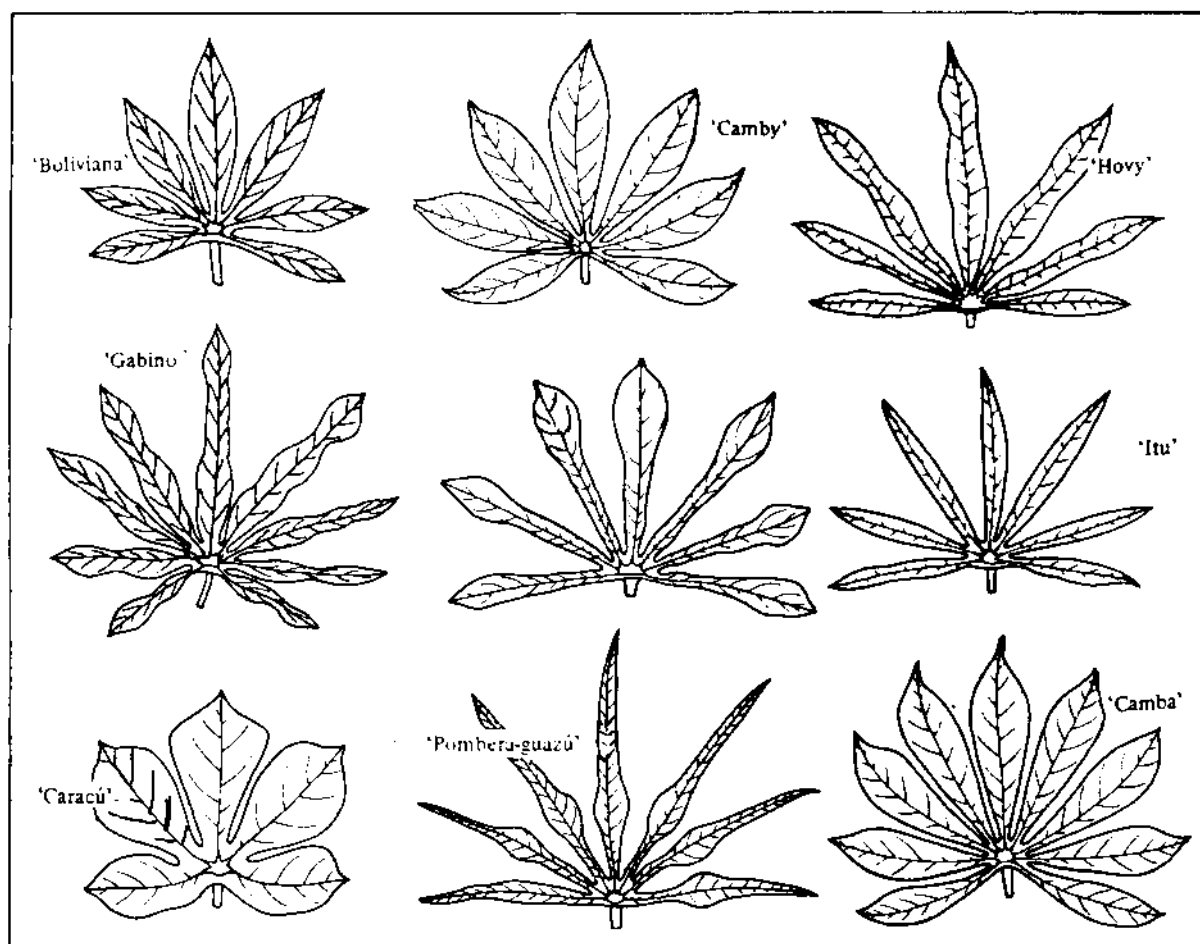


Fig. 1.1. *Manihot esculenta*, mandioca, yuca, casava. Variabilidad entre clones mostrada por los diferentes tipos de hojas. (De Michalowsky, M. *Album de las mandiocas paraguayas*. Asunción, 1954).

queza varietal es el resultado de la selección por el hombre de plantas individuales sobresalientes por tamaño, sabor, color y otros caracteres atractivos, de multiplicarlas en poblaciones de miles o millones de individuos, de conservar las variantes nuevas que en ellas aparecen, de extender su cultivo a ambientes diferentes y de buscarles usos nuevos o distintos.

Riqueza en formas diferentes

La diversidad varietal, característica de las plantas cultivadas, muestra en algunos cultivos

una riqueza en formas que no tiene comparación con las especies silvestres correspondientes, que son mucho más homogéneas. Es posiblemente en las ornamentales, que han estado bajo un proceso intenso de selección en el último siglo, donde las variantes en tamaño, forma y color son más numerosas y contrastan más con las formas originales, de muy poca diversidad en esos caracteres. En las hortalizas, la col, *Brassica oleracea*, es un ejemplo notable (Fig. 1.2). En esta especie las formas primitivas son plantas de hojas planas y espaciadas e inflorescencias terminales poco ramificadas. Por fijación de mutaciones e híbri-

dos se seleccionaron, por una parte, plantas con hojas semi-arrolladas como las berzas; en otros cultivares la selección se dirigió a obtener masas compactas de hojas, solitarias y terminales en el repollo, axilares, numerosas y de menor tamaño en la col de Bruselas. En los repollos hay, además, una diversidad amplia en color y textura de las hojas. Otra tendencia por la cual se han seleccionado cultivares es la forma y color de las inflorescencias: sueltas y verdes en el brócoli, compactas y blancas en la coliflor. Una tercera línea de selección por la forma del tallo, que es delgado, cilíndrico e incomedible en las formas primitivas, ha llevado a obtener cultivares de tallos gruesos y succulentos como el nabocol y otros tipos afines. Hay otras variantes, como los bretones, caracterizados por hojas grandes y recorta-

das. Se conoce además, por datos históricos, tipos de coles que han desaparecido del cultivo.

Producción uniforme

En las especies cultivadas los cultivares avanzados se caracterizan por uniformidad de germinación, crecimiento y maduración. En sus contrapartes primitivos o silvestres, en cambio, hay una larga latencia, germinación irregular de las semillas y período prolongado de maduración, que son factores favorables para asegurar su existencia en condiciones naturales. La uniformidad en el crecimiento y la maduración son características de los cultivos avanzados por el mejoramiento genético, que facilitan su manejo y cosecha. En los trópicos, sin embargo, muchos

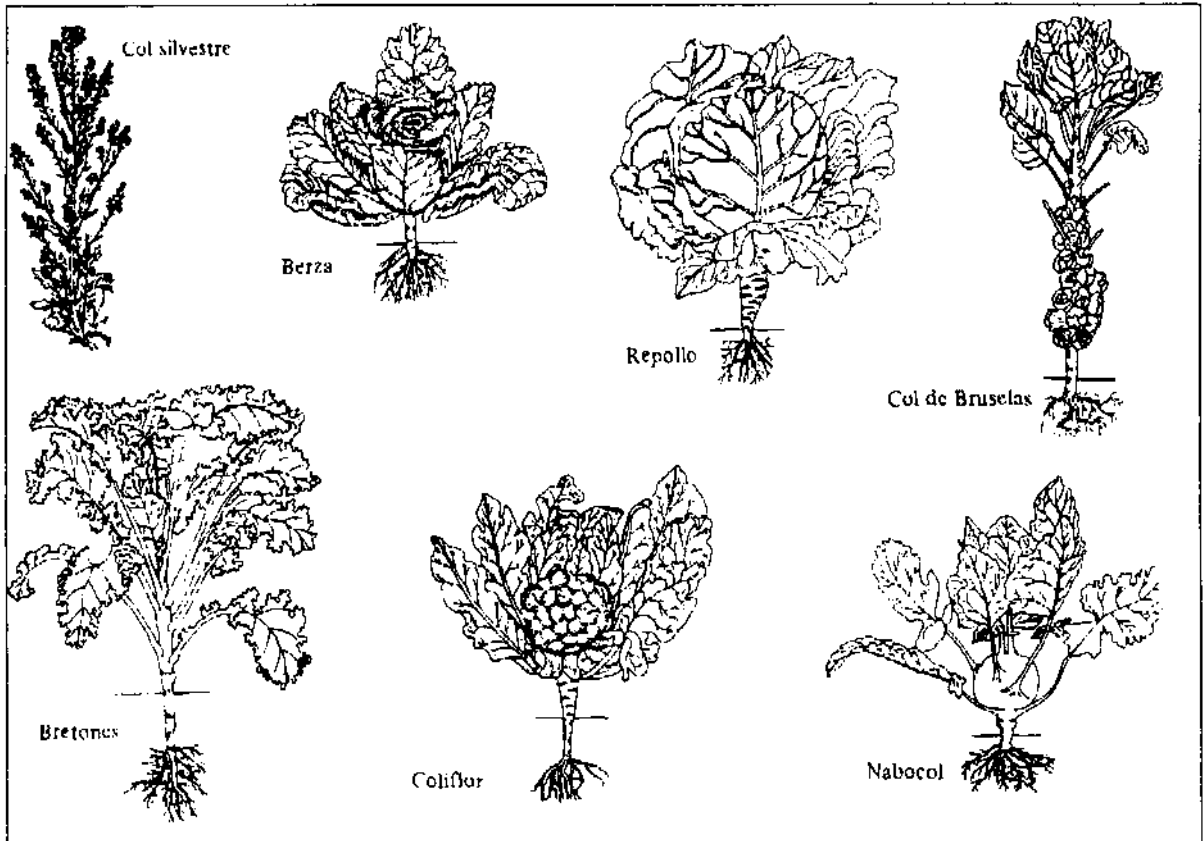


Fig. 1.2. *Brassica oleracea*. Forma silvestre y algunas de las variantes que han aparecido en cultivo.

cultivos aún mantienen sus características primitivas por falta de selección o mejoramiento.

Alto rendimiento

El rendimiento expresado como la porción utilizable de un cultivo: semilla, forraje, látex, azúcar, es el resultado de interacciones muy complejas entre factores hereditarios y ambientales. Los factores que determinan el rendimiento pueden manifestarse en características morfológicas, pero también en otras menos evidentes como la resistencia a enfermedades y plagas o la adaptación a factores ambientales como el fotoperíodo. Las características morfológicas más importantes son: a) mayor tamaño de las partes útiles: raíces, follaje, semillas; b) mayor número de esas partes útiles por planta, asociado o no al incremento en tamaño, y c) aumento proporcional de la parte utilizable. Estos y otros factores actúan en conjunto o separadamente y uno puede ser limitativo de los otros. En los cultivares avanzados de tomate los frutos son de mucho mayor tamaño que en los primitivos y la porción comestible ocupa proporcionalmente mayor espacio (Fig. 1.3). El número de frutos por planta, sin embargo, es menor, lo que no influye en el rendimiento, ya que éste está determinado por el mayor volumen del fruto. Dentro de una especie el mayor tamaño de la parte útil no implica necesariamente mayor rendimiento; en el café arábico, el cultivar 'Maragogipe' tiene semillas más grandes que los cultivares corrientes, pero su rendimiento es mucho más bajo debido al menor número de frutos por planta.

En numerosas especies se nota que los cultivares poliploides rinden más que los diploides; en el pasto Timothy los tetraploides dan más forraje que los diploides. Esta diferencia es frecuente también entre especies del mismo género: el café arábico, tetraploide, da más cosecha que las especies diploides.

El incremento en el número y tamaño de frutos, semillas y otras partes útiles entre las variedades avanzadas y primitivas de un cultivo, no

siempre corresponde a diferencias en el peso y desarrollo de la parte vegetativa. En los chiles o ajíes, *Capsicum*, los frutos de cultivares avanzados pesan hasta 50 veces más que lo primitivos; sin embargo no hay diferencias comparables en el desarrollo y peso del follaje. También se ha comprobado en varias especies que no hay diferencias en la rata de asimilación neta o en el coeficiente de crecimiento entre poblaciones silvestres y cultivares de la misma especie.

Bajo contenido de sustancias tóxicas o irritantes

La presencia de sustancias tóxicas o amargas en las partes utilizables de una planta constituye a la vez que un mecanismo de defensa contra sus enemigos naturales, un obstáculo para su utilización. Cuando por mutación aparecen variantes cuyo contenido en sustancias tóxicas es menor o inocuo, el hombre las ha cultivado, multiplicado y expandido. En la yuca el contenido de glucósidos cianogénicos ofrece un espectro amplio, en que fue posible seleccionar tipos de bajo contenido de glucósidos. En los frijoles, particularmente en los lima, hay cierta regularidad en la distribución de los glucósidos cianogénicos que está asociada al color de la testa de la semilla; en los cultivares blancos por lo común la toxicidad es menor. En Cucurbitáceas la presencia de sustancias amargas, cucurbiticinas, es predominante en muchas especies silvestres; sin embargo, mutantes debidas en ciertos casos al cambio de un alelo y en otros a herencia más compleja, determinan los tipos comestibles. En las Aráceas el factor limitante para el consumo humano de tallos y hojas es la presencia de cristales de oxalato de calcio, una sustancia irritante cuyo contenido difiere considerablemente entre variedades de la misma especie.

Aunque en la mayoría de las especies cultivadas hay individuos o poblaciones con un bajo contenido de sustancias tóxicas o irritantes, la utilización como alimento depende, en la gene-

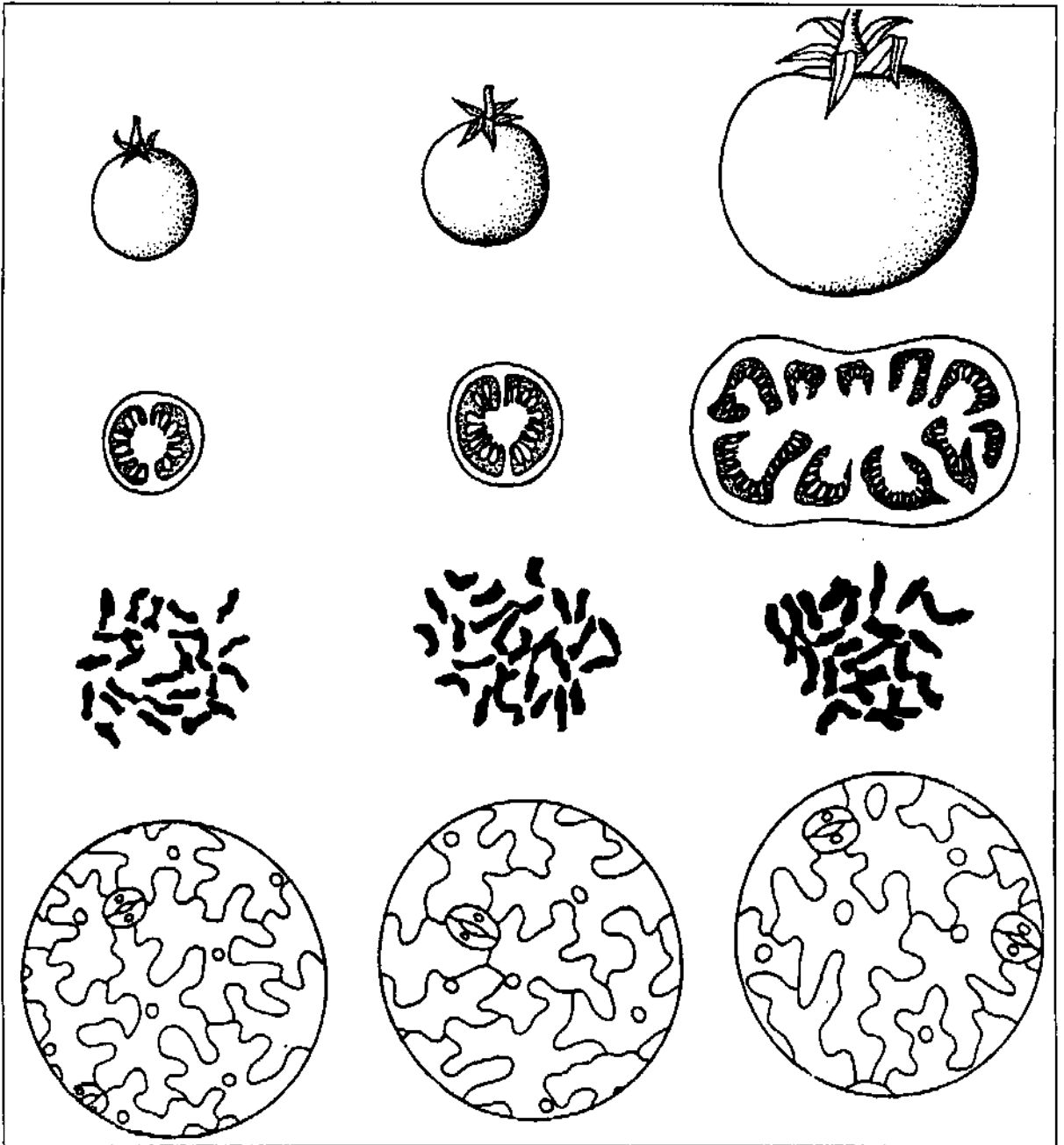


Fig. 1.3. Incremento en tamaño en una planta cultivada, tomate, *Lycopersicon* spp. La columna izquierda corresponde a una especie silvestre, *L. pimpinellifolium*; la central a *L. esculentum* var. *cerasiforme*, el tomate maleza; la derecha a un cultivar moderno, 'Marglobe'. La primera fila, tamaño del fruto; segunda, corte transversal; tercera, tamaño de los cromosomas; cuarta, tamaño de células de la superficie de las hojas. (De Schwanitz, F. *The origin of cultivated plants*. Harvard University Press, 1966).

alidad de los casos, de la eliminación de esas sustancias por dos medios: la aplicación del calor o la extracción mecánica.

Métodos especiales de propagación

En muchas especies cultivadas de los trópicos se aplica la propagación vegetativa, que es forzada en las especies que no producen semilla, como los bananos, pero que se ha aplicado por el hombre en otros cultivos, utilizando para eso toda clase de propágulos: estacas enraizadas de tallos, raíces u hojas, injertos de yemas, bulbillos, brotes laterales y otros. La población derivada por propagación vegetativa de una sola planta madre se llama clon. Si en especies triploides, como los bananos, la propagación clonal es forzada, en muchos cultivos diploides o poliploides es predominante: yuca, camote, ñames, árbol de pan. Contrario a una creencia común, la propagación vegetativa de una especie en forma continua y por un largo tiempo, no afecta su fertilidad. Todos los cultivos clonales, con la excepción de los triploides, producen semillas si se les planta en un medio adecuado y en condiciones normales de crecimiento. Su esterilidad aparente se debe a que son sembrados en lugares no apropiados para la formación de flores y frutos, o que se les cosecha antes de que se formen estos órganos.

La ventaja más importante de la propagación vegetativa es permitir la reproducción de una planta individual notable por su rendimiento, resistencia, calidad y otras condiciones favorables, en cantidad indefinida, a menudo en millones de individuos de iguales características a la planta original. Esto trae como consecuencia crecimiento más rápido y cosechas más uniformes que en plantas propagadas por semilla. Entre las desventajas se tiene que un cultivo monoclonal es uniformemente susceptible al ataque de enfermedades y plagas, como ocurre en los bananos, así como a problemas de compatibilidad

que reducen los rendimientos, como en ciertos clones de cacao y café robusta.

La propagación clonal es la más corriente en los pastos tropicales. Además, muchos de ellos son especies apomíticas, es decir que forman semillas sin fertilización sexual y por lo tanto reproducen las características de la planta madre como si fueran propagados vegetativamente.

Otras características

Es frecuente en especies cultivadas, especialmente anuales, que el sistema natural de dispersión de las semillas, se elimine o atenúe por mutaciones génicas. En cereales, la espiguilla que contiene el grano se separa en las poblaciones silvestres por la abscisión del pedúnculo, para facilitar así su dispersión. En las plantas cultivadas una o varias mutaciones determinan que la espiguilla no se desprenda, facilitando así la recolección de los granos. En los frijoles silvestres, las vainas se arrollan al secarse lanzando lejos las semillas; este mecanismo casi no funciona con los frijoles domesticados. Hay también cambios en el período de producción, más corto en plantas cultivadas que en las silvestres de la misma especie, así como en la estructura de las cubiertas de las semillas, delgadas y suaves en las poblaciones cultivadas, lo que permite una germinación más rápida, duras y gruesas en las poblaciones silvestres, lo que determina una latencia prolongada.

Referencias

- ANDERSON, E. 1952. *Plants, man and life*. 1952. Boston, Little-Brown.
- BAKER, H.G. 1970. *Plants and civilization*. 2nd ed. London, Macmillan, v n.
- BLADES, G.W. 1955. The romance of domesticated plants. *Smithsonian Report for 1954*:317-336.

- DARLINGTON, C.D. 1973. Chromosome botany and the origins of cultivated plants. 3rd ed. London, George Allen & Unwin.
- HAWKES, J.G. 1983. The diversity of crop plants. 1983. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- HEISER, C.B. 1973. Seeds to civilization: the story of man's food. San Francisco, W.H. Freeman.
- SCHWANITZ, F. 1966. The origin of cultivated plants. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- SCHWANITZ, F. 1967. Die evolution der kulturpflanzen. Munchen, Bayerischer Landwirtschaftsverlag.

2. FACTORES QUE DETERMINAN LA VARIABILIDAD EN LOS CULTIVOS

La variabilidad en las plantas cultivadas es el resultado de las mismas fuerzas que operan sobre las poblaciones silvestres, pero afectadas profundamente por la acción del hombre. La más importante es la **mutación** porque es la única fuente de formas nuevas. En las plantas cultivadas hay dos clases de mutaciones de especial importancia, las que se deben a alteraciones o sustituciones de nucleótidos: **mutaciones génicas**, y las que determinan cambios en el número de cromosomas, como la **poliploidía**.

Las mutaciones suplen los materiales para la **selección** de nuevas variedades, que el hombre escoge, multiplica y mantiene. Además, mediante manipulaciones genéticas, como la hibridación, puede producir variedades nuevas, mejor adaptadas a las condiciones del ambiente o a las necesidades del cultivo o el mercado. También por la **migración**, cuando el hombre extiende un cultivo a un ambiente nuevo, lo somete a factores distintos de selección, y con el **aislamiento** a la acción del flujo genético.

Pero es especialmente en la transformación de las condiciones ambientales donde la acción del hombre, llamada **selección cultural** o artificial, ejerce más influencia: cambia la disponibilidad de nutrimentos, agua y condiciones físicas del suelo; adapta cultivares al fotoperíodo y otros factores de crecimiento; protege a las plantas de enfermedades, plagas y malezas, y mediante manipulaciones genéticas consigue nuevos tipos de plantas más adaptados al cultivo y la cosecha.

Con todo, no ha logrado formar un cultivo nuevo; el triticale, para el caso, no existe en la naturaleza, pero es un cruce entre especies naturales: trigo y centeno. Tampoco ha sido posible eliminar completamente los rasgos silvestres de las plantas cultivadas, pero muchos cultivares y aún especies dependen ya tanto de factores artificiales para su supervivencia que desaparecerían por la selección natural si el hombre no les supliera el ambiente artificial en que viven.

Mutación

Mutaciones génicas. La mutación génica es un cambio en la estructura de un gene, que se refleja en alteraciones de los órganos o funciones que determina ese gene. Se presenta cuando se sustituye, elimina o traslada un par de nucleótidos de los muchos que forman la cadena de DNA en el núcleo de células reproductoras. En casos de eliminación o transposición, la mutación es deletérea por lo general; en la sustitución, la mutación se establece y los cambios que ella induce son permanentes y hereditarios.

A veces estos cambios son evidentes, como ocurre cuando en una población de plantas de frutos rojos aparece una planta con frutos amarillos, pero con más frecuencia el efecto de las mutaciones es menos evidente; se refleja en un incremento ligero del tamaño de ciertos órganos, en el mayor contenido de sustancias como azúcar o aminoácidos o en mayor grado de resistencia a enfermedades.

La mutación génica puede afectar sólo un carácter o tener efecto pleiotrópico, es decir que cambia varios órganos o partes del nuevo mutante. La mayoría de los mutantes no sobrevive por falta de adaptabilidad al ambiente. Algunas mutaciones son de efectos letales, como las que producen plantas albinas, en las que la incapacidad de elaborar clorofila determina una vida muy corta.

Para mostrar cómo las mutaciones producen tipos diferentes dentro de una especie, se puede señalar ejemplos en el café arábico (Fig. 2.1), en el cual se conocen mutaciones génicas, entre ellas: a) una que determina el cambio de color de los frutos, que es normalmente rojo a amarillo brillante y que no parece afectar otros caracteres; b) la mutación 'Maragogipe' apareció sólo una vez en Brasil, ha sido propagada ampliamente por semilla y se diferencia de la población original por tener i) porte más alto y menos ramificado, ii) hojas más grandes, pendientes y de base más ancha, iii) flores y frutos más grandes y en menor número; c) 'angustifolia', la mutación más frecuente, determina plantas de porte débil y bajo

rendimiento que al identificarse por sus hojas angostas se eliminan en el almacigal; d) hay también mutaciones braquíticas, o sea de entrenudos más cortos de lo normal - algunas de ellas, como 'Caturra', de mayor rendimiento y precocidad.

La diversidad de los cultivares de *Brassica oleracea*, discutido antes, resulta del efecto de mutaciones génicas dirigidas por la selección y acumuladas por el largo cultivo. En el tomate, la producción de frutos en áreas en que no existen los polinizadores naturales se debe a la aparición de mutantes con estilo corto, lo que facilita la autopolinización. Los ejemplos citados muestran los efectos de las mutaciones en caracteres bien apreciables, como tamaño, porte y color. La selección continua de mutantes superiores por esas características en generaciones sucesivas permitió a los mejoradores obtener cultivares superiores antes de que se conocieran las leyes mendelianas de la herencia.

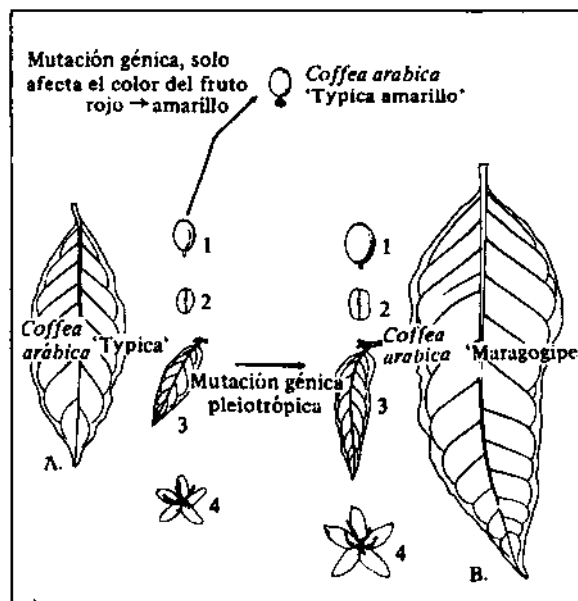


Fig. 2.1. Mutaciones en *Coffea arabica*. A, 'Typica' de frutos rojos y su variante, 'Typica amarillo', de frutos amarillos, debido a un cambio génico que sólo afecta al color del pericarpio. B, 'Maragogipe', variante debida también a un sólo cambio génico de expresión pleiotrópica, que afecta entre otros caracteres el tamaño y forma de hojas y frutos.

Aunque las mutaciones son los procesos fundamentales en la evolución de las plantas y en el mejoramiento genético de los cultivos, su acción está limitada por varios factores: a) la frecuencia de las mutaciones es muy baja: la más común en el café arábico se presenta en 1:10 000 aproximadamente; b) la mayoría de ellas, como se indicó antes, no tiene valor adaptativo; c) la sobrevivencia de un mutante depende del tipo de dominancia y del sistema reproductivo de la especie. En el cultivo se afectan estos factores al multiplicar el número de individuos de un cultivar en miles o millones, incrementando así la frecuencia de las mutaciones; al suplir ambiente favorable a mutantes que desaparecerían en la naturaleza, y a acelerar los procesos que permiten acumular mutaciones útiles en un tiempo relativamente corto.

Finalmente, se inducen mutaciones artificialmente aplicando radiaciones o productos químicos a semillas y otros materiales de propagación, los que en cereales y otras especies han producido algunos cultivares superiores.

Mutaciones somáticas. Cuando el cambio de un gene se presenta en una célula somática en el ápice de crecimiento de una rama, bulbo u otro órgano vegetativo, las células derivadas de ellas llevan la nueva estructura genética. Por lo tanto las ramas o bulbos difieren de la planta madre y al propagarse vegetativamente reproducen el nuevo mutante.

Darwin llamó la atención sobre la importancia de este tipo de variación en las plantas cultivadas, la cual ha permitido establecer muchos cultivares nuevos, especialmente en frutales y ornamentales. La naranja 'Washington Navel' o 'Bahía', es un ejemplo de cómo se producen y evolucionan las mutaciones somáticas. En Bahía, Brasil, en un naranjo dulce del cultivar 'Selecta' apareció una rama de frutos sin semillas, con ombligo y otras características diferentes. Cuando la rama se propagó por yemas se estableció el nuevo cultivar, al que se llamó 'Washington Navel' en Estados Unidos. Dentro de los muchos miles de árboles de ese cultivar propa-

gados por injerto, ya han aparecido nuevos mutantes que difieren en tamaño y forma de la fruta y en precocidad, y uno de ellos, 'Marrs', por carecer del ombligo característico de la 'Washington Navel'.

Como en el caso de las mutaciones génicas, la mayoría de las mutaciones de yema no tiene valor agrícola, pero en cultivares triploides, como los bananos, de ninguna o muy reducida fertilidad, las mutaciones somáticas son la fuente principal de variación. Lo son también en cultivos que rara vez producen semillas, como los ñames, taros, fruta de pan y posiblemente en yuca y camote. Tienen la ventaja que es muy fácil reproducirlas clonalmente, repitiendo así las características de la planta madre, y eventualmente producir nuevos clones.

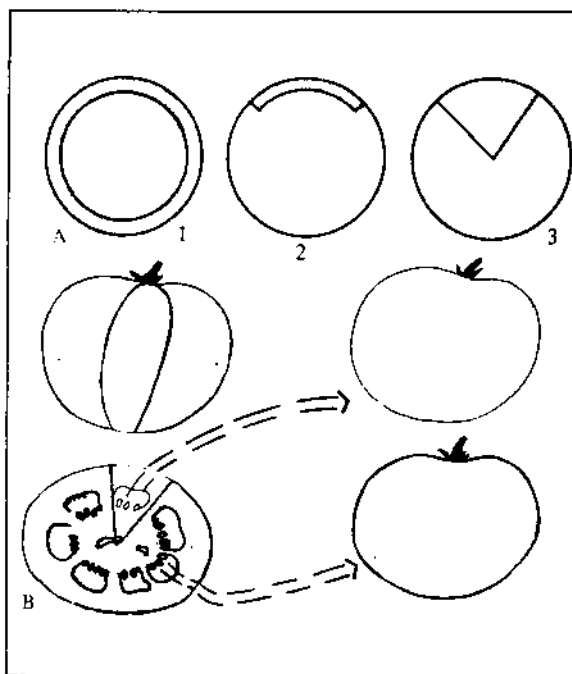


Fig. 2.2. Tipos de quimeras, A: 1, periclinal; 2, mericlinal; 3, sectorial. Las áreas oscuras son las que han cambiado. B, quimera sectorial en tomate; el sector claro, de color amarillo en un fruto rojo, dio semillas que produjeron plantas sólo con frutos amarillos.

Cuando una planta o parte de ella está constituida por tejidos de constitución genética diferente, se forma una **quimera**. El término se limita a aquellos casos en que los tejidos o componentes se combinan en el mismo órgano, pero no se aplica al caso en que masas de tejidos de diferente origen se mantienen aparte, como sucede en los injertos. Sin embargo, fue en ramas derivadas de un injerto en que se observó experimentalmente la formación de quimeras llamadas por eso sintéticas, que aparecieron en un injerto de tomate en yerbamora, en el cual ciertas ramas y hojas tenían los tejidos externos de tomate y los internos de yerbamora, o viceversa.

Cuando uno de los componentes de la quimera ocupa la parte exterior del órgano: fruto, ramas, etc., y el otro la interna (Fig. 2.2), la quimera se llama "periclinal"; si sólo ocupa un segmento de los tejidos externos se llama "mericlinal", y si se extiende hasta el centro del órgano, "sectorial". Cuando los dos componentes, distintos genéticamente, se encuentran distribuidos irregularmente en la planta determinando variegación, forman un "mosaico".

Los cambios de tejidos en las quimeras afectan no sólo la estructura, color y otras características visibles, sino en ciertos casos los niveles de ploidia.

Un ejemplo de quimera periclinal ocurre en plantas de papa de tubérculos blancos cuando aparecen tubérculos rojos, que al sembrarse sólo dan plantas con tubérculos rojos. Se prueba que se trata de una quimera periclinal al remover completamente los tejidos externos de una yema, que son los afectados, y al brotar de ella una planta de tubérculos blancos; de esa manera el cultivar 'Red Warba', de tubérculos rojos, se originó de 'Warba', de tubérculos castaños. Como en estos casos la quimera sólo afecta los tubérculos, las semillas del mutante darán plantas con tubérculos del color original. En papa se conocen también quimeras periclinales en que ha cambiado la estructura externa: 'Golden Wonder', de tubérculos duros y rugosos, se originó de 'Long Worthy', de tubérculos lisos. Una quimera secto-

rial se presentó en un fruto normal de tomate, en el cual apareció un sector de color amarillo; las semillas de ese sector dieron todas plantas de frutos amarillos (Fig. 2.2b).

En los mosaicos los plástidos de ciertos tejidos se tornan de verdes a incoloros. Esto da a hojas, tallos y frutos un aspecto marmóreo por las capas de tejidos verdes, blancos o mezclados. Esta variegación es muy conocida y apreciada en plantas ornamentales.

Poliploidia

Normalmente las células somáticas de plantas y animales contienen dos conjuntos de cromosomas homólogos y se dice entonces que el organismo es diploide. El número de cromosomas de uno de sus gametos, o sea la mitad del número cromosómico de las células somáticas, se denomina número básico y se expresa por x . La poliploidia es la presencia de más de dos conjuntos de cromosomas en múltiplos del número básico = triploidia, $3x$; tetraploidia, $4x$; pentaploidia, $5x$, y así sucesivamente. En la forma usual se designa por $2n$, o número cromosómico, el número de cromosomas en las células somáticas, sean diploides o poliploides. Ciertos organismos pueden tener un número de cromosomas que no es un múltiplo exacto del número cromosómico de la especie y se llaman aneuploides; incluyen monosómicos, cuando tienen un cromosoma menos, $2n - 1$; trisómicos con uno más, $2n + 1$, y otros.

El número básico es con frecuencia el mismo para todas las especies de un género y a veces para todas las especies de una familia. Sin embargo, un género puede contener especies diploides y poliploides, y aún dentro de las poblaciones de una especie los niveles de ploidia pueden variar. En el género *Coffea*, por ejemplo, el número básico es $x = 11$, que es común a otros géneros de la familia de las Rubiáceas, a la cual pertenece el café. Todas las especies del género *Coffea*, con una excepción, son diploides; la excepción es *Coffea*

arabica, tetraploide, con $2n = 44$. En el género *Musa*, en cambio, hay dos números básicos: $x = 11$ y $x = 10$. En el primero están los cultivares comerciales de bananos y plátanos, triploides, $2n = 33$, pero hay también especies diploides y tetraploides de valor comercial. La serie de $x = 10$ incluye varias especies útiles diploides ($2n = 20$), como el abacá que se utiliza por la fibra, y el fehi por sus frutos.

Características de los poliploides. Desde que comenzó el recuento de cromosomas se notó que numerosos cultivos eran poliploides. Ya fueron citados el café arábico y los bananos; a ellos hay que agregar trigos, papas, algodones, tabaco y muchos frutales, ornamentales y forrajeras. Pero hay también cultivos importantes a nivel diploide: arroz, maíz, leguminosas de grano.

Los poliploides cultivados son regularmente superiores a sus contrapartes diploides, pues se caracterizan por flores, frutos, semillas o follaje de mayor tamaño - atribuible a que en los poliploides las células son de mayor volumen - o por tener mayor cantidad de proteínas, azúcares y otras sustancias útiles. En taro, el clon 'Gigante' triploide, es de mayor rendimiento que los diploides. El café arábico tetraploide, produce más que los diploides. Los algodones americanos, tetraploides, incluyen la mayoría de los cultivares comerciales. En papa, trigo y otros cultivos en que hay series de niveles de ploidia, los tipos poliploides son generalmente los más productivos. Un carácter favorable en los frutales triploides es la carencia de semillas, como ocurre en los bananos o el limón 'Tahiti'.

Origen de los cultivos poliploides. Los poliploides pueden formarse por a) autopoliploidia, o sea la duplicación del genomio parental: la uva 'Moscatel Gigante', de $2n=76$, se deriva de la multiplicación cromosómica del cultivar 'Moscatel' de $2n=38$, b) alopoliploidia, resultado del doblamiento del número de cromosomas después de un cruce interespecífico. En este caso puede ser que el doblamiento i) provenga de ambos padres, como en el tabaco de $2n=48$ que re-

sulta del cruce de dos especies diploides de *Nicotiana* de $2n=24$; ii) sea sólo de un conjunto cromosómico: la caña de azúcar 'Coimbatore' resultó del cruce de *Saccharum officinarum*, $2n=80$, que dobló su aporte cromosómico y de *S. spontaneum*, $2n=64$, que aportó normalmente la mitad; iii) puede derivarse del cruce de dos especies poliploides: la fresa de los jardines ($2n=56$) resultó del cruzamiento entre *F. chiloensis* y *F. virginiana*, ambas octoploides, $2n=56$.

En la mayoría de los alopoliploides no es fácil explicar su origen -ya que sus padres, uno o ambos pueden haber desaparecido, como se supone que ocurre en el café arábico- o porque ciertos genomios pudieran derivarse de otros géneros, como se asume que sucedió en la evolución de los trigos poliploides.

La poliploidia puede también ser inducida, por lo común utilizando aplicaciones de colchicina a semillas o plántulas en los cuales dicha sustancia impide la formación del huso acromático, y por lo consiguiente las células resultantes tienen doble número de cromosomas. Con este método se ha obtenido cultivares superiores en remolacha azucarera, centeno, sandías triploides (sin semillas) y otros cultivos. Una aplicación notable es también la formación de cruza fértiles entre especies distintas: cruza entre rábano y repollo llevadas al nivel poliploide contienen duplicados todos sus cromosomas y el resultado es una planta fértil y genéticamente estable.

Hibridación

En la evolución primitiva de las plantas cultivadas la hibridación, como proceso natural, tiene menor importancia que las mutaciones o la selección. Las segregaciones que resultan de cruza entre especies o cultivares son, en su mayoría, eliminadas por su falta de adaptación.

La hibridación está condicionada por el sistema reproductivo de la especie, que a su vez es el resultado de varias condiciones: a) tipo de polinización = autogamia, preponderancia de la au-

topolinización o alogamia, o sea polinización cruzada; b) tipos de flor = hermafrodita o unisexual; c) separación de flores unisexuales = en la misma planta: monoecia, en plantas distintas: dioecia; d) diferencias en la maduración de los gametos = proterandia: si el polen madura antes de que el estilo sea receptivo, protoginia: si el estilo es receptivo antes de que madure el polen; e) mecanismos de incompatibilidad, que crean barreras a la fertilización entre especies y cultivares y aun en la misma planta.

La condición de autogamia o alogamia no es absoluta. Hay especies con poblaciones autóгамas y alógamas. Como se mencionó en el caso del tomate, existe la tendencia a que aparezcan por mutación líneas autóгамas en especies marcadamente alógamas. El grado de autogamia puede cambiar también con la localidad y la estación. Son las combinaciones entre los factores antes mencionados las que determinan el sistema de reproducción; así en plantas proteroginas o proterandras y monoicas, la alogamia es más frecuente.

En condiciones naturales la hibridación ha tenido importancia únicamente en la formación de alopoliploides = bananos, caña de azúcar, papas, café arábico, trigos y otros, que se formaron sin la intervención directa del hombre y que éste aprovechó por sus características favorables. La hibridación espontánea entre especies no es común; se conocen híbridos interespecíficos en *Saccharum*; en fresa, ya mencionado, y algunos otros. Entre cultivares puede citarse el cultivar 'Mundo Novo' de café arábico, que resultó de la cruce espontánea entre 'Bourbon' y 'Sumatra'. En frutales se conocen híbridos espontáneos que se han fijado por propagación vegetativa; en cacao, la hibridación entre cultivares ha formado una gama continua de tipos. Pero en estos casos, aunque el hombre no produjo los híbridos, su influencia ha sido evidente al sembrar juntos cultivares de muy diferente procedencia geográfica.

En las condiciones primitivas de la agricultura las oportunidades de que se formen nuevas recombinaciones son altas debido a la costumbre

de sembrar mezclas de muchos cultivares. Bajo estas condiciones son factibles también las cruces con malezas de la misma especie o con otras especies. Otras prácticas primitivas como las de dejar los árboles útiles al cortar las selvas, permiten la hibridación entre poblaciones que antes estaban aisladas. Esto ocurre en el Amazonas con los árboles de *Hevea* y otras especies útiles, que dan origen a poblaciones híbridas en pocos años.

En la agricultura subdesarrollada la presión selectiva es más marcada pues los híbridos tienen poca protección del agricultor. La selección natural puede operar por factores tan distintos como enfermedades o fotoperíodo y eliminar la mayoría de las mutaciones o recombinaciones. Finalmente por la selección artificial sólo quedan aquellas variantes cuyas características son útiles al agricultor.

En cambio el papel de la hibridación es predominante en la agricultura avanzada como medio de mejoramiento genético. Los primeros híbridos se hicieron en el siglo XVIII y ya en el siglo siguiente se aplicó la hibridación en el mejoramiento de varios cultivos. Pero fue el descubrimiento de las leyes mendelianas, la disponibilidad de germoplasma muy diverso y el desarrollo de técnicas experimentales, lo que dio a comienzos del este siglo el gran impulso para el mejoramiento continuo e intensivo de muchos cultivos, especialmente en las regiones templadas.

Al inicio del mejoramiento de una especie la hibridación se utiliza por lo general para mejorar el rendimiento, por heterosis o vigor híbrido. En etapas más avanzadas se intenta por lo común mediante hibridación, retrocruzas y selección, incorporar factores más específicos como los que determinan a) resistencia a ciertas enfermedades, insectos, sequía; b) caracteres cualitativos superiores: mayor riqueza en proteína; c) tipo de porte más conveniente en el cultivo y recolección: cultivares enanos, y otros.

La hibridación ofrece ventajas únicas en las plantas de propagación vegetativa, en las que una recombinación puede fijarse fácilmente. Así

se ha obtenido cultivares superiores en frutales; en ornamentales las cruces en orquídeas de especies de cuatro géneros distintos pueden propagarse clonalmente. El cultivo de meristemas y otros procesos biotecnológicos, ofrecen oportunidades nuevas para la propagación vegetativa de híbridos que hasta ahora sólo se propagan por semilla.

La hibridación introgresiva, o introgresión, ocurre cuando un híbrido se retrocruza con uno de sus padres, generalmente el más abundante. Las retrocruzas sucesivas tienden a parecerse cada vez más a la especie o variedad más abundante, sin perder del todo los caracteres del otro padre. Como la introgresión es más frecuente cuando se cambia el ambiente natural ésta se presenta a menudo en áreas cultivadas, a nivel de especies o cultivares, o entre malezas y plantas cultivadas.

Selección

Las plantas cultivadas o silvestres, están sometidas a factores ambientales, como humedad, temperatura, acidez del suelo, fotoperíodo, enfermedades y plagas, y muchos otros, que actúan solos o en asocio. El impacto de estos factores varía según la estructura genética de la planta, de lo que resulta que los individuos o poblaciones presenten distintos grados de supervivencia, desde los que tienen una descendencia abundante, hasta los que se eliminan por completo. La **selección natural** se manifiesta en diferentes grados de reproducción y supervivencia, o sea en diferentes niveles de adaptación. Por lo común es una **selección estabilizadora**, o sea que tiende a mantener la identidad genética, eliminando los individuos con características extremas. Puede ser **direccional**, si favorece la mayor supervivencia de un tipo extremo, o **disruptiva** cuando actúa eliminando los tipos intermedios y favoreciendo a los extremos.

En las plantas cultivadas la situación se complica por la acción del hombre, en lo que se ha

llamado **selección artificial**. Esta opera desde que el hombre escoge los materiales para la siembra (semillas o propágulos). Se ha observado en Africa Occidental y en la Amazonia que los frutales que crecen cerca de las viviendas son superiores a los que se encuentran en los bosques. Aunque esto se puede deber parcialmente a las mejores condiciones de ambiente (suelos, falta de competencia) es más probable que se deba a la selección deliberada de tipos superiores. El agricultor primitivo selecciona no sólo por características ventajosas. A menudo lo hace por razones estéticas o rituales. En la mayoría de los casos, el hombre selecciona por un carácter favorable a sus necesidades. Si selecciona en maíz por tamaño de mazorca, pudo partir, hace 5600 años, de mazorcas que medían en promedio de 2.5 cm de largo, y a través de centenares de generaciones, hacia 1500 d.C., habían alcanzado un promedio de 14 cm de longitud. En épocas modernas, antes de que se conocieran las leyes de la herencia, la selección de remolachas con mayor contenido de azúcar en Francia, se inició con tipos que contenían 6 %; en la primera década de este siglo se llegó a variedades con 20 %. En selección disruptiva hay casos que muestran resultados en tiempo relativamente corto. Cuando se seleccionaron tipos de maíz por bajo o alto contenido de aceite, se partió de plantas que contenían 4 - 6 % de aceite. Después de unas 50 generaciones, los tipos con alto contenido alcanzaron 14 - 16 %; los de bajo contenido 1 - 2 %.

La selección deliberada trabaja tanto en plantas de semilla como de propagación vegetativa. Los trabajos en Java con *Hevea brasiliensis*, mostraron que los clones seleccionados rendían conforme pasaban los años cada vez más látex, en algunos casos hasta 500 % más que las plantas de semillas no seleccionadas, a los 20 años después de la siembra.

En la selección a menudo se procede no seleccionando por un carácter sino por un grupo de caracteres favorables que presenta una planta; el agricultor que encontró el café 'Caturra' dentro de una población de la variedad 'Bourbon',

vio en la planta porte bajo, ramas con entrenudos cortos, nudos con muchos frutos, que lo hizo separar y propagar la planta mutante. Más adelante pudo observar otro carácter favorable: la cosecha temprana, cuando las plantas escogidas produjeron frutos uno o dos años antes que la población de la que se originaron.

Migración

Desde el comienzo de agricultura el hombre ha movido plantas y animales a nuevos ambientes. Al hacerlo afecta las fuerzas de selección, pues si por una parte los cultivos dejan atrás los enemigos tradicionales: enfermedades, plagas y malezas con los cuales han coevolucionado, en su nuevo habitat enfrentan otros problemas.

En su nuevo ambiente los cultivos cambian y se dividen en poblaciones diferentes, no sólo entre si sino también distintas de las poblaciones originalmente introducidas. Los maíces del norte de India forman razas distintas morfológicamente entre ellas, y con los maíces posiblemente de Brasil de los cuales descienden. En estos casos el aislamiento, el flujo genético y otros factores contribuyen a la diferenciación de cultivares.

La migración de un cultivo puede hacerse en dos formas. La primera es por expansión a nuevas áreas de la comunidad humana que lo cultiva y que lo impone en diferentes formas. Después del Descubrimiento, los europeos impusieron sus cultivos a los pueblos indígenas americanos y asiáticos. En la otra forma, una comunidad obtiene por diferentes medios: trueque, donaciones, robo, semillas o propágulos de un cultivo ajeno, y a menudo el conocimiento de su manejo y utilización. En este caso la expansión puede ser muy rápida. Los plátanos traídos de las islas Canarias a las Antillas al inicio de la Conquista tuvieron una aceptación inmediata por los indios, y su cultivo se expandió por América del Sur, adelante de los conquistadores por

varias décadas. La presencia de los plátanos en tribus indígenas a las cuales no había visitado ningún europeo, indujo a Humbolt a creer que eran originarios de América Tropical.

Es entonces muy común que una especie cultivada evolucione rápidamente en una región a la que fue introducida, o sea a un centro secundario de variabilidad. Este proceso se conoce con el nombre de transdomesticación. En tiempos prehistóricos, plantas que se cultivaban incipientemente en África tropical, como sorgo, ajonjolí, setarias y otros, fueron llevados a India dónde alcanzaron no sólo mayor diversidad genética sino también niveles más altos de rendimientos. Por lo general, los cultivos se mueven por el hombre de áreas menos desarrolladas a más avanzadas. En éstas no sólo se incrementa su diversidad genética sino que también se desarrollan sistemas superiores de manejo y de diversificación de su uso. Además en los centros secundarios la especie se cultiva en mayor número, y por eso hay más posibilidades de que se encuentren mutaciones útiles. El café arábico, originario de Etiopía, tiene sus mejores cultivares en América Tropical. El SE de Asia es la región más avanzada en caucho (*Hevea brasiliensis*), cacao y palma de aceite; el primero y el segundo originarios de Brasil, la tercera de África Occidental.

La migración pone en contacto especies y variedades de diferente procedencia, con lo cual se pueden producir combinaciones nuevas. La fresa cultivada se formó en Europa como resultado del cruce de dos especies silvestres, una de Chile y otra de América del Norte. A nivel varietal, un ejemplo es el cacao 'Trinitario', que se desarrolló en Trinidad y Venezuela como cruce de cacao 'Forastero', originario de América del Sur, con 'Criollo' de Mesoamérica.

La migración, la selección natural y cultural, y en menor grado el flujo genético, actúan conjuntamente y en diversos grados para crear la diversidad genética de un cultivo. En esta diversidad se basan los trabajos de mejoramiento ge-

nético, cuya finalidad es producir variedades superiores en rendimiento, resistencia o calidad.

Referencias

- ANDERSON, E. 1949. Introgresive hybridization. London, Chapman Hall.
- CRANE, M.B. & J.C. LAWRENCE. 1956. The genetics of garden plants. 4th ed. London, Mcmillan.
- DARLINGTON, C.D. 1973. Chromosome botany and the origins of cultivated plants. 3rd ed. London, George Allen & Unwin.
- HANCOCK, J.F. 1992. Plant evolution and the origin of crop species. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.
- HARLAN, J.R. 1992. Crops and man. 2nd ed. Madison, Wisc., Crop Science Society of America.
- HIORTH, G.E. 1973. La variabilidad genética de los cultivos. Córdoba, Argentina, Universidad Nacional.
- STEBBINS, L.D. 1950. Variation and evolution in plants. New York, Columbia University Press.

3. DOMESTICACIÓN DE LAS PLANTAS

La domesticación de las plantas y animales, como parte de la invención de la agricultura, es un proceso tan importante en la historia del hombre que desde las civilizaciones clásicas se ha hecho intentos para explicarlo. Es en su casi totalidad la obra de comunidades primitivas, pues si en el último siglo se ha domesticado cultivos como la palma de aceite, café robusta, *Hevea*, macadamia, forrajeras tropicales y otros, hay que admitir que en la mayoría de ellos su uso y manejo ya habían sido descubiertos y desarrollados incipientemente por pueblos primitivos.

Los intentos actuales para explicar la domesticación se basan en evidencias suplidas por varias disciplinas científicas. Es un campo de hipótesis que se plantean, aceptan, evalúan y finalmente se descartan o modifican; dependen

a menudo de la autoridad de un investigador y de preferencias personales, pero como en el caso de todas las hipótesis científicas, tienen el mérito de estimular o generar estudios que a menudo contribuyen a su abandono o a modificarlas sustancialmente.

Los procesos de domesticación y evolución bajo cultivo están determinados por factores tan diferentes para cada caso que no es posible establecer o aceptar un modelo que intente explicar todos ellos.

Naturaleza de la evidencia

Las informaciones en que se basan las hipótesis para explicar dónde y cómo se domesticó

un cultivo proceden de fuentes biológicas, arqueológicas e histórico-lingüísticas.

Información biológica. La presencia de poblaciones espontáneas de la misma especie o de géneros afines en determinado lugar, permite inferir que fue allí donde pudo ocurrir la domesticación original del cultivo. En el caso del maíz, es más probable que éste se originara en Mesoamérica que en otra región, ya que en aquella están sus parientes silvestres más próximos. La relación entre poblaciones silvestres, cultivadas y malezas, que se presenta en algunos cultivos pero no en todos, puede variar según la especie. Se ha propuesto para ciertos cultivos que éstos se derivan de las poblaciones silvestres y que las malezas sean derivadas de las poblaciones cultivadas. Pero esta regla no es aplicable a todos los casos, particularmente en la agricultura incipiente, en la que los límites entre plantas cultivadas, silvestres, espontáneas y malezas, son muy difusos y en los que por hibridación o **introgresión** el intercambio de genes es aún más activo entre poblaciones de esas categorías.

En muchos cultivos tropicales es factible trazar su origen a poblaciones silvestres aún existentes, como sucede con los frutales del Sureste de Asia o de la Amazonía. Pero la tendencia a localizar áreas de domesticación, y a explicar la evolución bajo cultivo tomando en cuenta sólo los elementos actualmente vivientes, es muy poco convincente en la mayoría de los casos, ya que es posible que una o más de las entidades parentales hayan desaparecido.

Tampoco es aplicable que la concentración de mayor variabilidad sea un criterio fehaciente que indique el área de origen; la diversidad genética es más bien el resultado de la concentración histórica de germoplasma. Si en el siglo XVI la variabilidad mayor del tomate estaba en México, dos siglos después estaba en Italia y ahora en Estados Unidos.

La evidencia biológica para establecer las relaciones entre poblaciones silvestres, cultivadas y malezas, se basa en: a) métodos taxonómicos tradicionales y modernos, entre los últimos los

estudios biométricos y bioquímicos incluyendo electroforesis y análisis de DNA; b) información genética derivada especialmente de cruza artificiales que permiten establecer la afinidad entre poblaciones por el grado de cruzabilidad, y de datos citogenéticos sobre la estructura de los genomas; c) información paleobotánica, basada en la presencia de polen en estratos de suelos prehistóricos o antiguos. Todos estos métodos dependen de una identificación correcta de los materiales y de un muestreo adecuado.

La evidencia biológica ha llevado a establecer teorías muy complejas, como la tripartita sobre el origen del maíz y la transpacífica para explicar el origen de los algodones americanos, que dominaron el campo y que están ya abandonadas. Con frecuencia estas teorías no toman en consideración las informaciones arqueológicas e históricas que, como ya notó De Candolle en 1833 en su **Origine des Plantes Cultivées**, son las que finalmente se imponen.

Información arqueológica. La información arqueológica para localizar áreas de domesticación se basa en el estudio de materiales directos: restos de semillas, hojas, frutos y otros, o sus impresiones en barro y otros materiales. Contribuye también el estudio de representaciones en cerámica, piedra, metales o tejidos, e indirectamente la presencia de instrumentos que pudieran haber sido usados en el cultivo o la preparación de sus productos. Las técnicas modernas para medir edad en restos orgánicos mediante el carbono 14 por AMS (espectrometría de acelerador masal) y luminiscencia en la cerámica, permiten establecer fechas dentro de límites más o menos seguros.

Sin embargo, la evidencia arqueológica tiene sus limitaciones. Depende a) del grado de preservación del material arqueológico —semillas, frutos y otras partes duras se conservan mejor que raíces o tubérculos—; b) de las condiciones climáticas determinantes en la conservación de los materiales, por lo cual se obtiene más información de los sitios secos que de los húmedos; c) de la identificación correcta de los materiales,

que no siempre es fácil de establecer y que debe basarse en muestras adecuadas; y d) del hecho de que existen regiones que por motivos diversos son exploradas más intensamente y de las que por tanto se cuenta con mayor información. Por todos estos factores es en el Suroeste de Asia (Cercano Oriente) y en México donde se conoce mejor la domesticación y evolución de los cultivos que en otras regiones.

El análisis histórico y lingüístico. Usado primero por A. De Candolle (1883) para determinar las áreas de origen y dispersión de los cultivos, el análisis histórico ofrece aportes valiosos al conocimiento de la domesticación. Tiene, empero, las mismas limitaciones señaladas a la evidencia arqueológica: no aporta un enfoque uniforme del problema en términos geográficos o históricos. Para las regiones tropicales de América, de África y el Sureste de Asia, el aporte histórico no va más allá del Siglo XVI. De gran valor son los informes de los cronistas españoles (Oviedo, Hernández, Cobo y otros) para América, y portugueses (García de Orta, C. de Acosta) para Asia tropical, pues provienen de experiencias directas y amplias; sus descripciones son más vivas y exactas que las de otros autores europeos, más conocidos, que describieron los nuevos cultivos cuando ya habían sido introducidos en Europa.

Condiciones previas a la domesticación

Factor humano. Como se observa en las pocas comunidades neolíticas que aún existen, el hombre recolector posee una habilidad innata para descubrir las propiedades útiles de las plantas y para desarrollar sistemas de manejo y utilización. Tiene, como lo expresa en su arte, una capacidad mental y manual que no es superada por la del hombre civilizado. Su curiosidad por la forma, sabor, color y textura de frutos, semillas y tubérculos, pudo inducirle a ensayar su uso y, por el largo proceso de acertar o errar, a co-

nocer sus propiedades e iniciar su domesticación.

En donde se aprecia mejor la habilidad y experiencia del hombre primitivo es en el descubrimiento de propiedades no evidentes, como los principios estimulantes o medicinales de ciertas especies. Así, la cafeína fue descubierta en África en el café y la kola; en América en cacao, yocó, guaraná, mate; en el Sureste de Asia en el té. Estas especies tan diferentes fueron reconocidas y domesticadas por tribus primitivas que no tenían entre ellas ninguna relación cultural. Es asombroso también como pudieron ser descubiertas las propiedades medicinales de la cinchona, o las técnicas para la preparación de venenos como el curare, que requieren de una habilidad mental y destrezas comparables a las que se necesitan en la elaboración del producto moderno más complejo.

Factores naturales. Una vegetación rica en especies ofrece evidentemente más oportunidades para la domesticación, si bien la misma abundancia y diversidad de los productos silvestres no fuerza al hombre a domesticarlos y mantenerlos en cultivo. Por otra parte, las regiones más ricas en especies están en los trópicos húmedos, en donde los asentamientos humanos han sido esporádicos y de baja presión demográfica, por ejemplo, en los bosques del Amazonas y el Sureste de Asia, hay abundancia de especies frutales pero su domesticación es aún incipiente.

Recolección de materiales silvestres. Este sistema es practicado aún por tribus de baja densidad de población en Malasia, sur de India, Australia, Amazonas, sur de África. Las comunidades transhumantes tienen por campos de recolección ambientes difíciles para la agricultura, tales como el borde de los desiertos o las selvas húmedas. Dependen básicamente de tubérculos y raíces; las frutas o semillas son complemento ocasional así como los productos de la caza o pesca. A veces explotan tan intensamente una área que la agotan por completo y tienen que trasladarse a otra nueva. Lo más frecuente es que dejen, intencionalmente o no, materiales de pro-

pagación que permiten la regeneración natural de las plantas que les suplen alimento. En pocos casos practican la siembra asociada a ritos; para la recolección han inventado instrumentos primitivos que pueden también ser usados para la siembra; aplican prácticas primitivas, como las quemadas, para limpiar los terrenos y ocasionalmente hay un sentido de propiedad de la tierra cuando una familia o tribu respeta el área de recolección de otra.

En contraste con la idea corriente de que la recolección de alimentos debe ser una tarea continua para suplir las necesidades de la comunidad, en los grupos humanos que aún la practican se ha observado que les deja mucho tiempo libre; se ha notado asimismo que la recolección de materiales silvestres provee una dieta balanceada y que son raros los casos de desnutrición.

La recolección de materiales silvestres debió ser un sistema expandido por todas las regiones del mundo de la prehistoria. Aún quedan trazas de él en comunidades avanzadas, como la recolección de azúcar de arce en el Noreste de Norteamérica, o de hierbas para ensaladas o condimentos en el sur de Europa. Fue un sistema que pudo operar, por las áreas tan grandes que requiere, cuando la tierra tenía una densidad de población muy baja. Se estima que en la época de recolección —caza, pesca— la población mundial fluctuaba entre 20 y 30 millones, mientras que en la actualidad llega a 3000 millones.

Procesos de domesticación

En torno a las fuerzas que indujeron al hombre primitivo a cambiar los hábitos de recolección de productos del bosque o la pesca y la caza, por la producción agrícola ordenada, hay numerosas teorías y poco acuerdo.

Hay algunos puntos de acuerdo casi general: a) los procesos de domesticación se descubrieron en regiones separadas: Cercano Oriente, Mesoamérica, Sureste de Asia y otros, entre las cuales no había intercambio cultural, b) fueron una aco-

modación lenta entre la recolección, la caza o la pesca y la agricultura y no un cambio brusco; c) aunque los procesos y materiales de la domesticación fueron diferentes según el grado de desarrollo de las comunidades, los materiales que se domesticaban, y los factores ecológicos, hay cierto paralelismo entre las plantas domesticadas en regiones diferentes: cereales y leguminosas de grano, raíces, tubérculos y frutales aparecen desde el principio en los distintos focos de la agricultura; d) al inicio de la domesticación ya se conocían herramientas y tecnologías primitivas, desarrolladas para la recolección y utilización de las plantas silvestres que se adaptaron a la producción agrícola, y el uso del fuego y de la cerámica permitieron ampliar la gama de materiales domesticables en plantas y animales; e) los grupos humanos que iniciaron la domesticación y la agricultura debieron tener ya cierta organización social que les permitiera el trabajo ordenado y la transmisión de materiales y experiencias a las generaciones siguientes. Contrario a lo que se creía hasta hace poco, el desarrollo de la agricultura no determinó el sedentarismo, la formación de aldeas o villorios, ya que ambos existían bajo sistemas recolectores o pescadores; f) el papel de la mujer en la domesticación debió ser de importancia primordial, pues en los pueblos recolectores son las mujeres las que se encargan de buscar y acarrear los alimentos que se encuentran en el bosque, y su experiencia directa en el manejo de las plantas debió hacer más fácil la transición de recolección a agricultura.

Teorías sobre domesticación. Ninguna de las hipótesis para explicar el origen y desarrollo de la domesticación y los factores que la determinaron tiene aceptación completa. Los factores no debieron ser los mismos en todos los lugares ni operaron con la misma intensidad. Posiblemente la domesticación resultó del efecto combinado de varios de ellos.

Los factores considerados son: a) cambios ambientales, producidos naturalmente o por variaciones del clima o del nivel del mar y otros, o por el hombre mismo: quemadas, que llevaron

a) la destrucción de la vida silvestre y a la escasez en la recolección, caza y pesca; b) escasez de un recurso que, siendo la fuente principal de la alimentación, obligó al hombre primitivo a buscarle sustitutos. En pueblos pescadores, la falta de pescado pudo inducir a la utilización de plantas silvestres y a domesticarlas después; c) reducción de la movilidad de los grupos humanos, recolectores, cazadores o pescadores, sea porque cubrieran completamente las áreas de que obtenían sus alimentos (valles aislados, islas) o porque las áreas vecinas no ofrecieran recursos o estuvieran ocupadas por otras comunidades; d) aumento de la población o presión demográfica que obligó a las comunidades recolectoras a establecer fuentes de alimentos de mayor volumen y permanencia dentro del área ocupada, mediante la domesticación de plantas y animales y su explotación cada vez más intensa. Pero también se ha argumentado que el incremento de la población, que evidentemente ha sido continuo desde la prehistoria, puede ser el efecto y no la causa de la invención de la agricultura.

La domesticación de las plantas debió ser un proceso sencillo, que en algunas especies ocurrió sólo una vez, en otras varias veces en forma independiente, en diferentes lugares y épocas. Fue la alternativa a la recolección de alimentos, reemplazando los largos y difíciles recorridos que ésta requería, por la siembra cerca de las viviendas de las especies que se recolectaban en bosques y sabanas. También se pudieron incorporar al cultivo las malezas que crecían cerca de las viviendas y que se utilizaban ocasionalmente como alimentos. El cambio requirió prácticas simples, algunas de las cuales ya eran conocidas en la recolección: resiembra de semillas y propágulos; escogencia de plantas superiores por características de sus partes utilizables; quema de la vegetación para eliminar malezas y agregar nutrientes al suelo; riego; protección contra el ataque de animales.

Es probable que el cambio de recolección a cultivo, fuera promovido por mujeres, que son las encargadas de la recolección de alimentos en

los pueblos primitivos que aún la practican. El cambio haría para las mujeres más fácil la atención de las tareas del hogar y el cuidado de sus hijos.

El cultivo hace más factible disponer de alimentos durante la mayor parte del año, sea por siembras repetidas o por almacenamiento de alimentos, que la recolección. Fue reemplazando lentamente a ésta, hasta casi eliminarla del todo. En Tehuacán, una localidad en el centro de México que ha sido estudiada cuidadosamente en su arqueología, se ha comprobado el reemplazo de la caza y recolección por el cultivo, en el consumo de alimentos. En la fecha más antigua registrada, 7000 a.C., la subsistencia estaba basada en 65% de productos de cacería y 35% de recolección de plantas silvestres. A la llegada de los Europeos, 1500 dC, el 75% provenían de plantas cultivadas, 5% de recolección y el resto de la caza.

La transición de caza-recolección a agricultura, debió ser lenta y errática, pero fue un proceso irreversible. Son muy pocos los casos conocidos de una comunidad humana que abandone la agricultura para retornar a la recolección.

La domesticación de animales se hizo también principalmente en los focos de origen de la agricultura, y los sistemas mixtos de explotación de animales y plantas fueron característicos de las etapas primitivas del desarrollo agrícola.

Malezas y plantas cultivadas. Los alrededores de las viviendas en comunidades primitivas eran, por la abundancia de luz y desechos orgánicos, sitios óptimos para el crecimiento de malezas. Algunas de éstas tenían características útiles que ofrecían al hombre la oportunidad de domesticarlas fácilmente, y desde De Candolle es común la idea de que las malezas son los antecesores de algunos cultivos. Esta relación parece factible en algunos casos, especialmente en plantas anuales, aunque en arroz, por ejemplo, las poblaciones de malezas no tienen características que justifiquen considerarlas como las antecesoras de las cultivadas. Tampoco puede generalizarse que todos los cultivos tienen poblaciones

que son malezas, ni es clara la distinción entre éstas y las poblaciones espontáneas o silvestres.

Por otra parte se conocen unos pocos casos en que una maleza puede suplantar un cultivo. Según Vavilov, en las laderas bajas de las montañas de Afganistán el centeno crece como maleza en los trigales; a alturas medianas el trigo y el centeno están en equilibrio, pero conforme se asciende en las montañas el centeno domina por completo. Vavilov llamó "cultivos primarios" a los originales, y "secundarios" a los que reemplazan.

Agricultura incipiente

Características. La mayoría de los especialistas acepta que la agricultura se inició en forma independiente en diversos lugares y épocas, aún cuando quedan todavía difusionistas que creen que se inició en un sólo lugar y que de allí se extendió por el resto del mundo.

Es posible que la agricultura incipiente tuviera características que aún se encuentran en los sistemas primitivos existentes, que incluyen a) cultivo simultáneo de diferentes especies por sus semillas, tubérculos, frutos u otras partes útiles, de modo que rindieran cosechas escalonadas durante todo el año y el agricultor estuviera a salvo de la pérdida de un cultivo por el ataque de enfermedades o insectos; b) que la agricultura no fuera la única fuente de alimentos, sino que el hombre siguiera dependiendo, pero cada vez menos, de la recolección, la caza o la pesca; c) que se inventaran formas primitivas de manejo: fertilización usando desechos orgánicos, limpieza de malas hierbas, otros; d) que se aplicara selección fenotípica para propagar plantas sobresalientes.

Focos de la agricultura. No hay acuerdo entre los especialistas sobre cuáles fueron los focos de la agricultura incipiente. La evidencia para determinarlos se basa en la identificación, no siempre segura, de materiales orgánicos: semillas, hojas, raíces, o de instrumentos que se asu-

me fueron usados para cultivar plantas o preparar sus productos.

A menudo es dudoso reconocer si los restos orgánicos provienen de una planta recolectada o cultivada. La evidencia está, como se dijo anteriormente, concentrada en regiones secas, especialmente en el Cercano Oriente y Mesoamérica. De lo que se conoce en esas regiones se deduce que los procesos de domesticación no responden al mismo modelo en las dos áreas. En otras regiones: China, India, Africa al sur del Sahara, el sureste de Asia, la evidencia es muy pobre y errática, y es posible que en las áreas más húmedas los restos orgánicos de la agricultura incipiente estén completamente perdidos. Hasta ahora, y los resultados pueden cambiar drásticamente con nuevos hallazgos arqueológicos, se puede decir que la agricultura incipiente se practicaba en el Cercano Oriente hace 10-12.000 años; en China, 8000; en Mesoamérica y Perú, 7000; en India, 5000; en el sureste de Asia, 6500 años. Esto tiende a confirmar la idea de que el descubrimiento de la agricultura es un desarrollo relativamente reciente en la evolución de la humanidad.

Plantas cultivadas y plantas domesticadas. Según algunos arqueólogos y geneticistas, el nombre de plantas domesticadas debe reservarse únicamente para aquellas especies que el hombre ha alterado en su constitución genética, al escogerlas de mutantes o recombinaciones que han aparecido en cultivo. La definición implica que "una planta cultivada no es necesariamente domesticada", pero que "una planta domesticada puede existir sólo como planta cultivada". Si esta definición se aplicara a animales, a los cuales se dió primero el nombre de domesticados, habría que excluir de esa categoría al ganado vacuno, caballos, cabras, cerdos, perros, camellos y otros, que sobreviven y se reproducen sin la intervención del hombre.

Por otra parte, hay plantas cultivadas en el sentido arriba mencionado, que no sobreviven sin la intervención del hombre, como muchas ornamentales. En realidad hay una gama de casos, desde plantas completamente domesticadas co-

mo el maíz, hasta muchas otras que el hombre apenas protege. Se han propuesto otras clasificaciones que pueden tener valor local, pero que no pueden generalizarse. Es preferible entonces, utilizar sólo el término de plantas cultivadas.

Referencias

- BARIGOZZI, C. ed. 1986. The origin and domestication of cultivated plants. Amsterdam, Elsevier.
- DE CANDOLLE, C.A. 1883. L'origine des plantes cultivées. Paris, Bailliere.
- DARLINGTON, C.D. 1973. Chromosome botany and the origins of cultivated plants. 3rd ed. London, G. Allen & Unwin.
- HARLAN, J.R. 1992. Crops and man. 2nd ed. Madison, Wisc., American Society of Agronomy.
- HARRIS, D.R. & G.C. HILLMAN, ed. 1989. Foraging and farming. The evolution of plant exploitation. London, Unwin Hyman.
- HAUDRICOURT, A.G. & L. HEDIN. 1987. L'homme et les plantes cultivées. Paris, A.M. Métailié.
- HAWKES, J.G. 1967. Crops, weeds and man. Birmingham, U.K., University of Birmingham.
- ISAAC, E. 1970. Geography of domestication. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.
- RINDOS, D. 1984. The origins of agriculture: an evolutionary perspective. Orlando, Academic Press.
- SMITH, B.D. 1995. The emergence of agriculture. New York, Scientific American Library.
- UCKO, P.J. & G.W. DIMBLEY, ed. 1969. The domestication and exploitation of plants and animals. London, Duckworth.
- VAVILOV, N.I. 1992. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. Buenos Aires, ACME.
- ZOHARY, D. & M. HOPF. 1988. Domestication of plants in the Old World. Oxford, Clarendon Press.

4. REGIONES DE DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS CULTIVOS TROPICALES

Distribución de la diversidad genética

Teorías de Vavilov. La distribución geográfica del germoplasma de plantas cultivadas, en

término de número de cultivares primitivos, poblaciones silvestres y congéneres, no es uniforme sino que está concentrada en ciertas áreas de límites más o menos definidos.

El botánico ruso I. N. Vavilov (1886-1942) y su grupo condujeron los estudios más comple-

tos sobre este tema, aún no superados por la abundancia de materiales e informaciones recogidas a nivel mundial. Vavilov consideró que había ocho áreas, que llamó "centros de origen de las plantas cultivadas", en los que se había domesticado la mayoría de los cultivos, partiendo de poblaciones silvestres autóctonas. Esto se probaba por la concentración de variedades y especies afines; presencia de caracteres dominantes hacia el núcleo del centro y recesivos hacia la periferia; abundancia de parásitos naturales de los cultivos, y otros factores biológicos. Los centros y subcentros de Vavilov y el número de especies asignadas como originarias a cada uno son las siguientes: I. China, 136 especies; II. India, incluyendo Burma y Asam, 117 especies; III. Asia Central, incluyendo partes de India, Pakistán, Afganistán y parte de URSS, 42 especies; IV. Cercano Oriente, de Asia Menor a Irán, 83 especies; V. Mediterráneo, de España a Siria, 84 especies; VI. Etiopía, 38 especies; VII. México —Centroamérica, 49 especies; VIII. Suramérica, de Ecuador a Bolivia, 45 especies, dos subcentros: a) Chile, 4 especies; b) Brasil-Paraguay, 13 especies.

El número de los centros de Vavilov ha sufrido una fragmentación notable, de modo que los ocho centros originales se han dividido en 19, según los últimos seguidores de la teoría. Hay también especialistas que niegan por completo el concepto de "centro de origen" y hoy se prefiere llamar regiones de diversidad genética o de concentración de germoplasma a esas áreas.

Vavilov estableció también que la diversidad genética de un cultivo no estaba limitada a su "centro de origen", y que puede haber uno o más "centros secundarios" de variación en que por la acción combinada de factores naturales y culturales la especie muestra también una alta variabilidad.

La metodología de las teorías de Vavilov y el enorme aporte de conocimientos y materiales sobre plantas cultivadas que él y sus colaboradores acumularon por varias décadas, constituyen aún la visión global más completa sobre la distribución geográfica del germoplasma de plantas cul-

tivadas. Sin embargo, Vavilov no tomó en cuenta en su valor real, el papel del hombre en la evolución de las plantas cultivadas, y aunque hay muchos casos en que su hipótesis se cumple, como en el origen andino de las papas, mesoamericano del maíz y otros, el proceso de origen —domesticación— diversidad actual, es mucho más complejo. En primer término porque la concentración de germoplasma es un proceso histórico: el germoplasma de tomates se concentró en México en el siglo XVI, en Italia en el siglo XVIII, actualmente en Holanda, California y otros. En segundo lugar, porque no es factible en numerosos casos, trazar la relación filogenética entre los cultivares actuales y sus antecesores, muchos de los cuales ya han desaparecido. Finalmente, porque la acción del hombre en el proceso selectivo no sigue una dirección definida sino que cambia con sus necesidades y preferencias.

Cualquiera que sea la aceptación de las teorías de los centros de origen, hay un valor permanente en la obra de Vavilov: el haber llamado la atención sobre la desigualdad en la distribución espacial del germoplasma, lo que ha tenido una influencia decisiva en su utilización, mejoramiento y conservación.

Áreas de concentración genética

El hecho es que hay áreas más ricas en germoplasma que otras, que esa concentración es en gran parte obra del hombre, y que por lo consiguiente la riqueza de germoplasma de un cultivo no se mantiene siempre en el mismo sitio. Los cultivos no sólo evolucionan por las fuerzas que determinan su variación y supervivencia, sino también por el desarrollo histórico.

Como ya lo había indicado Vavilov, las áreas de concentración actual de germoplasma coinciden con regiones de agricultura primitiva y por lo tanto conservadora. En su mayoría las plantas cultivadas se originan de los trópicos o de áreas subdesarrolladas en las regiones templadas: Cer-

cano Oriente, China. En estas áreas las prácticas agrícolas mantienen un alto número de cultivares de cada cultivo; son frecuentes las siembras mixtas, lo que puede aumentar su heterogeneidad, y la falta de sistemas de protección expone los cultivos a una selección muy rigurosa. Estas áreas resultan así reservorios de genes que pueden utilizarse en el mejoramiento de cultivares avanzados. Los centros de diversidad genética pueden agruparse en categorías como sigue:

A. Regiones de gran amplitud geográfica en que las especies de domesticación local son pocas y de escasa importancia. Incluye las áreas templadas de:

Eurasia: pastos, cereales, frutales (manzano); América del Norte: girasol, frutas (*Rubus*), pastos;

América del Sur: en Chile cultivos autóctonos como *Madia*, *Bromus mango*.

B. Regiones extensas, sin delimitación precisa, con numerosas especies autóctonas, en las cuales no se puede definir áreas superpuestas o adyacentes de domesticación. Son regiones de desarrollo histórico reciente y poco intenso, y la mayoría de sus especies está en estado incipiente de domesticación:

Cuenca del Amazonas y norte de América del Sur;

Africa al sur del Sahara;

Sureste de Asia y Malasia, excluyendo India.

C. Regiones poco extensas, de alta riqueza en número y diversidad de cultivos autóctonos: Suroeste de Asia (Cercano Oriente), una de las cunas de la agricultura: cereales (trigo, cebadas), leguminosas de grano (chícharos, lentejas, habas), forrajeras, frutales;

Mesoamérica: maíz, algodón, frijol;

Andes, cultivos de altura: papas, tubérculos menores, granos;

Etiopía: café arábico, tef, naag, ensete.

D. Regiones de alta concentración genética en que el aporte foráneo, de introducción antigua y de diversa procedencia, ha evolucionado bajo cultivo y alcanzado una alta diver-

sidad, pero en las cuales hay también aportes locales. En ellas la civilización ha sido antigua y continua:

China: cereales (proso), soya, frutales;

India: leguminosas de grano, oleaginosas; un buen número de especies originarias de Africa y de introducción muy antigua muestra aquí su mayor variabilidad: *Eleusine*, *Corchorus*, ajonjolí, tamarindo;

Mediterráneo: hortalizas, forrajeras, olivo.

Como se deduce de la lista anterior, la mayor riqueza en número y diversidad de cultivos está concentrada en países o regiones poco desarrolladas, con sistemas agrícolas primitivos y por lo tanto conservadores. Los cultivos han sido seleccionados a través de los siglos por su resistencia, valor nutritivo y otras características evidentes, pero esa situación puede cambiar con la modernización de la agricultura y los cambios en hábitos de consumo. De ahí que sea necesario preservar ese germoplasma para su uso futuro, cuando se aplique a los cultivos poco desarrollados las técnicas avanzadas en su mejoramiento genético y agronómico.

Regiones de concentración de cultivos en los trópicos

La agricultura se desarrolló independientemente en el mundo tropical en tres áreas: 1. el sureste de Asia, incluyendo India (Fig. 4.1); 2. Africa Occidental-Oriental; 3. América tropical. Incluyó en las tres áreas la domesticación de plantas y animales; invención de herramientas y de prácticas agrícolas como fertilización, conservación del suelos y riego; tecnologías primitivas en la preparación y conservación de alimentos. Paralelo a esos desarrollos se descubrieron, también independientemente, las técnicas de metalurgia, cerámica y otras, relacionadas en cierta forma con el desarrollo agrícola.

Esto no implica que en las tres regiones la invención y el desarrollo primitivo de la agricultura siguieran las mismas normas. En los tres casos, sin embargo, la domesticación abarcó una gama muy amplia y comparable: cereales, leguminosas, raíces, fibrosas, frutales y otros, lo que no justifica la hipótesis planteada a menudo de que la agricultura original de los trópicos se basó en cultivos de propagación vegetativa, en contraposición a la de regiones templadas, que estaría basada en cultivos de semillas.

Sureste de Asia.

El sureste de Asia, incluyendo India, es la región más rica en especies de plantas cultivadas, algunas de ellas de importancia mundial: arroz, bananos, té, cítricos, cocos, mangos, especias (Cuadro 4.1). Se divide en una parte continental y otra insular (Fig. 4.1). La primera abarca desde el desierto de India, al oeste, hasta el sur de China al este. Se extiende hacia el sur en dos grandes penínsulas: Decán, en India, e Indochina que incluye Myanmar (Burma), Tailandia, Laos, Camboya, Viet Nam y Malasia. La parte insular se forma de los archipiélagos de Sunda (de Sumatra a Timor), Filipinas, Nueva Guinea y se prolonga en Oceanía.

En la parte continental, de norte a sur, se encuentra primero una área de clima subtropical: el sur de China, parte del norte de India, Myanmar y Viet Nam, una región montañosa, con vegetación muy rica. De ella proceden el té, naranja dulce, mandarinas, lichi, longan, así como varias plantas tuberosas acuáticas de importancia local y dos especies de tung.

Más al sur, en las grandes penínsulas, hay áreas de precipitación abundante y continua en la costa occidental de la península india, el golfo de Bengala, el litoral de Myanmar y partes de Viet Nam. La mayor extensión, sin embargo, son áreas de estaciones alternas, ocupadas originalmente por selvas deciduas y sabanas. De esta región provienen el taro, ñames, leguminosas de grano domesticadas en India: *Vigna* spp.,

Cajanus sp., *Lablab* sp.; varias hortalizas: berenjena, *Luffa* spp., *Momordica* sp.; especias: pimienta, cúrcuma; frutales: limones, plátanos; fibras: algodón, yute.

La parte insular del sureste de Asia, incluyendo el extremo de la península de Malaya, es la región más rica en el mundo en especies de plantas superiores. Entre las plantas cultivadas que se originan de esta región, los frutales son los más numerosos: bananos, mangos, coco, árbol de pan, rambután, durián, mangostán, limón agrio y otros; caña de azúcar; especias: canela, clavo, nuez moscada, que provienen de las Molucas, las clásicas islas de las especias.

El origen y evolución de la agricultura en el Sureste de Asia son muy poco conocidas. Las condiciones climáticas y edáficas no son favorables a la preservación de restos orgánicos, como semillas, que pueden servir para obtener por métodos convencionales sus edades y características de domesticación. Se admite que hubo un largo período de recolección de alimentos, sistema que aún se practica por varias tribus primitivas, basado en frutas, raíces y tubérculos. Este sistema provee alimentos todo el año, y pudo llevar a establecer siembras permanentes. La transición a una agricultura organizada debió ser un proceso lento, y posiblemente fue promovido en gran parte por la domesticación del arroz. Este pudo domesticarse fuera de los límites del Sureste de Asia, quizás en el valle de Yangtze, en China, donde se cultivaba hace 7800-8400 años. En Tailandia, su cultivo parece ser más tardío, de hace 6000-5000 años. El arroz pudo originarse en el norte y expandirse rápidamente por la región, o pudo ser domesticado en varios lugares: el este de China o en Tailandia, Myanmar o Viet Nam.

La agricultura en India es relativamente reciente, de hace unos 5000 años, pero se desarrolló más que en otras partes del Sureste de Asia, con domesticaciones locales y mejorando cultivos originarios de Africa, de introducción prehistórica a India.

El desarrollo de la agricultura en la península indochina debió ser muy complejo, y hay muy

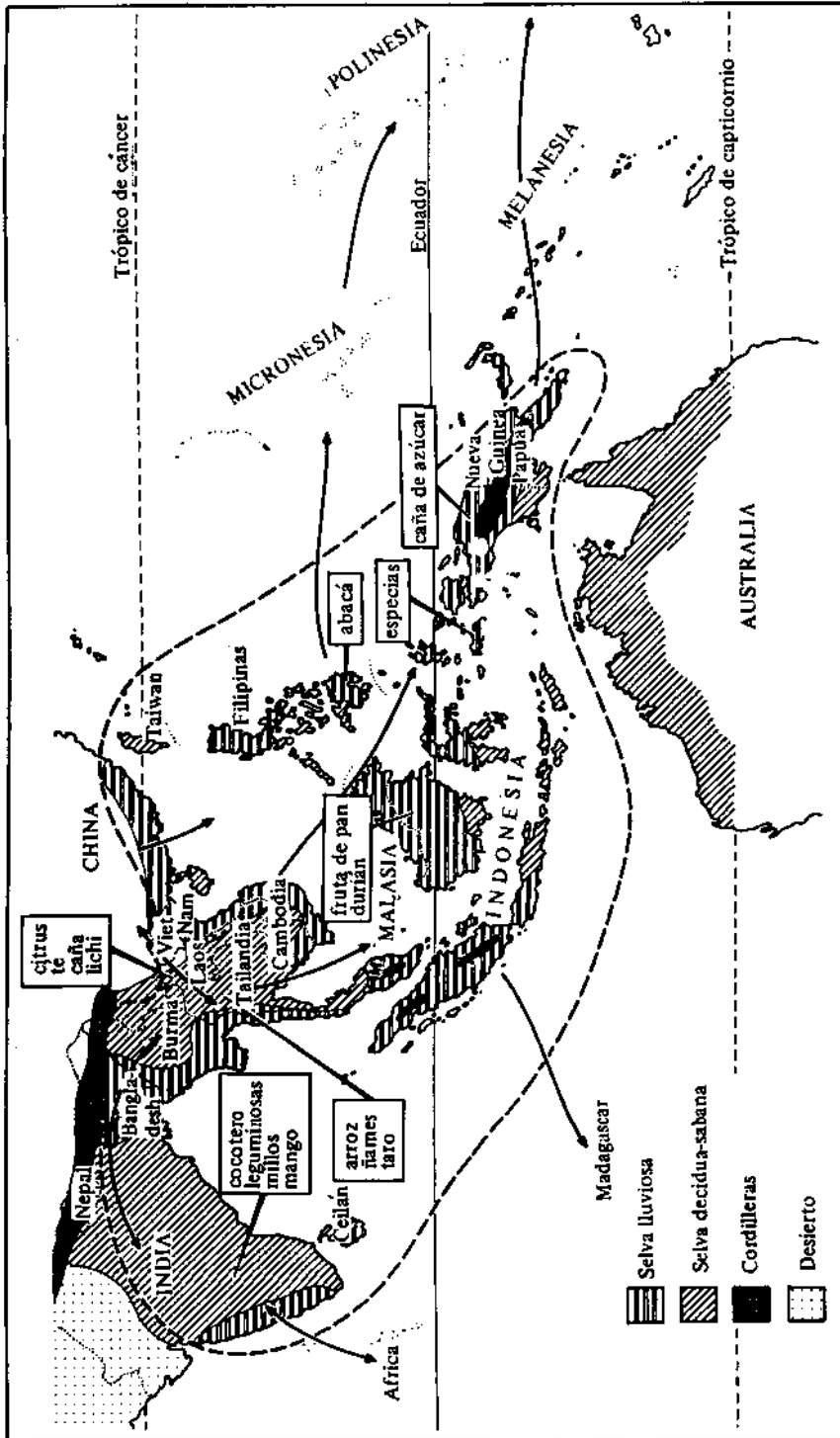


Fig. 4.1. SURESTE DE ASIA. En línea interrumpida, límites teóricos de la región. Indicación de las áreas de origen posible de algunos cultivos y de la expansión primitiva.

Cuadro 4.1. Plantas cultivadas originarias del Sureste de Asia.**Bambúes**

Bambusa vulgaris,
Dendrocalamus asper,
Gigantochloa apus, etc.

Cereales

Coix lachryma-jobi, adlay
Oryza sativa, arroz

Especias, condimentos, estimulantes

Areca catechu, betel
Camellia sinensis, té
Cinnamomum cassia, casia de China
Cinnamomum verum, canela
Curcuma domestica, cúrcuma
Elettaria cardamomum, cardamomo
Myristica fragrans, nuez moscada
Piper betle, betel
Piper cubeba, cubeba
Piper methysticum, kava
Piper nigrum, pimienta negra
Syzygium aromaticum, clavo de olor
Zingiber officinale, jengibre

Fibrosas

Corchorus capsularis, yute
Gossypium arboreum, algodón
Musa textilis, abacá

Frutales y nueces

Aegle marmelos, bael
Antidesma bunius, bignai
Artocarpus altilis, fruta de pan
Artocarpus heterophyllus, jaca
Artocarpus integer, champedak
Artocarpus odoratissimus, marang
Averrhoa bilimbi, bilimbi

Averrhoa carambola, carambola
Baccaurea motleyana, rambai
Borassus flabellifer, lontar
Bouea macrophylla, gandaria
Canarium luzonicum, almendra de Java
Canarium ovatum, nuez pili
Carissa carandas, karonda
Citrus aurantifolia, limón agrio
Citrus aurantium, naranjo agrio
Citrus grandis, pomelo
Citrus medica, cidro
Citrus reticulata, mandarina
Citrus sinensis, naranjo dulce
Clausena lansium, uampi
Cocos nucifera, cocotero
Dimocarpus longan, longán
Diospyros blancoi, mabolo
Dovyalis hebecarpa, ketembilla
Durio zibethinus, durián
Flacourtia indica, ciruela gobernadora
Flacourtia inermis, rukam
Garcinia cowa, coufal
Garcinia dulcis, mandú
Garcinia mangostana, mangostán
Grewia asiatica, falsa
Inocarpus edulis, nuez de Tahití
Lansium domesticum, lansón
Litchi chinensis, lichi
Mangifera caesia, bauno
Mangifera foetida, bachang
Mangifera indica, mango
Mangifera odorata, kaweni
Musa spp., bananos, plátanos
Nephelium lappaceum, rambután
Nephelium ramboutan-ake, pulasán
Pandanus tectorius, ketaki
Phyllanthus acidus, grosella
Phyllanthus emblica, neli
Rubus rosifolius, frambuesa de India
Salacca zalacca, salaka

Cuadro 4.1. (Cont). Plantas cultivadas originarias del Sureste de Asia.

Sandoricum koetjape, santol
Spondias cytherea, ambarela
Spondias pinnata, amra
Stelechocarpus burahol, burahol
Syzygium aqueum, tambis
Syzygium cuminii, jambolán
Syzygium jambos, manzana rosa
Syzygium malaccense, manzana de agua
Syzygium samarangense, makopa
Terminalia catappa, almendra de India
Terminalia kaernbachii, okari
Ziziphus mauritiana, ber

Hortalizas

Amaranthus tricolor, tampala
Basella rubra, espinaca de Ceilán
Benincasa hispida, melón blanco
Brassica juncea, mostaza de India
Coccinia grandis, kundri
Dendrocalamus asper, bambú
Gnetum gnemon, bago
Ipomoea aquatica, kangkong
Luffa acutangula, lufa
Luffa aegyptiaca, esponja vegetal
Momordica charantia, balsamina
Musa spp., plátanos
Praecitrullus fistulosus, tinda
Rungia klossii, rungia
Saccharum edule, caña de azúcar
Sauropus androgynus, katuk
Solanum melongena, berenjena
Trichosanthes cucumerina, patola

Leguminosas de grano

Cajanus cajan, gandul
Psophocarpus tetragonolobus, frijol alado
Vigna aconitifolia, mat

Vigna mungo, urd
Vigna radiata, mung
Vigna umbellata, frijol de arroz

Raíces y tubérculos

Alocasia macrorrhiza, taro gigante
Colocasia esculenta, taro
Cyrtosperma merkusii, taro de pantano
Dioscorea alata, ñame grande
Dioscorea bulbifera, papa caribe
Dioscorea esculenta, tongo
Pueraria javanica, kudzu tropical

Sacaríferas

Arenga saccharifera, palma de azúcar
Saccharum barberi, caña de azúcar
Saccharum officinarum, caña de azúcar
Saccharum sinense, caña de azúcar
Saccharum spontaneum, caña de azúcar

Oleaginosas

Aleurites moluccana, tung
Cocos nucifera, cocotero

Misceláneos

Sagú: *Metroxylon sagu*.
 Aceites esenciales: *Cymbopogon citratus*,
 pasto limón; *C. nardus*, citronela; *C. martini*,
 palmarosa; *Vetiveria zizanioides*, vetiver.
 Insecticida: *Derris elliptica*.

poca evidencia, tanto botánica como arqueológica, para definir su origen y expansión. Se supuso que esta región fue la cuna de la agricultura del Viejo Mundo, de donde se expandió por el resto de Asia, Africa y Europa, pero esta hipótesis esta descartada. Más recientemente se ha propuesto la existencia de un centro de domesticación de plantas en Tailandia, basada en restos vegetales. La identificación de estos materiales es dudosa, y no se ha podido establecer fehacientemente su edad. Como se dijo antes, hay indicios de que la agricultura en el este de China, fue anterior a cualquier desarrollo agrícola conocido en la península indochina. La migración de grupos étnicos originarios de China hacia el sur, y con ellos la introducción de prácticas agrícolas, pudo formar el substrato de la agricultura peninsular, pero en esta área hubo muchas domesticaciones locales.

La expansión prehistórica de grupos humanos y su agricultura pudo venir del norte, primero a la península indochina y de ésta a las islas de Sunda y Filipinas, y a Oceanía posiblemente. Estos grupos humanos expandieron el cultivo de especies continentales como el arroz, pero hubo otros cultivos, como la caña de azúcar y los bananos que se expandieron en dirección opuesta. Como resultado de las domesticaciones locales, la parte occidental de la región es la que contiene mayor diversidad y el número de especies cultivadas disminuye progresivamente de oeste a este.

En épocas históricas ha estado fuertemente influenciada por la agricultura de China. Prácticas en la propagación vegetativa de árboles frutales, como injertos y acodo aéreo, originados en China, se extendieron por todo el Sureste de Asia.

África Tropical

La región tropical de Africa está limitada, al norte y al sur, por desiertos: Sahara y Kalahari respectivamente. De los desiertos a las selvas húmedas de la región ecuatorial hay franjas trans-

versales de vegetación, que cambian conforme aumenta la humedad. En el norte, después del desierto del Sahara hay primero una franja de sabana con arbustos y gramíneas principalmente, seguida de otra en la cual predominan las acacias arbustivas. Luego sigue una franja de sabana con áreas boscosas, éstas últimas más amplias y densas conforme se acercan a las selvas lluviosas, formando los llamados mosaicos de sabanas y bosques.

La selva húmeda se inicia en el golfo de Guinea, y penetra por la cuenca del Congo hasta las cordilleras de Africa Oriental. Comparada con las selvas lluviosas del Sureste de Asia o de Amazonia, las selvas lluviosas africanas son muy pobres en el número de especies, y también es bajo el número de especies de plantas cultivadas: palma de aceite; café robusta; ñames.

Al sur de las selvas lluviosas y hasta el desierto del Kalahari, se repiten las mismas fases de sabana y bosques que se encuentran en el norte del continente, pero sin una distribución latitudinal tan marcada.

En Africa tropical predominan las áreas secas, en las cuales se han domesticado cultivos de importancia mundial: sorgo, caupí, ajonjolí, higuera, sandía, gramíneas pratenses, y también cultivos de importancia local: arroz africano, millos y otros.

En la parte oriental del continente hay una serie interrumpida de cordilleras que van desde el Mar Rojo hasta Africa del Sur. La mayor extensión de estas tierras altas está en Etiopía. Este país, geográficamente aislado, es de gran interés por las domesticaciones locales: café arábigo, tef, rantil, ensete y otras. Además, en Etiopía evolucionaron cultivos originarios del Cercano Oriente, de introducción muy antigua, como trigos y cebadas, que desarrollaron en ese país variedades con características muy interesantes.

La historia de la agricultura en Africa ha sido mejor estudiada que la de las otras áreas tropicales. Se planteó al principio que Africa fuera una extensión de la agricultura del Cercano Oriente, que se había introducido en Egipto. Se

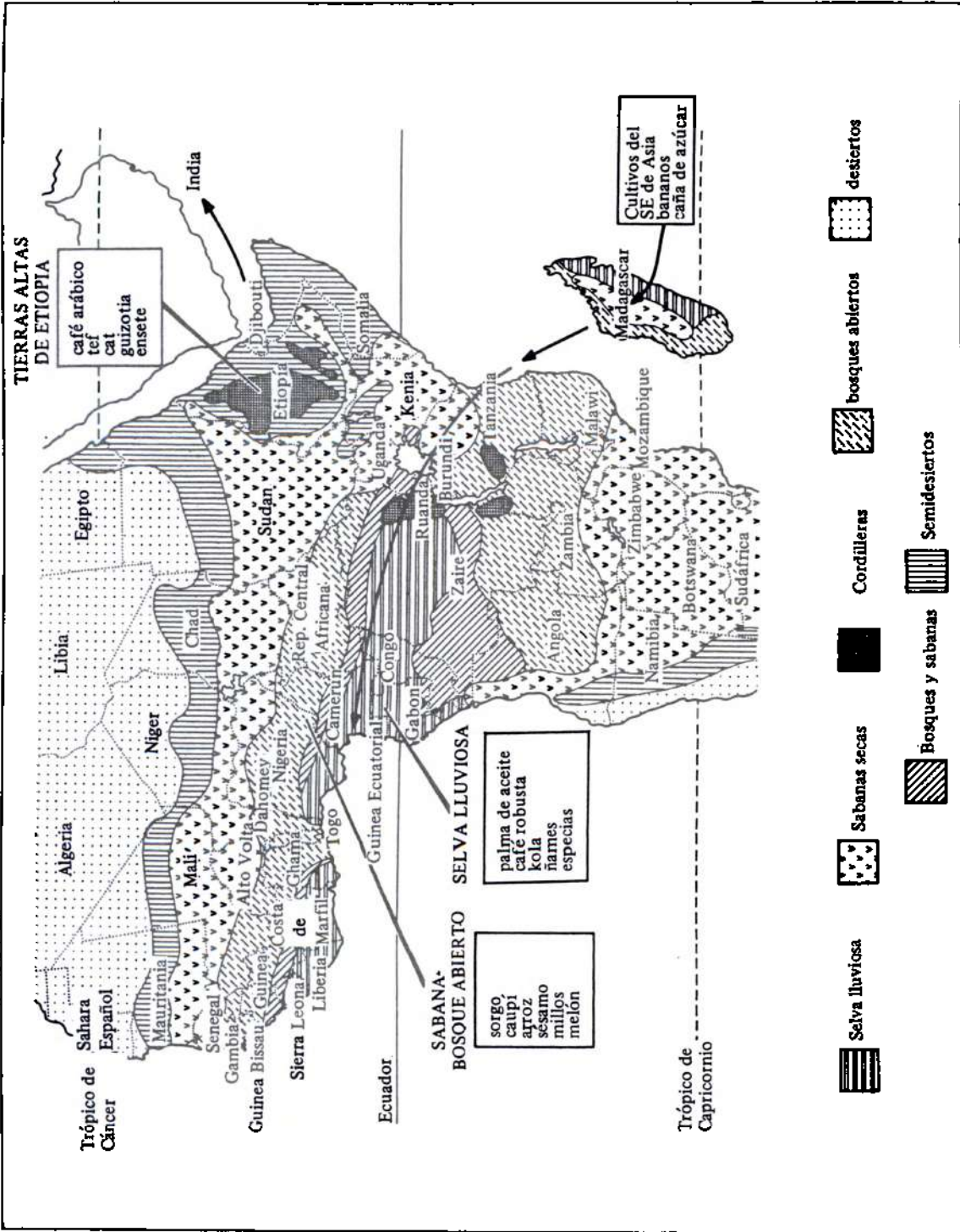


Fig. 4.2. **ÁFRICA TROPICAL.** Indicación de posibles áreas de origen de algunos cultivos y de su expansión (flechas) en épocas prehistóricas.

Cuadro 4.2. Plantas cultivadas originarias de África Tropical.**Cereales**

Digitaria exilis, fonio
Eleusine coracana, coracán
Eragrostis teff, teff
Oriza glaberrima, arroz africano
Pennisetum americanum, mijo negro
Sorghum bicolor, sorgo

Espicias, estimulantes

Aframomum melegueta, granos del paraíso
Catha edulis, khat
Coffea arabica, café arábigo
Coffea canephora, café robusta
Coffea liberica, café de Liberia
Cola acuminata, kola
Cola nitida, kola

Fibrosas

Gossypium herbaceum, algodón
Hibiscus cannabinus, kenaf
Hibiscus sabdariffa, rosella
Sansevieria hyacinthoides, sansevieria
Sansevieria trifasciata, sansevieria

Frutales

Blighia sapida, akí
Carissa macrocarpa, ciruela de Natal
Citrullus lanatus, sandía
Cucumis melo, melón
Dovyalis caffra, kei
Tamarindus indica, tamarindo

Hortalizas

Abelmoschus esculentus, okra
Cucumis anguria, pepino de sabana
Lagenaria siceraria, calabaza
Solanum aethiopicum, osún
Solanum macrocarpum, berenjena africana
Telfairia occidentalis, oroko

Leguminosas de grano

Cyamopsis tetragonoloba, guar
Lablab purpureus, lablab
Macrotyloma geocarpum, lenteja de tierra
Vigna subterranea, bambara
Vigna unguiculata, caupí

Oleaginosas

Elaeis guineensis, palma africana de aceite
Ricinus communis, higuerilla
Sesamum indicum, ajonjolí

Raíces y tubérculos

Dioscorea cayenensis, ñame blanco
Plectranthus esculentus, papa kafir
Plectranthus rotandifolius, papa hausa

Pastos y forrajes

Andropogon gayanus, gamba
Cenchrus ciliaris, bufel
Chloris gayana, rodes
Cynodon dactylon, bermuda
Cynodon nlemfuensis, estrella africana
Digitaria eriantha, pangola
Digitaria milanjiana, pangola
Glycine wightii, soya perenne
Hyparrhenia rufa, jaragua
Lototonis bainesii, lototonis
Melinis minutiflora, calingueiro
Panicum maximum, guinea
Pennisetum clandestinum, kikuyo
Pennisetum purpureum, pasto elefante
Setaria anceps, nandi
Setaria sphacelata, nandi
Sorghum sudanense, sudán
Urochloa brizantha, signal
Urochloa decumbens, surinam

argumentaba que cultivos y sistemas agrícolas se pudieron extender hacia el norte de Africa porque el Sahara hace 12 a 15 siglos, era mucho más húmedo. Esta teoría se abandonó, y se ha reemplazado con otra que asume que en Africa tropical la agricultura se desarrolló independientemente en varios lugares, sin que haya acuerdo en su número y localización. El problema es complejo por la falta de información arqueológica, el pastoralismo y la carencia, con excepción de Egipto y Etiopía, de culturas antiguas y permanentes.

Hubo dos influencias extranjeras que tuvieron y tienen importancia capital en el desarrollo agrícola de Africa. En tiempos prehistóricos, fue la migración de cultivos del Sureste de Asia traídos primero a Madagascar y luego expandidos por el continente: bananos, caña de azúcar, arroz, taro y otros. El segundo fue en la época del Descubrimiento, la introducción de cultivos americanos: yuca, cacao, maní, frijoles, malanga, que con los cultivos del Sureste de Asia han determinado que Africa, mucho más que cualquiera de los otros continentes, dependa de cultivos introducidos para su alimentación y exportaciones. Por otra parte, Africa ha contribuido con café, sorgo, palma de aceite y todas las gramíneas en las cuales se basa la ganadería de los trópicos.

Se cree que la agricultura en Africa es mucho menos antigua que en el Sureste de Asia o el Cercano Oriente. Se caracteriza por el uso poco intensivo de muchas especies, y con pocas excepciones, el sorgo es una de ellas, de selección incipiente. Hay unas 1200 especies que se utilizan por los frutos, cultivadas o silvestres, pero de Africa sólo se conocen 2 o 3 especies importantes como frutales.

América Tropical

Desde de Candolle (1883), se acepta que la domesticación de plantas en los trópicos americanos fue un proceso autóctono. Los partidarios de la teoría de la revolución neolítica y de la mi-

gración de cultivos partiendo del Cercano Oriente, no pudieron explicar el desarrollo independiente de la agricultura en el Nuevo Mundo.

Las primeras noticias históricas sobre América describen la agricultura como un proceso cultural que se extendía de Canadá a Chile, como fuente principal de la alimentación. El desarrollo de la agricultura era, sin embargo, mayor en dos áreas: Mesoamérica y los Andes. En ellas se había domesticado un alto número de plantas; desarrollado sistemas de producción con riego y conservación del suelo; inventado herramientas y métodos complejos para la preservación de alimentos. En estas dos áreas la agricultura estaba más avanzada que en la Europa contemporánea, y sólo en China había un desarrollo comparable.

A la llegada de los europeos, Mesoamérica y los Andes eran unidades políticas compactas, dominadas por Aztecas e Incas, respectivamente. El dominio político de esas dos etnias era relativamente reciente, y antes de ellas hubo otras culturas que fueron las que domesticaron las plantas, inventaron las herramientas y sistemas de cultivos y criaron animales domésticos.

Fuera de Mesoamérica y los Andes, el resto del Continente presentaba otro aspecto. En América del Sur, de los Andes al Atlántico, en una vasta región ocupada en su mayor parte por la Amazonia, no hubo culturas comparables a las mesoamericanas o andinas, pero en ella si hubo domesticaciones aisladas de cultivos de importancia: maní, algodón, piña, yuca y otros. En América del Sur hubo otras áreas de domesticación, mucho más reducidas, en el sur de Brasil y en Chile.

Las Antillas, que fue donde los europeos conocieron primero los cultivos americanos, tenían una agricultura incipiente, y las plantas cultivadas habían sido llevadas de América del Sur.

Hubo tres cultivos principales que eran comunes a todo el continente. El más importante y difundido, era el maíz; los otros dos eran una especie de frijol, *Phaseolus vulgaris*, y varias *Cucurbita*. Actualmente estos tres cultivos se

siembran en el mismo terreno, interplantados o sucesivos. Pero la evidencia arqueológica muestra que las *Cucurbita* fueron utilizadas desde hace cerca de 7200 años en Mesoamérica, los frijoles 7000 y el maíz 5600 años. En la costa de Perú, *Cucurbita* y *Phaseolus lunatus* se encuentran entre hace 6200 a 4500 años y maíz entre 4500 a 3800. Los primeros cultivos que aparecen en esta región son camote, papas y otros tubérculos de menor importancia. Otra especie que aparece al inicio de la agricultura y que era común a todo el continente, fue la calabaza (*Lagenaria siceraria*), de la cual hay restos en Mesoamérica de 9000 años y en la costa de Perú de 8000. Hasta donde se conoce, *Lagenaria* sólo se usaba como recipiente. Pero la mayoría de los cultivos domesticados en el Nuevo Mundo no se desplazaron muy lejos de donde se inició su utilización. Las excepciones más notables son el maíz, frijoles y plantas suramericanas que llegaron hasta México, como el achiote, *Bixa orellana*, el maní y el tabaco.

Hubo especies del mismo género que se domesticaron independientemente en Mesoamérica y en América del Sur: algodón, *Gossypium hirsutum* en México, *G. barbadense* en América del Sur; amaranto, *Amaranthus cruentus* y *A. hypochondriacus* en México y Guatemala, y *A. caudatus* en los Andes; chiles, *Capsicum annuum* en Mesoamérica, *C. baccatum* en el norte de América del Sur, *C. pubescens* en los Andes; *Cucurbita pepo* en América del Norte, *C. argyrosperma* y *C. moschata* en Mesoamérica, *C. maxima* en Argentina; jícamas, *Pachyrhizus erosus* en Mesoamérica, *P. tuberosus* en Amazonia, *P. ahípa* en los Andes; *Physalis philadelphica* en Mesoamérica, *P. peruviana* en América del Sur.

Con la llegada de los europeos a América tropical el intercambio de cultivos se intensificó entre Mesoamérica y América del Sur. El cultivo del cacao pasó de Mesoamérica a Venezuela y Colombia; papas y ocas de Perú a México. El intercambio

sigue operando, intensificado por las necesidades alimenticias y la diversificación agrícola.

Mesoamérica

Mesoamérica es una entidad cultural definida como el área que ocuparon las antiguas culturas mexicanas, la cual abarcaba a la llegada de los europeos desde el centro de México al noroeste de Costa Rica. Es uno de los focos primarios de la agricultura, en el cual se domesticaron numerosas especies, desde cultivos básicos hasta plantas ornamentales. En esta región se desarrollaron sistemas agrícolas adaptados a condiciones ambientales muy diversas; se inventaron herramientas de piedra y metal, y prácticas de riego y drenaje. El mercadeo de los productos agrícolas sorprendió a los españoles de la Conquista por la abundancia y variedad de los productos y la organización de los mercados, que ellos juzgaron que no tenía comparación con sus similares europeos.

Vavilov consideró a Mesoamérica como un núcleo de desarrollo de la agricultura, en el cual aún se puede ver en operación los procesos de la evolución de las plantas cultivadas.

Mesoamérica abarca en su extensión ambientes muy diferentes. La región nuclear es la parte central de México, formada por superficies planas y extensas, separadas por cadenas de volcanes, a altitudes entre 1800-2600 m, con estaciones alternas, precipitaciones bajas y suelos fértiles derivados de depósitos lacustres o arenas volcánicas. Fue el asiento de los centros urbanos más importantes en el Nuevo Mundo.

La vertiente del Pacífico desde México hasta Costa Rica es una región de relieve muy quebrado, con cordilleras extensas que dejan entre ellas y la costa valles y llanuras de relieve muy complejo. Como la región nuclear, es un área de estaciones marcadas.

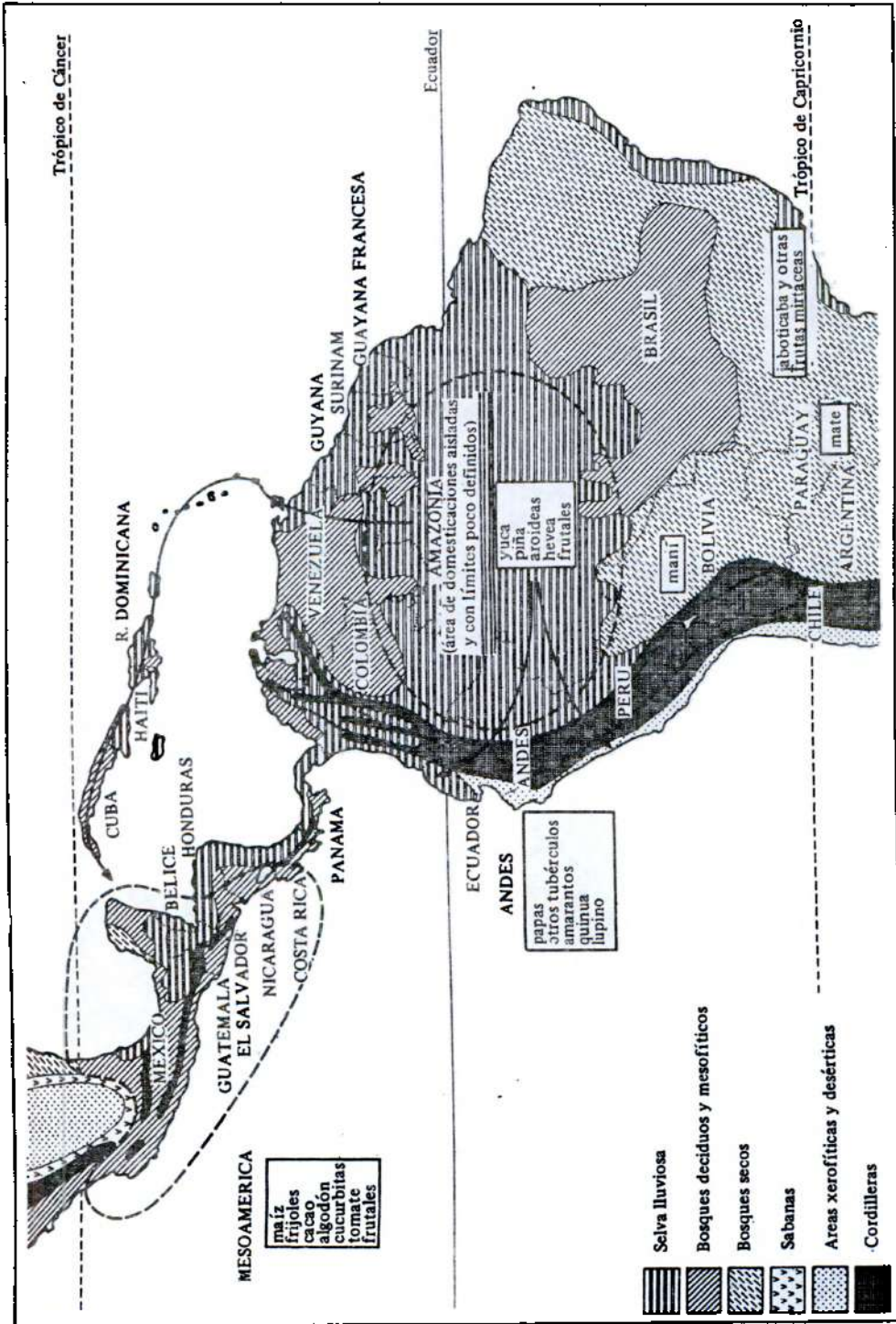


Fig. 4.3. AMÉRICA TROPICAL. Límites teóricos de Mesoamérica, Andes y Amazonia: líneas discontinuas. Direcciones principales de la expansión de los cultivos en líneas continuas.

Cuadro 4.3. Plantas cultivadas originarias de Mesoamérica.**Cereales***Zea mays*, maíz**Espicias y condimentos**

Calathea macrosepala, chucte
Capsicum annuum, chile
Capsicum frutescens, chile
Chenopodium ambrosioides, epazote
Pimenta dioica, pimienta gorda, jamaica
Porophyllum ruderale, pápalo
Vanilla planifolia, vainilla

Estimulantes

Agave mapisaga, pulque
Agave salmiana, maguey
Agave tequilana, tequila
Theobroma cacao, cacao

Fibras

Agave angustifolia, agave de El Salvador
Agave cantala, cantala
Agave fourcroydes, henequén
Agave sisalana, sisal
Furcraea cabuya, cabuya
Gossypium hirsutum, algodón

Frutales

Annona diversifolia, ilama
Annona scleroderma, poshté
Casimiroa edulis, matasano
Couepia polyandra, olosapo
Crataegus pubescens, manzanita
Diospyros digyna, zapote negro
Hylocereus undatus, pitahaya
Inga jinicuil, jinicuil
Inga paterno, paterno
Licania platypus, zonzapote
Manilkara zapota, chicozapote
Opuntia ficus-indica, tuna
Parmentiera aculeata, cuajilote
Persea americana, aguacate
Persea schiedeana, coyo

Pouteria campechiana, canistel
Pouteria glomerata, pan de la vida
Pouteria sapota, zapote
Pouteria viridis, injerto
Prunus serotina, capulí
Spondias purpurea, jocote
Stenocereus queretaroensis, pitayo

Granos

Amaranthus cruentus, huautli
Amaranthus hypochondriacus, alegría

Hortalizas

Chamaedorea tepejilote, pacaya
Chenopodium berlandieri, huauzontle
Cnidoscopus chayamansa, chaya
Crotalaria longirostrata, chipilín
Cucurbita argyrosperma, sakil
Cucurbita ficifolia, chilacayote
Cucurbita moschata, ayote
Cucurbita pepo, huicoy
Lycopersicon esculentum, tomate
Opuntia streptacantha, tuna
Physalis philadelphica, miltomate
Sechium edule, chayote
Sechium tacaco, tacaco
Suaeda torreyana, romeritos

Leguminosas de grano

Phaseolus acutifolius, tépari
Phaseolus coccineus, ayocote
Phaseolus polyanthus, piloy
Phaseolus vulgaris, frijol común

Raíces y tubérculos

Pachyrhizus erosus, jicama
Tigridia pavonia, cacomite

Miscelánea

Salvia hispanica, chian

En la vertiente del Atlántico de México y Guatemala, hay en cambio llanuras aluviales muy extensas, que en ciertas partes tienen humedad alta y permanente todo el año. La península de Yucatán, en cambio, es seca, de suelos calcáreos, en formaciones de karst en que no hay ríos y el relieve es plano o con cerros de poca altura.

En el ámbito geográfico de Mesoamérica hubo domesticaciones tanto en las tierras altas como en las regiones bajas. Presumiblemente también migración de especies y variedades, intercambiadas entre grupos humanos, primero a nivel de comunidades pequeñas, más adelante de tribus y naciones. Según algunos arqueólogos tomó largo tiempo, unos 50 siglos, para desarrollar el complejo de cultivos domesticados en Mesoamérica (Cuadro 4.3). Este ofrece una gama muy amplia, desde cultivos alimenticios básicos, como maíz, frijoles y cucurbitáceas, hasta numerosos frutales, hortalizas, fibras, estimulantes, especias. Se domesticó también un grupo importante de plantas ornamentales, algunas de ellas de dispersión mundial, como *Cosmos* spp., dalias, *Euphorbia pulcherrima*, *Polianthes tuberosa*, *Tagetes* spp., *Zinnia* spp.

Andes

La región andina que incluye altitudes entre 1500-4300 m, de Venezuela a Chile, es uno de los focos en que se desarrolló una agricultura autóctona, con la domesticación de numerosas especies (Cuadro 4.4), la invención de herramientas, sistemas de riego y conservación del suelo, y tecnologías complejas para la preservación y almacenamiento de alimentos. Esta agricultura se pudo desarrollar como la alternativa a la caza de auquénidos y otros mamíferos que abundaban en las punas, pastizales naturales que se extienden hasta las cercanías de las nieves permanentes. En las punas las plantas han desarrollado raíces y tallos subterráneos suculentos, como una adaptación a las condiciones climáticas, y estos

fueron primero recolectados por los cazadores, y luego cultivados.

En la franja altitudinal más alta, entre 2500-4300 m se domesticaron granos: amaranto, cañihua, quinua, tarwi; tubérculos: mashua, oca, papas amargas, ulluco; raíces: maca, mauka. Estas especies siguen siendo la base de la alimentación indígena en los altos Andes.

A niveles más bajos, entre 1500-3000 m, se domesticaron otras raíces y tubérculos: achira, ahípa, arracacha, papas, yacón. También numerosos frutales: chirimoya, ciruela de fraile, varias granadillas, lúcuma, naranjilla, paca, varias papayuelas, pepino dulce, tomate de árbol. De esta misma franja altitudinal provienen frijoles, una domesticación hecha sobre tipos silvestres locales, diferentes genéticamente de los mesoamericanos; una especie de chile, el rocoto; una cucurbitácea, la cahíua; las dos especies de tabaco cultivadas se consideran que son híbridas entre especies silvestres que viven en esta área; una especie o subespecie de coca, adaptada a las condiciones de la vertiente occidental de los Andes. Es notable en esta región la pobreza en hortalizas autóctonas; actualmente esto se compensa con las especies euroasiáticas, y en los siglos anteriores a la Conquista con aportes mesoamericanos y del sur del continente.

El cultivo originario de la región andina de mayor importancia económica son las papas. Este fue un aporte de primer orden, que influyó el desarrollo social y económico de Europa y América del Norte. Hay otros pocos cultivos, que se plantan comercialmente fuera de la región, como la arracacha, en el sur de Brasil, el tomate de árbol y la oca en Nueva Zelanda. Otro aporte de primer orden fue la quina (*Cinchona* spp.), cuyo cultivo científico se desarrolló en el sureste de Asia, y cuyo producto, la quinina, permitió la colonización europea de los trópicos.

Aunque la región más avanzada en producción comercial son los oasis de la costa, especialmente en Perú, su agricultura está basada en productos que se trajeron de las partes altas o de la vertiente amazónica.

Cuadro 4.4. Plantas cultivadas originales de los Andes.**Espicias y condimentos**

Capsicum pubescens, rocoto
Porophyllum ruderale, quilquiña
Tagetes elliptica, huacatay

Estimulantes

Erythroxylum novogranatense, coca de Trujillo
Nicotiana rustica, tabaco
Nicotiana tabacum, tabaco

Fibras

Furcraea andina, fique

Frutales

Annona cherimola, chirimoya
Carica pubescens, papayuela
Carica stipulata, toronchi
Carica x heilbornii, babaco
Cyphomandra betacea, tomate de árbol
Inga feuillei, paca
Juglans neotropica, nogal
Passiflora ligularis, granadilla
Passiflora mollissima, tacso
Passiflora pinnastipula, galupa
Passiflora popenovii, granadilla de Quijos
Physalis peruviana, uchuba
Pouteria lucuma, lúcuma
Solanum muricatum, pepino dulce
Solanum quitoense, naranjilla

Granos

Amaranthus caudatus, achís
Chenopodium pallidicaule, cañihua
Chenopodium quinoa, quinua

Hortalizas

Cyclanthera pedata, caihua

Leguminosas de grano

Lupinus mutabilis, tarwi
Phaseolus vulgaris, frijol común

Raíces y tubérculos

Arracacia xanthorrhiza, arracacha
Canna edulis, achira
Lepidium meyeri, maca
Oxalis tuberosa, oca
Pachyrrhizus alipia, ahipa
Smallanthus sonchifolius, yacón
Solanum ajanhuiri, papa ajawiri
Solanum chaucha, papa chaucha
Solanum curtilobum, papa amarga
Solanum juzepczukii, papa amarga
Solanum phureja, papa amarilla
Solanum stenotomum, papa amarilla amarga
Solanum tuberosum, papa
Tropaeolum tuberosum, isaño
Ullucus tuberosus, ulluco

Amazonia

La región comprendida por las cuencas del Amazonas, Orinoco y las cuencas superiores de los tributarios del Río de la Plata, así como las zonas costeras de Colombia a Guayana, es una de las áreas más ricas del mundo en plantas superiores. De ella provienen cultivos de interés mundial: algodón, cacao, caucho, maní, piña, yuca y otros. Es rica también en materiales de valor potencial para la domesticación.

En este enorme territorio no se encuentra ninguna región que se pueda definir como un centro de concentración de especies cultivadas. Tampoco hubo ninguna cultura avanzada y permanente, a pesar de que hay evidencias arqueológicas de una ocupación humana antigua y extensa, establecida en el Amazonas y el Orinoco de hace cerca de 4000 años y en la costa atlántica de Colombia hace 5300 años.

Las condiciones del suelo en gran parte de esta región no son favorables al establecimiento de una agricultura permanente. La subsistencia en tiempos prehistóricos y actuales se basa en yuca, camote y maíz; numerosos frutales, silvestres o de cultivo incipiente, y en productos abundantes de la caza y la pesca. Los frutales fueron y son de especial valor en la alimentación; como en el Sureste de Asia y África tropical, hay numerosos casos de selección de tipos superiores, y los primeros españoles encontraron en Colombia

huertos y avenidas de árboles frutales que eran propiedad permanente de comunidades indígenas.

Una riqueza particular de esta área son las palmeras; se utilizan en construcciones rústicas; se explota la fibra de las hojas, los tallos tiernos, y particularmente los aceites del mesocarpo y las semillas. Muchas de ellas se utilizan para preparar bebidas, hechas con las pulpas harinosas del mesocarpo.

Otro grupo con numerosas especies cultivadas son las raíces y tubérculos: yuca, tres especies de ñames, arroruz, lairén, jícama, *Xanthosoma* (Cuadro 4.5). En la región central de Amazonia se domesticó guaraná, utilizada para preparar bebidas estimulantes; urucu (*Bixa orellana*) que de pintura para el cuerpo ha pasado a ser colorante de alimentos; una variedad de coca, adaptada a las condiciones del bosque bajo y húmedo; pejibaye o pupunha (*Bactris gasipaes*), utilizado por los frutos y por el "palmito", formado por la base tierna de las hojas. El caucho (*Hevea brasiliensis*) es también originario de esta área, pero su domesticación se hizo en el Sureste de Asia. El cacao presenta una notable diversidad en la cuenca superior del Amazonas y sus tributarios, aunque su domesticación se hizo en Mesoamérica.

De la parte sur de la Amazonia, en el subtrópico, proviene un grupo de frutales nativos, maní y leguminosas forrajeras en vías de domesticación (*Stylosanthes*, *Arachis*).

Cuadro 4.4. Plantas cultivadas originarias de la Amazonia y norte de América del Sur.

Espicias, estimulantes

Capsicum baccatum, chile
Capsicum chinense, chile
Erythroxylum coca, coca
Paullinia cupana, guaraná
Theobroma cacao, cacao

Fibras

Gossypium barbadense, algodón

Frutales y nueces

Anacardium occidentale, marañón
Ananas comosus, piña
Annona muricata, guanábana
Annona squamosa, anona
Bactris gasipaes, pejibaye
Bertholletia excelsa, nuez de Brasil
Borojoa sorbilis, parvi grande
Campomanesia lineatifolia, palillo
Caryocar brasiliense, pequi
Caryocar nuciferum, suari
Caryocar villosum, piquiá
Chrysobalanus icaco, icaco
Chrysophyllum cainito, caimito
Couepia bracteosa, payura
Couepia subcordata, umarirana
Couma utilis, couma
Eugenia dombeyi, grumichana
Eugenia stipitata, arazá-boi
Euterpe oleracea, asái
Genipa americana, jagua
Hancornia speciosa, mangabeira
Inga cinnamomea, inga azú
Inga edulis, inga
Inga macrophylla, inga peua
Lecythis pisonis, nuez del paraíso
Lecythis zabucajo, sapucaia
Malpighia glabra, acerola de las Antillas
Mammea americana, mamey
Matisia cordata, zapote amarillo

Melicoccus bijugatus, mamón
Passiflora edulis, maracuyá
Passiflora laurifolia, parcha
Passiflora maliformis, granadilla
Passiflora nitida, granadilla
Passiflora quadrangularis, badea
Platonia insignis, bacurí
Poraqueiba paraensis, mari
Poraqueiba sericea, umarí
Pourouma cecropiifolia, mapatí
Pouteria caimito, caimo
Pouteria macrophylla, cutite
Psidium guajava, guayaba
Rollinia mucosa, biribá
Selenicereus megalanthus, pitahaya amarilla
Spondias mombin, jobo
Talisia esculenta, pitomba
Theobroma grandiflorum, cupuassú

Hortalizas

Acmella oleracea, yambú
Euterpe oleracea, asái
Sicana odorifera, casabanana
Xanthosoma brasiliense, belembe

Raíces y tubérculos

Calathea allouia, lairén
Dioscorea dodecaneura
Dioscorea subhastata
Dioscorea trifida, mapuey
Ipomoea batatas, camote
Manihot esculenta, yuca
Maranta arundinacea, arrorruz
Pachyrhizus tuberosus, jícama
Xanthosoma spp., malanga

Misceláneos

Bixa orellana, achiote
Dipterix odorata, sarrapia
Hevea brasiliensis, caucho

Región Subtropical de Amazonia

En el sur de Brasil, parte de Bolivia, Paraguay y el norte de Argentina, se encuentra un grupo de cultivos de origen local, que incluyen

numerosos frutales, algunos de los cuales se han introducido a otras áreas subtropicales; maní, de extensión mundial; una hortaliza, el zapallo, que se cultiva en zonas templadas, y otros de uso local.

Cuadro 4.5. Especies cultivadas originarias del sur de Amazonia.

Estimulantes

Ilex paraguariensis, yerba mate

Edulcorantes

Stevia rebaudiana, caejé

Frutales

Campomanesia phaea, cambuci
Eugenia aggregata, ciruela de Río Grande
Eugenia klotzschiana, pera do campo
Eugenia luschnathiana, pitomba
Eugenia uniflora, pitanga
Eugenia uvalha, uvalha
Feijoa sellowiana, feijoa
Myrciaria spp., jaboticaba
Psidium littorale, guayaba japonesa

Hortalizas

Cucurbita maxima, zapallo

Oleaginosas

Arachis hypogaea, maní

Relaciones entre las tres regiones tropicales

Africa - Asia. Las relaciones entre Africa y el Sureste de Asia, incluyendo India, son muy antiguas y complejas. Sorgos y millos de Africa Central aparecen en India hacia 1550 a.C., y el ajonjolí cerca de 1800 a.C. La difusión de éstos y otros cultivos africanos a India ocurrió en épocas prehistóricas. Al inicio de la era cristiana, varias plantas cultivadas de Asia ya habían llegado al Mediterráneo, como los bananos y el taro, posiblemente por vía terrestre, Siria o el sur de Arabia. Al mismo tiempo, es probable que hubiera

un intercambio de cultivos por vía marítima, entre India, el sur de Arabia y el este de Africa.

Una ruta de especial importancia, pero mucho más reciente, quizás alrededor de 500 d.C., fue la comunicación entre Indonesia, Madagascar y el resto de Africa. Por ella vinieron los bananos, caña de azúcar, ñames, que se extendieron lentamente por el centro de Africa y ya algunos se cultivaban en el litoral atlántico cuando llegaron los europeos a fines del siglo XV.

Relaciones entre el Viejo y el Nuevo Mundo. Varios casos atestiguan que algunas especies del mismo género se domesticaron independientemente en el Viejo y el Nuevo Mundo: a) algodones: en Asia y Africa; *Gossypium arboreum* y *G.*

herbaceum; en el Nuevo Mundo: *G. barbadense* y *G. hirsutum*; b) ñames en el Sureste de Asia: *Dioscorea alata*; en África occidental: *D. cayenensis* y en América del Sur: *D. trifida*. Tampoco es de extrañar que se domesticaran grupos de especies en géneros afines, como *Phaseolus* en América y *Vigna* en Asia. Pero las relaciones entre los dos mundos, por lo menos en lo que se refiere a plantas cultivadas, no se establecieron sino hasta la época de los descubrimientos en el siglo XV.

Sin embargo, hay tres excepciones: cocotero, calabaza y camote. Aunque su origen y dispersión primitiva serán discutidos más detalladamente al tratar cada una de ellas, se menciona a continuación ciertos aspectos sobre su presencia en la agricultura del Viejo y el Nuevo Mundo antes de los descubrimientos.

El coco, *Cocos nucifera*, es de cultivo muy antiguo en Oceanía y el Sureste de Asia, y fue hallado por los españoles en 1520, únicamente en el litoral pacífico entre Costa Rica y Colombia; su dispersión intercontinental puede atribuirse a corrientes marítimas.

La calabaza, *Lagenaria siceraria*, existía en Europa y Asia antes de la era cristiana; en América se conoció en México 7000 años a.C. y en Perú cerca de 3000 años a.C. Como sus congéneres sólo se encuentran en África, y como flota y resiste el agua del mar, su dispersión a las costas de América del Sur por corrientes marítimas desde África es una explicación aceptable.

El camote, *Ipomoea batatas*, es el caso más difícil de explicar y ha dado lugar a mayores discusiones. A la llegada de los españoles se conocía en cultivo desde México hasta Perú; restos arqueológicos de este último país datan de 2000 años a.C., y aún antes. A la llegada de Magallanes a Oceanía, en 1521, el camote era cultivado en casi todas las islas. Como el término para designarlo en Oceanía tiene afinidad con el nombre "kumara" que se usa en Perú, y como la expansión polinesica es mucho más reciente que las culturas americanas en que se conocía en cultivo, es de asumir que el camote fuera llevado de América a Oceanía. Sobre la forma en que pudo

ocurrir esa dispersión hay varias hipótesis, pero ninguna de ellas es aceptada completamente.

La época de los descubrimientos y el desarrollo de los cultivos tropicales

Uno de los factores que promovieron las exploraciones de los siglos XV y XVI fue la búsqueda de especias, las que tenían gran consumo en Europa para dar sabor a los alimentos poco apetitosos y ayudar a conservarlos. Su comercio, en gran parte controlado por Venecia, se hacía por la ruta de las caravanas o por mar desde las islas de las especias en Malasia. La necesidad de abrir rutas nuevas a India movió las expediciones portuguesas a África, y españolas a América. A continuación de las grandes exploraciones de Colón, 1492, Bartolomé Díaz, 1488, Vasco de Gama, 1496, vino el establecimiento del imperio español en América y portugués en Asia. El primero abarcó desde el centro de los Estados Unidos hasta Argentina y se prolongó hacia Filipinas y Oceanía. Los portugueses ocuparon Brasil; en Asia llegaron hasta Formosa y China del Norte, y más allá hasta las Molucas al este.

El desarrollo de estos imperios trajo como consecuencia un cambio radical en los hábitos alimenticios de la humanidad; introdujo nuevos materiales textiles, colorantes y medicinales y diseminó el uso del tabaco y de productos agroindustriales, como el azúcar.

La introducción de cultivos euroasiáticos y de los animales domésticos de Europa provocaron por otra parte, una transformación fundamental en la agricultura de América. Ya en su segundo viaje Colón trajo semillas de trigo y algunos animales domésticos, y se dice que al detenerse en las Canarias recogió caña de azúcar y la llevó a las Antillas. Las islas Canarias ocuparon en la migración de plantas hacia América un lugar particular. De ellas se trajo el banano a Santo Domingo en 1516, y más tarde dos especies tropicales, la caña fístola y el tamarindo, que fue-

ron introducidos a las Canarias desde Africa. Los españoles tuvieron éxito variado con las introducciones. El trigo, por ejemplo, fracasó en Santo Domingo, pero dio muy buenas cosechas en México y los Andes. Se trajo leguminosas de grano (habas, arvejas), alfalfa, lino, algodón, plantas medicinales y ornamentales.

Poco después del descubrimiento (1492) las primeras plantas americanas crecían en España: maíz (1498-1530), camote (1500), frijoles, cucúrbitas, maní y otros. Las papas, tomates y tabaco parecen haber sido introducidos en la segunda mitad del siglo XVI.

Intercambio de especies cultivadas entre América y Africa. La proximidad geográfica entre Brasil y Africa, y el establecimiento en ambos del dominio portugués, fueron factores decisivos en el intercambio de plantas. Se ha sugerido, sin pruebas satisfactorias, que el maíz fue introducido en Africa antes de Colón; lo más probable es que fuera llevado varias veces desde Brasil después del descubrimiento. La yuca fue también una introducción temprana; se extendió hasta el centro de Africa, donde llegó a ser un elemento esencial en la alimentación, y se desarrolló un uso tan variado y complejo que se ha creído que esta especie es originaria de Africa y fue llevada luego a Brasil. Esta teoría ha sido totalmente descartada. Un caso semejante ocurre con el tabaco y camote y también se introdujeron a Africa, piñas, cucúrbitas, maní y numerosos frutales.

El aporte de Africa a América ha sido menor. Los ñames, *Dioscorea*, constituyeron una introducción apreciable y fueron propagados por los negros, que siempre participaban en las expediciones españolas, y por los esclavos de las plantaciones de caña de azúcar en las Antillas. También se introdujo en forma similar la bambarra, *Vigna subterranea*, planta parecida al maní. No se conoce con exactitud la época de introducción de frutales africanos a América, como el aki, *Blighia sapida*. De gran importancia fue la introducción involuntaria de pastos africanos al Brasil. Con pastos se hacían las camas en los barcos que

traían los esclavos, y una vez llegados a América los tallos eran arrojados a las playas. Así se introdujeron el pasto guinea, *Panicum maximum*, y otras especies que han desempeñado un gran papel en el desarrollo de la ganadería de los trópicos americanos.

Ruta Brasil - India. Desde que Cabral descubrió Brasil en 1500, los portugueses en sus viajes a India se detenían en Suramérica para reaprovisionarse. Iniciaron así una migración de plantas brasileñas hacia los trópicos asiáticos. Como los portugueses ocuparon hasta la costa de China y Molucas, estas introducciones tuvieron una expansión amplia y rápida. Por esa ruta se cree que llegó el maíz a China a comienzos del siglo XVI, entre 1520 y 1530. La piña fue llevada de Brasil a Goa en 1550; es posible que por esa ruta llegaran también el maní, frijoles y otras.

De India se trajo a América, primero posiblemente a Brasil, el mango, que ya en el siglo XVI era abundante en ese país.

Rutas del Pacífico. Las expediciones españolas que colonizaron Filipinas, Guam y otras islas, establecieron una ruta a México. Una vez al año el galeón de Acapulco partía de ese puerto a Filipinas y en casi todos sus viajes trasladaba plantas vivas o semillas. Un arbolito de cacao fue llevado a Filipinas en 1560, y con él se estableció allí ese cultivo. El maíz, también de introducción temprana, no alcanzó en estas islas mayor importancia, posiblemente por la abundancia de arroz. El camote, en cambio, fue muy bien acogido en China. Se introdujeron además jícama, *Pachyrhizus*; chiles, *Capsicum*; tomates, frijoles, que por su rendimiento y calidad eran muy superiores a los asiáticos; *Bixa*, guayabas y otras frutas.

Es interesante observar que los españoles no introdujeron plantas de importancia de sus dominios de Asia a México. Los Filipinos que residieron en la costa occidental de este país enseñaron a los mexicanos algunos usos nuevos del coco, pero quizás por la gran riqueza de plantas en México y porque los cultivos asiáticos les eran desconocidos, los españoles no introdujeron nin-

gún cultivo importante. El mango y el tamarindo fueron llevados de las Antillas a México antes de que se estableciera la ruta del galeón de Aca-pulco.

En el Pacífico sur los españoles abrieron una ruta de mucho menor interés, entre Perú y los archipiélagos de Santa Cruz y Salomón. Llevaron plantas peruanas: maíz, frijoles, cucúrbitas, que parece no tuvieron buen éxito en esas islas.

Expansión de los cultivos industriales

En los últimos siglos se expandieron a nivel mundial los cultivos más importantes de los trópicos: café, cacao, banano, caña de azúcar, caucho, palma de aceite y otros. Como su historia está bien documentada y publicada sólo se referirán aquí sus características comunes.

En primer lugar, esos cultivos fueron introducidos en los siglos XVIII y XIX a áreas nuevas, lo que implica que debido a las dificultades para obtener y transportar material de siembra, las introducciones eran de base genética muy reducida: posiblemente una sola planta de café arábico suplió el material de siembra para América tropical, cuatro plantas para el cultivo de la palma de aceite en Indonesia, y así en los otros casos. A menudo los jardines botánicos de Europa: Amsterdam, Kew, París, o de Asia: Bogor, actuaron como intermediarios. Las introducciones posteriores, de café de Africa a América, de caucho al Sureste de Asia, cacao a Africa, son más recientes.

En segundo término, los cultivos introducidos alcanzaron rápidamente una expansión comercial, debido en la mayoría de los casos a que esta operación era parte de la política colonialista de Gran Bretaña, Francia y Holanda y al desarrollo industrial en Europa y América del Norte. Se logró un incremento notable de los rendimientos, a pesar de la base genética tan estrecha con que se trabajaba, por la aplicación de métodos avanzados de selección y mejoramiento

y por los sistemas más eficientes de producción y beneficio. Como resultado de la aplicación de tecnología, los rendimientos fueron mucho más altos en las áreas nuevas que en las de origen, como ocurrió con el café arábico en América tropical y el caucho de Brasil en Malasia. Factores biológicos importantes contribuyeron también a elevar los rendimientos, particularmente la ausencia de enfermedades y plagas que afectan los cultivos en sus áreas de origen.

Aunque los cultivos estén más avanzados en regiones distintas a sus áreas de dispersión natural, de éstas se depende para obtener el germoplasma que se necesita en el mejoramiento genético o la selección de nuevos cultivares. El intercambio de germoplasma no puede ser, sin embargo, una operación directa, ya que requiere pasar por sistemas de cuarentena o inspección. De todas maneras, en el desarrollo actual de la agricultura de los trópicos hay una interdependencia entre las tres regiones: Sureste de Asia, Africa y América tropical, no sólo para el intercambio de germoplasma sino también de información y desarrollos tecnológicos.

Referencias

- BARRAU, J. 1962. Les plantes alimentaires de l'Océanie. *Annales du Musée Colonial de Marseille* 7(2-97):1-273.
- BRETTING, P.K. ed. 1990. New perspectives on the origin and evolution of New World domesticated plants. *Supplement Economic Botany* 44(3).
- BUKASOV, S.M. 1988. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Trad. por Jorge León. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- BRUCHER, H. 1968. Sudamarika als herkunftsraum von nutzplanzen. In Fittkrau, E.J. *et al.* ed. *Biogeography and ecology in South America* 1:251-301. The Hague, Junk.

- BUSSON, F. 1965. Les plantes alimentaires de l'ouest africain. Marseille, Leconte.
- CLARK, J.D. & S.A. BRANDT, ed. 1984. From hunters to farmers: the causes and consequences of food production in Africa. Berkeley, University of California Press.
- CLEMENT, C.R. 1989. A center of crop genetic diversity in Western Amazonia. *BioScience* 39:624-631.
- ENGELS, J.M.M., J.G. HAWKES & M. WOREDE, ed. 1991. Plant genetic resources of Ethiopia. Cambridge, U.K., Cambridge University Press.
- HARLAN, J.R. 1992. Crops and man. 2nd ed. Madison, Wisc., American Society of Agronomy.
- HUTCHINSON, J. ed. 1974. Evolutionary studies in world crops. Diversity and change in the Indian subcontinent. London, Cambridge University Press.
- LI, HUI-LIN. 1982. Contributions to botany. Taipei, Epoch Publishing Co.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1989. Lost crops of the Incas. Washington, D. C. National Academy Press.
- PLANT resources in South-East Asia. 1989-1996. 10 vol. Leiden, The Netherlands, PUDOC.
- ROJAS RABIELA, T. C. coord. 1990. La agricultura en tierras mexicanas desde su origen hasta nuestros días. México, D.F., Grijalbo.
- SMARTT, J. & N.W. SIMMONDS, ed. Evolution of crop plants. London, Longman.
- SMITH, B.D. 1995. The emergence of agriculture. New York, Scientific American Library.
- VAVILOV, N.I. 1992. Origin and geography of cultivated plants. Trad. por Doris Love. Cambridge, U.K., Cambridge University Press.
- VAVILOV, N.I. 1994. México y América Central, centro fundamental de origen de cultivos del Nuevo Mundo. Trad. por E. Gribovskaia y R. Ortega Paczka. *Revista de Geografía Agrícola* 20:15-34.
- WILLIAMS, J.T., C.H. LAMOREUX & N. WULIJARNI-SOEJIPTO. 1975. South-East Asian genetic resources. Bogor, Indonesia, IBPGR-SEAMEO-LIPI.
- YEN, D. 1973. The origins of Oceanic agriculture. *Archeology and physical anthropology in Oceania* 8:68-85.
- ZEVEN, A.C. & P.M. SHUKOVSKY. 1975. Dictionary of cultivated plants and their centres of diversity. Wageningen, The Netherlands, PUDOC.

5. SISTEMÁTICA Y NOMENCLATURA

Especies y poblaciones

Las especies de plantas, cultivadas o silvestres, se componen de poblaciones distintas entre sí, formadas por individuos en los cuales el conjunto de sus características aparentes, o **fenotipo**, es el resultado de la interacción de fuerzas hereditarias y ambientales. Las poblaciones pueden formarse por pocos o muchos individuos que al reproducirse pasan a su descendencia el conjunto de genes, **genotipo**, que determina la continuidad de la población y de la especie. La uniformidad de la descendencia depende, sin embargo, del **sistema de reproducción**; el intercambio de genes puede dar, en los cultivos de fertilización cruzada, una descendencia heterogénea en que cada individuo puede ser de naturaleza heterocigota, mientras que en las especies completamente autofértiles la descendencia se forma teóricamente de individuos homocigotos. Los sistemas reproductivos no son estáticos; pueden ser afectados por condiciones ambientales y cambiar si se producen nuevos genotipos adaptados a condiciones distintas del ambiente en que se originó la especie. Así, los tomates primitivos son de fertilización cruzada en su área de dispersión natural; los cultivados autofértiles en las áreas de cultivo comercial.

Una especie cultivada puede estar formada por poblaciones exclusivamente cultivadas, como es el caso del maíz; cultivadas y semi-cultivadas, como el café arábico; cultivadas, semi-cultivadas, silvestres y malezas, como el sorgo. Puede haber dentro de ellas una amplia variación fenotípica o pueden ser muy homogéneas en su apariencia.

De las 3000 o más especies que el hombre utiliza y que son reconocibles por sus características fenotípicas, hay para las más difundidas de ellas términos que las identifican en los idiomas principales. Pero su identificación científica y el

uso de nombres técnicos a menudo presentan problemas tanto en la delimitación de lo que se considera una especie como en la aplicación del nombre científico que le corresponde.

En la clasificación de plantas cultivadas o silvestres la unidad básica es la **especie**. La categoría superior es el **género** o conjunto de especies; los géneros se agrupan en **familias**, éstas en **órdenes** y los órdenes en **clases**; el conjunto de clases forma la **división**. Como categorías inferiores a la especie están las **subespecies**, **variedades** (**cultivares** en las plantas cultivadas) y **formas**.

Estas categorías, o "taxa", son conceptos sistemáticos a menudo difíciles de definir y aplicar. Como en la naturaleza lo que existe son poblaciones de plantas en continua evolución, es de esperar que a menudo no haya acuerdo entre los especialistas en la definición de una "especie". En el siglo pasado los chiles o ajíes (*Capsicum* spp.) cultivados eran considerados como distribuidos en 60 especies; hace unos 50 años un especialista propuso que había sólo una, y actualmente se admite que hay cuatro o cinco especies válidas. Las variedades cultivadas de cacao se agrupaban hace unas décadas en tres "especies", que se distinguían principalmente por la forma del fruto; ahora se admite que hay una sola especie. Varias razas geográficas de café robusta fueron descritas como especies separadas; si se siembran juntas el producto de sus recombinaciones da toda clase de tipos intermedios, por lo que se consideran como una sola especie.

Puede ocurrir también el caso opuesto, o sea que poblaciones que se considera que forman una sola especie tienen que ser separadas en varias. Tal es el caso de las papas cultivadas, que hasta hace algún tiempo se agrupaban todas en *Solanum tuberosum*. Estudios citogenéticos y de otra naturaleza probaron que había más de una especie, pero no hay acuerdo en el número de ellas. Algunos especialistas sostienen que son 18;

otros cuatro con tres híbridos interespecíficos; otros una especie y dos híbridos.

Criterios en la delimitación de especies. En la práctica una especie se distingue de otra por diferencias cualitativas o cuantitativas en color, forma, tamaño, pubescencia y otros caracteres de sus órganos: hojas, flores, frutos y otros. Como estas características pueden ser afectadas por el ambiente, hay que determinar si las diferencias morfológicas son transitorias o hereditarias. Para esto último es fundamental conocer el sistema reproductivo de la especie. Como se mencionó antes, las poblaciones de propagación vegetativa tienen un fenotipo constante, si se exceptúa las mutaciones de yema. Ello hace que las diferencias a nivel específico o infraespecífico no sean difíciles de establecer en especies como yuca, agaves, ñames, pero debe recordarse que potencialmente todas ellas son capaces de reproducción sexual.

En este grupo se colocan también las apomíticas, como mangostán y muchos pastos, en que la similitud fenotípica se mantiene en generaciones sucesivas de semilla. En las poblaciones de reproducción sexual las diferencias son a veces más difíciles de establecer, sobre todo en los casos en que predomina la fertilización cruzada entre especies y variedades. En poblaciones autógamas, por el contrario, la diversidad fenotípica es menor: la especie es más fácil de definir en términos de sus componentes morfológicos.

La diferenciación fenotípica en base a caracteres externos, que se aplica en la práctica en la mayoría de las especies, es un criterio que a menudo puede conducir a determinaciones dudosas. Un concepto más generalizado actualmente es considerar como pertenecientes a la misma especie a los individuos o poblaciones que no presentan barreras de esterilidad, es decir que producen cruza fértiles. Es un enfoque experimental que puede aplicarse fácilmente en cultivos anuales, pero que tiene serias limitaciones prácticas, especialmente en cultivos perennes. Requiere además, conocer si existe incompatibilidad entre poblaciones muy afines, y reconocer

que en ciertos grupos, como los cítricos, cruza fértiles se pueden obtener entre especies muy diferentes.

Otros enfoques en la identificación de especies y cultivares, son los análisis citogenéticos, como número y estructura de cromosomas; aplicación de electroforesis, para comparar las diferencias químicas entre plantas individuales o poblaciones; análisis estadísticos de conglomerados; análisis genéticos basados en marcadores moleculares de ADN o de evidencia cladística para establecer las distancias genéticas entre especies o variedades.

Nomenclatura

Reglas. La nomenclatura de las plantas cultivadas y silvestres se rige por una serie de reglas convencionales, aceptadas internacionalmente para dar nombres a especies, géneros y categorías infraespecíficas. Se basa para la especie en el sistema binario establecido por el naturalista sueco Carlos Linné o Linneo (1707-1778), según el cual el nombre de una especie se forma de dos palabras latinas o latinizadas: el nombre genérico y el epíteto específico. *Theobroma cacao* se compone del nombre del género, *Theobroma*, palabra latinizada del griego que significa "alimento de los dioses", y del epíteto específico *cacao*, término nahuatl que se considera latinizado. Al nombre binario se puede agregar el nombre, inicial o abreviatura de quien describió la especie: como el cacao fue descubierto por Linneo, se escribe *Theobroma cacao* L.; la L. es la abreviatura o inicial de Linneo.

Los nombres científicos de plantas cultivadas y silvestres cambian a veces para seguir las reglas internacionales de nomenclatura. Una de ellas, la regla de prioridad, establece que el primer nombre publicado es el válido. A veces ocurre que un autor describe como nueva y da un nombre científico a una especie que ya ha sido descrita. Esto era más frecuente cuando los sistemas de información científica eran menos efi-

cientes. El aguacate o palta fue llamado *Persea gratissima* por Gaertner en 1807, y este nombre se usó por largo tiempo, hasta que se encontró que en 1768 Miller le había dado el nombre de *Persea americana*, el que por haber sido publicado primero es el válido y el que debe usarse.

Pero la situación no es siempre tan simple. Con frecuencia incluye cambios taxonómicos, especialmente de género. La piña fue descrita por Linneo como *Bromelia comosa*, en 1754. Pero el género al que pertenece es *Ananas*, al cual fue transferida por Merrill en 1917. El nombre actual aceptado es *Ananas comosus* (L.) Merrill. En estos casos se escribe entre paréntesis el nombre del autor del epíteto específico y se agrega el nombre o sigla de quien hizo la transferencia de género.

En ciertos casos la regla de prioridad puede descartarse, cuando por acuerdo internacional se prefiere mantener el nombre de una especie o género por ser más conocido. El árbol de pan fue descrito por Parkinson en 1773, en el género *Sitodium*. Tres años después Foster lo describió como un género nuevo, *Artocarpus*. Como éste último nombre es más conocido se acepta su uso, a pesar de la regla de prioridad. Así, el árbol de pan descrito primero con el nombre de *Sitodium altile* por Parkinson, fue transferido a *Artocarpus* por Fosberg en 1941; el nombre actualmente aceptado es *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg. El nombre que se usa más a menudo para esta especie de *Artocarpus communis*, publicado por Foster en 1776, por la regla de prioridad no es válido.

Las modificaciones de nombres científicos para designar una especie cultivada, sea por aplicación de la regla de prioridad o por que se cambian de género o especie, aunque sean inconvenientes desde el punto de vista práctico, son necesarios para la identificación correcta del cultivo y de sus relaciones con otras especies. La transferencia de los frijoles asiáticos de *Phaseolus* a *Vigna* no es solamente asunto de nombre; es colocar a esas entidades en el grupo genético más apropiado, lo cual afecta muchos aspectos de su cultivo y mejoramiento.

Los nombres científicos son convencionales y no cambian porque el epíteto específico esté equivocado en su significado. Así, Linneo llamó *Coffea arabica* al café corriente porque supuso que venía de Arabia. Esta especie es realmente nativa de Etiopía, pero eso no da base para cambiar su nombre.

Hay casos en que no es fácil adaptar la clasificación binaria. Los bananos y plátanos, antes llamados *Musa sapientum* y *M. paradisiaca* respectivamente, son híbridos entre *M. acuminata* y *M. balbisiana*, pero con distintos genomios; como se verá al tratar estas especies, es preferible determinar los cultivares por sus genomios que por los nombres binarios.

Cultivar: variedad cultivada. Las poblaciones diferenciables que constituyen una especie, silvestre o cultivada, se han llamado variedades. Para las especies cultivadas se ha creado un término especial, "cultivar", que designa esas poblaciones. En la práctica cultivar es lo mismo que variedad cultivada.

Categorías de cultivar. Un cultivar puede ser a) un **clon**, o sea la descendencia por propagación vegetativa de una planta individual, como es el caso de los cultivares de caña de azúcar, bananos, camote; b) una **línea**, o sea una población de reproducción sexual que mantiene características definidas, como los cultivares de café o arroz; c) **grupos de individuos**, como las llamadas variedades en *Cucurbita*, que aunque muestran diferencias hereditarias tienen una serie de características comunes que las separan de otros grupos; d) **híbridos**, que se mantienen por cruzamiento artificial, como los híbridos comerciales de maíz.

Nomenclatura de los cultivares. Para indicar el nombre de un cultivar se usa antes de éste la abreviatura cv. o se escribe el nombre con mayúscula y entre comillas simples. El nombre de un cultivar puede ser una palabra creada especialmente en latín o preferiblemente en un idioma moderno o aun una sigla. Así, en el café arábico hay cultivares como 'Caturra', término

portugués; 'Catimor', creado para indicar un híbrido entre 'Caturra' y 'Timor'; 'Purpurascens', que es un término latino; 'BA-8', sigla correspondiente a una selección hecha en la estación experimental de Balehonnur, India.

El nombre de un cultivar puede traducirse o transliterarse cuando sea necesario, pero es preferible mantener el nombre original, especialmente si se ha publicado con una descripción del cultivar. En el caso de cambiar el nombre de un cultivar es deseable indicar el nombre original y su procedencia: híbrido, mutante, selección y los tipos parentales de que procede.

El término cultivar carece de significado biológico en el sentido en que se aplica a entidades de categoría y origen muy distintos, pero su uso se está expandiendo ya que responde a las necesidades de disponer de un término que designe una población de plantas cultivadas diferente de las otras en sus características morfológicas o en su respuesta a factores ambientales. Las reglas aceptadas internacionalmente para la nomenclatura de plantas cultivadas están contenidas en *International Code of Nomenclature for Cultivated Plants*. 1995. *Regnum vegetabile*, vol. 133.

Entre las publicaciones de inventario de plantas cultivadas, la más completa es *Rudolf Mansfelds kulturpflanzen-verzeichnis*, 1988, 4 v. El libro sobre el mismo tema más actualizado y accesible, es *The plant-book*, de D.J. Mabberley, 1997.

Clasificación de las plantas cultivadas

Introducción. Las plantas cultivadas se clasifican corrientemente, según el uso, en alimenticias, fibrosas, oleaginosas, estimulantes, medicinales, especias, condimenticias, laticíferas, tintóreas, curtientes, maderables, ornamentales y otras. Este tipo de clasificación carece de sentido biológico y con frecuencia, aún desde el punto de

vista práctico, deja mucho que desear. El cocotero, por ejemplo, cabría en varias categorías: alimenticia, fibrosa, oleaginoso, ornamental.

Con el fin de evitar esas dificultades en este libro se ha adoptado una clasificación puramente sistemática, siguiendo para las Angiospermas las líneas generales establecidas por A. Cronquist, 1981, *An integrated system of classification of flowering plants*. New York, Columbia University Press. (Cuadro 5.1).

Distribución sistemática de las plantas útiles. Las plantas útiles se encuentran en todos los grupos sistemáticos, pero su concentración es mucho mayor en los más avanzados, las Angiospermas.

Los grupos inferiores: helechos, hongos, musgos y algas, presentan en relación a su número una cantidad muy reducida de especies útiles. Es posible, sin embargo, que en estos grupos inferiores los avances tecnológicos hallen muchas formas nuevas de utilizarlos. El uso reciente de hongos como base de producción de antibióticos, y el de algas para proteínas, sólo indican dos campos de los muchos en que el hombre puede aprender a utilizar las plantas inferiores.

Las Gimnospermas no tienen en los trópicos la importancia que presentan en las zonas templadas. El grupo más importante, las Coníferas, está representado muy pobremente en América tropical. Su utilización principal es la producción de madera, especialmente en México, Centroamérica y las Antillas. Algunas Cicadáceas se usan en los trópicos asiáticos por el sagú, sustancia harinosa y dulce que se obtiene de los tallos de ciertas especies.

Las Angiospermas son los grupos más evolucionados, y por su número y diversidad los elementos más importantes de la flora de los trópicos. Su evolución hizo posible que el hombre y los mamíferos más avanzados pudieran ocupar la tierra.

La semilla de las Angiospermas es el órgano vegetal de mayor importancia para el hombre; en ese espacio reducido concentra la planta una gran cantidad de alimento. Su función biológica es contener y alimentar el embrión, que formará una nueva planta; por lo tanto debe acumular en ella amplias reservas alimenticias: almidones y proteínas especialmente, que el hombre aprovecha como elemento básico de su alimentación, los primeros principalmente en los cereales, las segundas en las menestras o leguminosas de grano. Algunas semillas contienen también cantidades considerables de aceites comestibles o industriales. La fibra más importante, el algodón, se obtiene de una semilla.

La semilla de las Angiospermas es una estructura muy efectiva para la propagación de sus especies. Esta característica ha permitido que las Angiospermas lleguen a ser la vegetación dominante y es aprovechada por el hombre para establecer siembras de millones de individuos de la misma especie o cultivar, en grandes campos de cultivo o pastoreo.

La utilización por especies no se distribuye uniformemente en las Angiospermas. Hay familias, como las Poáceas (Gramíneas) y las Fabáceas (Leguminosas), de importancia básica, la primera por los cereales, pastos y azúcar; la segunda como productora de proteínas y grasas.

Entre las familias de gran utilidad, comparable a las anteriores, figuran las Arecáceas (Palmeras), por sus aceites, grasas y productos alimenticios. Las Euforbiáceas incluyen alimentos muy corrientes como la yuca y plantas laticíferas y oleaginosas. Las Brasicáceas (Crucíferas) y las

Rosáceas, de gran importancia en las regiones templadas, no son de mucha utilidad en los trópicos. Las Malvales son ricas en fibras, tanto del tallo como de la semilla. Los aceites esenciales, alcaloides y glucósidos, se hallan con frecuencia en familias primitivas, como las Lauráceas y Miristicáceas. Familias muy avanzadas y ricas en especies, como las Asteráceas (Compuestas), Rubiáceas y Orquidáceas, son de utilidad relativamente baja.

Referencias

- HARLAN, J.R. & M.J. DE WET. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon* 20:509-517.
- LEON, J. 1964. Problemas en la nomenclatura de plantas cultivadas. *Fitotecnia Latinoamericana* 1:53-58.
- MABBERLEY, D.J. 1997. *The plant-book*. Cambridge, U.K., Cambridge University Press.
- SCHULTZE-MOTEL, J. ed. 1988. *Rudolf Mansfelds kulturpflanzen-verzeichnis*. Berlin, Akademie-Verlag. 4 vol.
- TREHANE, P. *et al.* ed. 1995. *International code of botanical nomenclature of cultivated plants*. 1995. *Regnum vegetale* 133. Wimborne, U.K., Quarterjak Publishing.

Cuadro 5.1. Familias de plantas cultivadas agrupadas en capítulos, siguiendo el sistema de Cronquist, 1981.

DICOTILEDÓNEAS

6. Magnoliales ANONÁCEAS MIRISTICÁCEAS	15. Violales FLACOURTIÁCEAS BIXÁCEAS PASIFLORÁCEAS CARICÁCEAS CUCURBITÁCEAS	24. Linales ERITROXILÁCEAS
7. Laurales LAURÁCEAS	16. Ebenales SAPOTÁCEAS EBENÁCEAS	25. Poligalales MALPIGIÁCEAS
8. Piperales PIPERÁCEAS	17. Rosales ROSÁCEAS CRISOBALANÁCEAS	26. Sapindales SAPINDÁCEAS BURSERÁCEAS ANACARDIÁCEAS SIMARUBÁCEAS MELIÁCEAS RUTÁCEAS
9. Urticales CANNABIDÁCEAS MORÁCEAS CECROPIÁCEAS URTICÁCEAS	18. Fabales FABÁCEAS PAPILIONÁCEAS CESALPINIÁCEAS MIMOSÁCEAS	27. Geraniales OXALIDÁCEAS
10. Cariofilales CACTÁCEAS QUENOPODIÁCEAS AMARANTÁCEAS PORTULACÁCEAS BASELÁCEAS	19. Proteales ELEAGNÁCEAS PROTEÁCEAS	28. Apiales APIÁCEAS (Umbelíferas)
11. Dilleniales DILLENIÁCEAS	20. Mirtales MIRTÁCEAS PUNICÁCEAS	29. Gentiales APOCINÁCEAS
12. Teales CARIOCARÁCEAS TEÁCEAS CLUSIÁCEAS (Gutíferas)	21. Celastrales AQUIFOLIÁCEAS ICACINIÁCEAS	30. Solanales SOLANÁCEAS CONVOLVULÁCEAS
13. Malvales TILIÁCEAS ESTERCULIÁCEAS BOMBACÁCEAS MALVÁCEAS	22. Euforbiales EUFORBIÁCEAS	31. Lamiales LAMIÁCEAS (Labiadas)
14. Lecitidales LECITIDÁCEAS	23. Ramnales RAMNÁCEAS	32. Escrofulariales PEDALIÁCEAS
		33. Rubiales RUBIÁCEAS
		34. Asterales ASTERÁCEAS (Compuestas)

6. MAGNOLIALES

ANONÁCEAS

Las Anonáceas constituyen una familia casi exclusivamente tropical. Es de las más primitivas y se caracteriza por la disposición en espiral de estambres y carpelos y por tener semillas con endosperma ruminado. Es notable por un buen número de especies frutales o productoras de aceites esenciales.

CHIRIMOYA, ANONA, *Annona cherimola*

Origen. El área de origen es posiblemente, la vertiente oriental de los Andes, 600-1800m de altitud. Hay evidencias arqueológicas de cultivo en el Perú prehispánico, pero posiblemente desapareció en la época colonial, cuando se introdujo

de Mesoamérica. El nombre parece ser mesoamericano. El cultivo comercial es importante en áreas subtropicales: Egipto, Israel, Chile, Florida, California, España.

Porte. *Annona cherimola* (Fig. 6.1) es un árbol pequeño, que alcanza hasta ocho metros de altura y de copa abierta. De las ramillas cilíndricas y grisáceas brotan hojas alternas, ovadas a elípticas, suaves y de 10 a 20 cm de largo por cuatro a ocho centímetros de ancho, oscuras en el lado superior y con pubescencia fina en la cara inferior. Las hojas se renuevan una vez al año.

Las flores aparecen solitarias o en grupos de dos a tres, opuestas a las hojas, en las ramillas jóvenes o en las axilas formadas por las hojas caídas en las ramas viejas. Son de posición pendiente, de pedúnculos cortos y curvos.

El perianto se compone de tres sépalos triangulares de unos cinco milímetros de largo y de dos series de pétalos insertos en un receptáculo

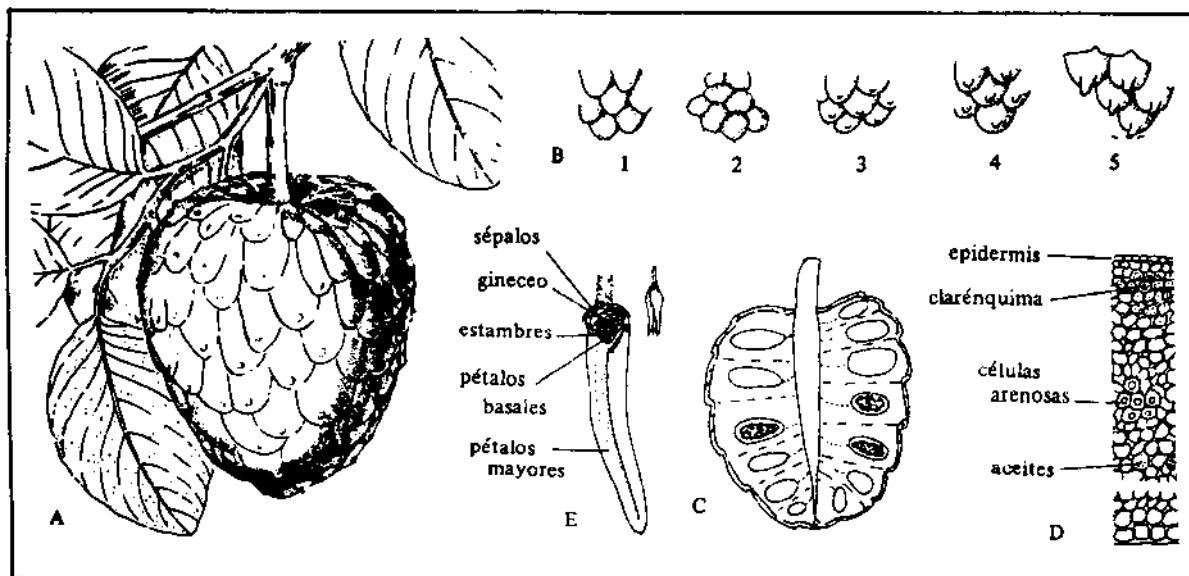


Fig. 6.1. *Annona cherimola*. A, rama con fruto. B, tipo de areolas: 1, laevis; 2, impressa; 3, tuberculata; 4, mamillata; 5, umbonata. C, corte longitudinal del fruto. D, corte transversal del pericarpo. E, flor.

ancho y carnosos. Los pétalos externos son largos, de cerca de 2.5 cm de longitud, linear oblongos y carnosos, triangulares en corte transversal; los internos muy cortos, de 1.5 a 2.5 mm de largo.

Los estambres y carpelos son muy numerosos y están insertos en espiral en el receptáculo, cuya porción inferior, más prominente y en forma de disco o "toro", está ocupada por los estambres. Cada uno de estos se compone de dos tecas largas, unidas por un conectivo de color anaranjado en el ápice. Los carpelos forman un cono en el ápice del receptáculo; cada pistilo tiene un óvulo y termina en un estilo sencillo. Los carpelos están separados y sólo se unen por la base.

Biología floral. Las primeras flores aparecen cuando las plantas tienen de tres a cuatro años. Brotan una vez al año, en períodos que cambian según la localidad. La antesis se inicia con la separación de los pétalos mayores, que se abren por el ápice, generalmente en las primeras horas de la mañana. En esta etapa los pistilos son receptivos y tienen los estigmas blancos y brillantes, pero las flores estaminadas aún no emiten polen. La polinización por el viento o insectos tiene que hacerse con polen de otras flores, y por lo tanto la fertilización es muy deficiente. De seis a ocho horas más tarde los pétalos mayores están completamente abiertos y las anteras emiten polen por suturas longitudinales; ya entonces los estigmas están marchitos y no pueden fertilizarse. La protoginia marcada de *A. cherimola* y la ineficiencia de los agentes de polinización determinan la formación de frutos pequeños y asimétricos, por lo que se ha hecho necesario desarrollar métodos de polinización artificial.

Fruto. Uno o dos días después de la fertilización los pétalos caen y se inicia el desarrollo del fruto. El receptáculo se alarga y los carpelos fecundados, cada uno con una semilla, alcanzan la madurez de seis a 10 meses de la floración. El número de carpelos fecundados en una flor determina el tamaño y forma del fruto. Cada carpelo aparece en el exterior de la fruta como una

placa o areola de forma muy diversa según el cultivar. Se reconoce cinco formas principales y aunque en el mismo fruto pueden en algunos casos aparecer dos o más de ellas, son constantes para cada cultivar y permiten su reconocimiento. Las areolas pueden ser lisas (*laevis*) cuando apenas se distinguen las líneas de soldadura de los carpelos; hendidas (*impresas*) en la cual esas líneas aparecen como rebordes y el centro es ligeramente hundido, llamándose entonces "anonas de dedos pintados"; *tuberculata* cuando tienen un apéndice pequeño en la parte inferior de la areola; *mamillata* si dicho apéndice sobresale marcadamente; *umbonata* cuando las areolas se prolongan hacia afuera en forma de pico.

El pericarpo o cáscara se compone de la epidermis, con células de paredes gruesas, numerosos estomas y pelos suaves. La hipodermis contiene muchos cloroplastos, que mantienen el color verde de la fruta hasta muy avanzada la maduración. En el mesocarpo hay primero una zona de esclereidas, que da a la fruta la textura arenosa característica. La frecuencia y tamaño de la capa de esclereidas es un carácter varietal. El resto del mesocarpo está constituido por parénquima, con algunos canales de resina.

La porción comestible del fruto son los carpelos desarrollados, soldados en la madurez formando un sincarpio. Al centro del fruto queda el receptáculo, que adquiere la forma de un cono muy agudo y que por estar constituido principalmente por haces vasculares es más duro que el resto del fruto, del que se separa en la madurez. Del receptáculo salen los haces vasculares hacia los carpelos, en los cuales se ramifican profusamente. Los carpelos consisten principalmente de parénquima, relleno de almidón en las primeras etapas del fruto y que cambia a azúcar conforme avanza la maduración. Hay también haces vasculares finos, células con aceite y una epidermis interna gruesa que rodea las celdas que ocupan las semillas.

Las semillas de la chirimoya son aplanadas, elípticas vistas de frente, de 1.5 a dos centímetros de largo por uno de ancho, de color castaño cla-

ro o negro. La testa dura encierra una masa de endosperma ruminado que ocupa la mayor parte de la semilla y un embrión muy pequeño.

Variabilidad. Se conoce muchos cultivares de chirimoya, la mayoría de ellos seleccionados en regiones templadas, como California y Egipto, que se pueden propagar vegetativamente por injerto. En su área de distribución natural, las poblaciones originadas de semilla son muy heterogéneas.

SARUMUYO, ANONA, ATA, FRUTA DO CONDE, *Annona squamosa*

Annona squamosa es posiblemente originaria de las tierras bajas de Centroamérica; de México se introdujo a Filipinas y Oriente. En India alcanza importancia comercial y las poblaciones espontáneas crecen en tal abundancia que se le creyó nativa de ese país.

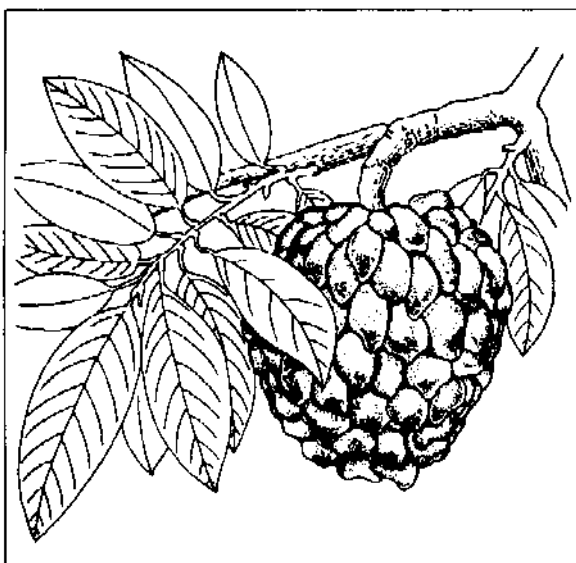


Fig. 6.2. *Annona squamosa*. Rama con fruto.

Annona squamosa (Fig. 6.2) es un árbol bajo, de cuatro a seis metros de alto y ramificado. Las hojas deciduas, de láminas oblongo-elípticas, de ápice obtuso o acuminado, miden de cinco a

15 cm de largo por dos a seis centímetros de ancho, con el lado superior verde brillante y el inferior verde azulado.

Las flores salen por lo común de las ramillas nuevas; son pendientes, solitarias o en grupos de dos o cuatro. Los tres sépalos triangulares miden de dos a tres milímetros de largo. Los tres pétalos externos son lanceolados y gruesos, de corte triangular y de 1.5 cm de largo, por fuera amarillos verdosos, por dentro amarillentos con una mancha roja en la base. Hay tres pétalos internos ovados, de seis a ocho milímetros de largo. El centro de la flor lo ocupa el receptáculo, en cuya base hay numerosos estambres amarillos, y en la parte superior muchos carpelos purpúreos.

La biología floral de esta especie es muy semejante a *A. cherimola*. Los pétalos se abren desde medianoche hasta las primeras horas de la mañana; los pistilos son receptivos primero y se marchitan cuando los estambres sueltan el polen al abrirse por completo la flor; los pétalos caen dos días después.

El fruto es un sincarpio ovoideo o esférico, de cinco a 10 cm de diámetro, formado por carpelos muy prominentes en la mayoría de los cultivares, aunque hay poblaciones con frutos marmelonados y aún lisos. Los carpelos están separados en la base por una línea crema, anaranjada o roja, característica del cultivar. La superficie es verde oscura cubierta al comienzo del desarrollo del fruto por un polvo blancuzco en la mayoría de los cultivares; hay también de frutos amarillos o rojos. Al madurar, con frecuencia los carpelos se separan en el ápice dejando ver la pulpa blanca o amarilla, separación que es más marcada en esta especie que en las otras *Annona* cultivadas.

Se conoce numerosos cultivares, especialmente en India, donde parece haber una explosión de variabilidad en esta especie foránea. Se distinguen por la forma de fruto, color de la pulpa y principalmente por los carpelos: tuberculados, marmelonados o lisos. Los preferidos son los de frutos verdes, tuberculados y pulpa blanca, aunque 'Mammouth', uno de los más notables, es casi liso. Los cultivares rojos son muy atra-

yentes pero la pulpa es insípida. En Cuba se conoce una variedad sin semillas.

ATEMOYA, *Annona cherimola x squamosa*

Híbridos naturales y artificiales entre estas dos especies se conocen de varias partes del mundo. Por su mayor adaptabilidad han sido establecidas clonalmente en Florida, Australia, Israel y otros. Ninguno de ellos supera en calidad a *A. cherimola*, aunque resultan adaptables a áreas en que no crece esta especie. La fruta (Fig. 6.3) en la mayoría de los híbridos tiende a parecerse en la textura de los carpelos a *A. squamosa* y como estos a menudo se abren antes de madurar. Las hojas son anchas, como las de *A. cherimola*, pero lisas como en *A. squamosa*. La propagación debe hacerse por vía vegetativa, pues plantas de semilla varían mucho en calidad y rendimiento.



Fig. 6.3. Atemoya. *Annona cherimola x squamosa*.

ANONA, CORAZÓN DE BUEY, *Annona reticulata*

Esta especie, originaria de Centroamérica, está ampliamente difundida a pesar de ser una de las Anonáceas de calidad inferior. Es un árbol bajo (Fig. 6.4) de tres a ocho metros de alto, de hojas lanceoladas o lanceolado-oblongas, lisas, delgadas y de ápice agudo, de cinco a 25 cm de largo por dos o seis centímetros de ancho. Las flores son semejantes a las de *A. squamosa*; aparecen en grupos de dos a 10 en las ramillas nuevas. El cáliz es muy corto, de dos a tres milímetros de largo, cubierto de pubescencia ferrugínea. Los pétalos externos y verdosos miden de 1.5 a 2.5 cm de largo. La disposición de los estambres y pistilos es semejante a las especies anteriores.

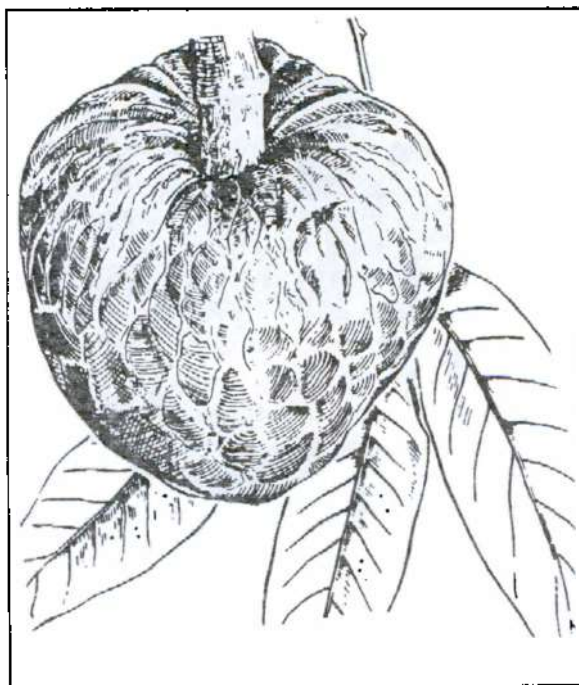


Fig. 6.4. *Annona reticulata*.

El fruto es un sincarpio ovoideo a ovoideo esférico, de base hundida y de ocho a 15 cm de ancho, con la superficie más o menos lisa y las junturas de los carpelos apenas visibles.

Existen numerosos cultivares. Los más apreciados, originarios de Guatemala y México, son de frutos rojo sangre, lisos y brillantes, de pulpa amarillenta muy agradable. Los cultivares de frutos verdes o bronceados y de pulpa blanca son de inferior calidad.

ILAMA, ANONA BLANCA, *Annona diversifolia*

Esta Anonácea, originaria de México y Centroamérica, es una de las mejores frutas de los trópicos bajos, comparable a la chirimoya. Es un árbol pequeño y delicado, de hojas elípticas a oblanceoladas, de ocho a 16 cm de largo, con el ápice redondeado (Fig. 6.5). En la base de las ramas jóvenes o de los pedúnculos florales hay brácteas circulares en forma de hojas, que son características de esta especie. Las flores salen en el crecimiento nuevo, solitarias o en grupos de dos a tres; los pétalos externos, de color marrón, miden de 2.5 a tres centímetros de largo.

El fruto es ovoide a elipsoidal, con la base hundida y los carpelos bien salientes; en el ápice de éstos hay una pequeña protuberancia o mamecón como en ciertas chirimoyas. El color de la fruta varía de verde claro a rosado oscuro y está cubierto por una capa de polvo fino blancuzco. La pulpa es blanca en las variedades de color verde, o tenuamente rosada a rojo brillante en las otras, de sabor y olor muy agradables.

A pesar de su excelente calidad, *A. diversifolia* no se ha expandido mucho en cultivo, porque crece difícilmente fuera de su área de origen. Las semillas tienen un período largo de latencia y con frecuencia no germinan. Se cree, sin mayor base, que los frutos deben cortarse sólo cuando están maduros en el árbol pero, como en otras *Annona*, pueden recogerse antes y almacenarse hasta que maduren.

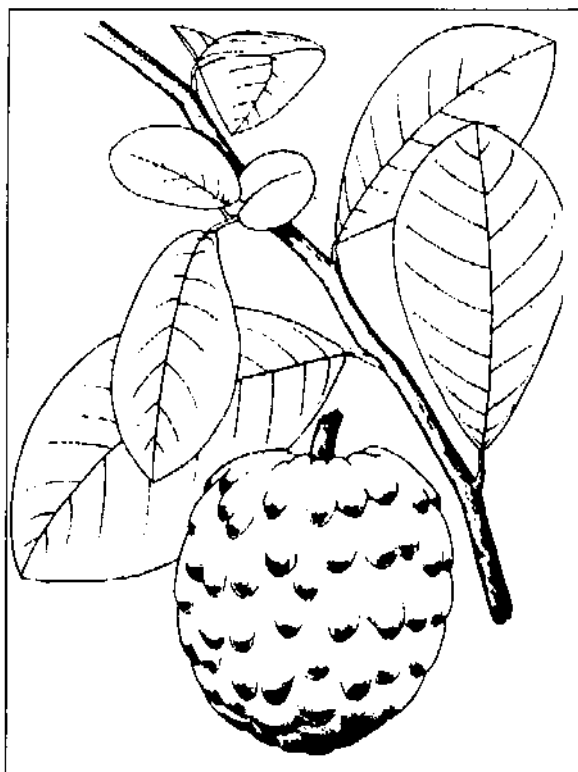


Fig. 6.5. *Annona diversifolia*.

GUANÁBANA, GRAVIOLA, *Annona muricata*

Frutal posiblemente originario de Suramérica, que tuvo una expansión muy amplia en tiempos prehispánicos; no se conoce en estado silvestre. Al contrario de las demás Anonáceas, *A. muricata* se consume poco como fruta fresca, pues se usa principalmente en la preparación de refrescos y helados, ya que la pulpa en la mayoría de las variedades es muy ácida y aromática.

El árbol es bajo y de follaje compacto (Fig. 6.6). Las hojas duras, de color verde oscuro, brillante en el lado superior y amarillentas en el

inferior, oblongas a ovadas, miden de cinco a 15 cm de largo por dos a seis centímetros de ancho. Las flores nacen solitarias o en pares en tallitos cortos que brotan de las ramas viejas. Los tres sépalos miden de dos a tres milímetros de largo; los tres pétalos externos muy anchos y coriáceos, amarillos, miden de 2.5 a tres centímetros de largo por dos a cuatro centímetros de ancho. Los tres pétalos internos son también grandes, de dos a cuatro centímetros de largo por uno a tres centímetros de ancho y están colocados alternando con los primeros. El receptáculo es grande, pubescente, y contiene numerosos estambres en la base y ovarios en la parte superior.

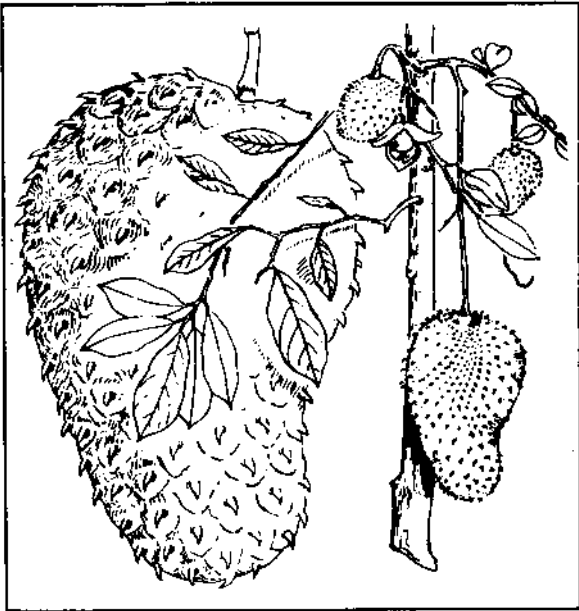


Fig. 6.6. *Annona muricata*.

Las flores de esta especie se abren al amanecer, cuando las anteras están iniciando la expulsión de polen; los pétalos externos caen algunas horas después, y los internos duran unos días más o a veces caen juntos.

El fruto es el más grande en el género, llegando a medir hasta 40 cm de largo, elipsoidal u ovoide, a menudo asimétrico en el ápice debido

a la polinización deficiente. Los carpelos aparecen separados por un surco fino, y en la mayoría de los cultivares llevan al centro una espina, curva hacia abajo, aunque hay variedades de frutos casi lisos. La superficie, aun en la madurez, es verde brillante. En la estructura interna no difiere de *A. cherimola*, excepto en que la capa de esclerenquima permite remover la cáscara más fácilmente. Los carpelos tienen pulpa blanca, jugosa y ácida, muy aromática y de alto contenido en vitaminas A y C. Las semillas obovoideas y aplanadas miden de 15 a 20 mm de largo y tienen la testa dura y brillante marrón oscuro.

POSHTÉ, *Annona scleroderma*

Especie cultivada como frutal y sombra de café en Guatemala, introducida a Florida y Australia con el nombre de cawesh (Fig. 6.7). Los frutos esféricos, de 5-10 cm de diámetro, crecen en grupos; difieren de las otras anonas en tener la cáscara dura y correosa, de 2-3 mm de grosor, con areolas poligonales poco prominentes. La pulpa amarillenta es de sabor muy agradable, sin fibras o grupos de células duras. Las hojas lanceoladas, de 10-15 dm de largo, son opacas en



Fig. 6.7. *Annona scleroderma*.

el lado superior y tienen pubescencia espaciada en el inferior.

SONCOYA, *Annona purpurea*

Originaria de México y Centroamérica, es escasamente cultivada. Es un árbol bajo de follaje espaciado; las hojas grandes y delgadas, elípticas a obovadas, miden de 15 a 30 cm de largo por 10 a 15 cm de ancho. Las láminas son muy onduladas pues los nervios están marcadamente hundidos en la cara superior. Por lo común los tallos jóvenes, pecíolos y nervios de la hoja, muestran una pubescencia rojiza. Las flores son grandes, con los pétalos externos de cuatro a cinco centímetros de largo, flexibles y amarillentos con manchas violeta en el lado interno; los pétalos internos son más cortos, de tres a cuatro centímetros de largo. El receptáculo cónico mide alrededor de dos centímetros de largo por 1.5 cm de ancho y en su parte inferior está cubierto de estambres y al ápice por un anillo de carpelos.

El fruto es ovoide a esférico, mide de 10 a 14 cm de ancho y está cubierto de un tomento amarillo o rojizo. Los carpelos tienen prominencias piramidales muy desarrolladas, hasta de dos centímetros de largo, con los ápices curvos hacia la base de la fruta. La pulpa es dura, amarilla a anaranjada, aromática. Las semillas elípticas, de color café claro, miden de 2.5 a tres centímetros de largo.

BIRIBÁ, COROSOL, *Rollinia mucosa*

Rollinia mucosa (Fig. 6.8) es nativa de México a Bolivia y en las Antillas. Es un árbol bajo y muy ramificado, de hojas lanceoladas y con la característica de que los nervios laterales al ser muy profundos dan a la hoja una rugosidad muy marcada. La flor tiene los pétalos externos triangulares, de 1.5 a dos centímetros de largo, en posición vertical alternando con los internos diminutos.

El fruto, amarillo dorado en la madurez, de ocho a 12 cm de largo, está cubierto de prominencias cónicas hasta de 1.5 cm de longitud. La pulpa es traslúcida, suave, dulce y aromática. Por lo común los frutos sólo maduran en el árbol y únicamente se comen frescos.

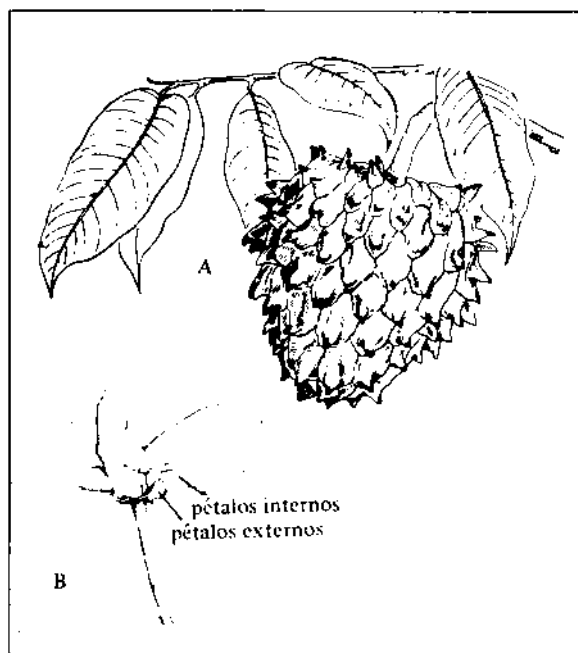


Fig 6.8. *Rollinia mucosa*. A, rama con fruto. B, flor.

YLANGYLANG, *Cananga odorata*

Una Anonácea asiática, *Cananga odorata* (Fig. 6.9), es utilizada por el aceite esencial que contienen sus flores, el que destilado se usa en la preparación de perfumes finos. En las regiones de clima caliente y húmedo se la planta como árbol de sombra y por el perfume de sus flores.

Es un árbol piramidal, de follaje poco denso y con hojas lanceoladas, suaves, de 12 a 20 cm de largo. Las flores en forma de estrella, pendientes, tienen seis pétalos amarillo verdosos, de cuatro a ocho centímetros de largo. En su base hay glándulas que segregan un perfume intenso y muy agradable.

El fruto consiste en un receptáculo del cual salen independientemente los carpelos, cada uno con su propio pedicelo, no unidos como en *Annona*.

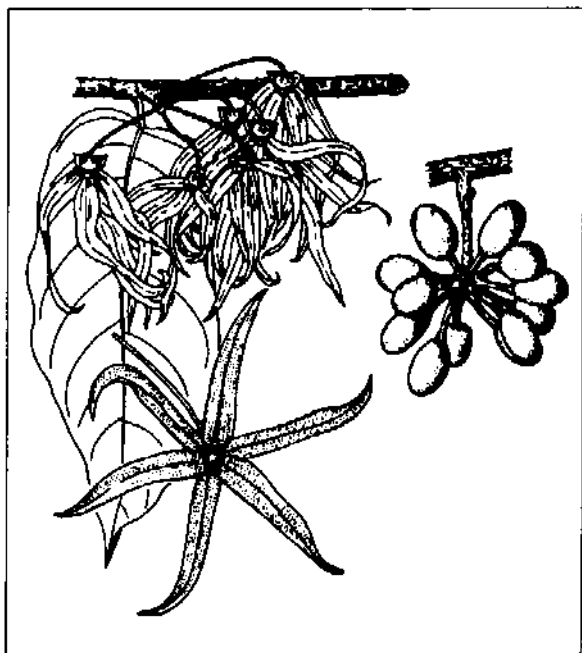


Fig 6.9. *Cananga odorata*. Rama con flores, flor y fruto.

MIRISTICÁCEAS

Las Miristicáceas se caracterizan por la riqueza de principios aromáticos en el tronco, hojas y flores, y la presencia de aceites en las semillas. Son árboles tropicales de hojas simples y alternas, con flores comúnmente unisexuales y de perianto simple. Los frutos son cápsulas carnosas que encierran una sola semilla provista de arilo lobulado.

La especie económicamente más importante es el moscadero o nuez moscada, *Myristica fragrans*. Otras especies de ese género, como *M. argentea* y *M. malabarica*, se exportan como especias en sustitución de la primera.

Las semillas de ciertas Miristicáceas silvestres, ricas en aceites, se utilizan en Oriente y América tropical para iluminación o medicina.

NUEZ MOSCADA, *Myristica fragrans*

Origen. *Myristica fragrans* (Fig. 6.10) es originaria del archipiélago de las Molucas, las clásicas islas de las especias. Es la más importante de las varias *Myristica* de la región indomalaya que se utilizan por los principios aromáticos y picantes de las semillas. *Myristica fragrans* sufre dos especias: la nuez moscada, que es la semilla desprovista de envolturas, y el macis, que es el arilo seco que se separa de la semilla. Estas especias no fueron conocidas en Europa sino hasta el siglo VI de la era cristiana y alcanzaron precios muy altos después del siglo X, especialmente el macis. La producción comercial se incrementó tras los descubrimientos hechos por los portugueses en Oriente, quienes por breve tiempo mantuvieron el monopolio de su comercio. Los holandeses lo dominaron después por varios siglos y por último el cultivo salió del área de origen y se extendió hacia África y América. Actualmente el producto comercial proviene, en primer lugar, de una de las pequeñas Antillas: Grenada, y en segundo término de Indonesia y Malasia; en ésta última la isla de Penang produce las mejores calidades.

Myristica fragrans crece en tierras bajas, de humedad alta y permanente y suelos fértiles; para su cultivo se prefiere los valles cerrados y calientes en los litorales y se le planta por lo común bajo sombra natural. En estas condiciones su producción se inicia a los seis o siete años y dura indefinidamente. En áreas de humedad continua florece todo el año; en regiones con estaciones alternas la floración se concentra en uno o dos periodos.

Porte. *Myristica fragrans* es un árbol de cinco a 15 m de alto, que consiste de un eje o tronco central y ramas plagiotrópicas en verticilos, lo que resulta en una forma cónica o piramidal característica; el follaje es verde claro y brillante. Las plantas son unisexuales y se ha observado que en muchos casos los árboles estaminados son más delgados, de ramas más erectas y hojas más pequeñas. Desde el primer año el tronco central emite ramillas laterales desde la base y la planta adquiere forma cónica, que es más defini-

da en los árboles estaminados. Las hojas alternas, lanceoladas u obovadas, miden de cinco a 15 cm de largo por tres a seis centímetros de ancho. Son lisas y brillantes con puntos más claros en el lado superior, y ricas en aceites aromáticos, como se advierte al quebrarlas.

Sexualidad. De cinco a siete años después de la siembra aparecen las primeras flores y es hasta entonces cuando pueden distinguirse seguramente los árboles pistilados de los estaminados. La relación entre los dos tipos varía según el lugar; en algunas regiones hay de 10 a 20 % más de árboles estaminados. Se conoce también árboles con flores hermafroditas o con flores de los dos sexos. Los primeros producen frutos anormales. Se ha sostenido también que existe cambio de sexo, o sea que árboles estaminados después de varios años se vuelven pistilados.

Las flores aparecen en cimas. Las estaminadas (Fig. 6.10B) en inflorescencias de seis a 15 flores, con el perianto simple en forma de urna, amarillento y carnoso, dividido en tres a cuatro dientes en el ápice, miden de cinco a ocho milímetros de largo por tres a cinco milímetros de

ancho y al centro hay una columna estaminal corta con nueve a 12 anteras. Las flores pistiladas (Fig. 6.10C) aparecen en cimas más cortas, con una a tres flores. El perianto es de forma similar pero más grande que en las flores estaminadas y mide de nueve a 12 mm de longitud; lleva al centro el ovario verdoso, elipsoidal y pubescente, que termina en dos ramas estigmáticas cortas que casi cierran la apertura de la flor. Las flores son ricas en néctar de sabor y olor muy agradables. La polinización se hace por insectos o por el viento. Un árbol estaminado es suficiente para polinizar de 10 a 12 plantas pistiladas.

Fruto. El fruto de *M. fragrans* (Fig. 6.10D) es una de las estructuras más llamativas en las plantas tropicales. Es una cápsula elipsoidal, piriforme o esférica, amarilla y de cuatro a ocho centímetros de diámetro, que se abre en dos valvas por las suturas ventral y dorsal, mostrando la estructura carnosa del mesocarpo. Al centro está la semilla cubierta por un arilo rojo brillante, muy dividido, que la cubre casi enteramente en la base y deja ver en distintas partes la superficie negra y lustrosa de la semilla.

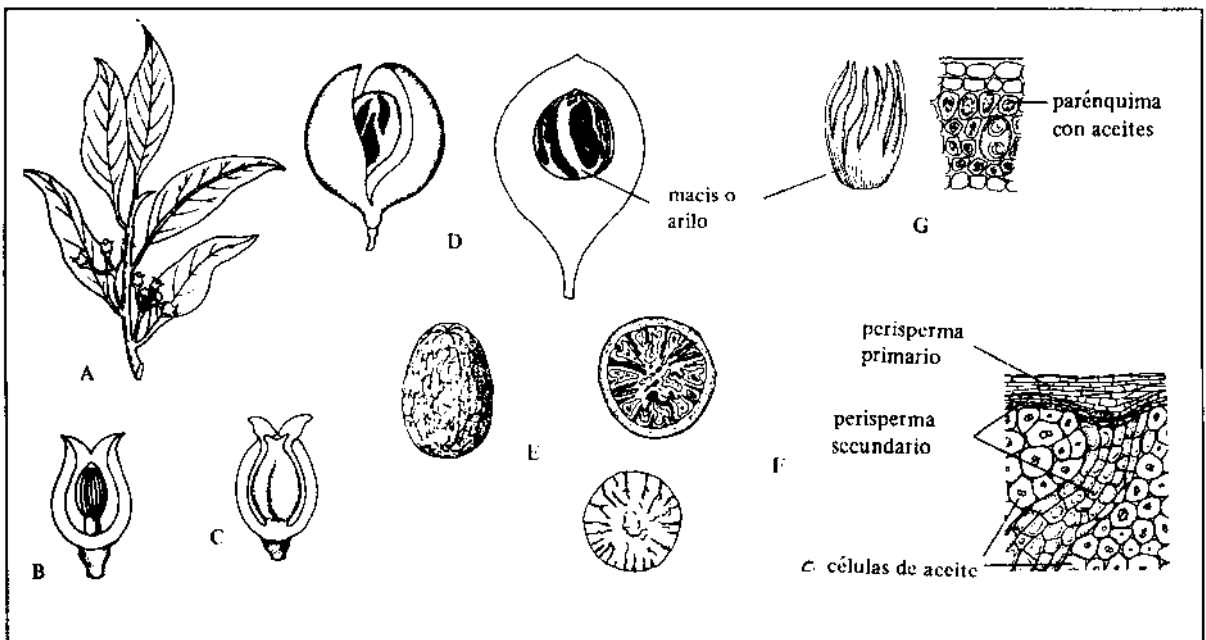


Fig. 6.10. *Myristica fragrans*. A, porte. B, flor estaminada. C, flor pistilada. D, fruto. E, semilla. F, estructura de la semilla. G, macis, forma y estructura.

El arilo o macis (Fig. 6.10G) es duro y coriáceo. Su estructura, en corte transversal, muestra que debajo de la epidermis superior hay una hipodermis de células de paredes gruesas; luego un tejido grueso de parénquima en que abundan células cargadas de almidón y oleoresinas, recorrido por haces vasculares. La cara inferior tiene epidermis e hipodermis semejantes a la superior. La presencia de oleoresinas le da una fragancia típica y sabor picante.

La semilla (Fig. 6.10E,F) propiamente dicha es elipsoidal, de uno a cuatro centímetros de largo por 0.5 a dos centímetros de ancho. La testa dura y lustrosa está compuesta por el perisperma primario, formado por varias capas de células de paredes gruesas que cubren regularmente toda la semilla. Debajo está el perisperma secundario más delgado y que emite prolongaciones dentro de la semilla; este tejido es muy rico en aceites. El mayor volumen de la semilla lo ocupa el endosperma, duro y ruminado, es decir con muchos pliegues irregulares más claros que se distinguen sobre el tono oscuro del perisperma secundario. Mientras que en éste abundan las células cargadas de oleoresinas, en el endosperma las células contienen almidón en granos muy finos y cristales de aleurona. El embrión es muy pequeño y ocupa la parte apical de la semilla.

A los frutos maduros y de color amarillo se les arranca del árbol y se separa la semilla del pericarpo, el cual se utiliza en Oriente en la preparación de dulces. El macis se remueve entero o cortado, se seca y prensa cuidadosamente; su color rojo brillante se torna amarillo y el producto final consiste en escamas oscuras, secas y flexibles. La semilla se somete a diversos procesos de desecación; una vez que está bien seca se separa la testa y queda la "nuez", que es el producto comercial. Esta presenta una superficie surcada irregularmente debido a las depresiones formadas por el perisperma secundario. Por lo común las semillas son cubiertas con cal antes de empaquetarlas. Tienen aroma muy agradable y un gusto amargo; en el comercio se venden tanto enteras como en polvo. Las semillas contienen 33% de aceites fijos, utilizados para perfumes y jabones y 4.5% de aceites esenciales. Estos dos dan el olor y sabor característicos de la nuez moscada. Uno de sus componentes, miristicina, es venenoso al ser consumido en cantidades altas. El acei-

te de nuez moscada ha sido utilizado en medicina con varios propósitos.

La nuez moscada se propaga por semillas o injertos. No se conoce mucho de la variabilidad de esta especie. En el Sureste de Asia se distingue unas 10 razas, pero estas poblaciones, por el mecanismo de fertilización deben ser muy heterogéneas.

REFERENCIAS

- CANIZARES, J. 1966. Las frutas anonáceas. La Habana, Fruticuba.
- DONADIO, L.C. & J.F. DURIGAN. 1990. Biriba. In Nagy, S., P.E. Shaw & W.F. Wardowski, ed. Fruits of tropical and subtropical origin. Lake Alfred, Florida, Florida Science Source.
- FAIRCHILD TROPICAL GARDEN. *Annona* issue. Tropical fruit world 1:93-131.
- FLACH, M.; CRUICKSHANK, A.M. 1969. Nutmeg. In Ferwerda, F.P. & Wit, F. Outlines of perennial crops breeding in the tropics. Wageningen, Veeman & Zonen.
- LEAL, F. 1990. Sugar apple. In Nagy, S., P.E. Shaw & W.F. Wardowski, ed. Fruits of tropical and subtropical origin. Lake Alfred, Florida, Florida Science Source.
- LIZANA, L.A. & G. REGINATO. 1990. Chirimoya. In Nagy, S., P.E. Shaw & W.F. Wardowski, ed. Fruits of tropical and subtropical origin. Lake Alfred, Florida, Florida Science Source.
- MADHEEM, H. 1992. Anonas, *Annona* spp. In Hernández-Bermejo, E. & J. León, ed. Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492. Roma, FAO.
- MENNEGA, E.A. 1989. Bibliography of the Annonaceae. Vienna, Institute of Botany, University of Vienna.
- PURSGLOVE, J.W., E.G. BROWN, C.L. GREEN & S.R.J. ROBBINS. 1981. Spices. London, Longman.

7. LAURALES

LAURÁCEAS

Las Lauráceas están entre las familias más primitivas de las Antófitas. Se caracterizan por flores pequeñas, de perianto sencillo, los estambres en varios verticilos y con anteras valvadas. Las Lauráceas contienen aceite en casi todas sus partes: en los frutos, como en el aguacate; en la cáscara: alcanfor y canela, aún en las flores y frutos, como en la canela de China.

Frutales

AGUACATE, PALTA, *Persea americana* (*P. gratissima*)

Origen y dispersión. Poblaciones silvestres de *P. americana* se encuentran desde México a Colombia y de ellas podrían originarse, quizás en domesticaciones separadas, los tipos cultivados. De estos se reconoció desde el tiempo de los primeros cronistas, que podrían separarse en tres grupos o razas: mexicana, guatemalteca y antillana.

i) La raza mexicana se deriva de poblaciones silvestres, *drymifolia*, de las tierras altas del centro y sur de México. Sus características distintivas son el olor a anís de las hojas; frutos pequeños de cáscara membranácea; pulpa de sabor fuerte, en algunos tipos con olor a anís; semillas muy grandes y sueltas; cosecha tempranera. Se adapta bien de 1 500 m a 3 000 m y resiste mejor que las otras razas las bajas temperaturas y la sequía. Se conoce numerosos cultivares e híbridos.

ii) La raza guatemalteca (*guatemalensis*) se deriva posiblemente de poblaciones silvestres, *nubigena*, que se encuentran de Guatemala a Costa Rica. No tienen olor a anís; frutos pequeños a grandes con la cáscara gruesa o leñosa, a menu-

do quebradiza e irregular; pulpa amarillenta, de sabor agradable, generalmente con poca fibra, semilla relativamente pequeña, casi nunca suelta. La mayoría de los tipos cultivados y silvestres crecen de 1000 a 2000 m de altura.

iii) La raza antillana lleva un nombre inapropiado, pues *P. americana* no era conocido en las Antillas antes de la Conquista. Es posiblemente originaria del Sur de México o de las tierras bajas de la vertiente del Pacífico de Centroamérica, carece de olor a anís; frutos pequeños a grandes, con cáscara coriácea y delgada; pulpa amarillenta, acuosa y baja en aceite; semilla relativamente grande, a menudo suelta. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1000 m. Actualmente se le da categoría subespecífica: *occidentalis*.

La ausencia de barreras de esterilidad entre poblaciones de las tres razas y el mecanismo de biología floral, como se verá más adelante, favorecen la formación de poblaciones híbridas. Muchos de los cultivares comerciales que se propagan vegetativamente se derivan de cruces interraciales; 'Fuerte', por caso, se considera que es un híbrido entre tipos mexicanos y guatemaltecos. Evidencia obtenida de estudios estadísticos tiende a mostrar que entre las tres razas el mayor grado de afinidad está entre la guatemalteca y la antillana (*occidentalis*).

Restos arqueológicos de *P. americana* han sido determinados en México de hace 10 000 años y en ciertas series arqueológicas aparecen continuamente hasta las épocas históricas. Los ejemplares más antiguos de Perú, en cambio, datan de 3 500 a 4 000 años. Como a la llegada de los Españoles *P. americana* se cultivaba desde México hasta Venezuela y Bolivia, resulta muy difícil explicar si su domesticación se hizo en más de un sitio o si se expandió desde México a América del Sur.

Al iniciarse el cultivo intensivo de esta especie, hace unos 60 años, se reconoció el origen hí-

brido de ciertos árboles de características extraordinarias, los cuales fueron propagados vegetativamente, estableciéndose así clones o variedades hortícolas. Por ejemplo, de un solo árbol se obtuvo por injerto el cultivar 'Fuerte', expandido actualmente por todos los trópicos y subtropicos. Las exigencias del consumo y los factores de cultivo han determinado en las últimas décadas cambios marcados en la composición varietal de los aguacates cultivados. Muchos de los clones favoritos hace 20 años han sido totalmente reemplazados, y la tendencia actual es a dar menos importancia al concepto de razas ecológicas y a seleccionar individuos superiores, propagándolos vegetativamente. Sin embargo, en América Latina, se continúa en muchos lugares la propagación por semilla.

Porte. *Persea americana* (Fig. 7.1) es una especie muy polimorfa. Los árboles silvestres alcanzan hasta 20 m de alto, con ramificación regular que forma una copa esférica. Las plantas en cultivo, provenientes de injertos y sometidas a poda, son de aspecto muy diferente. Ciertas características clonales, como la forma y color del follaje, contribuyen a crear una gama muy amplia de tipos.

Es una planta de crecimiento periódico, el cual se manifiesta según las condiciones locales. En áreas de humedad constante el árbol crece todo el año. En regiones más secas o frías puede haber hasta cuatro etapas anuales de crecimiento, y por ciertos períodos el árbol pierde mucho follaje. Por lo común la etapa principal coincide con el inicio de las flores. El crecimiento nuevo puede ocurrir sólo en ciertas partes del árbol. Hay años en que es más intenso, lo que determina que en ese período la cosecha será menor, y se conoce varios cultivares en que la producción es marcadamente bienal.

Los brotes o ramillas, cilíndricos o prismáticos, llevan hojas alternas, cada una con una yema axilar. La forma de las hojas varía considerablemente según la posición. Las que ocupan la parte superior, concentradas alrededor del punto apical de crecimiento, tienen forma de brácteas.

Conforme se desciende en la ramilla los entrenudos son más largos y las hojas más desarrolladas.

La elongación de un brote se inicia después de un período de descanso. Las brácteas que cubren el ápice de crecimiento se desprenden y éste continúa su elongación, formando primero hojas en forma de brácteas, separadas por entrenudos cortos, luego hojas normales y entrenudos más largos y finalmente hojas de nuevo pequeñas y entrenudos más cortos. En las axilas de las hojas basales pueden desarrollarse brotes laterales. En éstos es característico que el primer entrenudo sea excesivamente largo.

La forma, color y pubescencia de las hojas varían según el cultivar. La lámina es ovado-oblonga a obovado-oblonga, de cinco a 20 cm de largo por tres a 12 cm de ancho; la pubescencia cambia según la edad de la hoja. El follaje y las ramillas nuevas son densamente pubescentes; las hojas viejas, en cambio, son lisas y brillantes en su lado superior, pubescentes en el reverso. El color varía desde el verde oscuro de las formas mexicanas hasta amarillo verdoso en las antillanas.

El aguacate tiene un poderoso sistema de raíces y es característico de esta especie la falta de pelos absorbentes.

Inflorescencia. Las flores salen en panículas que brotan del crecimiento nuevo en el ápice de las ramillas o de las axilas de las hojas. El eje de la panícula es fuerte, pubescente y lleva numerosas brácteas caedizas. Las flores son bisexuales, con pedicelos cortos y pubescentes. El perianto se forma de una sola envoltura, que se ha interpretado como un cáliz constituido por seis partes agudas, amarillas y pubescentes en ambas caras, dispuestas en dos grupos de tres, siendo las externas ligeramente mayores. Se trata en realidad de tres sépalos y tres pétalos de apariencia muy similar. Hay 12 estambres en cuatro ciclos; los dos primeros, externos, son de filamentos simples, cuyas anteras se abren por cuatro poros o ventallas colocados en dirección del centro de la flor. El tercer ciclo está compuesto por tres estambres con los poros o ventallas abiertos hacia

afuera; sus filamentos tienen en la base una glándula o nectario anaranjado. El cuarto ciclo, el más interno, está constituido por estaminodios. El pistilo se compone de ovario ovoide, blanco y pubescente, que termina en un estilo corto de estigma globoso.

Biología floral. *Persea americana* produce muchos miles de flores por planta. Las panículas se abren por períodos largos, de meses o semanas. Sin embargo, el número de flores que se fecundan y producen frutos es muy bajo, no pasando del cinco por ciento.

La polinización en *P. americana* presenta características muy especiales. Los cultivares de esta especie pueden dividirse en dos grupos, según su comportamiento floral. En el grupo A las flores se abren por primera vez a media mañana,

los sépalos y pétalos se extienden hacia afuera y los estambres se colocan adheridos a los pétalos, formando ángulo recto con el eje de la flor y están completamente cerrados. El pistilo en cambio queda solo en el centro con el estilo recto y receptivo, listo a ser fecundado. La secreción de néctar de las glándulas de los estambres es muy activa y atrae muchos insectos. Hacia el mediodía se cierran las flores por completo para abrirse de nuevo al día siguiente por la tarde. Entonces los 12 estambres aparecen erectos y emiten polen en abundancia, mientras que el estilo está marchito y no es receptivo. Los estaminodios, erectos, rodean al pistilo. Los sépalos y pétalos han aumentado de tamaño y se doblan hacia abajo. En los árboles de este grupo todas las flores abiertas aparecen en uno u otro de los estados

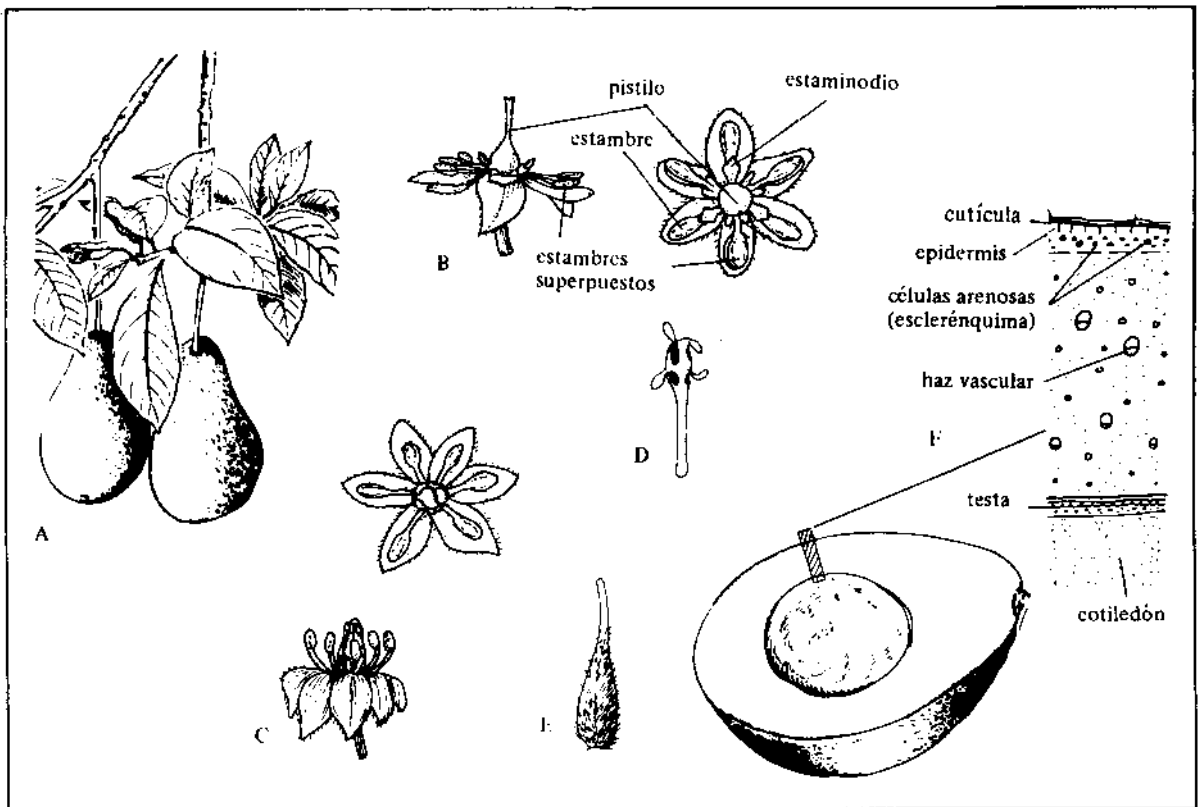


Fig. 7.1. *Persea americana*. A, rama con frutos. B, flores con el estilo receptivo. C, flores emitiendo polen. D, estambres. E, pistilo. F, fruto y corte del pericarpio.

descritos, es decir que por la mañana del primer día funcionan como flores femeninas o pistiladas y por la tarde del segundo día como masculinas o estaminadas. En este grupo se incluyen cultivares como 'Atlixco', 'Manik', 'Puebla', y otros.

En los cultivares de tipo B el sistema de la antesis es opuesto. Las flores se abren por primera vez en la tarde, presentando el pistilo fresco y receptivo y los estambres adheridos a los pétalos y cerrados, como en el grupo A por la mañana. Las flores se cierran al final de la tarde y pueden abrir en la mañana del día siguiente o del tercer día. Las flores tienen entonces los estambres erectos, soltando abundante polen, y los pistilos marchitos. En este grupo están 'Nabal', 'Fuerte', 'Panchoy' y otros.

En poblaciones provenientes de semilla hay aproximadamente un grupo igual de árboles de tipo A y B. Al propagarse vegetativamente uno de ellos, todos los individuos que forman el clon se comportan como A o como B. Hay sin embargo condiciones ambientales, que afectan el ritmo de la apertura de las flores y permiten que en cierto tiempo los ciclos masculino y femenino de un mismo cultivar ocurran simultáneamente. En Florida hay de 10-80% de flores que en su segunda apertura tienen aún el estigma receptivo, lo que favorecería la autopolinización.

Fruto. Las características del fruto son muy variables según la raza y el cultivar. Predominan los frutos en forma de pera, aunque hay también esféricos y ovoides. Son por lo general asimétricos, con un lado más grueso, en que se hallan más fibras o haces vasculares. El color externo va desde verde amarillento hasta morado o casi negro y la superficie de lisa y brillante hasta corrugada y opaca.

En el fruto los tejidos externos, epidermis e hipodermis, se separan en la madurez fácilmente del mesocarpo carnoso, rico en aceites, que constituye la parte comestible. La epidermis, compuesta por células isodiamétricas de paredes fuertes, tiene numerosos estomas y está recubierta por una capa de cera. También aparecen lenticelas, pequeñas protuberancias de color más cla-

ro, que con frecuencia se abren formando heridas en la piel del fruto que luego se cubren de una sustancia corchosa. La hipodermis se forma de parénquima, con células cargadas de cloroplastos y resinas. Debajo hay una capa discontinua de esclerénquima, constituida por grupos de células de paredes muy gruesas, que dan la consistencia arenosa característica de la cáscara y que en ciertos cultivares la vuelven quebradiza. Es por esta capa que se separa la cáscara del resto del fruto y la que determina el grosor de la primera. En la raza mexicana la capa de esclerénquima está compuesta en la madurez por grupos aislados de esclereidas; en la antillana aparecen desde que se inicia el desarrollo del fruto, aisladas por masas de parénquima, lo que determina la textura correosa de la cáscara. En la raza guatemalteca, en cambio, las esclereidas, son de paredes muy gruesas, y forman una banda continua que hace muy quebradiza la cáscara. El mesocarpo, o parte comestible, se desarrolla de una manera excepcional: al contrario de la mayoría de los frutos, en los cuales la primera etapa consiste en una intensa división celular y la segunda en el incremento del tamaño de las células, en *P. americana* se presentan divisiones celulares aún en la maduración avanzada. El mesocarpo es rico en aceite, el cual llega a constituir hasta el 30% del peso. Este aceite es muy nutritivo, fácil de digerir y aumenta conforme madura el fruto; rellena por completo muchas células del mesocarpo y aparece en otras en forma de cuerpos esféricos. La pulpa del aguacate es además rica en proteínas y contiene buena cantidad de vitaminas A y C; la proporción de azúcar es relativamente baja. El endocarpo se compone de unas pocas capas de parénquima de células aplanadas tangencialmente, que a menudo se adhieren a la testa.

La semilla ovoide ocupa gran parte del fruto; está compuesta por dos cotiledones carnosos y un embrión pequeño y no contiene endosperma. La testa está constituida por una a cinco capas externas de esclerénquima y varias de parénquima; la más externa inmediata a las capas de esclerénquima, está rellena de taninos, que le dan

el color oscuro característico. Los cotiledones se forman principalmente de parénquima que contiene almidón y taninos.

COYO, CHININI, YAS, *Persea schiedeana*

Persea schiedeana se encuentra en estado de semicultivo en las tierras altas desde México a Costa Rica. Es un árbol hasta de 20 m de alto, de follaje esparcido y con hojas grandes y suaves. Los frutos esféricos o piriformes miden hasta 10 cm de diámetro y son de estructura muy semejante a *P. americana*. El mesocarpo es proporcionalmente más delgado, la semilla más grande y el sabor de la pulpa menos rico.

Espicias

CANELA, *Cinnamomum verum* (*C. zeylanicum*)

Varias especies del género *Cinnamomum* son utilizadas por la corteza de los tallos jóvenes, rica en aceites esenciales, aromáticos, picantes y de uso muy antiguo como especias. En el comercio la más importante es la canela, *C. verum*, y en menor grado la cassia de China, *C. aromaticum* y la cassia de Batavia, *C. burmanni*. Las dos últimas son usadas con frecuencia como sustitutos de la canela.

Cinnamomum verum es originaria de Sri Lanka y del sur de India. Aunque ha sido introducida a otras regiones tropicales, su producción comercial sigue concentrada en Sri Lanka. Aparentemente los suelos arenosos, el clima de alta humedad y temperatura de esa isla determinan en la corteza un contenido de aceite que la hace de calidad superior. La preparación cuidadosa para el mercado contribuye también a mantener la uniformidad del producto.

Cinnamomum verum (Fig. 7.2) es un árbol bajo y muy ramificado. En cultivo la poda continua forma una planta baja y compacta, con ramas principales desde la base, de las que brotan en abundancia vástagos verticales o varitas de las que se obtiene el producto comercial. El follaje nuevo es de un hermoso tono rosado, suave y flexible, mientras que las hojas maduras son de color verde oscuro, gruesas, quebradizas y muy aromáticas. La lámina de la hoja es de forma variable, ovada a elíptica y mide de cinco a 15 cm de largo por cinco a 10 cm de ancho. Lleva cinco nervios principales que parten de la base, de color más claro que el resto de la lámina.

Las flores aparecen en panículas terminales. Cada flor tiene un pedúnculo corto y pubescente; el perianto se forma únicamente del cáliz amarillento, campanulado, de cinco a ocho milímetros de largo, con seis sépalos. Hay nueve estambres perfectos en dos ciclos, el externo de seis, opuestos a los sépalos, y el interno de tres; como en *Persea americana*, hay un tercer ciclo compuesto por tres estaminodios. Los filamentos de los estambres son pilosos y las anteras se abren por cuatro poros o ventanas y tienen en la base dos glándulas o nectarios. El pistilo está constituido por el ovario, que contiene sólo un óvulo y termina en un estilo sencillo.

El fruto es una baya negra y carnosa, de 15 mm de largo, rodeada en la base por la cúpula, que resulta del engrosamiento del cáliz.

Las varitas de la canela se cortan después del cambio de follaje, que por lo común ocurre varias semanas después del inicio de la estación lluviosa. Las varas se escogen cuando tienen dos años de crecimiento y miden generalmente más de un metro de largo y de uno a 1.5 cm de diámetro. Se cortan de la planta, se les quita las hojas y se llevan a un depósito donde se les hace dos cortes longitudinales y se separa la cáscara con un cuchillo fino. Las cáscaras se dejan bajo sombra y luego se les raspa la parte externa, se secan y acomodan unas dentro de otras, de modo que los bultos de alrededor de un metro de largo contengan varias cáscaras juntas de dife-

rente longitud. La canela así preparada se considera de primera clase. De los pedazos de corteza de menor tamaño, pero calidad comparable, se obtienen las "astillas" del comercio. Finalmente, en Sri Lanka los desechos se destilan para obtener aceites, por su contenido en aldehído cinnámico, eugenol y otras sustancias aromáticas.

En el producto comercial, las astillas por ejemplo, los tejidos externos de la corteza han desaparecido. Quedan, de fuera hacia adentro, primero algunos restos del parénquima cortical y luego los haces de fibras del periciclo, seguidos por una o dos capas de esclerénquima, constituidos por células irregulares de paredes continuas muy gruesas. La corteza consiste principalmente de floema, formado de parénquima lleno de almidón, células cargadas de aceite, fibras numerosas y tubos cribosos. Las células que contienen el aceite de canela son ovoides y están llenas de líquido amarillento, volátil, muy aromático y picante. Está compuesto principalmente de aldehído cinnámico. El aceite se destila tanto de la cáscara como del polvo de canela y a menudo se

falsifica con hojas de la misma planta. Como éstas contienen principalmente eugenol, la composición se afecta seriamente.

CASIA DE CHINA, *Cinnamomum aromaticum* (*C. cassia*)

Con el nombre de casia se conocen varias especies de *Cinnamomum* que se utilizan como sustituto de la canela.

Cinnamomum aromaticum, originario del sur de China y Vietnam, es un árbol más alto y vigoroso que la canela, con flores de la misma estructura pero de menor tamaño. La cáscara es más gruesa y de aroma más intenso que la canela, pero de calidad inferior, y se utiliza para los mismos propósitos. De las hojas y tallos nuevos se obtiene el aceite de casia y, los frutos jóvenes, todavía cubiertos por el cáliz, se usan por su sabor dulce y picante, en la preparación de encurtidos.

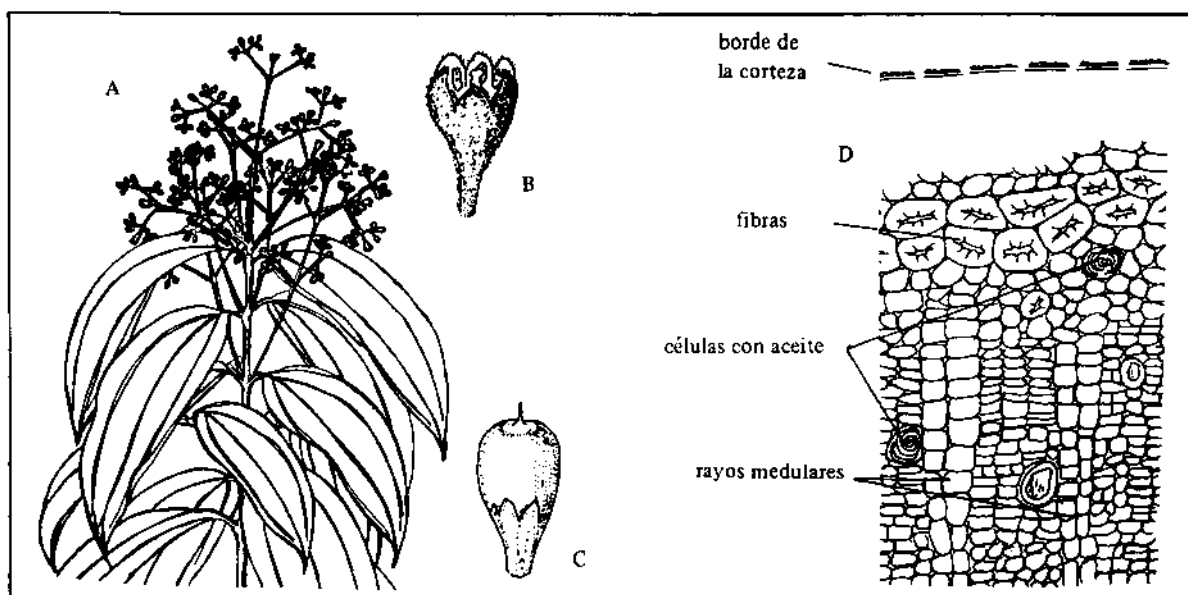


Fig. 7.2. *Cinnamomum verum*. A, rama florífera. B, flor. C, fruto. D, corte de la corteza del tallo.

CASIA DE VIETNAM, *Cinnamomum loureirii*

Se cultiva en Vietnam, y a veces se recoge la cáscara de árboles silvestres. La corteza delgada, de 1-3 mm de grosor, contiene más aceite esencial que las otras especies, y es muy apreciada por su alta calidad. En el comercio se presenta como láminas grandes, provenientes del tronco, o como astillas que se obtienen de las ramas jóvenes.

CASIA DE INDONESIA, *Cinnamomum burmannii*

Como la anterior, esta especie se exporta en cantidades considerables; se cultiva también en Japón, donde se utiliza la cáscara del tronco y de la raíz. El árbol tiene hojas elípticas, con el ápice delgado, en lo que difiere de las otras casias; las flores tienen pedúnculos más cortos. Aunque se extrae aceite de las ramas y tallos, su uso es muy restringido y el producto principal es la cáscara, conocida en el comercio como casia de Batavia.

REFERENCIAS

- BERGH, B.O. 1995. Avocado *Persea americana* (Lauraceae). In Smartt, J. & N.W. Simmonds. ed. Evolution of crop plants. 2nd ed. London, Longman.
- CUMMINGS, K. & C.A. SCHROEDER. 1943. Anatomy of the avocado fruit. California Avocado Society Yearbook 1943.
- PURSEGLOVE, J.W., E.G. BROWN, C.L. GREEN & S.R.J. ROBBINS. 1981. Spices. London, Longman.
- RECCE, P.C. 1939. The floral anatomy of the avocado. American Journal of Botany 26:429-433.
- SCHROEDER, C.A. 1951. The structure of the skin or rind of the avocado. California Avocado Society, Yearbook: 1950. 169-176.
- STOUT, A.B. 1933. The pollination of avocados. Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin 257.

8. PIPERALES

PIPERÁCEAS

La familia de las Piperáceas incluye especies tropicales, arbustivas o trepadoras, ricas en aceites en las hojas y semillas. Entre ellas se cuenta la pimienta y otras especies menores, así como varias plantas medicinales.

PIMIENTA, PIMIENTA NEGRA, PIMIENTA DO REINO, *Piper nigrum*

La pimienta negra es la especie de mayor valor comercial. Su área principal de producción

está en los trópicos asiáticos; en América se le cultiva en la región amazónica de Brasil y Perú. Es una de las especias de uso más antiguo; su domesticación ocurrió posiblemente en India y pudo ser posterior a la de su congénere, *Piper longum*. De India se extendió al archipiélago indomalayo y los granos secos fueron conocidos en Europa antes de la era cristiana. Sin embargo, fue hasta después de que los árabes abrieran el camino de las especias entre India y Europa, en los siglos X a XII, que la pimienta alcanzó altos precios y fue uno de los incentivos más poderosos

sos para iniciar las grandes exploraciones europeas del siglo XV.

Porte. *Piper nigrum* (Fig. 8.1) es una trepadora perenne que se propaga generalmente por estacas enraizadas. La planta que se desarrolla de éstas tiene dos clases de ramas: ortotrópicas o vegetativas, rectas y con entrenudos largos, con una hoja y raíces en cada nudo; es por medio de estas raíces que la planta se adhiere a los soportes. Una modalidad de las ramas ortotrópicas son las rastreras, más delgadas y colgantes que caen al suelo, donde producen raíces abundantes y crecen rápidamente. Las ramas del segundo tipo, plagiotrópicas o laterales, nacen de los nudos de las ortotrópicas y llevan las inflorescencias. Son de entrenudos más cortos y en cada nudo hay una hoja, una inflorescencia y una yema; ésta última contiene los primordios de otra hoja, otra inflorescencia y otra yema. Las yemas están cubiertas por una bráctea o catafilo caedizo, que se torna negro al desprenderse. Las ramas floríferas crecen simpodialmente en zigzag y van produciendo periódicamente nuevas ramillas. En el cultivo mediante poda y otras prácticas de manejo, se induce una mayor formación de ramillas laterales y la planta resulta así en una masa de ramas floríferas. De la sección superior de los tallos ortotrópicos se obtiene las estacas que se van a enraizar, a las que una vez establecidas en el campo se aplica una poda drástica en la parte basal, para obtener el mayor número de ejes laterales.

La estructura de las ramas en corte transversal (Fig. 8.1B) muestra que debajo de la epidermis formada por células de paredes gruesas, hay una capa de colénquima que les da consistencia; luego se halla un círculo de haces vasculares, interrumpidos por bandas radiales de esclerénquima. Al centro, en la médula, hay varios haces menores, más o menos dispuestos en círculos. Esta estructura da al tallo una gran flexibilidad y constituye un sistema eficiente para el transporte de agua y sustancias nutritivas. La norma de distribución vascular que se presenta en *Piper* es rara en las Dicotiledóneas y más característica de las Monocotiledóneas.

Hojas. El pecíolo de las hojas nuevas está cubierto por catáfilos angostos que se tornan negros y caen una vez que la hoja está desarrollada. Las hojas en el tallo están dispuestas en forma alterna, saliendo de los nudos; tienen pecíolos de 1.5 cm o menos. La lámina es dura, ovada a lanceolada, de ocho a 24 cm de largo por cinco a 12 cm de ancho, redonda en la base y de ápice agudo, verde oscuro brillante arriba y más clara en el lado inferior. Hay un nervio central del que salen dos pares de nervios laterales opuestos, el primer par cerca de la base y el segundo un poco más abajo, dando la impresión de que hay cinco nervios principales. Los nervios transversales secundarios dan una ondulación característica a la lámina.

Inflorescencia. Las flores brotan en espiral en inflorescencias densas, cilíndricas, de tres a 15 cm de largo. Esta inflorescencia, llamada corrientemente espiga, es más parecida a un amento, pues en la maduración los frutos no se desprenden separadamente sino que caen junto con el eje floral. La inflorescencia contiene de 70 a 100 flores bisexuales o unisexuales; en algunos casos hay flores estaminadas, las cuales se concentran en la parte inferior de la espiga. Las flores son sésiles y están hundidas en un raquis grueso y anguloso.

La flor bisexual (Fig. 8.1C) está rodeada en su base por cuatro brácteas que a veces se agrandan y cubren las flores contiguas. El ovario ocupa el centro de la flor y está rodeado de pelos finos, es de forma elipsoidal y contiene un sólo óvulo en una placenta basal y termina en tres a cinco ramas estigmáticas en forma de estrella. Los estambres son generalmente dos o tres, y es muy frecuente que haya varios estaminodios. Se conoce algunos clones dioicos, que se supone son los más primitivos. En otros clones las flores completas tienen los estambres atrofiados o no se desarrollan del todo.

Hay una variación notable en el número y proporción de flores bisexuales, estaminadas y pistiladas no sólo entre clones sino también entre plantas y aún entre espigas en la misma planta. Factores ambientales influyen también en estos

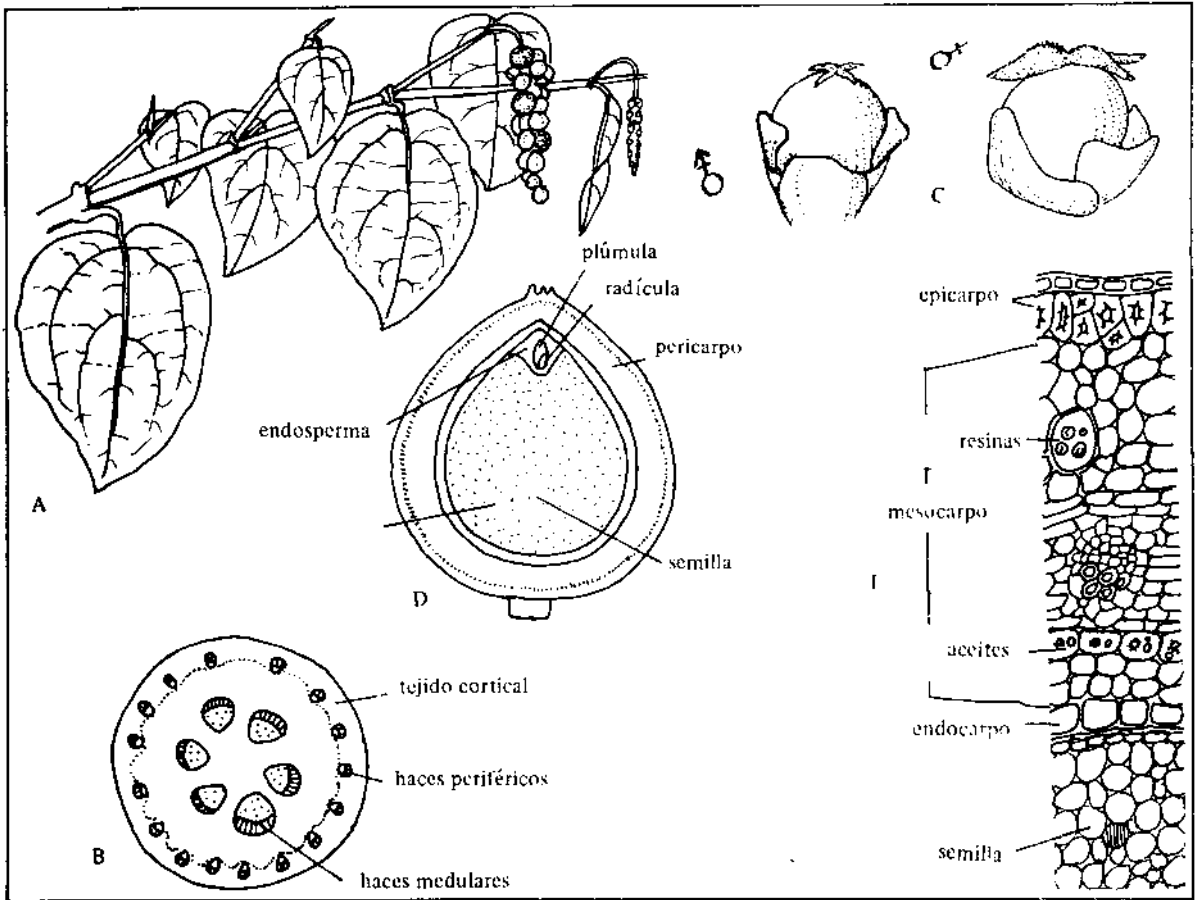


Fig. 8.1. *Piper nigrum*. A, parte. B, corte transversal del tallo. C, flores. D y E, fruto.

cambios; la sombra, por ejemplo, induce la formación de más flores pistiladas.

Biología floral. En *P. nigrum* hay una tendencia marcada a la protoginia en la mayoría de los cultivares, pues en las flores se abren los estambres hasta cinco u ocho días después de que el estigma es receptivo. En unos pocos clones los estambres y estigmas son funcionales al mismo tiempo. Las flores están cubiertas de un líquido viscoso y la polinización se hace entre flores de la misma espiga por gravedad, sin mayor influencia de la lluvia o insectos, aunque la alta humedad del aire parece ser un factor favorable.

Fruto y semilla. Los frutos no se desarrollan al mismo tiempo y en un racimo es posible encontrarlos completamente maduros y rojos, así como jóvenes y verdes.

La "pimienta negra" del comercio son los frutos enteros y secos de *P. nigrum*, que muestran una superficie suave y reticulada. Cuando están frescos, en cambio, son drupas de unos cinco milímetros de diámetro, rojos y brillantes (Fig. 8.1D). Los tejidos del pericarpo forman una cobertura relativamente delgada, comparada con el tamaño de la semilla; se componen de epicarpo, mesocarpo y endocarpo (Fig. 8.1E). El pri-

mero consiste de la epidermis formada de una sola capa de células de paredes gruesas, y de la hipodermis, constituida por células de esclerénquima muy alargadas en sentido radial. El mesocarpo está dividido en una sección externa y otra interna por una zona de haces vasculares. La parte externa se forma de parénquima en que hay grandes células rellenas de oleoresina; estas sustancias dan el sabor amargo e irritante.

El mesocarpo interno se compone también de parénquima, que en las capas más internas contiene células de diversos tamaños con aceites esenciales, que dan el olor característico de la pimienta. El endocarpo se compone de una sola capa de células de paredes externas, muy gruesas. Tanto en el pericarpo como en la semilla, los tejidos contienen un alcaloide, piperina, que suple el sabor picante típico de esta especia. En los cultivares superiores hay de cinco a nueve por ciento de piperina en los granos secos.

En el producto comercial llamado "pimienta blanca" se remueve por maceración y limpieza los tejidos del pericarpo externos a la zona de haces vasculares. Estos aparecen como rebordes longitudinales en la superficie de los granos, los que presentan un matiz blancuzco o grisáceo.

La semilla ocupa el mayor volumen del fruto. La testa, formada de células aplanadas, es más ancha en la región basal. La mayor parte de la semilla es episperma, pues el embrión es muy pequeño. El episperma consiste principalmente de parénquima cargado de almidón pero hay también células llenas de aleurona y oleoresinas, y la piperina se encuentra en todos sus tejidos.

Las espigas se recogen a mano y son preparadas en dos formas comerciales. Para la pimienta negra se recogen cuando hay unos pocos frutos maduros; se someten a un tratamiento con agua caliente, a menudo se ahuman y luego se secan artificialmente. Para la pimienta blanca las espigas se cortan cuando tienen muchos granos rojos y maduros, los cuales se sumergen en agua corriente; luego se remueve la parte externa del fruto y se les somete después a secado artificial.

Cultivares. Las siembras comerciales se hacen con clones seleccionados de plantas indivi-

duales de alto rendimiento o contenido de principios picantes. De India provienen 'Balamcotta', 'Karimunda', 'Tang' y otros. Los clones nuevos, como 'Panniyur-1', son híbridos entre clones de alta producción o resistencia, especialmente a *Phytophthora*.

PIMIENTA DE JAVA, *Piper retrofractum (P. officinarum)*

Cultivado en Indonesia; es una trepadora vigorosa de hojas grandes, ovadas u oblongas, hasta de 20 cm de largo. Las espigas miden de 2.5 a 8.5 cm de longitud y los frutos, rojos en la madurez, son mucho más picantes que *P. nigrum*.

PIMIENTA LARGA, *Piper longum*

Originaria de India, fue conocida en Europa como especia antes que *P. nigrum*. Se le cultiva además en Sri Lanka y otras áreas del Sureste de Asia. Es una trepadora perenne, reproducida por retoños basales, de hojas cordadas, con la base muy profunda; las espigas miden de dos a tres centímetros de largo. Para obtener el producto comercial se secan y muelen las espigas enteras; se le utiliza especialmente en la preparación de curries y como sustituto de *P. nigrum*.

CUBEBA, *Piper cubeba*

Originaria de Java y Molucas; trepadora de hojas redondas o acorazonadas, con bayas pedunculadas, carácter que la diferencia de otros *Piper* asiáticos utilizados como especias. De las bayas se obtiene un aceite esencial usado en medicina y en la preparación de salsas. Su utilización como especia fue importante en Europa, pero ha disminuido considerablemente por la baja calidad del producto, debido principalmente a provenir de plantas silvestres, a falsificaciones y a la competencia de *P. nigrum*. Indonesia es la principal productora de *P. cubeba*.

BETEL, *Piper betle*

Originaria de India, las hojas se usan en el Sureste de Asia como masticatorio, mezclándolas con cal y nueces de Areca catechu. Es una planta perenne y dioica, de hojas cordadas, que se propaga por estacas. Se conoce numerosos clones.

**PIMIENTA DE GUINEA,
*Piper guineense***

Se cultiva o recoge de plantas silvestres en Africa Occidental. Se caracteriza por hojas ovasdas, con la base acorazonada, hasta de 12 cm de largo. Las espigas miden de tres a seis centímetros y los frutos tienen pedicelos hasta de cinco milímetros de longitud. Los frutos negros y de unos cinco milímetros de diámetro, se usan local-

mente como condimentos de carne y otros platos locales. Son menos picantes que los frutos de *P. nigrum*.

REFERENCIAS

- PURSGLOVE, J.W., E.G. BROWN, C.L. GREEN & S.R.J. ROBBINS. Spices. London, Longman.
- WARD, P.W.F. de & A.C. ZEVEN. 1987. Pimienta negra. In Ferwerda, F.P. y F. Wit, ed. Genotecnia de cultivos tropicales perennes. México, D.F., AGT.
- ZEVEN, A.C. 1995. Black pepper *Piper nigrum* (Piperaceae). In Smartt, J. & N.W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants. 2nd ed. London, Longman.

9. URTICALES**CANNABIDÁCEAS****CÁÑAMO, MARIJUANA
*Cannabis sativa***

Cannabis sativa ha sido incluida entre las Urticáceas y las Moráceas, y más recientemente en una familia separada, las Cannabáceas o Cannabidáceas, afín a las anteriores. No hay acuerdo en cuanto a sus límites específicos y últimamente se considera que además de *C. sativa*, se deben incluir otras dos especies, *C. indica* y *C. ruderalis*.

El cáñamo es nativo de Asia Central y se cultiva en las regiones templadas por la fibra de los tallos o el aceite de las semillas; ambos usos están declinando. En los trópicos se planta solamente

para la obtención de marihuana, cuyos efectos narcóticos se deben a tetrahidrocannabinoles presentes en las resinas que se forman en las inflorescencias femeninas o pistiladas, y en las hojas y tallos adyacentes.

Cannabis sativa es una hierba anual, muy polimorfa, con plantas unisexuales, las estaminadas por lo común más desarrolladas. En las variedades utilizadas para fibra el tallo es simple y largo; las hojas digitadas se dividen en cinco a siete lobos o segmentos, muy agudos en la base y el ápice, con los bordes aserrados. Las inflorescencias verdosas brotan en las axilas de las hojas superiores; las estaminadas son panículas largas y poco compactas, compuestas de muchas flores con cáliz de cinco sépalos y cinco estambres col-

gantes. Las pistiladas en inflorescencias más compactas, con flores sésiles, apareadas, formadas de cáliz de una sola pieza que rodea un pistilo dividido en dos ramas estigmáticas muy largas.

El uso de *Cannabis indica* como alucinógeno se ha incrementado considerablemente en los últimos años en el mundo occidental y su cultivo está prohibido en casi todos los países. En Oriente, en cambio, es muy antiguo y complejo y ha estado relacionado con su uso primitivo como medicina.

MORÁCEAS

Las Moráceas son plantas ricas en látex. Este producto se explota comercialmente en varias especies de *Castilla* y *Ficus*. Otras Moráceas son utilizadas por sus "frutos", en realidad receptáculos carnosos abundantes en almidones o azúcares, como en el higo y el árbol de pan.

FRUTA DE PAN, *Artocarpus altilis* (*A. communis*)

El género *Artocarpus* contiene numerosas especies, distribuidas desde India al sur de China y Nueva Guinea. Dos han alcanzado en cultivo una distribución pantropical: *A. altilis*, "árbol de pan", y *A. heterophyllus*, "jaca". Otras, como *A. odoratissima*, "marang", *A. integer*, "champedak", se cultivan sólo en el Sureste de Asia. *Artocarpus altilis* no puede considerarse estrictamente como frutal pues en la mayoría de los casos los frutos se comen cocidos, como se acostumbra con los plátanos verdes. A pesar de su productividad y alto valor nutritivo, *Artocarpus altilis* no se cultiva extensamente. Bien manejado podría suplir en los trópicos mayor cantidad energética, de proteínas y vitaminas que otros cultivos. Su producción está asociada a ciertos grupos raciales y por eso no lo ha alcanzado la tecnología de ma-

nejo y utilización que se aplica a otras especies de menor valor agrícola.

Porte. *Artocarpus altilis* (Fig. 9.1.) alcanza hasta 35 m de alto, con ramificación a menudo regular, formando una copa hemisférica. Las ramas terminales, delgadas y cilíndricas, crecen erectas en el extremo, donde se concentra el follaje y las inflorescencias; están marcadas por anillos que dejan las cicatrices de las hojas y estípulas. Como en todas las Moráceas, en *A. altilis* hay canales laticíferos en todas las partes de la planta. El látex en esta especie es blanco y espeso y se ha usado para calafatear canoas.

Follaje. Las hojas nuevas brotan en el extremo de las ramas, envueltas por estípulas grandes, lanceoladas de 10 a 25 cm de longitud, que se desprenden al abrirse la hoja. La forma de la lámina es una característica varietal, desde romboides a ovadas; otro carácter diferencial es el número y tamaño de los segmentos o lobos laterales, que se disponen simétricamente a los lados de la lámina. En algunos cultivares las hojas son casi enteras, con dos lobos laterales y uno apical, muy poco desarrollados; en la mayoría hay de dos a cuatro pares de segmentos cuya profundidad y anchura son características del cultivar. El lado superior de la hoja, verde oscuro y brillante es escabroso por los pelos finos que lo cubren, mientras que el inferior tiene la superficie blanqueza y pubescente. Tanto las hojas como las estípulas, se desprenden y renuevan continuamente.

Inflorescencia. En *Artocarpus* las inflorescencias unisexuales brotan en la misma rama o en ramas separadas en el crecimiento nuevo. Son órganos voluminosos compuestos, como en las otras Moráceas, de un receptáculo muy desarrollado en que se insertan centenares de flores unisexuales y diminutas. El receptáculo puede ser externo y cerrado, como en el higo; abierto y plano, en *Castilla*, o central como en *Artocarpus*. En *A. altilis* la inflorescencia estaminada (Fig. 9.1B), cilíndrica o en forma de maza, mide de 10 a 30 cm de largo, con pedúnculo de tres a seis centímetros de longitud. La flor individual

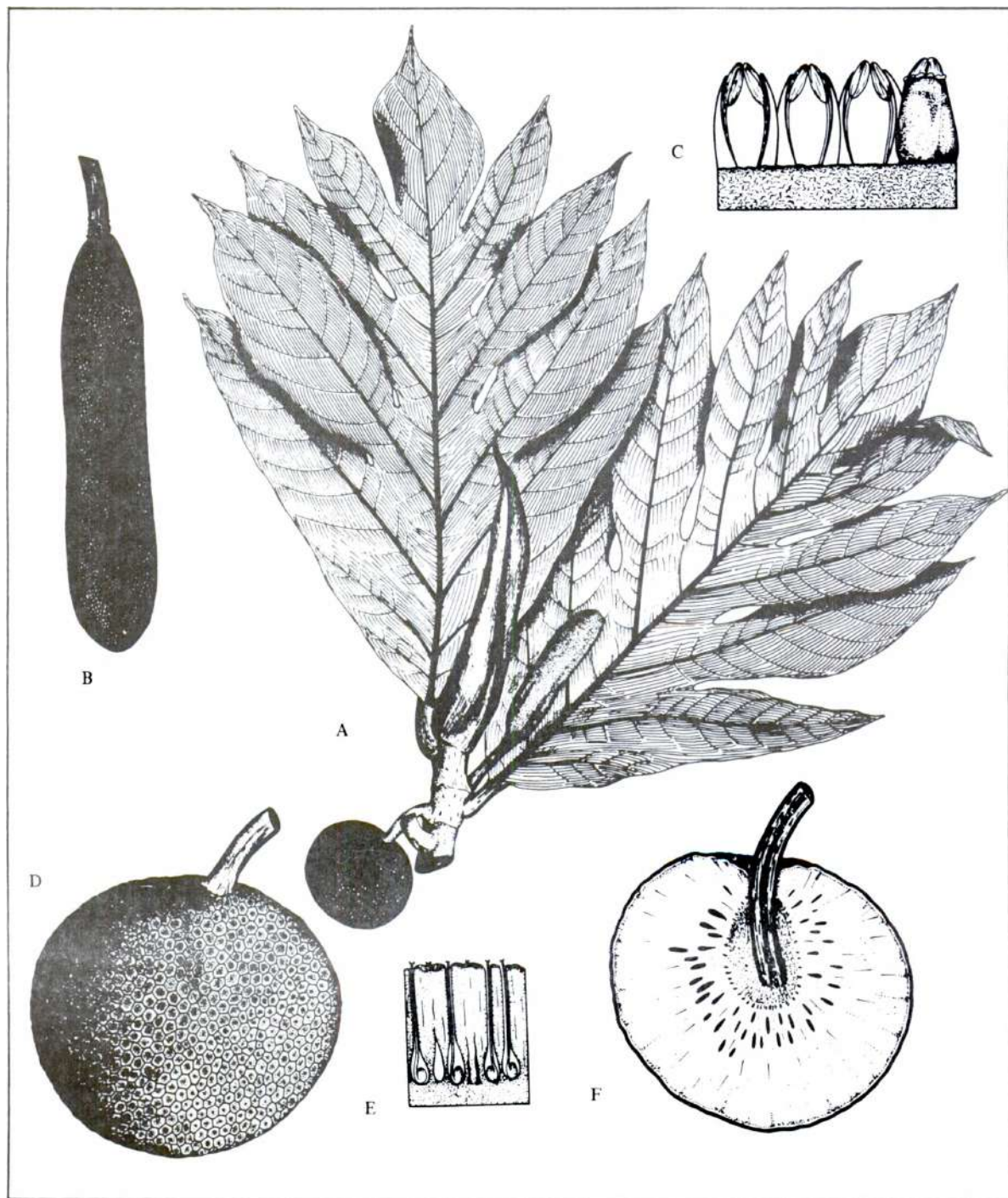


Fig. 9.1. *Artocarpus altilis*. A, ramilla con inflorescencias. B, inflorescencia estaminada. C, flores estaminadas. D, inflorescencia pistilada. E, flores pistiladas. F, fruto en corte longitudinal.

(Fig. 9.1C) es de perianto simple y tubular, sentado directamente en el receptáculo, de dos a tres milímetros de largo por uno a dos milímetros de ancho, se abre en la parte superior en dos lobos y encierra un estambre con dos anteras. Las inflorescencias estaminadas se desprenden del árbol pocos días después de la antesis.

La inflorescencia pistilada (Fig. 9.1D) es un cuerpo esférico, elipsoidal u ovoide, de cinco a 10 cm de ancho. El receptáculo en forma de maza está constituido por tejidos suaves de parénquima y haces vasculares que conectan con las flores. Como en la inflorescencia estaminada, las flores individuales (Fig. 9.1E) se componen de perianto simple cuya parte basal forma una cavidad que rodea al ovario; arriba de ella el perianto se conecta directamente con las flores vecinas, para abrirse en la superficie de la inflorescencia en dos lobos agudos, a manera de espículas, verdes y suaves, de seis a ocho milímetros de largo. El ovario contiene sólo un óvulo; al cortar la inflorescencia el estilo aparece como un hilo verdoso que sale de un lado del ovario, pasa por un canal muy estrecho en la parte media de la flor y sobresale de las espículas en dos ramas estigmáticas. No se conoce detalles de la biología floral. Un gran número de cultivares no forma semilla y en otros el número de semillas es muy bajo.

Fruto. El fruto (Fig. 9.1F), un sincarpio, resulta de la fusión de las flores individuales en su parte media y superior con los tejidos del receptáculo. Su forma es una característica varietal: esférica, elipsoidal, obovoide, a menudo asimétrica. La superficie externa, dura y verde a amarillo pálido o café, está cubierta de placas poligonales derivadas de la parte superior del perianto, a veces muy lisas como en los cultivares sin semilla. Hacia la parte externa los tejidos del sincarpio son compactos, de parénquima lleno de granos de almidón, en que hay intercalados grupos de esclerénquima que dan una textura granulada a esta parte del fruto. Hacia la parte interna los tejidos son menos compactos; si no hay "semillas", —en realidad frutos—, quedan aún los restos de las cavidades del ovario, alrededor

de las cuales el parénquima es más flojo por la presencia de espacios intercelulares. En los cultivares con "semilla" éstas ocupan gran parte del fruto. Tanto la parte resultante de la fusión de las flores como el receptáculo central están recorridos por haces vasculares y canales de látex.

Semilla. El fruto verdadero es lo que se conoce como "semilla" o "castaña", y está rodeado por una cobertura formada de pericarpo y arilo. La semilla propiamente dicha se compone de dos cotiledones y el hipocótilo; carece de endosperma. Contiene cerca de ocho por ciento de proteína; en minerales, calcio, fósforo, hierro y niacina es muy superior a la verdadera castaña, inferior en aceite y riboflavina y similar en tiamina.

El fruto de las variedades sin semilla se come cocido, asado o frito; tiene, especialmente en el Sureste de Asia y Oceanía, una utilización intensa y variada. En valor alimenticio es superior a raíces y tubérculos y aun al pan corriente, como fuente de energía o de ciertos aminoácidos esenciales. Molido puede también mezclarse con harina de trigo y preservarse en tajadas o bloques al vacío o a baja temperatura.

En los cultivares con "semilla", llamados en América Latina "castañas", se comen éstas cocidas o asadas y son también de alto valor nutritivo.

Variabilidad. *Artocarpus altilis* es una especie muy variable en a) caracteres foliares: número y profundidad de los lobos o segmentos, presencia o ausencia de indumento; b) del "fruto": forma, tamaño y estructura de la cáscara; c) el carácter de mayor interés es la carencia de "semillas" en muchos cultivares. La esterilidad en esta especie se atribuye a una posible condición triploide.

Es evidente que a la diversidad de las poblaciones cultivadas puede contribuir la hibridación entre tipos diferentes, incluyendo aquellos que no forman semillas pero que pueden actuar como fuente de polen, pero hay también evidencia de que mutaciones vegetativas originan formas nuevas. Finalmente, la acción del hombre al distribuir intencionalmente ciertos cultivares ha po-

dido intensificar la frecuencia de híbridos y mutantes en poblaciones seleccionadas. En la expansión por el hombre ciertos factores son limitantes: la viabilidad corta de las semillas y la dificultad de enraizar estacas. Esto último puede obviarse con la formación de brotes de raíces, que deben separarse cuidadosamente para que sobrevivan.

Si se asume que los cultivares más primitivos son los que tienen "semillas", el centro de variabilidad está en Nueva Guinea, aunque hay poblaciones supuestamente autóctonas en Micronesia. Hacia la periferia de esta área: Filipinas, India, Indonesia, se hallan cultivares con y sin "semillas", en alto número aún en islas pequeñas como Tahití. Fue introducido a América tropical primero a las Antillas Francesas a fines del siglo XVIII, posiblemente de cultivares con semilla, y más tarde a Jamaica, en la famosa expedición del Bounty, de plantas sin semilla. La expansión hacia América del Sur ocurrió a inicios del siglo XIX, y a África Occidental hacia la mitad de ese siglo.

JACA, JACK FRUIT, *Artocarpus heterophyllus* (*A. integrifolius*)

La jaca (Fig. 9.2), se utiliza en los trópicos tanto por la pulpa de la fruta que se come cruda, cocinada o en dulces, como por las semillas. Su consumo es de mucha importancia en el Sureste de Asia pero ni en esa región ni en el resto de los trópicos se cultiva comercialmente. El producto se recoge de árboles aislados que crecen en los patios de las casas, bordes de caminos o como sombra de cafetales. En Brasil es especialmente importante y se le prepara en formas diversas; en ese país se ha utilizado también en la alimentación del ganado.

Origen y dispersión. La jaca es originaria de India y su cultivo se extendió al inicio de la era cristiana hacia África y siglos más tarde al archipiélago indo-malayo. Fue traída por los portugueses a Brasil en el siglo XVI; los esclavos ne-

gros, que ya conocían su uso en África, la propagaron en ese país y en las Antillas.

Porte. *Artocarpus heterophyllus* es un árbol de copa irregular que alcanza hasta 20 m de alto. El tronco cilíndrico es muy ramificado; la corteza contiene numerosos canales de látex resinoso. Como en el árbol de pan, el tronco y las ramas jóvenes presentan nudos bien marcados por las cicatrices de las estípulas, que son más cortas y anchas que en aquella especie. Las hojas alternas tienen pecíolos cilíndricos, de dos a cinco centímetros de largo, pilosos y con un surco en la parte superior. La lámina es entera, ovada a elíptica, de ocho a 24 cm de largo por cuatro a 12 cm de ancho, aunque es común en las plantas jóvenes encontrar hojas trilobadas y de mayor tamaño; el lado superior de la lámina es verde-oscuro brillante.

Las inflorescencias unisexuales brotan de ramillas cortas y gruesas, provistas de hojas y estípulas, que nacen del tronco, a menudo a flor de tierra o de las ramas más gruesas. La floración es sucesiva durante todo el año en regiones húmedas y en el mismo árbol se encuentran frutos en todas las etapas de desarrollo. En áreas con estaciones alternas, las inflorescencias estaminadas nacen generalmente en grupos en ramillas terminales. El pedúnculo, grueso y cilíndrico, tiene en la inserción al fruto un disco bien desarrollado que es característico de esta especie. La inflorescencia estaminada es cilíndrica o elipsoidal, de cuatro a 10 cm de largo, con centenares de flores que forman una masa compacta. La flor consiste de un perianto simple y tubular, de 1.5 a dos milímetros de largo, con un estambre que lleva dos anteras.

La inflorescencia pistilada brota por lo común en la base de una ramilla, con pedúnculo corto y fuerte, que termina también en un disco. La inflorescencia elipsoidal, de cinco a 12 cm de largo, consiste del receptáculo cubierto de flores tubulares, de 1.5 a dos milímetros de largo, con el perianto bilobado en el ápice. El pistilo se forma de ovario con sólo un óvulo, estilo que nace lateralmente y estigma bifido, que sale por entre las

piezas del perianto en la antesis. Las flores de ambos sexos son perfumadas y visitadas por muchos insectos.

En ciertos árboles de una misma ramilla brotan inflorescencias pistiladas y estaminadas, en bajo número, generalmente menos de tres. Estas ramillas salen sólo del tronco o de ramas principales.

Fruto. La jaca es posiblemente la fruta de mayor tamaño. No es raro encontrar ejemplares que pesan 40 o 50 libras y de casi un metro de longitud. Igual que en el árbol de pan, es una estructura compuesta del eje o receptáculo y de numerosos carpelos unidos. La superficie está cubierta de prominencias duras y coriáceas, cada una correspondiente a un carpelo. Debajo de la epidermis hay un tejido parenquimático con haces de fibras y canales laticíferos. En la zona siguiente se encuentran las "semillas" o verdaderos frutos, y en ella hay bandas sueltas, de cuatro a seis centímetros de largo y cinco a ocho milímetros de ancho, que se supone son el perianto de flores no fecundadas. El epicarpo es carnososo, amarillento y rodea la semilla, de 2.5 a tres centímetros de largo, formada por dos cotiledones

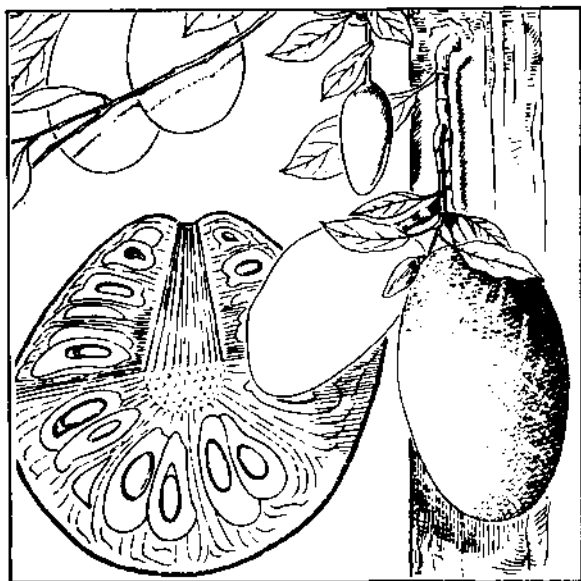


Fig. 9.2. *Artocarpus heterophyllus*.

muy desiguales en tamaño, y un embrión superficial. La viabilidad de la semilla es de dos a tres semanas.

Variabilidad. Se conoce más de 50 cultivares de jaca que se agrupan en dos clases: de frutos duros y compactos, con pulpa amarilla y dulce, muy superiores en calidad, y de frutos suaves, con pulpa blancuzca. Se propagan por semilla que debe sembrarse en el lugar definitivo en potes, pues el trasplante es difícil. Las descendencias son heterógenas, por lo que se prefiere la propagación vegetativa: brotes enraizados, injertos en patrones de champedak o acodos.

CHAMPEDAK, *Artocarpus integer* (*A. champeden*)

Originaria de Malasia e Indonesia, muy afín a *A. heterophyllus*, de la que se distingue por la pubescencia rígida y rojiza de los tallos nuevos, por la base de la hoja, ancha en *A. integer*, recurrente en *A. heterophyllus*, y por carecer del anillo basal que se encuentra en las inflorescencias de la última especie. El sincarpio en *A. integer* tiene en la madurez una consistencia floja que resulta por una parte de la separación de los verdaderos frutos de la cáscara y tejidos parenquimatosos externos, y por otra del receptáculo. Los tejidos del fruto verdadero, que han sido considerados como un engrosamiento del perianto, son amarillentos y dulces, con olor a durián; junto con la semilla se separan del resto del sincarpio. Son la parte comestible cuando están frescos y en Malasia se prefieren a la jaca. Al cortar el fruto y remover el receptáculo central, halándolo por el pedúnculo, queda libre la porción comestible, a manera de racimo; las "semillas" se comen cocidas o asadas.

MARANG, *Artocarpus odoratissimus*

El marang, nativo de Filipinas, es un árbol hasta de 20 m de alto, de copa compacta, con hojas enteras o divididas. El fruto esférico, de 12 a

16 cm de diámetro, está cubierto de espinas anchas hacia el ápice. La pulpa es posiblemente la mejor en sabor entre los árboles de este género; es blanca, jugosa, azucarada, aromática. Las "semillas" blancas, se comen cocinadas.

HULE, *Castilla elastica*

Los árboles del género *Castilla* fueron posiblemente los primeros utilizados para obtener caucho. Crecen en toda América tropical y a comienzos del siglo XX fueron introducidos a África y Asia, donde se procedió a desarrollar plantaciones comerciales. Esas explotaciones sin embargo, no resistieron la competencia del *Hevea brasiliensis* y fueron abandonadas. En Centroamérica aún quedan pequeñas plantaciones y se obtiene el caucho de árboles silvestres.

Castilla produce una calidad inferior de caucho y no tiene la capacidad de recuperación de tejidos que hace posible la explotación permanente de *Hevea*; esto se debe a la presencia de numerosas fibras en la parte interna del floema, que no permite un corte limpio y uniforme. La calidad del látex es además muy variable, pues difiere de una población a otra.

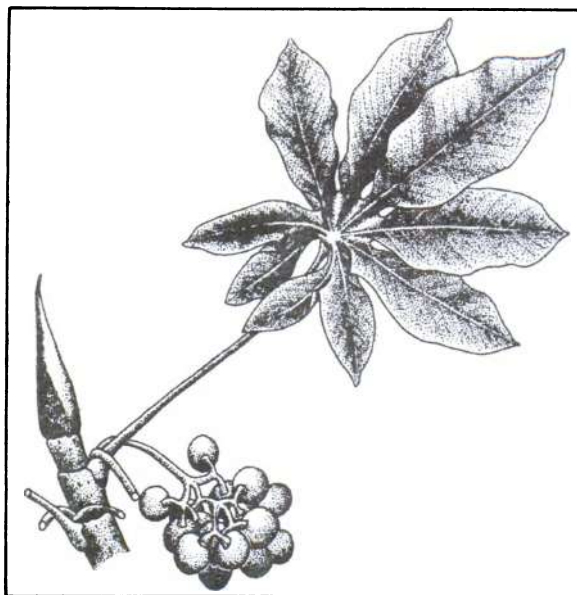


Fig. 9.3. *Pourouma cecropiifolia*.

lor y estructura, algún parecido con las uvas. Crecen en racimos grandes y sueltos, formados por muchas bayas esféricas a ovoides, de dos a cuatro centímetros de largo por uno a dos centímetros de ancho, de pericarpo violáceo y carnosos, pulpa amarillenta de sabor agriculce, con una semilla grande, ovoide. Los frutos se comen crudos removiendo la cáscara; en ciertas áreas del Amazonas los inmigrantes europeos los usan para hacer vino.

CECROPIÁCEAS

UVILLA, MAPATÍ, *Pourouma cecropiifolia*

Frutal cultivado en el alto Amazonas e introducido recientemente a otras áreas tropicales. El tronco (Fig. 9.3) marcado en anillos por las cicatrices de las hojas, se divide en la parte superior en varias ramas que forman una copa simétrica y achatada. Las hojas grandes, palmeadas, divididas en nueve a 11 segmentos, tienen el lado superior verde-oscuro, el inferior blancuzco. Las plantas son unisexuales y los frutos tienen, en co-

URTICÁCEAS

RAMIO, *Boehmeria nivea*

El ramio produce una de las mejores fibras vegetales; en propiedades físicas y resistencia al deterioro es comparable al cañamo y al yute. Su cultivo, sin embargo, no se ha desarrollado en las áreas tropicales por causas económicas y técnicas: la necesidad de desgomar la fibra, operación que no se requiere en otras fibrosas; alto costo de producción y usos limitados, en los que tiene la competencia de las fibras sintéticas.

El ramio se ha expandido por los trópicos americanos y en muchas áreas se propaga como maleza. Se le emplea en la alimentación animal: las raíces tuberosas para comida de cerdos y las hojas y tallos nuevos, de alto contenido de proteína, para alimentación de vacunos.

Origen y sistemática. El cultivo del ramio como planta fibrosa es muy antiguo en el Sures-te de Asia, especialmente en China e India. Se reconoce dos grupos de cultivares: el primero, de hojas blancas en el reverso, llamado *nivea* o chino, procede de la región más norteña del área natural de distribución; el segundo, de hojas verdes por ambos lados y crecimiento vigoroso, es considerado como una especie diferente, *B. utilis*, o como una variedad, *tenacissima*, de *B. nivea*.; es una planta más tropical que la primera, posiblemente originaria de Malasia. Se diferencian en la constitución de la hoja: en las formas típicas de *B. nivea* la base es obtusa, en cambio es cordada en *tenacissima*. Además hay diferencias cromosomales: *B. nivea* tiene 28 cromosomas, mientras que *tenacissima* tiene $2n=24$. Se ha sugerido que esta última puede ser un híbrido entre el ramio y otra especie silvestre de *Boehmeria*.

Porte. El ramio (Fig.9.4) es una planta perenne, con cepa subterránea permanente que sobresale del suelo y alcanza varios decímetros de diámetro en las plantas viejas, constituida por una masa irregular de raíces tuberosas impropia-mente llamadas rizomas.

Los vástagos aéreos que constituyen la parte comercial son cilíndricos, sin ramificaciones, de uno a 2.5 m de altura por uno a dos centímetros de diámetro. Las hojas alternas y ovadas, con el ápice largamente acuminado, de bordes dentados, miden de cinco a 15 cm de ancho; están cubiertas de pelos blancos en la cara inferior en la variedad *nivea*.

Estructura del tallo. *Fibras.* El tallo joven del ramio en corte transversal presenta primero la epidermis, con paredes externas muy gruesas y numerosos pelos unicelulares. En los vástagos maduros (Fig. 9.4B) la epidermis ha desaparecido y es reemplazada por una peridermis, forma-

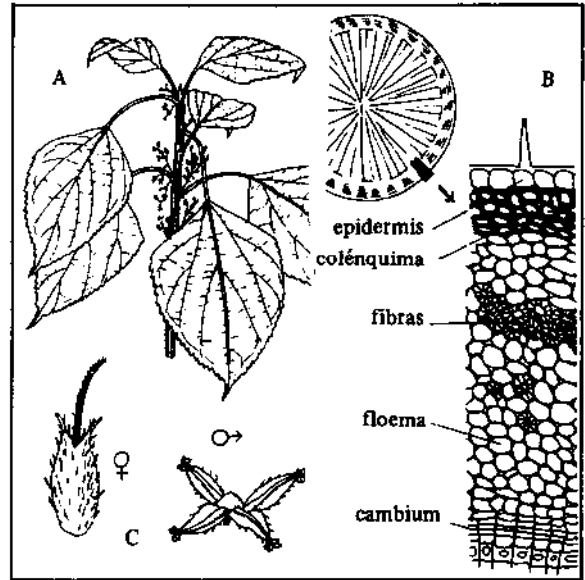


Fig. 9.4. *Boehmeria nivea*. A, porte. B, corte transversal del tallo. C, flores.

da por cuatro a seis estratos de células secas. Debajo de la peridermis hay una zona continua de colénquima, seguida por otra de parénquima que contiene muchos cristales y granos de almidón. Esta capa, de tres a cinco células de espesor, rodea al cilindro de fibras, formado por células poligonales, de paredes muy gruesas, cuya longitud, de 10 a 25 mm, es mucho mayor que las otras fibras. Según la edad de la planta hay de tres a seis filas de células en el cilindro de fibras, que no es sólido sino interrumpido irregularmente por masas de parénquima en que se encuentran los otros tejidos del floema. El centro del tallo está ocupado por la madera o xilema y por una médula muy desarrollada.

El tejido de parénquima que rodea la zona de fibras contiene gomas que se adhieren fuertemente a las paredes de éstas. Para removerlas y dejar la fibra limpia es necesario someterla a procesos de lavado, mecánicos o químicos, que son costosos y delicados.

Inflorescencias. Las inflorescencias son panículas axilares que brotan de los nudos superiores de los vástagos, con flores en glomérulos

(Fig. 9.4C). En la zona florífera, la cual incluye unos 40 nudos, las inflorescencias de la parte superior sólo tienen flores pistiladas que se distinguen por su mayor tamaño. En la zona inmediata inferior hay panículas con flores tanto estaminadas como pistiladas, en ramas o glomérulos separados. Por último, en la parte inferior, sólo hay panículas de flores estaminadas, las cuales tienen el perianto verdoso, amarillento o rosado, con tres a cinco sépalos y otros tantos estambres. El perianto de las flores pistiladas es tubular y piloso y se divide en dos a cuatro dientes; es verde, amarillo o rojo claro según la variedad; el ovario unicelular termina en un estilo largo con pelos en un solo lado.

El fruto es un aquenio, con muchas semillas ovaladas, de un milímetro de ancho.

Se conoce numerosos cultivares de ramio, tanto de la variedad blanco o común, como de *tenacissima*. Se propagan vegetativamente, aunque también dan semillas fértiles de bajo porcentaje de germinación.

En los trópicos la utilidad del ramio como forrajera es posiblemente de mayor promesa que como fibrosa.

REFERENCIAS

- BARRAU, J. 1957. L'arbre à pain en Océanie. Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée 4:117-123.
- FALCAO, M.A. & E. LLERAS. 1980. Aspectos fenológicos, ecológicos e de productividad do mapati (*Pourouma cecropiifolia* Mart.). Acta Amazonica 10:711-724.
- JARRET, F.M. 1959. Studies in *Artocarpus* and allied genera. III. A revision of *Artocarpus* subgenus *Artocarpus*. Journal of the Arnold Arboretum 40:113-368.
- NARASHIMHAN, P. 1990. Breadfruit and jackfruit. In S. Nagy, P.E. Shaw & W.F. Wardowski, ed. Fruits of tropical and subtropical origin. Lake Alfred, Florida, Florida Science Source.
- RABECHAULT, H. 1951. La ramie. Etudes morphologiques et taxonomiques en vue de la sélection. Paris, Desseaux.
- THOMAS, C.A. 1980. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Moraceae, for food and income. Economic botany 34:154-159.
- VLASSOV, S. 1936. Especies alimentaires du genre *Artocarpus*. I. *Artocarpus integrifolia*. Memoirs du Institute Colonial Belge 4:1-80.

10. CARIOFILALES

CACTÁCEAS

Por la estructura de los órganos vegetativos, las Cactáceas constituyen una de las familias con mayores diferencias. Por lo general carecen de hojas, cuyas funciones son realizadas por tallos transformados, verdes y suculentos; estas estructuras, llamadas pencas, se utilizan como forraje en los trópicos secos. Hay varias especies cultivadas por sus frutos carnosos y dulces; los dos centros principales de distribución de las Cactáceas están en áreas secas situadas al extremo de los trópicos: la Meseta Central de México y los Andes del Perú y Bolivia, y desde ellas se extienden bien adentro en las zonas templadas.

Algunas cactáceas americanas han sido introducidas y naturalizadas en Australia y en el Sur de Europa.

TUNA, NOPAL, *Opuntia ficus-indica*

Originaria de México, cultivada principalmente por sus frutos en el sur de Europa o como forrajera en el Noreste de Brasil (Fig. 10.1). Se propaga vegetativamente mediante siembra de las "pencas" o entrenudos de tallo, que llegan a formar una planta alta y muy ramificada.

El entrenudo plano de *Opuntia* está adaptado a condiciones de baja humedad y funciona como las hojas, que faltan por completo. La epidermis es gruesa con los estomas hundidos; debajo de ella hay una capa de colénquima y otra de te-

jidos clorofílicos. El centro está formado de tejidos corticales, haces vasculares que a veces se endurecen y de la médula muy desarrollada. Estos tejidos de reserva contienen agua y sustancias nutritivas.

Las flores nacen solitarias; las piezas del perianto son numerosas y se pasa en ellas insensiblemente desde las externas, verdes y semejantes a hojas, a las internas petaloideas, coloreadas y suaves. Hay muchos estambres que salen de la base de los pétalos y se unen formando un tubo. El ovario es ínfero, con muchos óvulos; el estilo ancho en la base se abre en el ápice en dos o tres ramas estigmáticas. Las flores son proterandras y se abren de día.

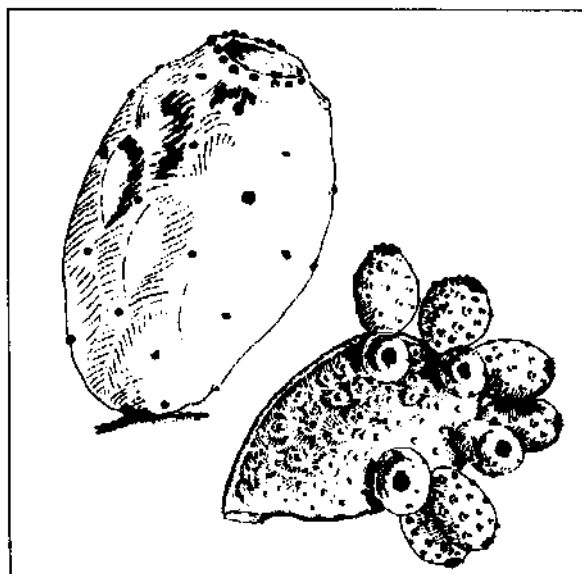


Fig. 10.1. *Opuntia ficus-indica*, fruto y tallo.

Los frutos son bayas elipsoidales, amarillas o rojizas, hasta de 15 cm de largo, en cuya superficie se encuentran areolas con espinas muy finas que deben cortarse o removerse antes de comer la fruta. La pulpa es delgada y se deriva de la pared del ovario; el centro está relleno de una masa gelatinosa y verdusca en que hay numerosas semillas cubiertas por tejidos duros.

Las tunas presentan mucha variabilidad y se hibridizan fácilmente. Se conoce mutantes sin espinas y en México se ha hallado otras con frutos sin semillas. Las primeras constituyen una de las tunas forrajeras más frecuentes, de importancia especial en zonas áridas.

Las pencas de *O. ficus-indica* y de otras especies se comen en México asadas o cocinadas como hortalizas.

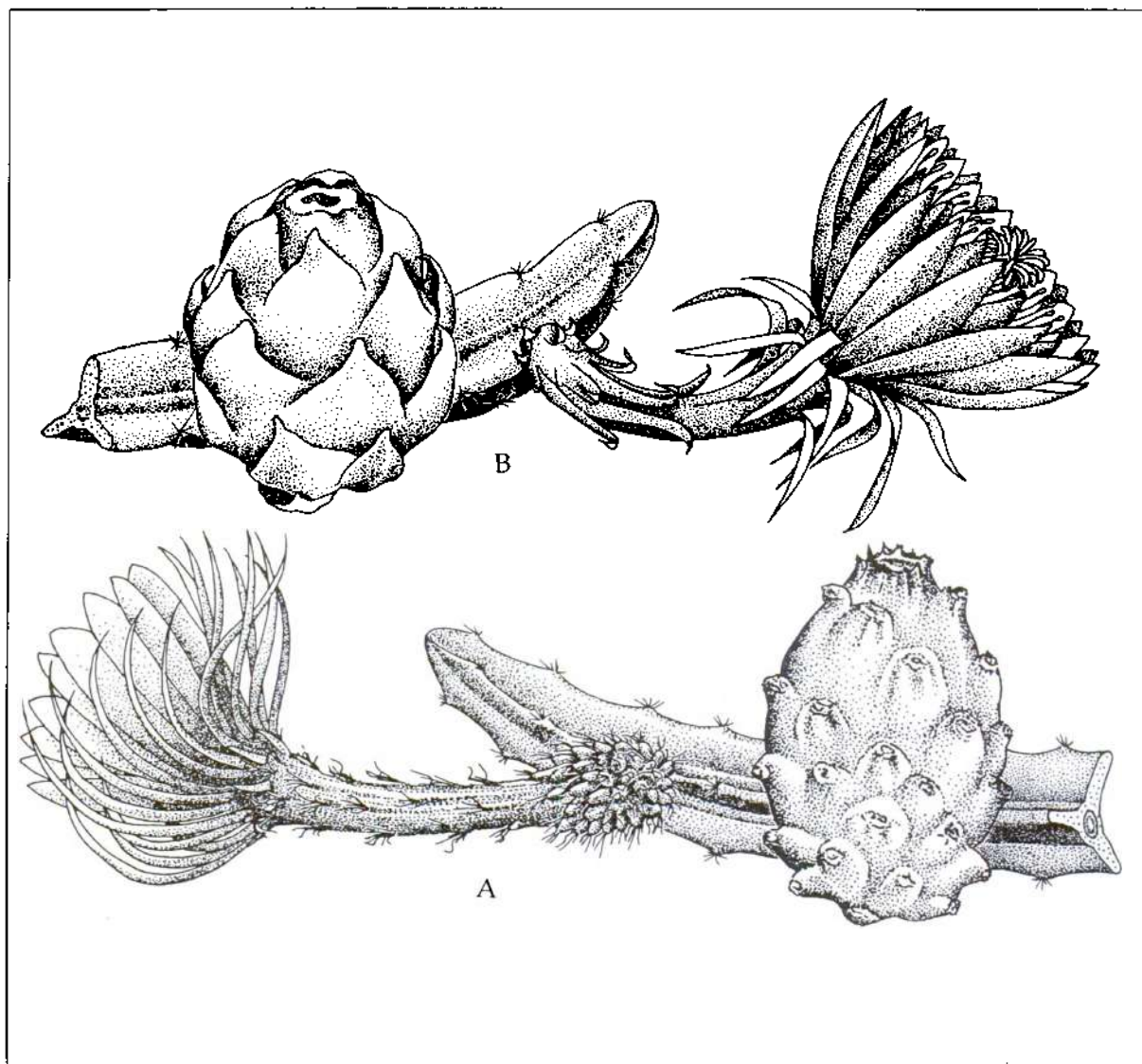


Fig. 10.2. Pitahayas. A, *Hylocereus undatus*. B, *Selenicereus megalanthus*.

PITAHAYA, *Hylocereus* spp., *Selenicereus* spp.

La producción comercial de frutos de pitahaya se ha intensificado en las últimas décadas en varios países de América tropical, para la exportación y el consumo interno. Los frutos son muy atractivos por su forma y color, y la pulpa es de sabor agradable, ligeramente dulce.

Hylocereus undatus. Con este nombre se conoce por los horticultores la pitahaya más común en México, cuya área de origen es desconocida (Fig.10.2A). Como las otras pitahayas, es un cacto trepador, con tallos triangulares en corte transversal, cuyos ángulos se prolongan en alas de bordes duros, interrumpidos por depresiones o areolas. Estas son estructuras planas o cóncavas, provistas de cuatro a seis espinas fuertes. De las areolas brotan las flores y ramas.

De los tallos salen raíces adventicias que adhieren la planta al soporte; en cultivo, la pitahaya requiere espalderas de alambre, troncos o rocas en que apoyarse. El tallo reemplaza a las hojas en la formación y almacenamiento de la clorofila, y presenta adaptaciones a ambientes secos: epidermis dura con estomas hundidos, capas subyacentes de colénquima, y en su mayor parte tejidos de parénquima con agua y mucílagos. La parte central del tallo es un cilindro de haces vasculares.

Las flores grandes, en forma de corneta, de 20-30 cm de largo, tienen la base tubular, cubierta de segmentos angostos, agudos y verducos, más cortos hacia la base, que forman el perianto externo. El perianto interno se compone de numerosos segmentos anchos y blancos, que rodean a centenares de estambres y al pistilo. Todas las flores de una planta se abren simultáneamente por la noche y se marchitan al día siguiente; las pitahayas se plantan a menudo sólo por su valor ornamental.

El fruto es una baya elipsoidal a casi esférica, hasta de 15 cm de largo, con escamas aisladas, que en ciertas variedades casi no se desarrollan. El epicarpio es suave, y algunas de sus células in-

ternas contienen cristales en rosetas. Cerca del 70% del fruto consiste de pulpa y semillas diminutas. En los clones de *H. undatus* cultivados en México, los frutos son exteriormente rosados a rojos y la pulpa blanca. De México a Colombia se planta la pitahaya roja, con frutos rojo púrpura tanto en la cáscara como en la pulpa. Se las considera como variedades de *H. undatus* o como especies diferentes: *H. costaricensis*, *H. ocamponis*, *H. polyrhizus*.

PITAHAYA AMARILLA, *Selenicereus megalanthus*

Especie nativa del norte de América del Sur, cultivada intensamente en Colombia para consumo local y exportación (Fig. 10.2B). Los tallos tienen segmentos largos, con tres a cinco alas delgadas, verdes, de bordes ondulados. Las flores grandes, tienen el tubo basal curvo, el ovario con prominencias redondeadas y pilosas. La parte superior de la flor, en forma de copa, se compone de muchos segmentos, los inferiores amarillentos y angostos, los superiores anchos y blancos. El fruto amarillo, ovoide a elipsoidal, hasta de 12 cm de largo, está cubierto de protuberancias que tienen espinas cortas en el ápice. La pulpa blanca o translúcida, es de sabor muy agradable y contiene muchas semillas negras.

PITAYO, *Stenocereus queretaroensis*

El cultivo de esta especie y de algunos congéneres se está intensificando en áreas secas de México. Estas especies son cactus columnares, muy ramificados desde la base, los tallos con ocho costillas prominentes. Los frutos esféricos a ovoides, hasta de 8 cm de largo, tienen pulpa amarilla, blanquizca o roja oscura, las variedades del último color son las más productivas.

GUAMACHO, GROSELLA DE FLORIDA, *Pereskia aculeata*

Las *Pereskia* tienen, a diferencia de las otras Cactáceas, hojas planas bien desarrolladas y troncos regularmente ramificados con muchas espinas. En los países que bordean el Caribe los frutos de *Pereskia aculeata* (Fig. 10.3) y otros congéneres se consumen crudos o en dulces. Son bayas esféricas de uno a tres centímetros de diámetro, verdes al principio, amarillos en la madurez, que tienen en la superficie numerosas brácteas que parecen hojas, las cuales se desprenden al madurar el fruto. Estos son ácidos y se comen cocinados con azúcar.



Fig. 10.3. *Pereskia aculeata*. Rama con frutos.

QUENOPODIÁCEAS

Hierbas o arbustos a menudo suculentos; flores verdosas en inflorescencias aglomeradas y complejas, formadas de perianto simple de una a

cinco piezas, otros tantos estambres y ovario bicarpelar. En zonas templadas incluye pocas especies de valor económico: *Beta vulgaris*, productora de azúcar y hortaliza, remolacha o acelga; *Spinacia oleracea*, espinaca y otras hortalizas menores. En los trópicos altos se cultiva dos seudocereales y una hortaliza del género *Chenopodium*.

QUINUA, *Chenopodium quinoa*

Se cultiva en las tierras altas de los Andes y ha sido introducido, sin mayor éxito, a regiones templadas en Europa y Africa (Fig. 10.4).

Chenopodium quinoa se propaga anualmente por semilla y la planta se forma de un tallo principal, a veces hasta de 1.5 m de alto, con ramas secundarias. En esta especie es notable el polimorfismo de las hojas, aún en la misma planta; son por lo general triangulares, con lobos agudos más o menos marcados. El follaje puede ser verde, rojo o morado, según la variedad. Las inflorescencias, en cimas, se componen de glomérulos y hay en ellas una gran diversidad de tipos. La parte útil son las semillas, de uno a 2.5 mm de diámetro, formadas casi sólo por el embrión y recubiertas de membranas que contienen saponinas. Las semillas de *C. quinoa* son de alto valor nutritivo, superiores a los cereales, y en su producción y procesamiento se ha hecho avances recientes. Hay numerosos cultivares, que difieren en tamaño y color de la semilla: negro, café, blanco, en rendimiento y adaptación a fotoperíodo.

CAÑIHUA, *Chenopodium pallidicaule*

Se cultiva en los Andes, a mayor altitud que la quinua. El porte es más bajo que ésta, de 20 a 60 cm de alto, abierto (Fig. 10.4B). El follaje y los tallos están cubiertos de vesículas blancas o rosadas. Se consumen las semillas, más alimenticias que las de la quinua, y los tallos de alto contenido en proteína son utilizados como forraje.



Fig. 10.4. A, *Chenopodium pallidicaule*. B, *C. quinoa*. C, *C. nuttalliae*.

HUAUZONTLE, *Chenopodium berlandieri* (*C. nuttalliae*)

Por sus tallos jóvenes, follaje e inflorescencias sin abrir, que son consumidos como verdura, después de cocidos, se cultiva en las zonas altas de México.

Chenopodium berlandieri crece silvestre en México y Estados Unidos; la spp. *nuttalliae* se conoce sólo en cultivo (Fig. 10.4C). Anual, hasta de un metro de alto, con hojas de formas muy diversas, de color verde claro. Las inflorescencias terminales son racimos complejos, entre los cuales crecen hojas diminutas; están cubiertas de una sustancia harinosa y aparentemente no tienen las saponinas características de la quinua.

AMARANTÁCEAS

Granos, pseudocereales

Tres especies americanas de *Amaranthus* son cultivadas por las semillas, las que se utilizan como granos. Se incluyen en el grupo de los pseudocereales, junto con varias especies de *Chenopodium* y el trigo sarraceno, *Fagopyrum esculentum*. Las semillas son de alto valor nutritivo por el contenido de lisina y aminoácidos raros, que las hace más alimenticias que los cereales.

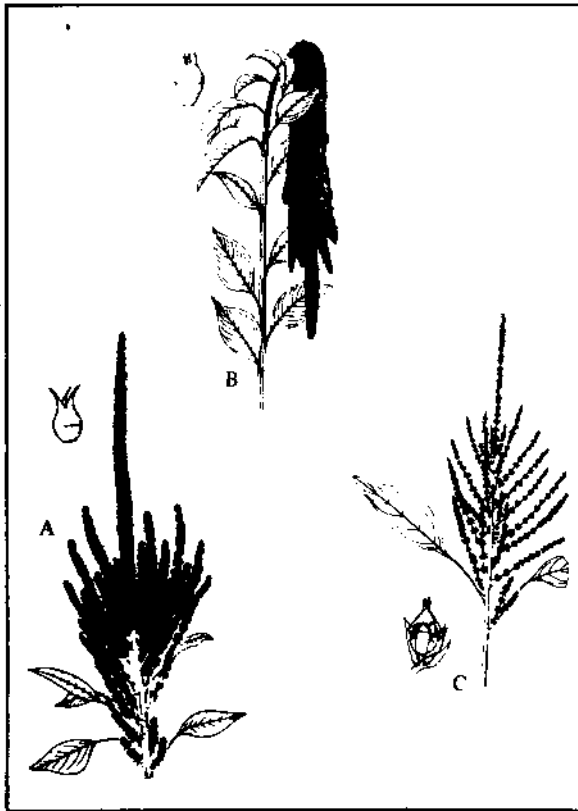


Fig. 10.5. A, *Amaranthus hybridus*. B, *A. caudatus*. C, *A. cruentus*. Rama con frutos y utrículo.

HUAHTLI, ALEGRÍA, *Amaranthus hybridus* (*A. hypochondriacus*, *A. leucocarpus*)

Domesticado en México, posiblemente de poblaciones silvestres de *A. powelli*, se cultiva esporádicamente en México y Guatemala, más intensamente en India y Nepal; se le utiliza como grano en sopas, tamales y reventado en la preparación de dulces.

Es una hierba anual hasta de dos metros de alto, por lo común con un solo tallo, angular, verde y succulento (Fig. 10.5A). Las hojas alternas, largamente pecioladas y rómbicas, son como el resto de la planta, verdes o moradas. Las inflorescencias erectas, terminales, se forman de una espiga central y muchas laterales, largas y cilíndricas. Las flores nacen en glomérulos formados comúnmente por una flor estaminada apical, que cae una vez que pasa la dehiscencia de las anteras, y numerosas flores pistiladas. Cada flor lleva en la base una bráctea puntiaguda y su perianto consiste de cinco sépalos libres, de diferentes forma y tamaño, de dos a cuatro milímetros de largo, colocados en diferentes posiciones. En las flores estaminadas hay cinco estambres; en las pistiladas el pistilo forma un utrículo con un solo óvulo y termina en un estigma de tres puntas agudas. El fruto es un piscidio que se abre transversalmente por la parte más ancha, y contiene una semilla lenticular de uno a 1.5 mm de diámetro, formada casi sólo por el embrión. Por el color de la semillas se distingue dos grupos de cultivares: de semillas blancas, que son los preferidos, y de semillas negras y lustrosas.

Hay en esta especie cultivares ornamentales reconocidos por el color rojo, amarillo o púrpura y las formas aberrantes de la inflorescencia.

ACHÍS, COIMI, *Amaranthus caudatus* (*A. edulis*)

Originario de los Andes, de Ecuador al noroeste de Argentina y, como la especie anterior,

cultivada por sus granos en Asia. Se caracteriza por las inflorescencias, por lo común pendientes (fig. 10.5B), hasta de un metro de largo, formadas por numerosas ramas cilíndricas y una terminal, o en ciertos tipos (*edulis*) por ramas cortas casi esféricas o en forma de maza. Como en la especie anterior, hay variedades de granos negros y blancos.

Amaranthus cruentus es cultivado como grano en las tierras altas de México y Guatemala. Las ramas de la inflorescencia no son simples como en las especies anteriores sino que emiten ramillas secundarias hacia la base y el ápice (Fig. 10.5C). Por esta apariencia de plumas de la inflorescencia, y por sus colores brillantes, esta especie se cultiva comúnmente como ornamental.

♦

Hortalizas

Unas 20 especies de *Amaranthus* y varias de géneros afines como *Alternanthera* y *Celosia*, son usadas como hortalizas. Se cultiva algunas de ellas pero es frecuente que se utilice plantas silvestres. La domesticación incipiente de los amarantos utilizados como hortalizas se ha hecho independientemente en los trópicos del Sureste de Asia, Africa Occidental y América.

La parte utilizable son los brotes terminales, con sus hojas nuevas ricas en vitaminas (caroteno-beta y ácido ascórbico), proteínas (tres a cinco por ciento después de hervidas, 20 a 22% en peso seco) y minerales, especialmente calcio y hierro.

Amaranthus tricolor (*A. gangeticus*), del Oeste del Asia, es una hierba que alcanza hasta 1.5 m de altura en 40 ó 60 días y produce follaje abundante. Una variedad, 'Tampala', es posiblemente la más productiva de la familia.

Amaranthus lividus (*A. blitum*) es también cultivada ampliamente, sobre todo la variedad 'Oleracea' en China, Sureste de Asia y Africa Occidental.

Amaranthus cruentus, ya mencionado como productor de semillas comestibles, es también una de las hortalizas de hoja más populares de Africa tropical.

Amaranthus dubius se cultiva principalmente en Africa occidental. Es posible que de esa región su uso se extendiera a las Antillas y América Central, donde es cultivado por los descendientes de los africanos. Es uno de los "calahúes", hierbas de diferentes especies que se cocinan mezcladas.

Amaranthus hybridus es otra hierba de cultivo amplio y esporádico; en México se le conoce como "quintonil". Estas especies de *Amaranthus* se consumen no sólo de plantas cultivadas sino que también se recogen de plantas silvestres.

Celosia argentea es otra amarantácea que se cultiva ampliamente, de consumo popular en Africa occidental.

PORTULACÁCEAS

ESPINACA DE SURINAME, *Talinum fruticosum* (*T. triangulare*)

Especie posiblemente originaria del norte de Sur América, cultivada ampliamente en los trópicos del Viejo Mundo, donde se le conoce con el nombre de espinaca de Suriname. Los tallos jóvenes y hojas se comen crudos o cocidos y constituyen un alimento muy nutritivo y agradable.

Talinum fruticosum (Fig. 10.6) es una planta herbácea y carnosa, hasta de un metro de alto, de tallos triangulares, verdes y succulentos, a menudo leñosos en la base. Las hojas alternas, espatuladas y carnosas, miden de cuatro a 12 cm de largo por uno a cuatro centímetros de ancho y son de color verde oscuro.

Las inflorescencias, en racimos terminales hasta de 30 cm de largo, llevan numerosas flores llamativas por el color de los pétalos. El cáliz se

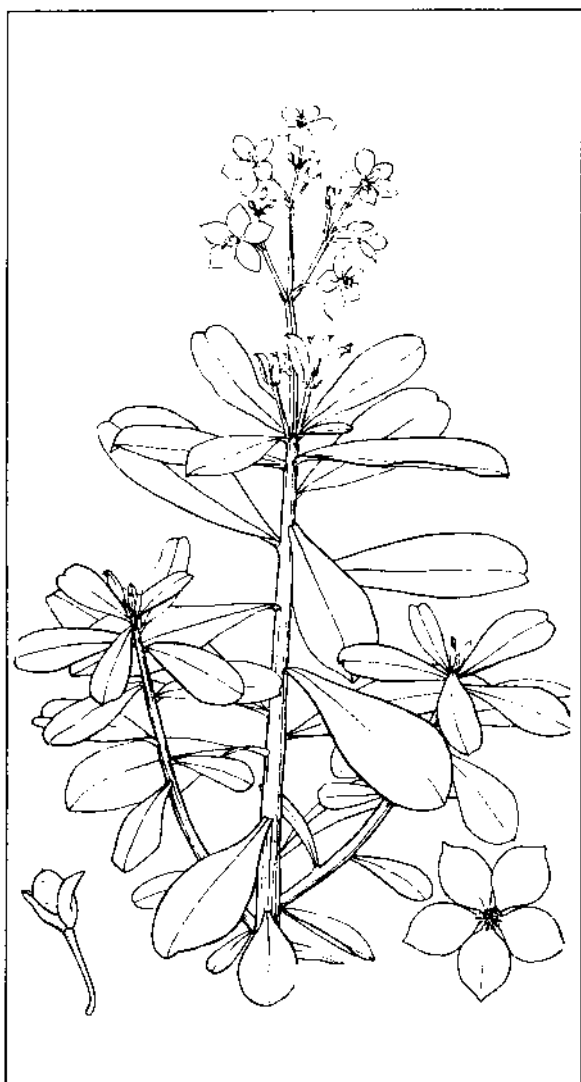


Fig. 10.6. *Talinum fruticosum*.

forma de dos sépalos verdes y agudos. La corola tiene cinco pétalos rojos o rosados, de 0.5 a 1.5 cm de largo. Los estambres son muy numerosos y están unidos en un disco basal. El pistilo tiene ovario ovoide, terminado en un estilo trifido. El fruto es una cápsula verdosa de tres celdas, rodeada por los dos sépalos y contiene numerosas semillas negras y arriñonadas.

Talinum fruticosum se propaga por semilla o por esquejes.

BASELÁCEAS

ESPINACA DE CEILÁN, BERTALHA, *Basella alba* (*B. rubra*)

El cultivo de *B. alba* se originó probablemente en el Sureste de Asia, aunque donde más se cultiva actualmente es en Africa Occidental: Camerún, Nigeria y Ghana. Es poco conocida en América; cultivares de tallos verdes se encuentran en los jardines de horticultores, especialmente de origen asiático, en Panamá, Brasil y otros países. Las hojas y ramillas se consumen cocidas en reemplazo de la verdadera espinaca.

Basella alba (Fig. 10.7) es una planta trepadora de varios metros de longitud que en cultivo se mantiene baja y compacta, de 10 a 30 cm de alto. Los tallos son cilíndricos y succulentos, verdes o rojizos. Las hojas obovadas o acorazonadas, car-

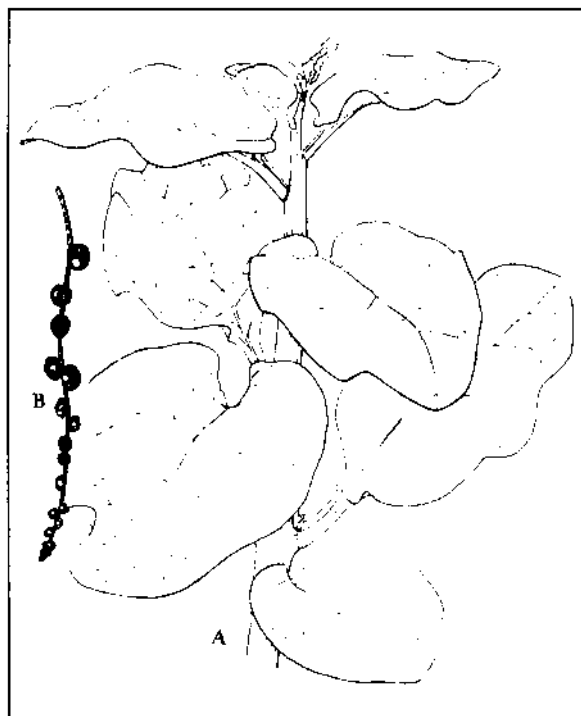


Fig. 10.7. *Basella alba*. A, rama. B, frutos.

nosas, verde claro, miden de cinco a 10 cm de largo teniendo una apariencia ondulada por los nervios hundidos en la cara superior. La base de la lámina es decurrente en el pecíolo y el ápice redondeado o ligeramente agudo.

La inflorescencia es una espiga solitaria que brota de las axilas de las hojas inferiores y mide de cinco a 15 cm de largo. Las flores son sésiles, con el cáliz verdoso y diminuto. La corola casi cerrada, de tres a cinco milímetros de longitud, carnosa y blanca con el ápice rosado, está formada por cinco pétalos, dos más grandes y envolventes, tres más cortos y finos. Hay cinco estambres y un pistilo con tres estigmas. Es corriente encontrar en la misma espiga botones sin abrir en la parte superior, flores abiertas al medio y frutos esféricos, verdes o rojos, de cinco a seis milímetros de diámetro, en la parte inferior.

Las hojas de *Basella alba* tienen buen sabor pero una vez cocinadas contienen un mucílago que no las hace atractivas para ciertos gustos. Son ricas en vitamina A y de alto contenido en vitaminas B y C, calcio y hierro.

Basella alba se reproduce generalmente por estacas sembradas en platabandas y se mantiene baja por el corte continuo de los tallos; en Oriente se deja crecer en barbacoas u otros soportes.

Las primeras ramillas se recogen en pocas semanas y la producción es continua durante todo el año.

ULLUCO, MELLOCO, *Ullucus tuberosus*

Originario de las tierras altas de los Andes, de Colombia a Argentina, es cultivado por sus tubérculos comestibles. Es una hierba compacta o rastrera (Fig. 10.8), hasta de 30 cm de alto, de tallos y hojas carnosas. Las láminas acorazonadas, planas al principio, se vuelven cóncavas en la madurez. El perianto está reducido al cáliz estrellado, amarillento, con cinco sépalos agudos, cinco estambres y un pistilo ovoide. En *Ullucus tuberosus* rara vez se forman frutos.

Los tubérculos, comestibles después de cocidos, son de forma y color muy variados, desde esféricos a cilíndricos y de dos a seis centímetros de largo. Hay clones con tubérculos de color uniforme: blanco, amarillo, pardo, morado. Más frecuentes son los manchados, en los cuales sobre el fondo blanco o amarillo aparecen manchas o áreas punteadas de color magenta. El tubérculo está formado principalmente de parénquima, con alto contenido de agua y almidón; son muy corrientes los canales de mucílago, que dan al tubérculo una textura característica.



Fig. 10.8. *Ullucus tuberosus*. A, tallo. B, flores. C, tubérculos.

REFERENCIAS

- BECERRA, O.L. s.f. El cultivo de la pitahaya. Bogotá, Federación de cafeteros de Colombia.
- CASTILLO, R., H. CÁLIX DE DIOS & A. RODRIGUEZ CANTO. 1996. Guía técnica para el cultivo de la pitahaya. Chetumal, Quintana Roo, Universidad de Quintana Roo.
- GRUBBEN, G.J.H. 1967. The culture of *Amaranthus* as a tropical leaf vegetable. Amsterdam, Royal Tropical Institute.
- HUNZIKER, A.T. 1952. Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. Buenos Aires, ACME.
- PAREDES-LOPEZ, O. Ed. 1993. Amaranth, biology, chemistry and technology. Boca Raton, Florida, CRC.
- RODRIGUEZ CANTO, A. *et al.* 1993. El cultivo de la pitahaya en Yucatán. Maxcanú, Yucatán, Universidad Autónoma Chapingo.
- SAUER, J.D. 1967. The grain amaranthus and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Annals Missouri Botanical Garden* 54:103-137.
- TAPIA, M. 1990. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago, Chile, FAO.
- TEODORO, N.C. 1938. The talinum; its culture and uses. *Phillippine Journal of Agriculture* 9(4):395-401.

11. DILLENIALES

DILLENIÁCEAS

HONDAPARA, *Dillenia indica*

Este hermoso árbol, cultivado como ornamental en muchos sitios de América, es originario de los trópicos indomalayos, donde se le planta para aprovechar sus frutos (Fig. 11.1).

Alcanza hasta ocho metros de altura y sus ramas salen simétricamente del tronco. Las hojas se agrupan en los extremos de las ramillas; son obovadas u oblongas, de 15 a 25 cm de largo por seis a ocho centímetros de ancho, de borde aserrado y ápice acuminado, verde brillante arriba, con los nervios hundidos. Las flores, muy grandes, nacen solitarias en las axilas de las hojas. El cáliz se forma de cinco sépalos duros y cóncavos; la corola, de 15 a 22 cm de diámetro, tiene cinco pétalos blancos. El centro de la flor está ocupado por una masa de numerosos estambres y por el gineceo, compuesto de muchos carpelos que terminan en un ápice en forma de estrella.

El fruto oblatado, de 10 a 15 cm de diámetro, está cubierto por los sépalos duros y persistentes, que lo envuelven por completo. La masa central de carpelos, de color verdoso, tiene un sabor que recuerda a la manzana. Los frutos se comen cocinados y en Oriente son empleados para preparar salsas.

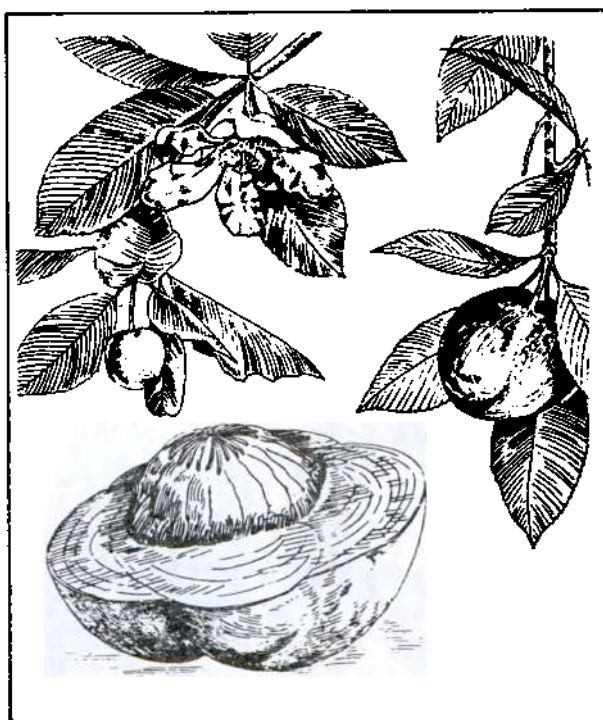


Fig. 11.1. *Dillenia indica*.

REFERENCIA

Hoogland, R.D. 1952. A revision of the genus *Dillenia*. *Blumea* 7:1-145.

12. TEALES

CARIOCARÁCEAS

Esta pequeña familia de árboles es notable por contener varias especies productoras de nueces y aceites.

Los árboles del género *Caryocar* crecen de preferencia en sitios altos y bien drenados y alcanzan hasta 30 m de altura. Las hojas son trifolioladas; las flores aparecen en racimos terminales y tienen cinco sépalos y cinco pétalos amarillentos, más de 200 estambres y por lo común cuatro pistilos. La antesis ocurre generalmente por la noche y es de poca duración. Los frutos de *Caryocar* son drupas, con una o cuatro semillas, cuyo pericarpo contiene aceites. Las semillas se consumen tostadas, como nueces, y de algunas se extrae aceite.

PEQUI, *Caryocar brasiliense*

Crece en el centro y este de Brasil, en el "cerrado". Es un árbol bajo y ramificado (Fig. 12.1A) de folíolos obovados con bordes crenulados. Las flores tienen muchos estambres, algunos rudimentarios. El fruto es una drupa oblada, con tres a cuatro prominencias redondas, según el número de semillas que se desarrollan. Miden de seis a nueve centímetros de ancho y tienen el exocarpo o cáscara dura y el mesocarpo harinoso, con alto contenido de aceite y muy aromático. Se come cocinado y se usa en la preparación de licores y otros productos. El endocarpo en *Caryocar* está provisto de espinas largas y finas, que penetran en el mesocarpo, lo que dificulta el consumo de éste y limita su valor como frutal.

En el fruto hay una a cuatro semillas cubiertas de una testa muy dura, llamadas "almendras de Brasil" en el comercio. La semilla consiste principalmente del eje del embrión, especialmente la radícula pues los cotiledones son muy pequeños, y tiene un alto contenido de aceite.

SUARÍ, *Caryocar nuciferum*

Cultivado por los indígenas de la Amazonía y la cuenca del Orinoco, especialmente en las Guayanas, de donde se exporta con el nombre de "nueces de suarí" (Fig. 12.1B). Los frutos son de los más grandes en el género, midiendo de 12 a 15 cm de anchura.

PIQUIÁ, *Caryocar villosum*

Originario del alto Amazonas, en sitios bien drenados alcanza hasta 40 m de altura (Fig. 12.1C). Se le cultiva ampliamente pero en forma incipiente y se recogen las nueces de árboles silvestres. Los folíolos elípticos a ovados tienen bordes ligeramente crenados y ápice agudo. El fruto grisáceo contiene pulpa amarilla, aceitosa, que se come cocida. La parte interna del endocarpo tiene espinas largas y agudas, que deben quitarse cuidadosamente para extraer las semillas; éstas se consumen como almendras y son tan ricas en aceite de alta calidad que *C. villosum* ha sido considerado como una oleaginosa de valor potencial en Malasia, en donde fue introducida en el siglo pasado.

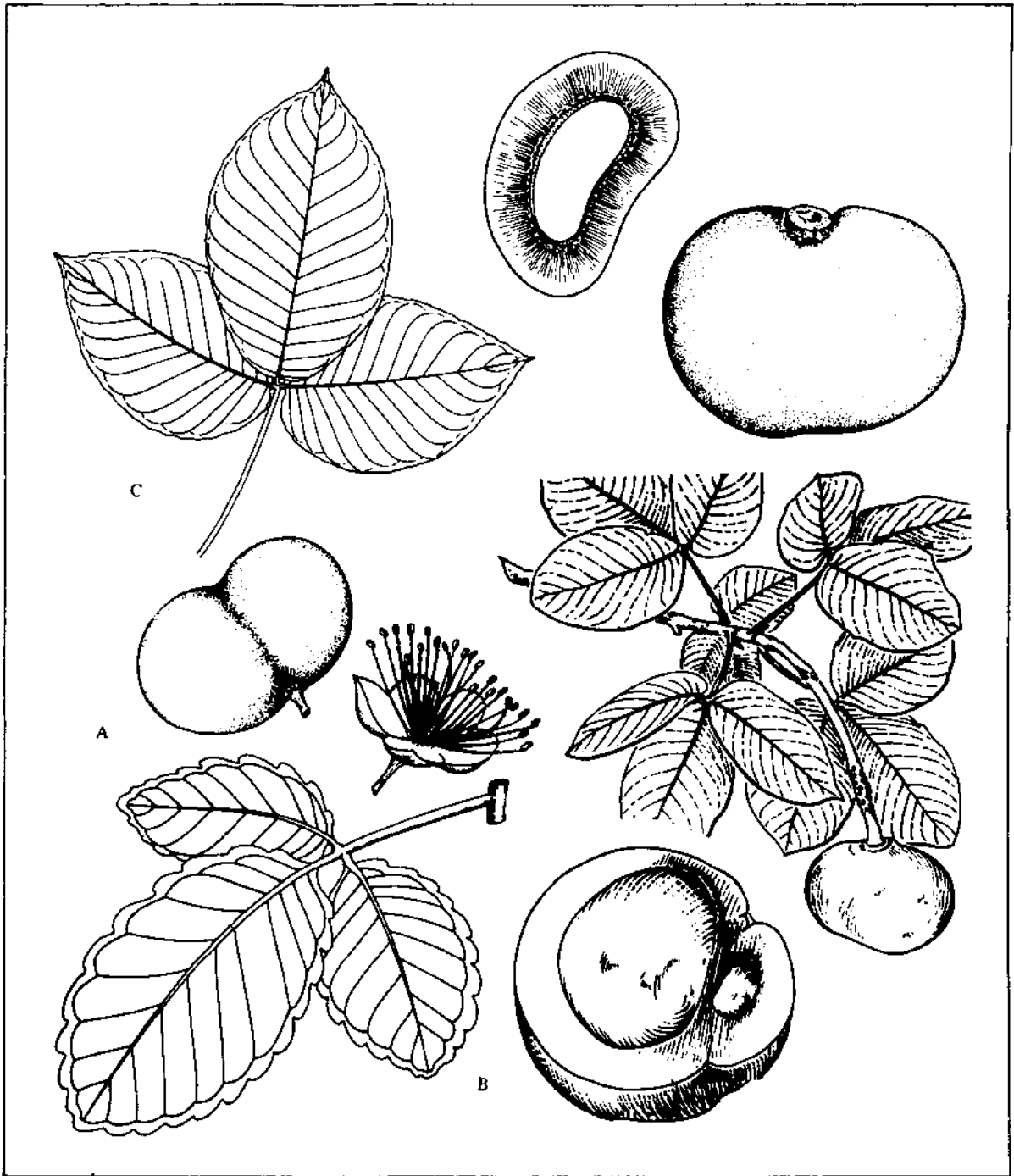


Fig. 12.1. A, *Caryocar brasiliense*, hoja, flor y fruto. B, *C. nuciferum*, rama con fruto y corte transversal de éste. C, *C. villosum*, hoja, fruto entero y sección de la nuez.

Otra especie utilizada es *C. amygdaliferum*, de Perú a Venezuela, con folíolos lanceolados y flores de pétalos rojizos. Se consume principalmente por las almendras, que dan aceite de buena calidad.

TEÁCEAS

Las Teáceas son árboles o arbustos de hojas alternas y simples; las flores tienen las partes del perianto dispuestas en espiral, con numerosos estambres en varios verticilos. En algunas especies hay brácteas en las flores que no pueden diferenciarse claramente de los sépalos. La especie comercial más importante en esta familia es el té; las camelias y otros géneros incluyen plantas ornamentales muy apreciadas.

TÉ, *Camellia sinensis* (*Thea sinensis*)

El uso del té como estimulante se debe a la presencia de cafeína en los brotes jóvenes, tallos y hojas, especialmente en las últimas, en las que llega a constituir hasta el cuatro por ciento del peso seco. Los brotes nuevos contienen además cantidades apreciables de fenoles y son estos, y en grado insignificante la cafeína, los que determinan la calidad de la bebida; esta es un conjunto de propiedades difíciles de definir, que son determinadas por catadores profesionales. La mayoría de las marcas en el comercio es el resultado de mezclas de diferentes tipos, que se diferencian por su procedencia geográfica o su elaboración y que se distinguen en dos grupos: verde oscuro y verde claro.

El té se cultiva en las tierras altas tropicales de ambos continentes y en las regiones templadas. China es el país clásico del té, pero India produce las tres cuartas partes del consumo mundial. Japón, Formosa, el sur de Rusia y países del Cercano Oriente son productores de importancia. Se cultiva además en África Oriental y en América, especialmente en Brasil, Argentina y Perú.

El té es posiblemente la fuente de cafeína más antigua que ha domesticado el hombre; se sabe que se utilizaba en China hace 3000 años y fue en ese país donde se desarrolló primero la elaboración de los brotes. Sin embargo, no fue sino hasta fines del siglo pasado en que se inició la tecnología del beneficio, que está más adelantada que las fases agronómicas del cultivo.

Origen y sistemática. El área de origen del té es evidentemente el sureste de Asia, pero existen dos factores que oscurecen su determinación exacta. Primero, no se conoce con seguridad que haya plantas silvestres de té; las así llamadas pueden ser más bien escapadas del cultivo o restos de plantaciones. Segundo, la antigüedad del cultivo y las características biológicas de la planta, en particular su alta autoincompatibilidad, se unen para determinar una variación tan amplia que ha permitido que la especie ocupe regiones ecológicas muy diferentes.

Como en otras plantas de cultivo antiguo, en el té hay poblaciones o cultivares de características muy distintas; cuando estas poblaciones están determinadas por su origen geográfico se llaman "yats". Todas ellas son de naturaleza híbrida; sin embargo, es de esperar que una distribución geográfica tan amplia como la que presenta el té y bajo una presión selectiva tan intensa por parte del hombre, se haya desarrollado ciertos grupos con características más definidas, como respuesta a condiciones de ambiente y cultivo. Así, desde el siglo pasado se ha distinguido los tés de China, subtropicales, de los tropicales de Asam. Estos dos grupos forman los extremos de una serie que no parece tener interrupción. Los primeros son plantas bajas, de hojas pequeñas, de alta resistencia al frío y a la sequía. Los segundos, verdaderos árboles, tienen hojas grandes y más suaves. Aparentemente no existen barreras de cruzamiento entre los dos grupos y se ha notado que caracteres atribuidos a sólo uno de ellos a menudo aparecen en las descendencias de otro.

Algunos especialistas han asignado categoría de especie a los tés de China, *C. sinensis*, y de Asam, *C. assamica*. Un grupo de cultivares de menor importancia, llamado Cambodia, se con-

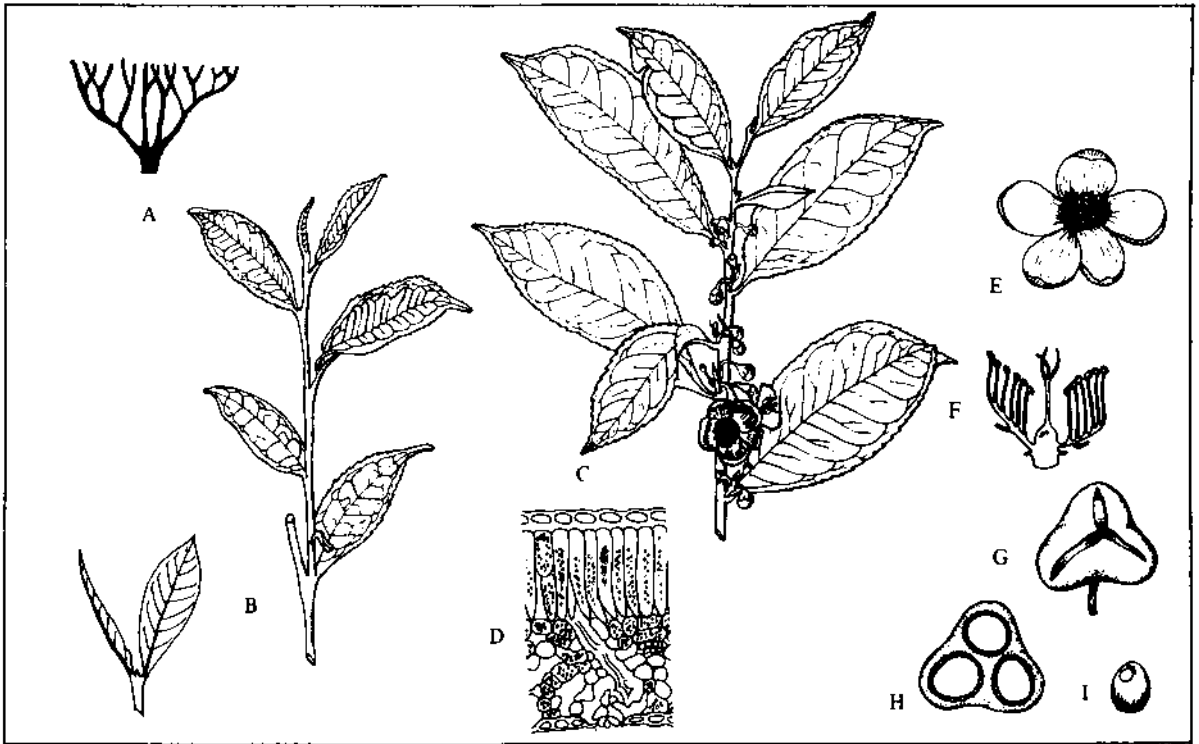


Fig. 12.2. *Camellia sinensis*. A, esquema de una planta podada. B, ramillas utilizables. C, rama florífera. D, corte transversal de la hoja. E, flor. F, disposición de los estambres. G, fruto en dehiscencia. H, corte transversal del fruto. I, semilla.

sidera como una subespecie del segundo, *C. assamica* spp. *lasiocalyx*. Se reconoce además dos taxa aparentemente silvestres, *G. irrawadiensis* y un híbrido entre éste y *C. assamica*, llamado *C. taliensis*.

Porte. El té (Fig. 12.2) es una especie muy polimorfa. Pueden tomarse como extremos los cultivares de China, de plantas bajas, de dos a tres metros de altura, con hojas pequeñas y verde oscuras, y por otra parte los cultivares de India, que son verdaderos árboles hasta de 20 m de altura, muy ramificados y de hojas grandes y suaves. Los cultivares sembrados en los trópicos pertenecen a este último grupo o a grupos intermedios.

Sistema radical. El sistema radical del té se compone de una raíz pivotante, ramificada en

secundarias y terciarias. Su desarrollo depende de las condiciones del terreno, en particular del nivel freático y del método de siembra; en una planta clonal, por ejemplo, no hay raíz pivotante. En los suelos de alta humedad, como en Asam, las raíces tienden a concentrarse en las partes superiores del suelo. En las áreas más secas de África penetran seis metros y más en suelos rocosos. La mayoría de las raíces alimentadoras se hallan a una profundidad mínima de un metro. Una característica de interés es la presencia constante de micorrizas en las raicillas.

Tallo y ramificación. La forma natural de la planta es afectada profundamente en el cultivo. Como el objeto principal de éste es de producir el mayor número de brotes tiernos, se ha desarrollado diferentes sistemas de poda destinados a

formar una planta con muchas ramas basales (Fig. 12.2A). En Sri Lanka se hace la poda de estas ramas a los tres o cuatro años, cortándolas al mismo nivel, de 40 a 60 cm del suelo; con esto se forma una armazón compuesta por ramas gruesas y permanentes. De esta armazón y de yemas latentes en la madera vieja, que son estimuladas a crecer por la poda, salen brotes o vástagos que generalmente se forman de dos escamas basales, un catáfilo caedizo angosto y de bordes lisos llamado "fish leave" o "yanan", y de cuatro hojas normales, de bordes aserrados. Al final aparece una yema, que determinará el nuevo crecimiento en la brotación siguiente. A menudo hay formas de hojas intermedias entre escamas, catáfilos y las hojas normales, que hacen difícil su identificación.

Las brotaciones son periódicas y se presentan en mayor número al año en latitudes bajas; su aparición es independiente de las condiciones climáticas y de la procedencia u origen de las plantas. Sin embargo, se presentan casos de brotación irregular. También en una siembra no todas las plantas entran simultáneamente en brotación y en la misma planta hay brotes o vástagos en desarrollo o en latencia.

La parte utilizable del té (Fig. 12.2B) es la ramilla formada por la yema y las dos hojas superiores, todas constituidas por tejidos tiernos. En estos se acumulan los polifenoles que determinan el "cuerpo" y la "fuerza" del té, los dos factores más importantes en la calidad; las hojas viejas deterioran el producto comercial. En la axila de la última hoja que queda en el brote, después de la cosecha, hay una yema que da origen a un brote de segundo orden y así sucesivamente, de modo que el plano de recolección se va elevando y los brotes van siendo cada vez más débiles. Se aplica entonces una poda drástica para volver a formar una planta con armazón baja y bien ramificada.

Hojas. Las hojas están arrolladas en la yema una sobre otra; en este estado se distinguen claramente la lámina y un pequeño apéndice; al abrirse la hoja este apéndice se torna negro y cae,

dejando una pequeña incisión que es visible en la punta de la hoja madura.

Las hojas del té en la madurez son coriáceas, elípticas, de 10 a 20 cm de largo por cuatro a nueve centímetros de ancho en los cultivares asámicos, de ocho a 13 cm de largo por dos a cuatro centímetros de ancho en los chinos. La cara superior es muy oscura, verde brillante y lisa; la inferior más clara, con pubescencia hacia el ápice, especialmente en las hojas jóvenes. La base de la lámina es algo decurrente en el pecíolo, aguda u obtusa. El ápice está bien desarrollado, es agudo y curvo en las hojas tiernas, con una incisión donde estaba el apéndice. La nervadura, bien marcada sobre todo en los tipos asámicos, termina en una proliferación de nervios finos antes de llegar al borde de la lámina. En las hojas normales el borde es aserrado; los dientes son finos y curvos y a veces presentan exudaciones en forma de hilos cristalinos y mucilaginosos.

La estructura de la hoja es simple (Fig. 12.2D). La epidermis superior, constituida por células isodiamétricas, está cubierta por una cutícula fuerte. El mesofilo se forma normalmente de una capa de células en empalizada, aunque en ciertos casos puede haber dos o tres estratos; las células que los componen son largas y llenas de cloroplastos. El resto del mesofilo se compone de 10 a 12 capas de parénquima esponjoso, en el que hay muchos espacios aéreos. Los taninos son abundantes en las células del mesofilo, especialmente hacia la epidermis; hay también canales de resina, formados por células irregulares y de paredes gruesas. En el parénquima esponjoso son frecuentes los cristales de oxalato de calcio y particularmente esclereidas, que a veces penetran hasta el parénquima en empalizada y son mucho más frecuentes en los cultivares asámicos. En la epidermis inferior hay muchos estomas, unos 180 por mm²; en las hojas jóvenes de ciertos tipos crecen pelos unicelulares como prolongaciones de la epidermis, los que por su alto contenido de fenoles son determinantes de la calidad de la hoja.

El pecíolo mide unos cuatro milímetros de largo; es plano en la parte superior y convexo en

la inferior. Está formado por tejidos de colénquima; al centro, rodeado por parénquima, se haya el haz vascular.

Floración. La aparición de las flores está relacionada con el crecimiento de la yema apical. Cada brote o vástago consiste de secciones originadas en brotaciones sucesivas y en ellos la presencia de flores ocurre si la yema apical reinicia su crecimiento, en cuyo caso se forman flores en la sección del vástago correspondiente a la última floración (Fig. 12.2C). Pero si la yema apical permanece inactiva, en la última brotación no aparecen flores aunque en la penúltima alcancen la antesis completa. Cuando se remueve la yema apical, en la cosecha por ejemplo, la tendencia del vástago es a iniciar brotes vegetativos y por consiguiente en plantas que se podan y cosechan rara vez aparecen flores.

La flor se desarrolla de un eje axilar, generalmente muy corto. Cuando una flor parece salir de la axila de una hoja en realidad emerge de una yema axilar que sale del ángulo formado por la hoja con el tallo.

Flor. El botón floral es esférico, con sus partes imbricadas; está colocado sobre un pedúnculo en general curvo, de un centímetro de largo. La flor abierta mide unos tres centímetros de diámetro (Fig. 12.2E), y está formada por cinco o seis sépalos verduscos y cóncavos de cuatro a cinco milímetros de largo. En la corola hay de cinco a siete pétalos blancos, de 14 a 18 mm de largo, muy recurvados hacia adentro en los bordes. Las partes reproductoras están colocadas sobre una base o hipantio (Fig. 12.2F). Los estambres son numerosos, de 150 a 220, según el clon y miden de cinco a 10 mm de largo; son blancuzcos, con anteras rectas y anaranjadas. El pistilo tiene cuatro a cinco carpelos y termina en un estilo blanco trifido al ápice.

Biología floral. Cuando el estigma está receptivo y la flor se abre, las anteras no han iniciado aún el desprendimiento de polen; sin embargo, hay cultivares, tanto chinos como asámicos, que son autofértiles.

El tipo de polinización descrito permite hacer cruces fácilmente. La corola y estambres se

remueven antes de que se abra la flor y se aplica sobre el estigma el polen fresco recogido de otras flores. Por lo general se cubren las flores polinizadas con sacos de papel: el número de ellas que llega a dar fruto es bajo.

Fruto y semilla. El fruto del té es una cápsula coriácea, de color café oscuro y dehiscente, con una a tres celdas, con una semilla en cada una (Fig. 12.2G, H); la pared del fruto se separa pronto de las semillas. En la misma planta hay gran variación en la forma de los frutos, desde casi esféricos cuando sólo se forma una semilla, hasta piramidales cuando las tres semillas se han desarrollado.

Los frutos caen con mucha frecuencia antes de que maduren; unas tres semanas después de la antesis se desprenden los ovarios no fecundados y luego se presentan dos caídas de frutos jóvenes que coinciden con la primera y segunda etapas de crecimiento de las ramillas florales. Hay diferencias clonales en la capacidad de retención de los frutos, que parece ser un carácter de origen maternal en los híbridos.

La semilla (Fig. 12.2I) se compone de dos cotiledones grandes, rodeados por un integumento papiráceo y una testa dura que se separa en la madurez.

Cultivares. La mayoría de los cultivares modernos son clones establecidos de plantas madres escogidas por rendimiento, calidad o resistencia; como estos factores son difíciles de obtener en un mismo clon, la hibridación se hace necesaria para obtener combinaciones nuevas.

En muchas partes del área de cultivo, sin embargo, se sigue la propagación por semilla, debido a que la adaptabilidad superior de las plantas de semilla hace el cultivo menos riesgoso que las siembras clonales.

CLUSIÁCEAS (GUTÍFERAS)

Entre las Clusiáceas o Gutíferas, hay varios árboles de los trópicos, notables, bajo el punto de vista comercial, como frutales o por su riqueza en resinas; entre los primeros se incluye varias

especies del género *Garcinia* de Oriente, y en América de los géneros *Mammea*, *Rheedia* y *Platonia*.

MANGOSTÁN, *Garcinia mangostana*

El mangostán es posiblemente la fruta más famosa de los trópicos de Oriente y su área de origen son las selvas lluviosas de Malasia, donde aún se le encuentra en estado silvestre. Para crecer bien requiere sitios de humedad alta y permanente, temperaturas medias mayores de 20°C, suelos fértiles y buen drenaje; en los primeros años necesita crecer bajo sombra para ajustarse después a la luz directa.

El mangostán (Fig. 12.3) es un árbol de 10 a 20 m de altura, con un tronco central del que salen ramas horizontales opuestas que dan a la planta forma cónica o piramidal. El tronco y las ramas principales tienen canales resiníferos en la corteza, que segregan un látex espeso, amarillo o verdoso. El árbol crece lentamente y los primeros frutos aparecen de ocho a 10 años después de la siembra.

Las hojas opuestas, de pecíolo corto, son notables por su grosor; son elíptico-ovadas, de 10 a 20 cm de largo por cinco a 10 cm de ancho, con el nervio central bien marcado y muchos nervios laterales prominentes y paralelos, carácter que con el grosor de la hoja y su color verde brillante es común a muchas Clusiáceas.

Las plantas son unisexuales y en cultivo sólo se encuentran plantas con flores pistiladas, que aparecen solitarias en las ramillas, en pedicelos cortos, gruesos y angulosos, de unos dos centímetros de largo. Los cuatro sépalos están arreglados en dos series; los dos externos son más grandes, de dos centímetros de largo, verdes o amarillentos y cubren a los dos internos más cortos y rojizos. Los pétalos son gruesos, obovados, de dos a tres centímetros de largo, amarillo verdosos con los bordes rojizos. En el centro de la flor hay un pistilo formado por el ovario esférico, con cuatro a ocho celdas, terminado en un es-

tigma dividido en cuatro a ocho lobos; rodeando el gineceo hay numerosos estaminodios.

El fruto es una baya aplanada que tiene en la base los cuatro sépalos y en el ápice el estigma

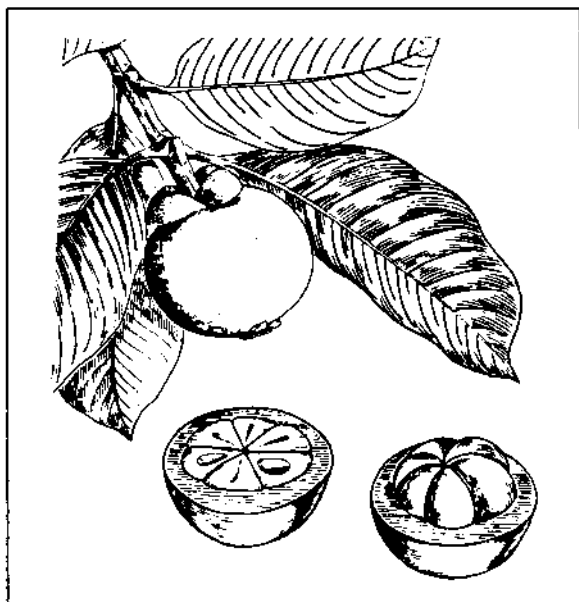


Fig. 12.3. *Garcinia mangostana*. Rama con frutos; cortes transversales del fruto.

dividido en varios lobos en forma de estrella. El color externo varía de rojo a púrpura y el diámetro entre tres y siete centímetros. Al cortar transversalmente el fruto aparece primero el pericarpio, rosado y duro, con canales laticíferos que exudan un líquido amarillo. El centro de la fruta está dividido en gajos blancos y brillantes, cada uno encerrando una semilla. Es esta pulpa o arilo, de un sabor *sui generis*, agridulce y aromático, lo que constituye la parte comestible. Por lo común en un fruto hay sólo de una a tres semillas, no originadas de fertilización normal ya que todos los árboles en cultivo son pistilados, sino del desarrollo apomítico de embriones situados en las paredes de los carpelos. Por esta razón se considera que los árboles cultivados, aunque se deriven de semillas, se comportan como si fueran un clon.

Las semillas pierden pronto su viabilidad al ser extraídas de la fruta pero permanecen vivas

por varias semanas dentro de ellas. Las plántulas son muy débiles y de baja supervivencia. Se ha intentado la propagación vegetativa sin mayor éxito.

MANDÚ, *Garcinia dulcis*

Originaria del Sureste de Asia, es de porte similar (Fig. 12.4) a *G. mangostana*, con hojas lanceoladas de 10 a 30 cm de largo y flores axilares y unisexuales. Los frutos esféricos a ovoides, de cinco a siete centímetros de largo, amarillos en la madurez, tienen el pericarpo suave y la pulpa jugosa y amarilla, de sabor ácido; se comen crudos o en jaleas. Otras especies cultivadas de *Garcinia* en el Sureste de Asia son *G. prainiana*, de frutos parecidos al mangostán y de pulpa ácida; *G. atroviridis*, en que los frutos amarillos, de siete

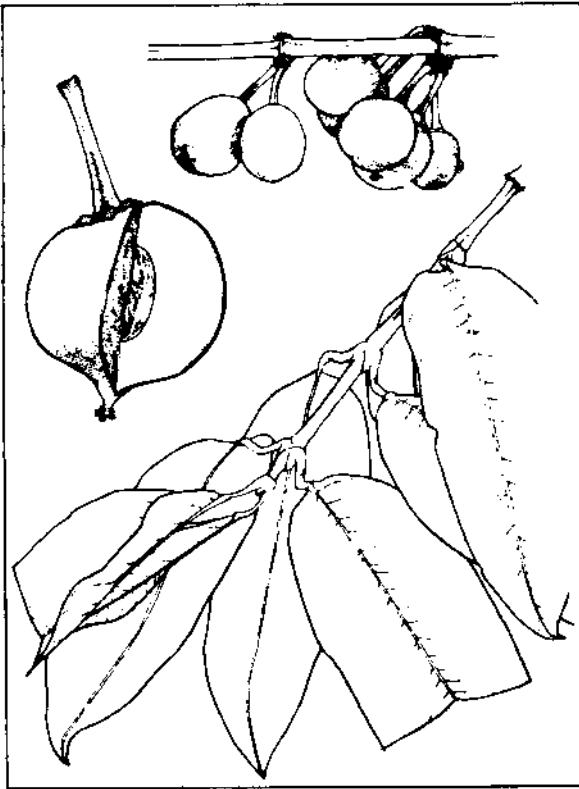


Fig. 12.4. *Garcinia dulcis*. Rama fructífera y frutos.

a 10 cm de ancho tienen de 12 a 16 surcos longitudinales profundos, y otros.

IMBE, *Garcinia livingstonei*

Especie africana cultivada por sus frutos elipsoidales y amarillos, de tres a cinco centímetros de largo, con cáscara delgada y pulpa amarillenta agridulce. La planta produce varios tallos principales que se doblan hacia afuera; por su aspecto y follaje se le cultiva como ornamental.

MADROÑO, *Garcinia madruno*

Garcinia madruno (Fig. 12.5) es un árbol bajo, hasta de ocho metros de alto, originario del norte de Suramérica, donde escasamente se le cultiva. Las hojas elípticas tienen la nervadura típica de las Clusiáceas y color verde oscuro y brillante, muy atrayente; mide de seis a 15 cm de largo por cuatro a seis centímetros de ancho. Las flores unisexuales tienen dos sépalos y cuatro pétalos. El fruto ovoide o elipsoidal mide de tres a cinco centímetros de longitud; la cáscara es dura y amarilla, cubierta de protuberancias y con abundantes canales de látex. La pulpa blanca, delgada y acidula, cubre tres o cuatro semillas grandes. En esta especie, como en *Platonia*, hay mucho polimorfismo en las descendencias de semilla.

BACURIPARI, *Garcinia macrophylla*

Cultivada y silvestre en el Amazonas; árbol mediano de hojas coriáceas y oblongas, con flores unisexuales en la misma planta. El fruto ovoide o en forma de trompo, con el ápice marmelonado, de seis a ocho centímetros de largo, amarillo, tiene cáscara o mesocarpo grueso; la

pulpa que rodea las tres o cinco semillas es blanca y acidula y se utiliza principalmente en la preparación de jugos.

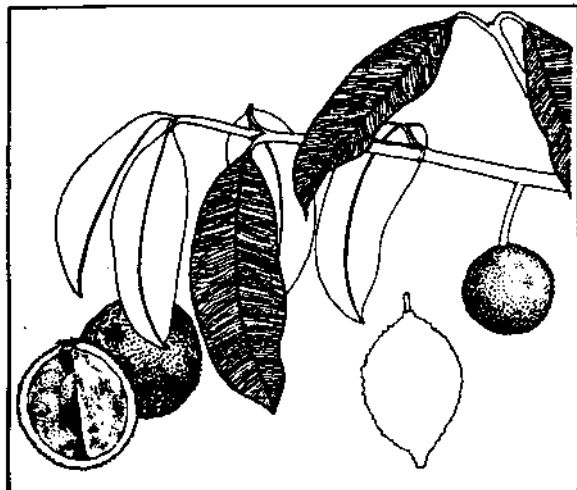


Fig. 12.5. *Garcinia madruno*. Rama con frutos, corte longitudinal y tipos de frutos esféricos y elipsoidales.

MAMEY, *Mammea americana*

Este frutal llamado también "mamón de Santo Domingo", "mamón de Cartagena", "abricó de Pará", es uno de los árboles más hermosos de los trópicos por su porte y follaje (Fig. 12.6). Alcanza hasta 25 m de altura y tiene una copa densa y regular. Como en otras Clusiáceas el tronco, ramas y hojas exudan un látex amarillo y espeso. Las hojas son elípticas a obovadas, gruesas y planas, de color verde brillante. Como en el mangostán, las nervaduras laterales son numerosas y regulares dejando entre ellas glándulas o puntos más claros. Las flores aparecen en ramillas y pueden ser hermafroditas o unisexuales; este último caso se puede presentar en el mismo árbol o en árboles diferentes. Se forman de un cáliz de dos sépalos, de uno a 1.5 cm de largo; corola de cuatro a seis pétalos blancos y anchos, de 1.5 a dos centímetros de longitud. En

el centro de la flor hay numerosos estambres y un pistilo con ovario de dos a cuatro celdas, terminado por un estigma corto que se divide en cuatro a seis ramas. Las flores tienen un aroma muy agradable y con ellas se prepara en las Antillas un licor perfumado, "eau de creole".

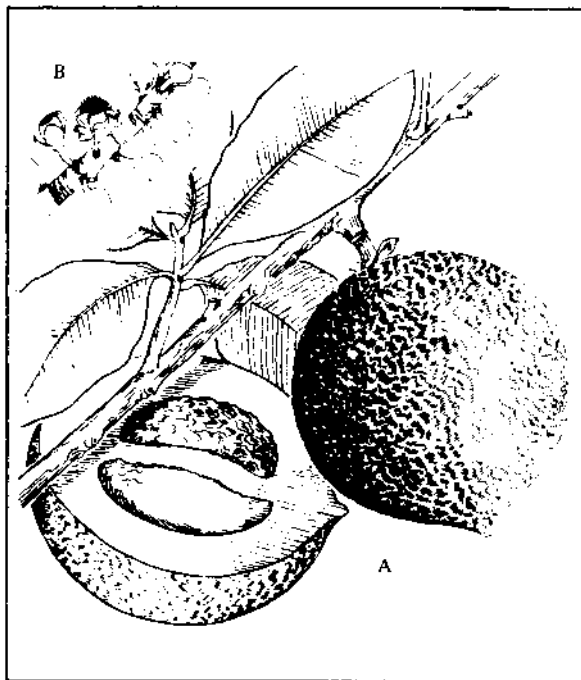


Fig. 12.6. *Mammea americana*. A, rama con fruto y corte longitudinal del fruto. B, ramilla con flores

El fruto es ovoide o elipsoidal, de ocho a 25 cm de largo, bien apiculado. La superficie es irregular y corchosa, de color castaño y recubierta de lenticelas. El epicarpo duro forma con la parte externa del mesocarpo una cáscara de tres a cuatro milímetros de espesor, rica en fibras y canales de resina. El mesocarpo, una masa amarilla o rojiza, dura y azucarada, se come crudo o se prepara en jaleas y conservas. En olor y sabor tienen un parecido lejano al albaricoque. Se compone de parénquima, con células largas y radiales y está atravesada por canales de resina: hay de una a cuatro semillas en posición radial.

BACURÍ, *Platonia esculenta* (*P. insignis*)

Platonia esculenta (Fig. 12.7) crece silvestre o cultivado en toda la hoya amazónica, donde se reproduce en abundancia por semillas o brotes de raíces. De porte cónico, alcanza unos 25 m de altura promedio; las hojas rómbicas son duras y brillantes. Las flores generalmente solitarias, tienen cuatro sépalos y cuatro a seis pétalos rosa-

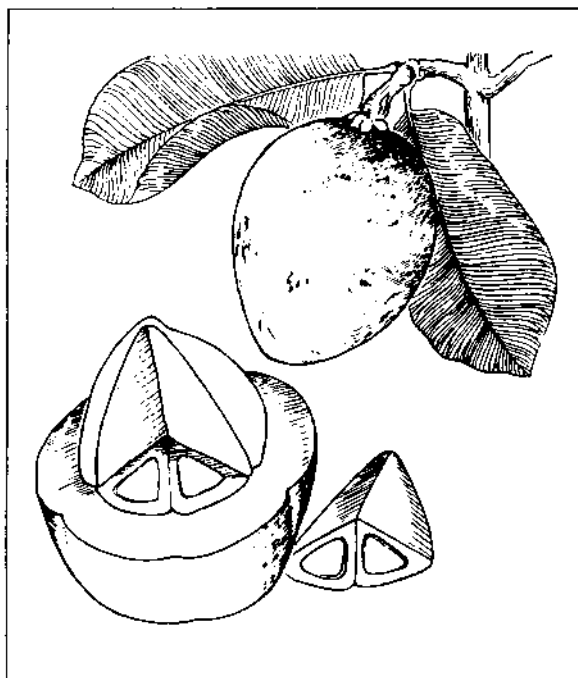


Fig. 12.7. *Platonia esculenta*. Rama fructífera y cortes del fruto y la semilla.

dos, muy atrayentes. El fruto es una baya ovoides o subglobosa, de seis a 12 cm de largo, con el mesocarpo o cáscara gruesa, de uno a dos centímetros de espesor, dura, verdosa, con látex irritante, que debe evitarse al comer el fruto fresco. La parte comestible es la pulpa, que rodea cuatro

a cinco semillas, blanca, jugosa y de sabor agradable; se come cruda o se prepara en refrescos y helados. Como en el mangostán, con frecuencia los óvulos que no se fertilizan forman gajos sin semillas que son preferidas para el consumo.

REFERENCIAS

- ALMEYDA, N. & F.W. MARTIN. 1976. Cultivation of neglected fruits with promise. L. The mangosteen. USDA. SRS-S 155.
- ARAUJO, F.D. 1995. A revision of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) an economically valuable species of the central Brazilian Cerrado. *Economic Botany* 49:40-48.
- BARUA, P.K. 1963. Classification of the tea plant. *Two and a bud* 10(3):3-10.
- CAVALCANTE, P.B. 1991. Frutas comestíveis da Amazonia. Pará, Museo Emilio Goeldi.
- ELLIS, R.T. 1995. Tea, *Camellia sinensis*. In Smartt, J. & N. W. Simmonds, ed. *Evolution of the crop plants*. London, Longman. (tea: p. 22-27).
- MOLLESWORTH ALLEN, B. 1967. *Malayan fruits*. Singapore, Donald Monroe Press.
- PRANCE, G.T. 1990. The genus *Caryocar* (Caryocaraceae): an underexploited tropical resource. *Advances in Economic Botany* 8:177-188.
- WILLSON, K.C. & M.N. CLIFFORD. ed. 1992. *Tea: cultivation and consumption*. London, Chapman & Hall.

13. MALVALES

TILIÁCEAS

Las Tiliáceas incluyen especies arbóreas o arbustivas, que contienen abundantes canales de mucílago y fibras en la corteza de los tallos.

El yute es la Tiliácea de mayor valor comercial por su fibra. En los trópicos hay unos pocos frutales de escasa importancia, como la falsa y el capulín.

YUTE, *Corchorus capsularis*

El yute es, después del algodón, la fibra más importante en el comercio mundial. Se usa principalmente en la elaboración de sacos para el transporte de azúcar, granos y otros productos de exportación; para ese propósito es la mejor por su suavidad, duración y resistencia.

La producción mundial de yute está centralizada en India y Bangladesh. En América tropical se produce cantidades apreciables únicamente en Brasil. El cultivo del yute en los trópicos americanos compete difícilmente con el asiático; su exigencia de mano de obra es muy alta y determina que el precio sea superior al del mercado internacional. Como en las otras fibras, la producción de yute disminuye debido al reemplazo por productos sintéticos.

El yute es producido por dos especies del género *Corchorus*: *C. capsularis* y *C. olitorius*. La primera es la que más se cultiva, tanto en América como en Asia; crecen en áreas tropicales de alta temperatura y humedad abundante y se desarrollan durante la estación lluviosa a temperaturas que varían de 20 a 45°C, con más de dos metros

de precipitación anual. Las dos pueden crecer en gran variedad de suelos, pero *C. capsularis* es de mayor resistencia a las inundaciones que *C. olitorius*.

El género *Corchorus* es de origen africano. Sin embargo, *C. capsularis* se supone que sea originario del sudeste de Asia y del archipiélago indomalayo. Es en India donde se encuentra la más amplia variabilidad y donde aún se halla tipos silvestres. De ese país el cultivo se extendió al norte hasta Japón y China y por algún tiempo se creyó que era nativo de éste último. En épocas recientes se le introdujo a los trópicos americanos.

Porte. El yute (Fig. 13.1A) en cultivo dura de tres a seis meses. El tallo central alcanza de 1.5 a cuatro metros de altura, se ramifica poco y es generalmente cilíndrico, verde o rojizo y lleva hojas y estípulas alternas. Las hojas ovado-oblongas miden de cinco a 12 cm de largo por dos a ocho centímetros de ancho; son acuminadas al ápice y finamente aserradas en los bordes. Un carácter notable son las prolongaciones basales de la lámina, en forma de apéndices finos y agudos que salen del último diente del borde, a cada lado de la hoja, cerca de la inserción del peciolo. La nervadura está constituida por tres a cinco nervios principales que salen de la base de la hoja y de numerosos nervios transversales. Las estípulas, lineales a elípticas, de 0.5 a dos centímetros de largo tienen en algunos tipos el ápice rojizo.

Las flores (Fig. 13.1B) aparecen en cimas extra-axilares en grupos de dos a cinco. Se forman de cinco sépalos verdes o coloreados; cinco pétalos libres, amarillos que constituyen una corola de más de un centímetro de ancho; de 20 a 30 estambres, y de un ovario de cinco carpelos con es-

tilo corto, dividido en una a tres ramas estigmáticas.

El fruto (Fig. 13.1C), una cápsula esférica, cóncava en el ápice, de uno a 1.5 cm de diámetro, caracterizada por las numerosas arrugas longitudinales. Contiene cinco lóculos, cada uno con dos filas de siete a 10 semillas por fila, sin divisiones transversales. Las semillas son pequeñas, de color castaño.

Fibras. Las fibras comerciales del yute se encuentran en la corteza y se derivan de la actividad del cambium. Un corte transversal del tallo (Fig. 13.1D) muestra que la corteza ocupa una fracción relativamente considerable del vástago. La mayor parte de éste, sin embargo, está ocupa-

da por el xilema o madera, que por lo común presenta varios anillos concéntricos de crecimiento y una médula bien desarrollada. En la corteza se encuentra de afuera hacia adentro, primero, una epidermis simple debajo de la cual hay una capa de parénquima cargada de cloroplastos, que da el color al tallo; sigue luego una zona de colénquima, de tres a seis células de espesor y otra de parénquima aproximadamente del mismo grosor junto a la cual se hallan las fibras.

En el yute la zona fibrosa aparece en forma de cuñas con la parte más ancha hacia el centro del tallo, formadas por hileras radiales de una a tres células de ancho, separadas por radios de parénquima aproximadamente de la misma anchura. Estas cuñas son mucho más anchas en la región inferior de la planta, donde tienen de 20 a 25 filas de fibras, mientras que hacia el ápice su número disminuye de 10 a 15 filas. Separando las cuñas de las fibras hay amplios espacios de parénquima. Las fibras que en corte transversal aparecen como capas alternas de esclereidas y parénquima, en corte longitudinal muestran que las primeras se unen formando una red y que entre las ramas de ésta quedan espacios de corte oval que son los ocupados por el parénquima, que van siendo más estrechos conforme se avanza hacia el cambium.

Las fibras individuales (Fig. 13.1E) son células de paredes gruesas que varían considerablemente de tamaño y forma. Las paredes se componen de depósitos compactos de celulosa que dejan al centro un espacio vacío, el lumen, de forma irregular. Las fibras miden de 0.5 a seis milímetros de largo y por lo tanto son más cortas que las del algodón o del lino y no pueden usarse en la elaboración de tejidos finos.

Cada fibra tiene sus propias paredes de modo que pueden separarse unas de otras y alcanzan el mayor grosor y mejor calidad física cuando la planta inicia la formación de los botones florales; después de este período se vuelven más duras y difíciles de separar.

Para obtener las fibras del yute se cortan los tallos y se dejan marchitar por varios días para que suelten las hojas; se sumergen luego en agua,

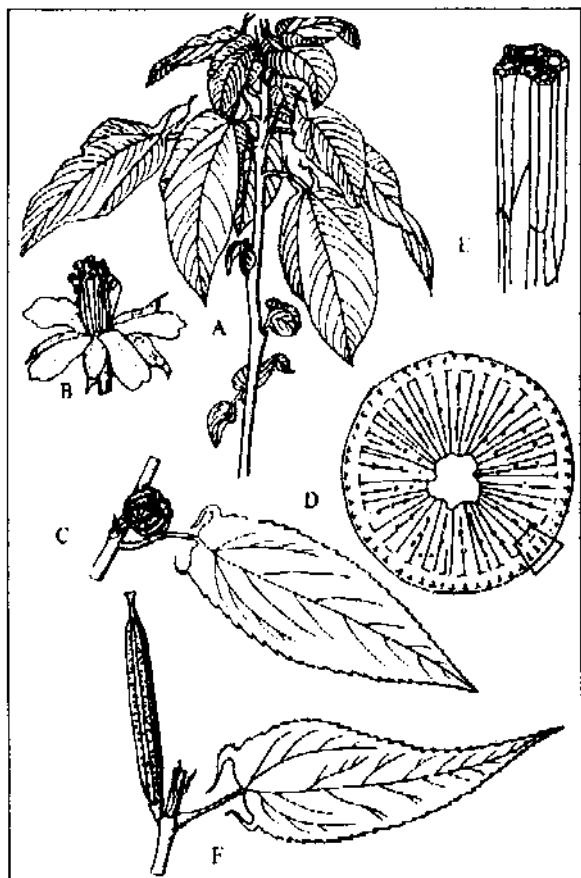


Fig. 13.1. *Corchorus capsularis*. A, porte. B, flor. C, fruto y hoja. D, corte transversal del tallo. E, fibras. F, *Corchorus olitorius*, fruto y hoja.

en la cual la acción de microorganismos descompone la mayor parte de los tejidos de la corteza, floema y parénquima, pero no las fibras que pueden así separarse fácilmente de la parte central y leñosa del tallo. Este proceso de descomposición, llamado enriado, varía según la edad y condición de la planta, temperatura del agua y otros factores. La fibra obtenida de *C. capsularis* da un yute duro, llamado en el comercio yute blanco.

Variabilidad. Como se ha indicado antes, la mayor variabilidad de esta especie se encuentra en India y Bangladesh y en esos países es donde se ha obtenido los mejores cultivares. La variabilidad es relativamente restringida pues se supone que *C. capsularis* es una especie altamente autofértil, no llegando la polinización cruzada a más del cinco por ciento. Las flores se abren en las primeras horas de la mañana y previamente a la antesis ya hay polen abundante dentro de los botones.

La variación más notable se presenta en la coloración, que puede variar desde plantas completamente verdes con pétalos amarillopálido, hasta tipos de tallos y follaje rojo y flores de color amarillo brillante. Entre estos dos extremos hay una serie de tipos intermedios. También presentan cierta variación en la forma del fruto, que puede ser esférico o alargado; en el porte de la planta: ramificada o simple y en algunos caracteres foliares. En India y Bangladesh se ha desarrollado tipos superiores por la calidad de las fibras, rendimiento, producción tempranera y resistencia a condiciones ambientales. Algunos de ellos, como 'J.R.C.212', reúnen condiciones de buena calidad de fibra, alto rendimiento y son relativamente tempraneros.

Para trabajos de selección se ha usado con éxito la formación de líneas puras, lo que se facilita por el tipo de la polinización de esta especie. Por este método se ha obtenido en India cultivares superiores y en Brasil algunos más adaptados a las condiciones de la llanura amazónica. Se ha recurrido también a la hibridación intervarietal y a cruzamientos interespecíficos entre *C. capsularis* y *C. olitorius*, los cuales se han realizado des-

pués de numerosos fracasos. También se ha obtenido poliploides artificiales cuyas fibras son más anchas, no tanto por el grosor de la pared como por el mayor espacio vacío en el centro.

Corchorus olitorius

El origen de esta especie es la región tropical de Africa, donde ha sido conocida en cultivo desde tiempos muy primitivos. Se extendió luego por Siria y Arabia hasta India y China; en varios de esos países se utiliza más bien como hortaliza que como fibrosa.

C. olitorius (Fig. 13.1F) es una planta herbácea, hasta de tres metros de alto, que dura de cuatro a cinco meses en cultivo. Los tallos son cilíndricos, verdes o rojo oscuro y generalmente ramificados. Las hojas oblongas, de siete a 18 cm de largo por cuatro a ocho centímetros de ancho, tienen el borde aserrado y hacia la base dos prolongaciones de los últimos dientes en forma de apéndices finos. Las estípulas, verdes o rojas en el ápice, miden de 0.5 a 1.5 cm de largo. Las inflorescencias en cimas de dos a cinco flores, generalmente extra axilares, llevan flores más grandes que en la especie anterior, midiendo de 10 a 15 mm de diámetro. Tienen cinco sépalos verdes o rojos y cinco pétalos amarillos, enteros o divididos. El número de estambres varía de 30 a 60. El pistilo está constituido por el ovario alargado, generalmente con cinco carpelos, que llevan óvulos en filas simples. El estigma es entero y globular. El fruto es una cápsula alargada, de seis a 10 cm de longitud por 0.5 a un centímetro de diámetro, con surcos longitudinales muy marcados. Las semillas son verdes y azuladas, grises o negras.

C. olitorius crece mejor en suelos bien drenados y tiene un sistema radical más desarrollado que *C. capsularis*. No existe mayor diferencia en la estructura del tallo, pero en esta especie las fibras son más finas y de color diferente, amarillas o rojizas. En su variación hay un paralelismo marcado con la especie anterior en la coloración,

hábito de crecimiento, desarrollo tardío o temprano. Algunos cultivares se utilizan únicamente por el follaje tierno, que se consume cocido como verdura. El número de cultivares para fibra es mucho menor que en *C. capsularis* y algunos de ellos se distinguen por su resistencia al marchitamiento de origen fungoso.

FALSA, *Grewia asiatica*

Por su sabor agrídulce, los frutos de esta especie se utilizan en la preparación de refrescos. *Grewia asiatica* (Fig. 13.2) es originaria de India. Es un arbusto hasta de tres metros de alto, a menudo formado por vástagos largos que no se ramifican. En cultivo se poda continuamente, pues los frutos aparecen en el crecimiento nuevo. Las hojas circulares, de tres a nueve centímetros de largo, tienen los bordes finamente dentados y el ápice apiculado. Presentan la nervadura típica de las Tiliáceas, con tres a cinco nervios principales que salen de la inserción del peciolo y la pubescencia formada de pelos estrellados, que es característica de esta familia.

Las flores de sépalos verdosos y pubescentes y corola amarilla de dos centímetros de largo, nacen en las axilas de las hojas; el conjunto de estambres y pistilo sobresale del resto de la flor.

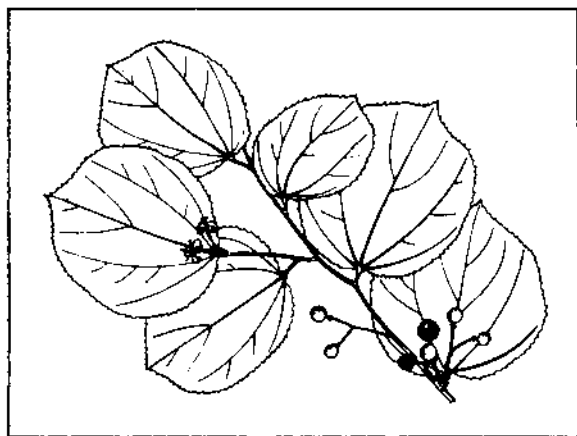


Fig. 13.2. *Grewia asiatica*.

Los frutos esféricos de color azul oscuro en la madurez, de cerca de un centímetro de diámetro, tienen pulpa subácida que rodea una o dos semillas grandes.

CAPULÍN, CALABURA, *Muntingia calabura*

Muntingia calabura, árbol bajo y ramificado, es considerado como un frutal menor, de amplia distribución en América tropical. Las hojas oblongas, asimétricas en la base y agudas en el ápice, con bordes dentados, miden de seis a 12 cm de largo por dos a cuatro centímetros de ancho; el lado superior es verde oscuro, el inferior grisáceo.

Las flores nacen solitarias o en grupos de dos y tres, en las axilas de las hojas; el cáliz se compone de cinco sépalos y la corola de otros tantos pétalos, blancos y muy delgados. Hay muchos estambres y un pistilo con estigma esférico. El fruto es una baya globosa, de 10 a 12 mm de diámetro, con la cáscara roja o amarilla, y la pulpa amarillenta, muy dulce, con numerosas semillas negras y pequeñas. En cultivo se ha seleccionado tipos superiores por el tamaño del fruto.

Además de los frutos se aprovecha en esta planta las fibras del tronco y la madera, que es liviana y dura aunque poco resistente. *Muntingia calabura* ha sido incluida a veces en la familia de las Eleocarpáceas, muy afín a las Tiliáceas, y recientemente en una familia separada, Muntingiáceas.

ESTERCULIÁCEAS

La familia de las Esterculiáceas incluye especies principalmente tropicales, herbáceas o leñosas, caracterizadas por flores en que los cinco estambres están unidos por la base y en varias especies alternan con otros tantos estaminodios. Dos Esterculiáceas: cacao y cola, son de importancia económica por los principios estimulantes contenidos en las semillas.

CACAO, *Theobroma cacao* L.

El cacao es un cultivo estrictamente tropical, pero que se elabora y consume más en regiones templadas. Su uso principal como bebida estimulante por su contenido de teobromina y trazas de cafeína, se ha cambiado a su consumo como alimento energético (chocolates). La grasa es un subproducto importante en la preparación de cosméticos y productos farmacéuticos. Las áreas principales de producción son África Occidental, Brasil y Malasia.

Origen y dispersión. Como la mayoría de las especies de *Theobroma*, el cacao parece ser originario de la sección oriental de la Amazonia, y haberse expandido naturalmente hasta el sur de México. Esta norma de distribución es común a muchas especies amazónicas. Dentro del área de distribución se han encontrado poblaciones supuestamente silvestres, pero en varios de esos casos no ha podido esclarecerse si no tuvieron relación con asentamientos humanos antiguos.

La evidencia actualmente disponible muestra que el cacao se domesticó en el extremo norte de su expansión natural. Parece ser uno de los casos señalados por Vavilov de que en los bordes de la distribución de una especie, se presentan genes recesivos de valor para la domesticación. Hay pruebas arqueológicas en Mesoamérica: representaciones del árbol o del fruto en cerámica, piedra, jade, estuco o murales precolombinos. Recientemente se ha encontrado en una vasija maya del período Clásico Temprano (250-600 a.C.), una sustancia similar al chocolate. Las pruebas históricas son más abundantes; relatos de conquistadores y viajeros, representaciones en códices posthispánicos, relaciones geográficas, en que se describe en detalle la planta, prácticas de cultivo, tecnología de la preparación del chocolate. Los términos cacao y chocolate derivan del nahuatl.

La domesticación pudo hacerse primeramente, por la pulpa que rodea las semillas, succulenta y ligeramente azucarada, que se chupa, descartando la semilla. Este uso primitivo estu-

vo muy extendido y era el único que tenía el cacao en América del Sur antes de la llegada de los Europeos, pero no existe evidencia de que se practicara en Mesoamérica. En esta región hay dos tipos de cacao, Criollo y Lagarto, con frutos de cáscara delgada y suave y semillas grandes de alta calidad, que pudieran ser las que se domesticaron primeramente.

La evidencia histórica prueba que la expansión precolombina del cultivo del cacao hacia el sur, no pasó de la frontera actual entre Costa Rica y Panamá. Como muy pronto después del Descubrimiento se conoció el valor comercial del cacao, el cultivo se expandió primero a Venezuela, posiblemente con semillas de Criollo de Mesoamérica, en las primeras décadas del siglo XVI. Al mismo tiempo, los españoles identificaron el cacao local en Colombia, que los indios chupaban por la pulpa y descartaban las semillas. Estas fueron pronto un artículo de comercio y material de siembra. Los tipos locales se cruzaron con los Criollos y formaron poblaciones híbridas que reemplazaron a los últimos, especialmente por su mayor resistencia a enfermedades.

El cacao fue llevado a Filipinas de México a mediados del siglo XVII, y a fines del siglo siguiente ya se había extendido a India y Java. Hacia 1830 se introdujo a Sri Lanka de Trinidad, extendiéndose después por el SE de Asia, África Oriental y Oceanía.

A África se introdujo de Venezuela a Fernando Po en el siglo XVII y hubo varias introducciones a esa isla y a Príncipe en el siglo XIX. De esas islas el cacao pasó al continente y se expandió en el siglo XX para formar la región de mayor producción en el Mundo (Costa de Marfil, Gana, Nigeria).

Porte. El cacao es un árbol que presenta como otras especies tropicales un marcado dimorfismo de ramas (Fig. 13.3B). En una planta proveniente de semilla hay un solo eje vertical, que al alcanzar de uno a 1.5 m de altura detiene el crecimiento apical y emite en la parte superior de tres a cinco ramas laterales. Estas brotan de yemas tan juntas que parecieran salir del mismo

plano y forman lo que se llama una "horqueta"; en realidad corresponden a nudos distintos, cuyo nivel de separación es muy corto. Las ramas laterales o plagiotrópicas se ramifican profusamente. Para continuar el crecimiento vertical brota debajo de la horqueta una yema, rara vez dos o tres, que se desarrolla en otro tallo ortotrópico a cuyo extremo se detiene de nuevo el crecimiento apical; se forma un nuevo piso de horqueta y continúa así el proceso. En las plantas viejas no se advierte este crecimiento simpodial pues el engrosamiento del tronco y el desarrollo asimétrico de las ramas impiden observar las diversas etapas de la ramificación vertical.

La diferencia entre ramas verticales u ortotrópicas y laterales o plagiotrópicas se observan mejor en la filotaxia. En los troncos verticales las hojas brotan en un orden de $3/8$, mientras que en las ramas laterales son dísticas, o sea de $1/2$. También se observa esa diferencia al propagar árboles de cacao por estacas enraizadas; si éstas se obtienen de ramillas laterales se forma una planta en abanico, sin eje central, con varias ramas primarias que crecen en ángulo agudo. Si se siembra un eje vertical se obtiene una planta normal, semejante a las que crecen de semilla.

Los brotes verticales, llamados "chupones", nacen tanto en las plantas propagadas por estacas como por semilla. Con frecuencia en la base de troncos viejos también aparecen, y por tener primordios de raíces pueden formar un sistema radical propio y crecen independientemente del árbol original. En las plantaciones las podas sucesivas afectan por completo la armazón original del árbol, tendiendo a mantenerlo bajo y de copa abierta, promoviendo la formación de ramas fructíferas y eliminando los chupones.

El desarrollo de las yemas nuevas, que formarán las ramillas laterales, puede ocurrir dos o más veces al año, haciéndose notar por el color del follaje nuevo. Su inicio está condicionado a que se presenten diferencias amplias entre las temperaturas máximas y mínimas de unos 10°C , durante ciertos períodos del año.

Raíces. El tipo de sistema radical depende también de la clase de propagación. En una planta proveniente de semilla hay una raíz principal o pivotante, que alcanza hasta dos metros de longitud, y varias raíces axiales, que se ramifican superficialmente y miden hasta cinco metros de largo. Las raicillas alimentadoras proliferan cerca de la superficie hasta dos metros de profundidad y forman una masa compacta..

En las plantas de propagación clonal no hay raíz pivotante sino varias principales y la mayor cantidad de raicillas alimentadoras se encuentra también cerca de la superficie.

Tallo. No se puede determinar diferencias de estructura entre ramas ortotrópicas y plagiotrópicas, excepto en lo que concierne a la posición de las hojas. En un tronco desarrollado la madera o xilema secundario ocupa el mayor volumen; se forma principalmente de esclereidas en filas radiales, entre las que se distingue grupos de vasos más grandes y parénquima. Al centro hay una médula, vacía a menudo en los árboles viejos. La corteza se compone de tejidos corticales y floema. Los primeros continúan activos aun en los troncos viejos y están limitados hacia afuera por capas corchosas. El floema está constituido por capas alternas de fibras y de vasos cribosos, parénquima y células anexas. En corte transversal estos tejidos aparecen en forma de cuñas, con la parte más angosta hacia el centro del tronco; entre estas cuñas hay radios anchos de parénquima. En la corteza son muy comunes los canales de mucílago.

Hojas. En el cacao no hay diferencias de forma entre las hojas que brotan de ramas ortotrópicas y plagiotrópicas, excepto en la longitud del peciolo, que es mayor en las primeras; el peciolo tiene dos pulvinos, uno en la inserción del tallo y otro inmediatamente debajo de la lámina. Estas estructuras carnosas se componen de tejidos corticales, con parénquima cargado de granos de almidón. El tejido cortical es más grueso en el pulvino basal hacia el lado externo, mientras que en el superior ocurre lo contrario y en ambos presenta arrugas transversales. Las diferencias de

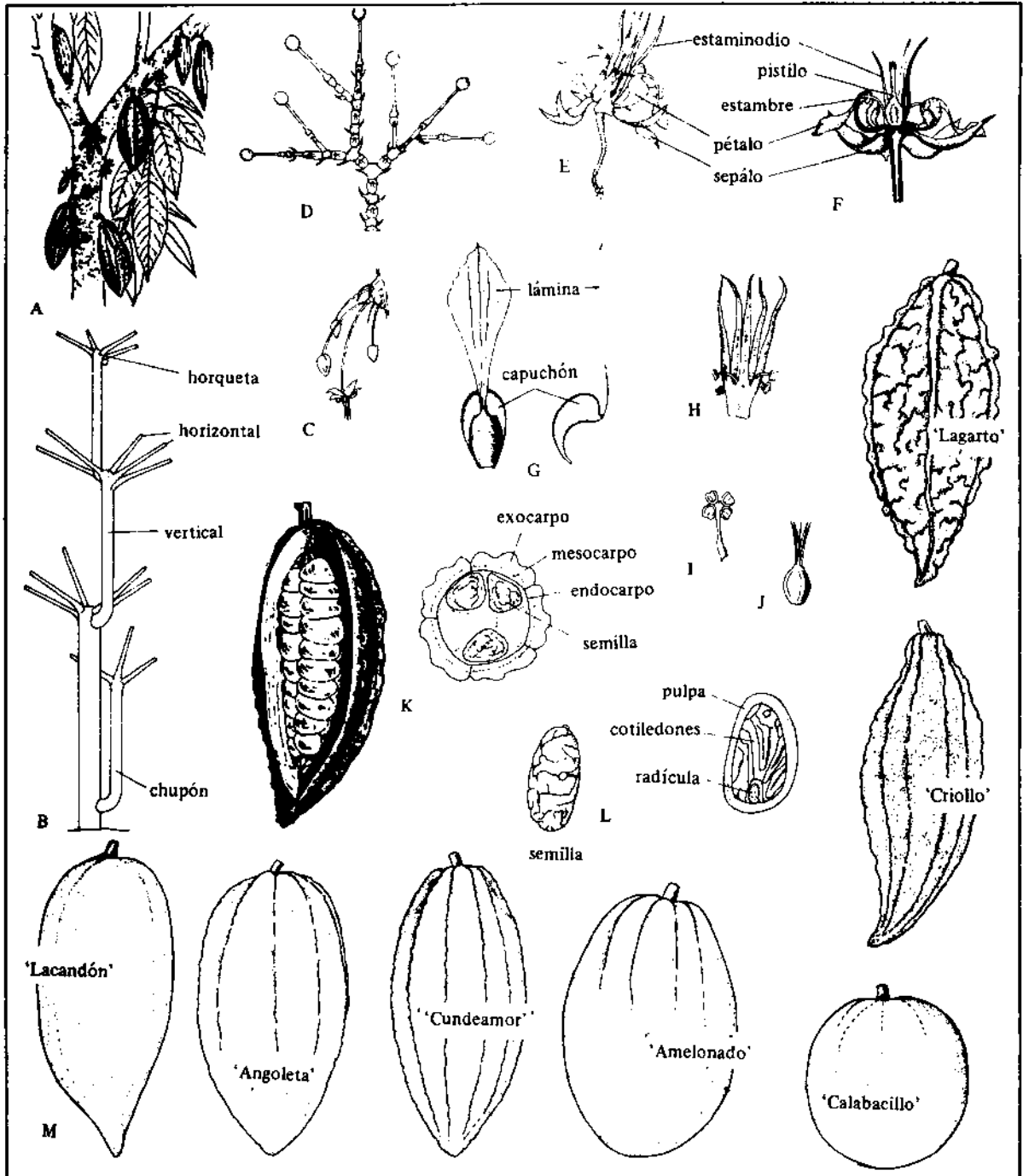


Fig. 13.3. *Theobroma cacao*. A, porte. B, dimorfismo de ramas. C, cojín floral. D, esquema de un cojín. E, flor. F, corte longitudinal de la flor. G, pétalo. H, tubo estaminal. I, estambre. J, pistilo. K, fruto en corte longitudinal y transversal. L, semilla y corte longitudinal. M, frutos de diversos orígenes y formas.

estructura en los pulvinos permiten a la hoja colocarse en diferentes planos, según la cantidad de luz requerida.

La lámina, oblonga a lanceolado-oblonga, mide de 10 a 20 cm de largo por cinco a 12 cm de ancho; tiene el ápice muy acuminado y el margen entero y ondulado. La superficie en ambas caras es lisa, brillante y de color verde más oscuro en la superior. Los nervios laterales primarios son pocos y prominentes en el lado inferior.

Inflorescencia. La estructura y posición de las inflorescencias son los caracteres más notables del cacao. Las inflorescencias o cojines aparecen sólo en el tronco y ramas principales, fenómeno denominado caulifloria, que se presenta en numerosas especies tropicales; los cojines ocupan posiciones axilares a las hojas. En los troncos, y por la distorsión debida al crecimiento, no es posible situarlos según la filotaxia pero en estudios detallados se ha probado que tienen una distribución en espirales siguiendo el orden de $3/8$. En las ramas jóvenes aparecen una vez que las hojas se han caído y es más fácil determinar su carácter axilar.

Un cojín sencillo (Fig. 13.3C) consiste de una base ancha, que es una ramilla de entrenudos acortados considerablemente, con los nudos marcados por brácteas pequeñas y caedizas. Se divide en el ápice en dos ramas, una de las cuales termina en dos pedicelos florales y la otra no se desarrolla. Con frecuencia una de las flores crece más rápido que la otra y pareciera que la segunda fuera una rama de la primera. La ramilla que no se desarrolla aparece también como una ramificación de la principal. La inflorescencia es pues un dicasio (Fig. 13.3D) y el cojín una ramilla de entrenudos acortados.

En casos anormales, en la enfermedad de los cojines llamada "buba", las ramillas se elongan y dividen regularmente en dos y se conoce casos en que aparecen hojas; por lo general los cojines son inflorescencias más complejas, o sea que se forman de numerosas ramificaciones juntas. En estos casos, especialmente cuando brotan de los troncos viejos, el cojín está cubierto al principio

por tejidos corticales por los cuales se abren paso las inflorescencias. Estas pueden tener una ramificación dicotómica tan comprimida que aparentemente de la base salen tres o más flores, o se ramifican una, dos y tres veces. Sin embargo, el estudio anatómico muestra que en todos los casos la ramificación del haz vascular que corre por el centro de las inflorescencias es dicotómico. El cojín puede alcanzar dimensiones considerables, apareciendo como masas hemisféricas de dos o tres centímetros de diámetro. No es raro que un cojín forme sucesivamente hasta 20 ó 60 flores. Hay varias especies de insectos que viven en las grietas de los cojines y que parecen tener algún papel en la polinización.

Flor. La flor individual tiene un pedicelo largo y fino, de uno a 1.5 cm de longitud (Fig. 13.3E). Al final hay tres o siete, normalmente cinco sépalos agudos y rosados, de seis a ocho milímetros de largo, pubescentes, que en la flor abierta se expanden formando ángulo recto con el peciolo (Fig. 13.3F). La corola consiste de cinco pétalos blancos, de seis a ocho milímetros de largo (Fig. 13.3G), formados por una base cóncava en forma de concha y por una lígula triangular, muy delgada en la base, ancha y cóncava hacia el ápice. El centro de la flor lo ocupa el tubo estaminal (Fig. 13.3H), compuesto por cinco estambres fértiles, cortos y doblados hacia afuera, cada uno encerrado en la concha de un pétalo, y de cinco estaminodios internos, agudos y largos, de posición erecta. Los estambres fértiles (Fig. 13.3I) tienen dos anteras con dos sacos polínicos cada una. Los estaminodios, de color pardo y pubescentes, de cinco a seis milímetros de largo, aristados y pilosos, rodean al pistilo. El ovario (Fig. 13.3J) es un cuerpo ovoide, súpero, con cinco celdas y placentación central, con 30 a 50 óvulos. El estilo cilíndrico y blanco, de dos a tres milímetros de largo, se abre arriba en cinco ramas estigmáticas, algunas de las cuales permanecen con frecuencia soldadas.

Biología floral. Del gran número de flores que produce el cacao menos del cinco por ciento es fecundado y llega a dar fruto, lo que se debe a

dos factores: primero es muy frecuente que la planta sea autoincompatible y por lo tanto necesita de polen extraño para su fecundación; segundo, los mecanismos de polinización son muy poco eficientes. Esto último depende de los agentes de transmisión del polen, la estructura de la flor y su biología.

Las flores del cacao se comienzan a abrir por la tarde y en las primeras horas de la mañana siguiente emiten polen y presentan estilos receptivos, pero la estructura de la flor parece impedir la autopolinización, pues las anteras recurvadas hacia afuera están rodeadas por las conchas de los pétalos y separadas del pistilo por los estaminodios. Además, el polen es pegajoso, por lo que la polinización por el viento no puede ocurrir normalmente. Son entonces ciertos insectos diminutos, áfidos y otros, los que al andar por las flores pueden recoger el polen y depositarlo en los estigmas, sea de la misma flor, sea en otras del mismo árbol o llevarlo a otra planta. Las flores que no han sido fertilizadas caen al segundo o tercer día; en las que han sido fecundadas se desprenden los sépalos, pétalos y estambres y el ovario inicia su crecimiento. Muchos de los ovarios fecundados caen por diversas causas y sólo un porcentaje muy bajo llega a la maduración.

En cacao hay un mecanismo de autoincompatibilidad que determina que en ciertas plantas o poblaciones, el polen propio forme tubos polínicos que no alcanzan a fecundar los óvulos. La incompatibilidad puede ser parcial o total. Los cacaos Trinitarios son en su mayor número, autoincompatibles, pero se fecundan con polen de árboles compatibles. Los Amazónicos son también autoincompatibles en su área de origen, pero conforme se alejan de ella, disminuye el grado de incompatibilidad. Los Amelonados, al contrario, son todos autocompatibles. Estas diferencias hacen necesario tener en una plantación, árboles con distintas clases de compatibilidad.

Fruto. El fruto del cacao, llamado comúnmente "mazorca", es una drupa grande (Fig. 13.3K) sostenida por un pedúnculo fuerte. La forma varía considerablemente y ha sido el carácter que ha servido de base para agrupar las poblaciones dentro de la especie.

La drupa es generalmente elipsoidal, pero hay fusiformes hasta esféricas; tiene cinco prominencias longitudinales principales, que en algunos cultivares se presentan como aristas salientes. En la mayoría de los frutos hay otras cinco prominencias secundarias, alternando con las primarias, a veces igualmente desarrolladas, de modo que el fruto presenta 10 aristas regulares que son más marcadas en 'Criollo' y 'Cundeamor', menos en 'Amelonado' y casi nulas en 'Calabacillo'. La base puede ser estrecha, como en 'Criollo', 'Lagarto' y 'Angoleta', redonda en 'Amelonado' y 'Calabacillo'. Los colores básicos del fruto maduro son amarillo claro o rojo oscuro.

En corte transversal se distinguen en la cáscara del fruto primero el exocarpo, grueso y carnoso, luego el mesocarpo como una capa muy angosta y dura y el endocarpo, suave y cuyo grosor varía según el cultivar. El exocarpo está formado de epidermis con muchos estomas; debajo están unas 12 capas de parénquima en que hay estratos con pigmentos y grupos de cristales de oxalato de calcio; la parte central del exocarpo se compone de parénquima lacunoso e incoloro, recorrido por canales de mucilago y haces vasculares. El mesocarpo es duro y angosto, formado de esclerénquima. El endocarpo se compone de parénquima más compacto con haces vasculares; la epidermis interna es fuerte y lisa.

Semilla. La fruta del cacao contiene de 10 a 50 semillas o "almendras", colocadas en filas sobre una placenta central (Fig. 13.3L); su número, tamaño y forma son características varietales. Las semillas son cuerpos aplanados y elipsoidales, de dos a cuatro centímetros de largo, rodeados por la pulpa, blanca y azucarada, compuesta principalmente por parénquima y recorrido por haces vasculares y canales de mucilago. La testa o envoltura es gruesa y coriácea con la cutícula dura, debajo de la cual hay una capa de parénquima y otra de esclerénquima, y un estrato delgado que representa el integumento interno. El embrión se forma de dos grandes cotiledones que encierran una plúmula pequeña; el endos-

perma está reducido a una película muy fina que recubre los cotiledones y se conoce corrientemente con el nombre de "alas de abeja". Los cotiledones son rumiados, es decir que se repliegan sobre ellos mismos formando una masa dividida.

Las sustancias que se encuentran en los cotiledones son las que constituyen el producto comercial y las más abundantes son grasas, que forman del 20 al 50% de la semilla. Los pigmentos colorantes de tonos morados que caracterizan ciertas poblaciones como los 'Calabacillos' y están ausentes en otras como los 'Criollos', se hallan rellenoando numerosas celdas en todo el cotiledón. En el parénquima de los cotiledones residen los principios estimulantes, teobromina y cafeína, en porcentajes de uno y 0.5% respectivamente. Las semillas contienen también apreciable cantidad de almidón, proteínas entre 10 y 12% del peso, fibras, agua y otras sustancias.

Diversidad. La diversidad de las poblaciones cultivadas de cacao es tan amplia que antes se consideraba que incluía tres especies distintas: *T. cacao*, los cacaos Criollos, *T. pentagona*, cacao Lagarto, y *T. leiocarpa*, cacao Calabacillo.

La diversidad es más evidente en caracteres del fruto: forma, relieve de la superficie, color. También la forma de la semilla y el color de los cotiledones, y en menor grado, en caracteres del porte, follaje y flores. Menos visibles, pero de gran importancia económica, son las diferencias en susceptibilidad a enfermedades fungosas.

Los cacaos Criollos se caracterizan por los frutos alargados, con diez surcos bien marcados, superficie verrucosa, ápice agudo; las semillas gruesas tienen cotiledones blancos. Se cultivaron primeramente en Mesoamérica, donde ya son muy raros. Introducidos a América del Sur, se cruzaron con poblaciones locales dando origen al grupo Trinitario. Quedan algunas poblaciones puras, aisladas, como el "Porcelana", de Venezuela, que produce el cacao de mejor calidad en el mundo.

Los Pentagona o Lagarto, tienen el fruto más distinto de toda la especie; elongado, con cinco costillas muy marcadas, superficie muy verrucosa, semillas grandes con cotiledones blancos. Es ya muy raro; en México se seleccionaron clones de frutos rojos. En Centro América se encuentran poblaciones posiblemente híbridas con Criollo.

En América del Sur hay poblaciones homogéneas, como el 'Nacional' de Ecuador, 'Pajarito' de Colombia, 'Común' de Brasil, cuyo cultivo está limitado a áreas pequeñas y en proceso de desaparecer. En esta misma situación están cultivares que los agricultores distinguen por la forma del fruto. Entre ellos, 'Angoleta', de fruto alargado, con diez surcos bien marcados, superficie verrucosa, cotiledones morado pálido; 'Cundeamor', distinguible por tener la base en forma de cuello de botella, surcos poco marcados, semillas moradas; 'Amelonados', autocompatibles, con frutos elipsoidales casi lisos, y 'Calabacillos', de frutos ovoides o casi esféricos, con semillas moradas que dan el cacao de inferior calidad.

La mayor área en América del Sur está ocupada por los llamados Trinitarios, supuestamente descendientes de cruces entre los Criollos introducidos de Mesoamérica, y las poblaciones locales llamadas Forasteros.

Las clasificaciones anteriores de los cacaos de América del Sur son obsoletas, ya que las plantaciones comerciales se hacen con semilla híbrida o con clones propagados por estacas enraizadas o injertos, en ambos casos seleccionados de plantas individuales superiores.

Finalmente, están las llamadas poblaciones silvestres, que se han encontrado en la Amazonia Occidental, Belice, México, Suriname. Los cacaos amazónicos y el 'Lacandón' de México, parecen ser parte de la vegetación natural. Otros pudieran ser descendientes de siembras antiguas. En Ecuador se han encontrado tipos muy interesantes por los frutos cortos, surcados y muy verrucosos.

CUPUASSÚ, *Theobroma grandiflorum*

Crece silvestre y cultivado en la hoya amazónica; se le utiliza por la pulpa, dulce y aromática, en la preparación de refrescos y helados.

En *Theobroma grandiflorum* (Fig. 13.4) el tronco central alcanza hasta 10 m de alto; las ramas secundarias llevan en los extremos flores rojizas, más grandes que las del cacao. Los frutos elipsoidales, de 10 a 25 cm de largo, cubiertos de pubescencia ferrugínea, se desprenden en la madurez y el pericarpo leñoso los protege en la caída.

Aunque el producto es muy apreciado, *T. grandiflorum* es destruido a menudo por ser huésped de enfermedades del cacao, como la "escoba de bruja"

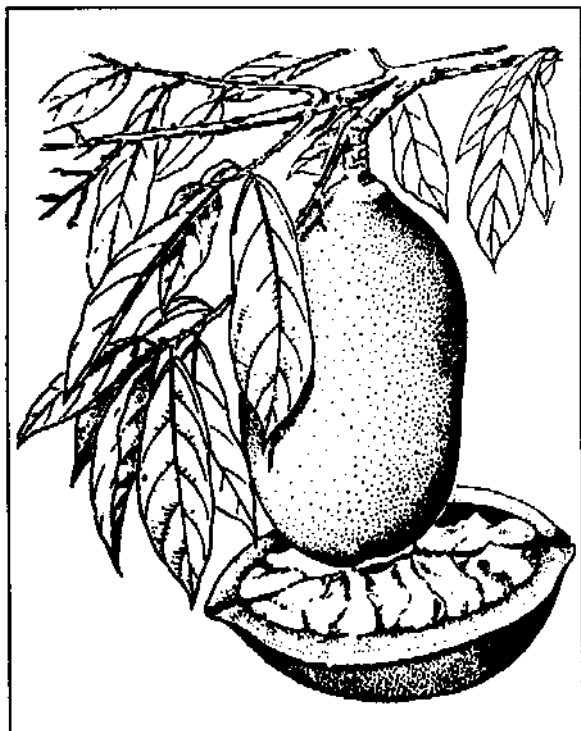


Fig. 13.4. *Theobroma grandiflorum*, cupuassú.

PATASTE, *Theobroma bicolor*

Crece espontáneo desde México a Brasil. En América Central se le cultiva por las semillas, que mezcladas con azúcar y achiote se preparan en dulces. También se consume en bebidas frías y calientes. *T. bicolor* es un árbol bajo de ramificación dimórfica. Los frutos elipsoidales, de 10 a 20 cm de largo, con el pericarpo grueso y duro, cubierto de reticulaciones, nacen en el extremo de las ramas plagiotrópicas.

KOLA, *Cola nitida*, *C. acuminata*

Las semillas o "nueces" de *Cola nitida*, *C. acuminata* y otros congéneres, han sido utilizadas como masticatorios en Africa Occidental por sus propiedades estimulantes y constituyen un producto importante en el mercado regional. Cuando se descubrió sus principios estimulantes: cafeína, teobromina y otros, su uso se extendió a la preparación de bebidas y medicinas, pero ha disminuido considerablemente en las últimas décadas; el producto comercial para estos fines viene de Brasil y Jamaica, donde *C. acuminata* ha sido introducida.

Cola nitida (Fig. 13.5) crece espontánea y cultivada de Sierra Leona a Dahomey. En cultivo es un árbol bajo, de menos de 10 m de alto, con ramas laterales delgadas que, como en el cacao, se elongan en varios períodos definidos al año. Las hojas obovadas a elípticas, de 10 a 20 cm de largo, lustrosas y duras, tienen en el peciolo dos pulvinos, uno basal y otro en la inserción de la lámina. Las flores brotan en el crecimiento nuevo, en la parte terminal de las ramillas. Los árboles son heterógamos, con panículas de 12 a 15 flores, todas estaminadas o hermafroditas, aunque a veces hay panículas con las dos clases de flores. La tendencia en el crecimiento nuevo es a que las inflorescencias en la parte inferior sean predominantemente hermafroditas. El perianto es simple, corrientemente de dos a cinco centímetros de ancho en las flores hermafroditas, y alrededor

de dos centímetros en las estaminadas. Se forma de cinco sépalos unidos en la base, amarillentos, con tres líneas longitudinales purpúreas. Los cinco estambres están insertos en una columna muy corta, pareciendo ser casi sésiles sobre la base del perianto; cada estambre lleva dos pares de anteras. El gineceo se compone de cinco carpelos, cada uno con numerosos óvulos. En las flores hermafroditas no hay formación de polen y el porcentaje de fructificación es muy bajo.

El fruto se forma de cinco folículos unidos por la base y sostenidos de la rama por un pedúnculo fuerte. Crecen en posición horizontal y alcanzan de siete a 14 cm de largo por cuatro a siete centímetros de ancho. Tienen la cáscara dura, verde y verrucosa. Se abren en la madurez por una sutura ventral que forma una quilla prominente, y contienen hasta 10 semillas o "nueces de kola", en dos filas longitudinales. La testa suave, blanca y azucarada, desaparece pronto y deja sólo el embrión, formado principalmente por dos cotiledones; en esta especie es común la poliembrionia. El embrión o "nuez" varía considerablemente de tamaño y peso, según su posición en el folículo, alcanzando hasta cinco centímetros de largo; su color varía de blanco a rojo-oscuro, este último dominante. Los principios estimulantes, especialmente cafeína, de dos a tres por ciento, están contenidos en las capas subepidérmicas de las semillas.

Cola acuminata, que crece de Nigeria a Gabón, es una fuente secundaria de nueces de kola. Es un árbol bajo con el follaje concentrado en el ápice de las ramas, con folículos de superficie áspera y color oliva a café claro. De especies silvestres de *Cola* se obtiene las llamadas "kolas falsas", que a menudo se mezclan con las nueces de *C. nitida*.

BOMBACÁCEAS

La familia de las Bombacáceas es estrictamente tropical. Son árboles de tronco grueso, hojas caedizas y flores grandes y vistosas que a menudo salen del tronco o de las ramas viejas.

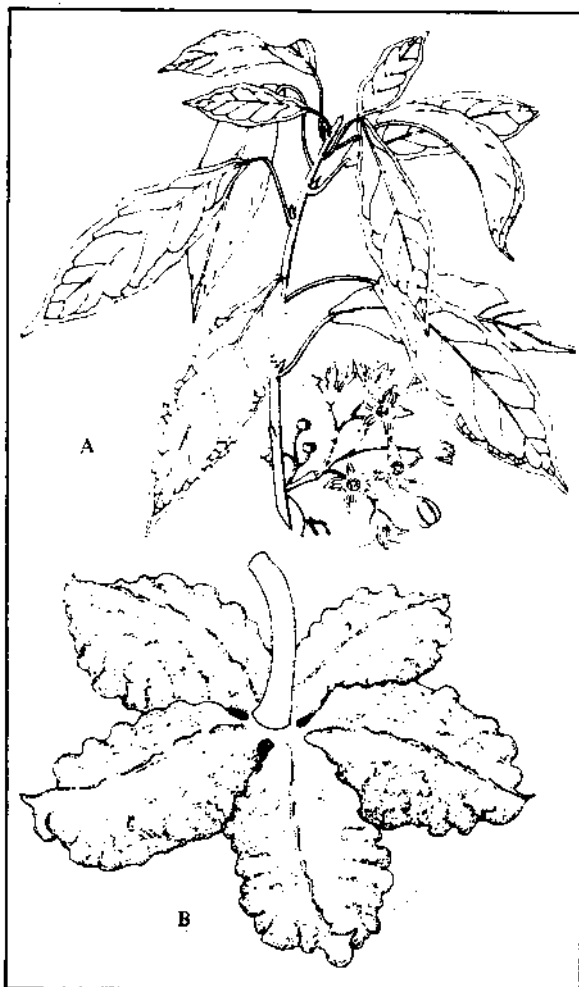


Fig. 13.5. *Cola nitida*. A, rama florífera. B, fruto.

Hay por lo común cinco sépalos y cinco pétalos y los estambres, pocos o numerosos, están soldados en un tubo.

En esta familia hay especies útiles por las fibras del fruto o por la pulpa o arilos comestibles de los frutos.

KAPOK, *Ceiba pentandra*

Ceiba pentandra crece naturalmente en América tropical y el oeste de África. Para explicar esta distribución tan anómala, hay dos teorías.

Según la primera, esta especie existía en una área que fue posteriormente dividida por el Océano Atlántico al separarse Africa de América del Sur. Según otra teoría, pudo llegar de América del Sur, a Africa, pues los frutos o semillas, pueden flotar por largo tiempo. A las poblaciones originales, americanas o africanas, se las agrupa en la variedad *caribaea*. En Africa, en áreas secas, se originó una variedad, *guianensis*, de porte bajo, ramificado, hojas anchas, fibras del fruto grisáceas. Híbridos entre estas dos variedades formaron en Africa una tercera, *indica*, de la cual se obtiene el kapok comercial. Es un árbol bajo con o sin espinas, de frutos indehiscentes con fibra blanca. Estos dos últimos caracteres fueron de valor especial para la domesticación y el cultivo, que se iniciaron en Africa, de donde pasó a India

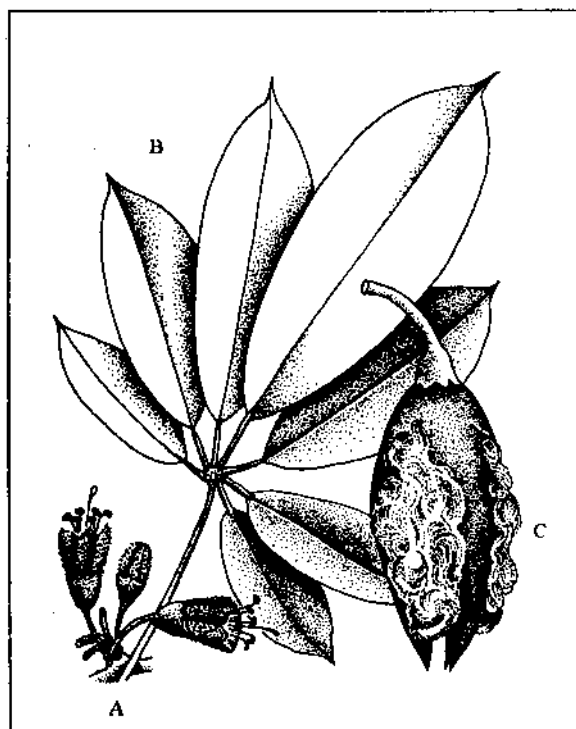


Fig. 13.6. *Ceiba pentandra*, A, flor. B, hoja. C, fruto.

y al SE de Asia. En esta última región, especialmente en Indonesia, se desarrolló la producción comercial.

Ceiba pentandra es un árbol hasta de 20 m de alto, con tronco liso o provisto de espinas cortas y duras.

Las hojas palmeadas (Fig. 13.6), con cinco a 15 folíolos de seis a 18 cm de largo, aparecen antes o al inicio de la estación lluviosa y duran menos de un año. Al iniciarse la estación seca el árbol está desprovisto de follaje y es entonces cuando se inicia la floración.

Las flores salen en grandes racimos al final de las ramillas y miden unos tres centímetros de largo. El cáliz en forma de tubo se divide en cinco dientes. La corola se compone de cinco pétalos separados, blancos y muy pubescentes en el lado externo. Los cinco estambres están unidos en la base en un tubo corto y llevan anteras grandes e irregulares. El estilo en todas las flores de un árbol es tan largo o mayor que los estambres. El carácter que determina estilos más largos es dominante. El ovario súpero es de cinco celdas con óvulos numerosos.

El fruto es una cápsula elipsoidal, marcadamente apiculada, colgante, de 12 a 16 cm de largo por cinco centímetros de diámetro, que se abre por el ápice y contiene cinco celdas llenas de fibras y semillas. Las fibras se originan de las paredes del fruto, no de la testa de la semilla como ocurre en el algodón. Son blancas, unicelulares, cilíndricas y agudas al ápice y miden de 10 a 30 mm de largo. No se aplanan ni arrollan como las del algodón y por eso pueden flotar en el agua ya que sus paredes repelen ese líquido; se les usa para relleno de flotadores y salvavidas. El color de las fibras parece estar determinado por un par de factores, siendo el gris dominante sobre el blanco o crema. La calidad depende de la recolección, que debe hacerse cuando la cápsula está bien madura, y de su secado y preparación cuidadosa.

Las semillas negras y esféricas son ricas en aceite, el que se extrae industrialmente y la torta se usa para alimento de ganado.

El kapok está siendo reemplazado como fibra y material de relleno, por fibras sintéticas, y su cultivo decrece continuamente.

ZAPOTE AMARILLO, ZAPOTE, *Matisia cordata* (*Quararibea cordata*)

Crece silvestre y cultivado en la cuenca superior del Amazonas. En cultivo es un árbol bajo, hasta de 12 m de alto, con ramificación verticilada (Fig. 13.7). Las hojas muy grandes, crecen en grupos en el ápice de las ramillas. El pecíolo es largo y fuerte; la lámina acorazonada, de 20 a 30 cm de longitud, tiene la nervadura palmeada típica de las Bombacáceas. Las flores de unos cinco centímetros de largo, brotan solitarias o en grupos en las ramas gruesas en el interior de la copa. El perianto se compone del cáliz cupular con cinco segmentos y de corola con cinco pétalos imbricados y amarillentos. Los estambres forman una columna basal y se dividen arriba en cinco ramas estigmáticas, cada una con dos filas

de anteras; por el centro de la columna estaminal pasa el pistilo. La posición de la columna y el pistilo es excéntrica.

Los frutos obovoides, de 10 a 15 cm de largo, llevan el cáliz persistente en la base; se recogen cuando el color de la cáscara del fruto debajo del cáliz se torna amarillo. El endocarpo grueso y coriáceo es de tono gris a amarillo; la pulpa comestible, anaranjada y aromática, de sabor muy agradable en ciertos cultivares, rodea tres a cinco semillas que están cubiertas por fibras largas. En sabor y aroma, *Matisia cordata* recuerda a los melones; es un árbol de los trópicos bajos y húmedos cuyo cultivo se está expandiendo en Brasil y América Central por el sabor de los frutos y sus características favorables para el transporte.

DURIÁN, *Durio zibethinus*

En el género *Durio*, originario de Malesia, hay varias especies frutales de cultivo incipiente. La más conocida es el durián, *D. zibethinus* (Fig. 13.8) del cual existen poblaciones semisilvestres en Borneo. Su cultivo se ha expandido por India, Filipinas y el sureste de Asia; en las regiones tropicales de América y África, a donde ha sido introducido repetidas veces, su expansión está limitada por el olor del fruto y las dificultades de crecimiento del árbol. En el fruto maduro el olor penetrante que se ha comparado a una mezcla de cebollas podridas, queso y trementina, está compensado por un sabor excepcional. Es una de las frutas que requiere pasar una prueba de aceptación para poder apreciar su valor.

Durio zibethinus alcanza hasta 40 m de alto, con la copa irregular y densa. Las hojas simples y alternas, elípticas a oblongas, de ocho a 10 cm de largo por tres a cinco centímetros de ancho, verde oscuro en la parte superior, son muy llamativas por el tono dorado o plateado del lado inferior, debido a las escamas muy finas que lo cubren.

Las flores aparecen en racimos muy ramificados, hasta de 30 flores que brotan de las ramas

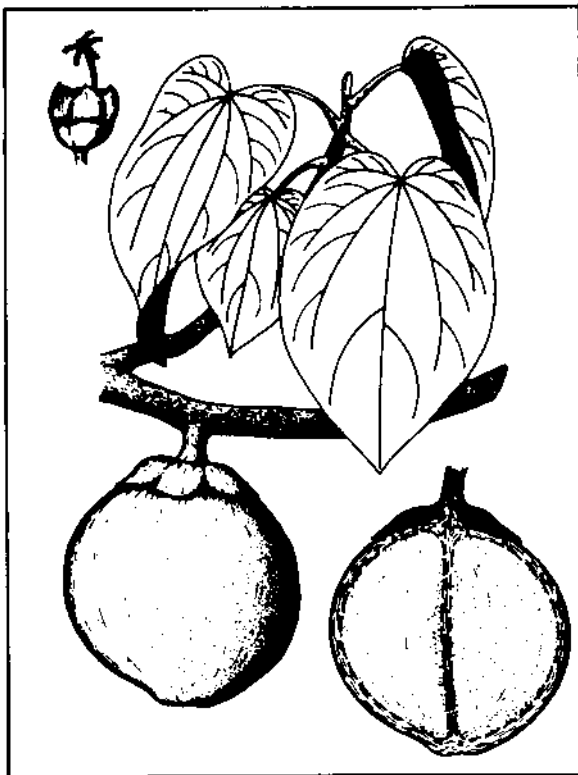


Fig. 13.7. *Matisia cordata*. A, rama con fruto. B, flor. C, fruto en corte longitudinal.

gruesas. Tienen epicáliz permanente de cuatro segmentos; cáliz campanulado de 1.5 cm de largo, dividido en cuatro a seis sépalos y corola de cinco pétalos libres, oblongo-espátulados, amarillos y pubescentes en el lado externo, hasta de cinco centímetros de largo. Los estambres en grupos de cinco opuestos a los pétalos, tienen la base común y se abren en abanico. El pistilo de tres a cinco centímetros de largo, consiste de ovario de cinco celdas y estilo cilíndrico.

Las flores en un racimo se abren sucesivamente. La antesis se inicia en las últimas horas de la tarde y los estilos son receptivos por pocas horas. Los agentes polinizadores son abejas al final del día y murciélagos por la noche; en la misma noche se desprenden los sépalos, pétalos y estambres y queda sólo el pistilo, el cual si no ha

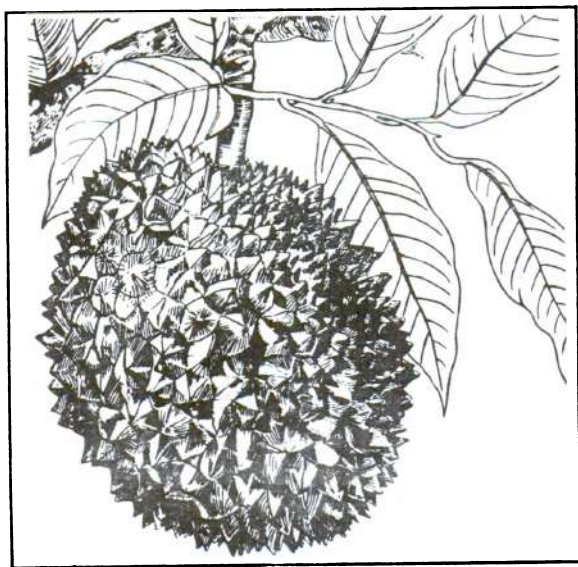


Fig. 13.8. Durián, *Durio zibethinus*.

sido fertilizado cae al cuarto día después de la antesis. La autoincompatibilidad es marcada en ciertos árboles y la fertilización cruzada determina descendencias muy heterogéneas.

La forma y tamaño del fruto varían considerablemente según la variedad, de casi esféricos a elipsoidales, de 15 a 30 cm de largo. Penden de las ramas por un pedúnculo fuerte y se desprenden en la madurez. Se abren ligeramente en cinco valvas por el ápice, por donde se puede forzar la apertura completa del fruto. La cáscara gruesa y sólida está cubierta de protuberancias piramidales, hasta de 1.5 cm de largo, con puntas muy fuertes y agudas. Cada valva contiene de dos a seis semillas, cubiertas por arilos gruesos, que son la parte comestible. El color de los arilos que varía de blanco a amarillo y el olor, que va desde muy intenso a casi imperceptible, son características varietales. El sabor *sui generis* del arilo ha sido descrito como una mezcla de caramelo, crema y fresa, y hace del durián uno de los frutos más deliciosos de los trópicos.

En las poblaciones propagadas por semilla varían considerablemente la forma y tamaño del fruto; color del fruto maduro: verde a anaranjado; color, sabor y textura del arilo; época de cosecha y otros caracteres. En el Sureste de Asia aun se propaga por semilla pero la propagación vegetativa de árboles superiores es cada vez más común, usando el injerto Forkert o de aproximación.

LAI, *Durio kutejensis*

De Borneo, en cultivo es un árbol bajo de cuatro a cinco metros de alto, de frutos ovoides y amarillos, cubiertos de espinas suaves; el arilo amarillento es aromático y menos azucarado que en *D. zibethinus*.

MALVÁCEAS

Las Malváceas son plantas arbustivas o herbáceas, con hojas de nervadura palmada y flores con uno o más involucros. El cáliz y la corola constan generalmente de cinco partes. El carácter más típico de la familia es la agrupación

de los estambres en una columna, por cuyo centro pasa el pistilo.

Se distinguen por la riqueza de fibras en el floema del tallo (kenaf) o en las semillas (algodón); por la presencia de canales de mucílago en las partes vegetativas y reproductivas, y por el indumento sobre el tallo y hojas formado por pelos estrellados. Se les utiliza por las fibras: algodónero, kenaf, aramina, rosella y otros, por los frutos comestibles: okra, rosella. Hay muchas especies ornamentales de valor económico, como los hibiscus.

Fibrosas

ALGODÓN, *Gossypium hirsutum*

Cuatro especies del género *Gossypium* suplen el algodón del comercio; el 95% de esa producción se obtiene de *G. hirsutum*, 4% de *G. barbadense* y 1% de *G. arboreum* y *G. herbaceum*. Estas especies se diferencian de sus congéneres silvestres por tener fibras, en la superficie de la semilla, que pueden ser hiladas y elaboradas en tejidos. Por la longitud de las fibras, en el comercio los algodones cultivados se distinguen en algodones de fibras medianas a largas, de 2.5 a 3.5 cm, como *G. hirsutum*; extralargas, de más de 3.5 cm, como *G. barbadense*, y cortas, de menos de 2.2 cm, como *G. arboreum* y *G. herbaceum*. El algodón ocupa el primer lugar en el mundo como productor de fibra, y el segundo como oleaginosa, por el aceite y la harina de la semilla.

Las dos especies más importantes, *G. hirsutum* y *G. barbadense*, (Fig. 13.9A y B) son americanas y tetraploides; $2n:52$; *G. arboreum* y *G. herbaceum*, de África y Asia, son diploides. Todas son perennes, pero en el cultivo se ha desarrollado tipos anuales que son los que suplen la producción comercial. Como *G. hirsutum* es la especie más importante, se tratará como la especie central y las otras serán referidas comparativamente a ella.

Origen. El origen de los algodones poliploides está aun por esclarecer, a pesar de la evidencia que han aportado recientemente las investigaciones moleculares y citogenéticas. Las especies americanas cultivadas son tetraploides, AADD. El genomio A se encuentra también en los algodones diploides cultivados del Viejo Mundo, *G. arboreum* y *G. herbaceum*. El genomio D es común a todos los algodones silvestres del Nuevo Mundo. Cómo y dónde ocurrió la poliploidización y cuáles fueron las especies parentales, es aun objeto de especulación. Hay algunos puntos en que hay acuerdo; los poliploides tuvieron antecesores comunes y se formaron sólo una vez, posiblemente durante el Pleistoceno, hace 1-2 millones de años. La explicación más corriente asume que un antecesor africano portador del genomio A, llegó a la costa de América del Sur y formó con una especie local, el antecesor de los algodones poliploides. Esto tiene algún soporte en el descubrimiento reciente de un algodón silvestre tetraploide, *G. mustelinum*, en el NE de Brasil. La especie silvestre diploide más cercana geográficamente, es *G. raimondii*, de la costa de Perú.

Recientemente se ha planteado una teoría alternativa. El taxon africano con el genomio A pudo expandirse por Asia y sus semillas llegar a América en una dispersión transpacífica. Al llegar a Mesoamérica se encontraría con varias especies diploides en el NO de México, y sería en Mesoamérica en donde se formaría el antecesor común de *G. barbadense* y *G. hirsutum*. En cualquier forma, el antecesor se expandió rápida y ampliamente, de México a Brasil. Se supone que *G. barbadense* se domesticó en el NO de América del Sur, y que de allí se extendió por las Antillas y el resto de América del Sur. *G. hirsutum* tiene poblaciones silvestres muy variables en Mesoamérica y las Antillas, sin un centro aparente de diversidad, y posiblemente fue domesticado en varios lugares independientemente. En las Antillas es evidente la introgresión en esta especie de *G. barbadense*, como en el caso de la variedad Maria Galante.

La evidencia arqueológica está limitada a regiones secas; en México hay restos de *G. hirsutum* de cerca de 5500 años; de esa misma edad, hay restos de *G. barbadense* en Perú y Chile. En Asia, la edad de muestras arqueológicas más antiguas es de 4000 años para *G. arboreum*, en el valle de Hindús.

Porte. Los algodones silvestres que crecen cerca de las habitaciones en los trópicos son perennes y alcanzan hasta seis metros de alto, con porte irregular; los tipos cultivados, en cambio, son anuales, bajos y de diferente arquitectura según el cultivar.

El eje central o tallo de crecimiento monopodial, lleva hojas y ramas, nunca flores. Las hojas salen en filotaxia de 3/8, aproximadamente una mitad en espirales que corren a la derecha y otra mitad a la izquierda. En los nudos formados en la inserción de las hojas hay una o más yemas; la principal o de primer orden produce ramas vegetativas o floríferas. Yemas de segundo orden se desarrollan si la primera aborta o bajo condiciones especiales de fertilidad o manejo y generalmente son floríferas. Usualmente en los nudos inferiores, cinco o seis en los cultivares anuales de *G. hirsutum*, siete a nueve en *G. barbadense*, sólo aparecen ramas vegetativas, que crecen en ángulo agudo con respecto al tallo central y a veces alcanzan la longitud de éste. Cuando de ramas vegetativas brotan ramillas floríferas, el peso de los frutos las dobla en posición casi horizontal. En los nudos que siguen hacia arriba, aparecen sólo ramas floríferas aunque, en ciertas condiciones, de esos nudos brotan también ramas vegetativas (Fig. 13.9C). Hay una diferencia marcada entre las ramas vegetativas y las floríferas.

Las primeras, como el tallo central, tienen un punto apical de crecimiento que forma nuevas hojas y alarga constantemente las ramas; su crecimiento es monopodial y sigue una línea recta; en ellas las hojas están colocadas en una filotaxia igual a la del tallo. Las ramas floríferas (Fig. 13.9D), en cambio, terminan en una flor; debajo de ésta hay una hoja que tiene una yema axilar,

la cual al formarse la flor crece hacia un lado, alargando la rama pero terminando también en otra flor. Esta a su vez tiene una hoja con una yema axilar que crece y así sucesivamente se alarga la rama en forma simpodial. Estas ramas contrastan con las vegetativas por crecer en zigzag. Puede ocurrir que de ramas vegetativas laterales salgan ramillas floríferas y también sucede a veces que en la axila de una rama florífera se desarrolle en la segunda yema, que es por lo general latente, una ramilla con una flor. Al fructificar ésta pareciera que del mismo nudo salieran dos frutos.

Las ramas vegetativas son más gruesas y largas y pueden ser erectas o pendientes; las floríferas son más delgadas y cortas, generalmente horizontales.

La estructura del tallo y las ramas no ofrece características especiales; en las partes jóvenes los tallos tienen en corte transversal una forma más o menos pentagonal, que se torna circular en los troncos y ramas desarrolladas. La epidermis se compone en el primer caso de una sola capa de células con pelos, que desaparecen conforme aumenta la edad del tronco. En los tallos viejos hay una capa activa de formación de corcho. En la corteza el floema se presenta estratificado, es decir que hay capas alternas de fibras duras y compactas y de floema funcional, formado por tubos cribosos, células anexas y parénquima, de color más claro. Hay zonas radiales de parénquima, más estrecho hacia el cambium, que se ensanchan hacia afuera. El xilema o madera es suave; hay pocos vasos grandes y muy distribuidos. Al centro la médula se forma de parénquima.

Sistema radical. En el algodón hay una raíz principal que crece en sentido vertical y que una vez que ha alcanzado niveles profundos se ramifica intensamente. Las raíces de segundo orden aparecen en cuatro filas verticales, no siempre bien definidas, que corresponden a los cuatro rebordes del cilindro central. En las plantas jóvenes la raíz principal tiene una longitud hasta diez veces mayor que el tallo aéreo. La ramificación abundante de las raíces es característica de

todas las especies del género *Gossypium*, que por lo común son originarias de sitios secos.

Hojas. Las hojas presentan una gran variedad de formas, aun en la misma planta. La lámina se divide en tres a nueve lobos, por lo común tres a cinco; la pubescencia es extremadamente variable. Los pelos son de dos clases, estrellados y simples, y más abundantes en el reverso de la hoja o sobre los nervios de ambas caras. Las hojas tienen en la base del peciolo dos estípulas finas. El peciolo es largo, tres a seis centímetros, cilíndrico y pubescente, y se prolonga en la base de la lámina en dos a nueve nervios principales (nervadura palmeada); en cada uno de estos, cerca de la inserción del peciolo, hay uno o más nectarios, cavidades muy pequeñas, lisas o con pelos estrellados o sencillos. El parénquima empalizada ocupa la mayor parte de la hoja. En el parénquima lacunoso son frecuentes los canales de mucílago. La epidermis inferior es de superficie más irregular y contiene más estomas que la superior.

Flor. La flor (Fig. 13.9E) está envuelta en el botón por un involucre formado por tres brácteas verdes y triangulares, profundamente recortadas. Estas brácteas son permanentes y rodean por algún tiempo al fruto en desarrollo, constituyendo un obstáculo para la recolección de la fibra; por lo común dos de ellas son iguales y la tercera menor. Dentro de las brácteas en muchos cultivares se encuentran otros dos o tres órganos similares aunque mucho más pequeños, las bractéolas. El cáliz es tubular, con cinco dientes cortos; en su parte exterior tiene tres nectarios y en la pared externa hay filas de glándulas, de color más claro. Hacia el interior, entre el cáliz y la corola, se halla varias estructuras finas, a manera de otro cáliz, constituidas por dientes agudos. Los cinco pétalos están unidos sólo por la base y son delgados y suaves, de color blancuzco a amarillo. Los estambres se unen formando la columna estaminal, que lleva de 100 a 150 estambres. Los filamentos son finos, de longitud diferente, poco compactos y terminan en anteras redondas bilobadas. El pistilo está constituido por

un ovario con dos a seis carpelos y se prolonga dentro de la columna estaminal, sobresaliendo de ella y dividiéndose en varias ramas estigmáticas.

Biología floral. Las flores del algodonnero duran un día: al abrirse en la mañana ya hay suficiente polen suelto en los estigmas para producir la autofecundación; la flor se cierra por la tarde y la corola se desprende tres días después. A pesar de la gran cantidad de polen producido por una flor, los insectos que la visitan activamente pueden traer polen de otras flores y la fertilización cruzada ocurre en bajo porcentaje.

Fruto. El fruto es una cápsula ovoide de superficie lisa y verde oscura, cubierta por las brácteas, con tres a cinco celdas que contienen de cinco a 10 semillas cada una. La cápsula tarda unos 50 días en madurar, crece rápidamente y alcanza su tamaño normal tres semanas después de su fertilización.

Semilla y fibra. La semilla del algodón contiene de 15 a 20% de proteínas y hasta 20% de aceite; es por lo tanto un subproducto de gran valor económico en la alimentación y la industria. Un obstáculo para su uso es la presencia de una sustancia venenosa, gosiopiol, en los tegumentos, la que debe ser eliminada antes de que la semilla sea usada en la alimentación; la torta constituye un excelente alimento para el ganado.

La semilla (Fig. 13.9F) se compone de testa, dos grandes cotiledones y un embrión pequeño y piriforme. La testa incluye primero la epidermis, luego una capa externa de pigmentos, una gruesa capa de empalizada y otra capa externa de pigmentos. De la epidermis se desarrollan las fibras, de dos clases: las primeras largas y delgadas, de 1.5 a seis centímetros de longitud, pueden ser tejidas o hiladas; las segundas, más cortas y adheridas a la semilla, constituyen lo que se llama borra o pelusa.

Las fibras grandes (Fig. 13.9G) inician su crecimiento como prolongaciones de las células epidérmicas al momento de abrirse la flor, mientras que las que forman la borra lo hacen cuatro o seis días después. Las fibras comienzan como protu-

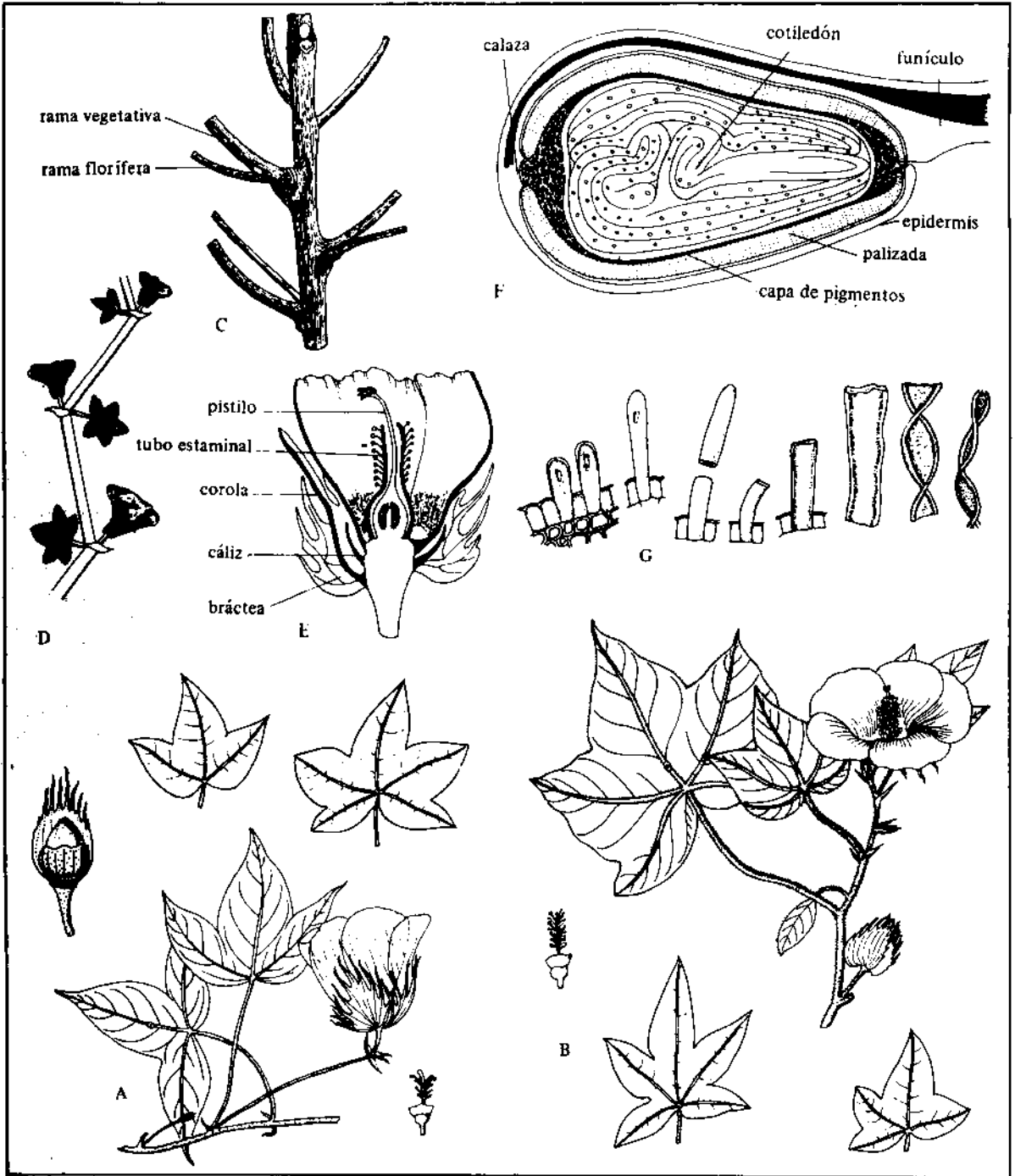


Fig. 13.9. A, *Gossypium hirsutum*. B, *G. barbadense*. C, ramificación. D, rama simpodial. E, flor en corte longitudinal. F, semilla en corte longitudinal. G, desarrollo de las fibras largas.

berancias redondeadas que se van estirando hasta formar un cilindro de paredes muy delgadas que a los 20 días ha alcanzado su longitud máxima. Es común que estas fibras tengan una longitud 300 veces mayor que su diámetro. Las condiciones ambientales, especialmente el agua disponible, afectan profundamente la elongación de las fibras, pero son los factores varietales los que determinan principalmente sus características.

Una vez que la fibra ha alcanzado su longitud máxima se inicia su engrosamiento, el que resulta de los depósitos continuos de celulosa sobre la pared interna o primaria de la fibra. Estos depósitos se hacen en espirales de dirección diferente y no son de grosor uniforme. El núcleo y otras partes vivas de la célula desaparecen y el engrosamiento de la pared cambia mucho según la especie y el cultivar, siendo mucho mayor en los algodones asiáticos que en los americanos. La fibra en completo desarrollo es entonces un cilindro formado por la membrana primaria, recubierta internamente por bandas espirales de celulosa, de grosor y dirección diferentes, con el centro o lumen estrecho y vacío.

En el momento de abrirse el fruto o "bellota" del algodnero, las fibras largas se secan, pierden su forma cilíndrica, se aplanan como bandas y en ciertos puntos en que la capa de celulosa por su posición espiral es aún más delgada, se doblan y toman el aspecto de bandas retorcidas. Es por esta característica y por su longitud que las fibras del algodnero pueden unirse formando hilos.

El color de las fibras largas varía de blanco a crema y hay mutaciones de color marrón o rojizo, debidas a genes dominantes sobre blanco. La borra y las fibras están distribuidas más o menos uniformemente en toda la semilla; el mayor volumen de la semilla lo ocupan los cotiledones ruminados, constituidos principalmente por almidón y aceites. En ellos hay "glándulas" o depósitos de gosiopiol, distinguibles por el color oscuro. El aceite de algodón tiene varios usos y la torta se utiliza en la alimentación animal. Como

el contenido de proteína es alto, 40%, del peso seco, la harina de algodón es un alimento valioso, sino fuera por el contenido de gosiopiol, tóxico para monogástricos y otras sustancias que bloquean la utilización de las proteínas. La eliminación parcial del gosiopiol se puede hacer industrialmente o por mejoramiento genético.

Variabilidad. Las poblaciones espontáneas de *G. hirsutum* han sido clasificadas en "razas": a) Marie Galante, perennes y de porte alto, de las Antillas y parte de América del Sur; b) *punctatum*, perenne, porte mediano, del sur de México y Florida; c) *yucatanense*; d) *latifolium*, anual, de México y Guatemala; e) *morilli*; f) *palmeri*, de México.

Hay un número elevado de cultivares comerciales, más de 1000, seleccionados en Estados Unidos de América, Africa, India, Brasil y otros países, por rendimiento, calidad de fibra y resistencia a insectos. Este último carácter es primordial, pues en casi todas las áreas de producción el algodón requiere la aplicación masiva de productos químicos en el control de insectos. Estas aplicaciones, así como la de defoliantes, crean problemas ecológicos muy serios en las áreas algodneras.

Una línea de selección es la de obtener cultivares con bajo contenido de gosiopiol, pues la extracción de éste para el consumo humano de aceite es una operación cara. La disminución del gosiopiol implicaría, sin embargo, una disminución de la resistencia natural al ataque de insectos. Se ha obtenido por cruces con mutantes "sin glándulas" o sea de cápsulas completamente lisas y semillas que en los cotiledones carecen de las bolsas o depósitos de gosiopiol. Otro carácter silvestre incorporado en los cultivares modernos es la ausencia de nectarios en las flores, lo cual aleja insectos perforadores de la cápsula. También se ha recurrido a la utilización de híbridos interespecíficos, *C. arboreum* x *C. thurberi*, que al cruzarse con algunos cultivares de *G. hirsutum* incorporan a éste último el tipo de fibra fuerte de *G. thurberi*.

Gossypium barbadense

Gossypium barbadense es originario de América del Sur, encontrándose poblaciones silvestres en la costa del Pacífico en Ecuador y Perú, una variedad endémica en las Galápagos, poblaciones también posiblemente silvestres en el litoral caribe de América del Sur y las Antillas. El aporte a la producción mundial se basa en unos pocos cultivares: 'Americano Egipcio', 'Sea Island', 'Tanguis'. Los dos primeros en cultivo principalmente en Estados Unidos, Egipto y Sudán, el tercero en Perú. La longitud extralarga de la fibra los favorece en el mercado.

Gossypium barbadense es, como la especie anterior, un anfidiplóide que se caracteriza por sus hojas menos lobuladas, al máximo en un tercio de su tamaño; flores con corola amarillo oro, a menudo con una mancha rojiza en el lado interno de la base de los pétalos; estambres con filamentos cortos e iguales, lo que da a la columna estaminal una apariencia cilíndrica compacta; cápsulas con glándulas bien marcadas y oscuras.

Las poblaciones pueden clasificarse en dos tipos: "ecuatoriano", de la costa del Pacífico, entre Colombia y Perú; "brasileño" que ocupa el área al este de los Andes y se extiende por las Antillas Menores.

Gossypium arboreum

Los dos algodones comerciales diploides, $2n:26$, *G. arboreum* y *G. herbaceum* fueron cultivados en el Viejo Mundo por muchos siglos antes de ser suplantados por los tetraploides americanos. Actualmente *G. arboreum* es cultivado en escala muy limitada sólo en India y aun en el subcontinente su cultivo decrece continuamente.

Se acepta generalmente que *G. arboreum* es un grupo de cultivares domesticados en India, de poblaciones de *G. herbaceum*, fueran éstas nativas u originales primitivamente de África. Tipos primitivos perennes se encuentran desde Filipinas e Irán hasta el este de África. Los cultivares anuales son más corrientes en India. Un

carácter distintivo con los algodones americanos es la forma de las bracteolas, enteras o dentadas en *G. arboreum* y *G. herbaceum*, marcadamente laciniadas en los algodones americanos.

En *G. arboreum* las bracteolas envuelven estrechamente el cáliz, tienen de tres a cinco dientes y la cápsula es alargada, con el ápice agudo. Se conoce tipos anuales y perennes y se reconoce varias razas: "indica", "sinense", "bengalense".

Gossypium herbaceum

Las poblaciones silvestres, conocidas como la raza "africana", perennes, se encuentran en una faja transversal de Angola a Mozambique. Una segunda raza, "acerifolia", también perenne pero cultivada, se halla desde Etiopía hasta Pakistán; en Irán la raza "persica", anual; en el centro de Asia, "kuljiana", muy tempranera; en India además de la raza "persica" se conoce otra anual, procedente de África, "wightiana".

Las características fenotípicas distintivas de *G. herbaceum* son las bracteolas que se separan completamente de la flor, con seis a ocho dientes, y la cápsula redonda, ancha en la parte superior.

KENAF, *Hibiscus cannabinus*

El kenaf alcanzó cierta importancia como sustituto del yute, por crecer en áreas en que éste no se produce y por la elaboración más fácil y económica de la fibra. En América tropical podría suministrar materia prima para la fabricación de sacos para café, granos y otros productos de exportación. La producción comercial de kenaf había ido en aumento en las últimas décadas pero, como la de otras fibras suaves, ha tenido una baja considerable debido a la competencia de sustitutos sintéticos. Un uso nuevo es el empleo de la fibra y pulpa en la fabricación de papel.

Origen. *Hibiscus cannabinus*, diploide, $2n:36$, crece silvestre en Angola y otras regiones de

Africa Occidental. Como fibrosa no alcanzó mayor importancia hasta que fue introducida a India, donde se desarrolló su cultivo y utilización. Se extendió después a Indonesia, Egipto, Filipinas y más recientemente a las Antillas, América Central, Brasil y Perú. Se cultiva también fuera de los trópicos, en Estados Unidos y Rusia.

Porte. *Hibiscus cannabinus* (Fig.13.10) es una hierba alta generalmente de tallo no ramificado. Su crecimiento dura de dos a 12 meses y está condicionado en la gran mayoría de los cultivares por la longitud del día, a la cual algunos de ellos son excepcionalmente sensibles. El kenaf florece cuando se acortan los días, por lo general a nueve a 10 horas de sol, sin que la edad cronológica de la planta afecte este proceso. La calidad de la fibra depende del grado de crecimiento y es óptima cuando la planta ha producido unas 10 o más flores y baja conforme aumenta la floración. Como los cultivares industriales son por lo común de días largos, crecen mejor en las áreas extremas de los trópicos, donde las plantas se desarrollan en días de más de 12 horas de sol y florecen al llegar los días cortos. Hay algunos cultivares, como 'Tingo María', insensibles al fotoperiodo.

Las hojas tienen pecíolos largos, lisos o con espinas; la forma de la lámina es muy variable, tanto en los diferentes cultivares como en la misma planta. Son por lo común acorazonadas y enteras en la parte inferior del tallo, divididas en lobos en la superior, siendo el número de estos mayor en la parte media del tallo, donde llega a siete, y disminuyendo a tres en el ápice. El borde de la lámina puede ser entero o dentado; la posición de la hoja, o sea el ángulo que forma con el tallo, es otra característica varietal.

Las flores nacen solitarias en las axilas de las hojas. El perianto se forma de un cáliz complejo constituido como en las otras Malváceas por un primer ciclo, el cáliz, de siete a ocho bracteolas. En el kenaf estos órganos son triangulares, de base ancha y ápice liso, de 10 a 15 mm de largo. El cáliz propiamente dicho se forma de cinco sépalos unidos en la parte inferior, de unos

tres centímetros de largo, cubiertos de indumento blanco y lanoso. Cada sépalo tiene un nectario o glándula externa muy desarrollada. La corola es notable por el tamaño y color de los pétalos, grandes y de color amarillo pálido con una mancha basal más clara o rojiza. Los estambres, muy numerosos, están unidos en una columna por cuyo centro pasa el pistilo, el cual termina en cinco ramas estigmáticas.

El fruto es una cápsula ancha en la base y aguda al ápice, cubierta por el cáliz y el cáliz; la superficie es áspera y pubescente. Contiene

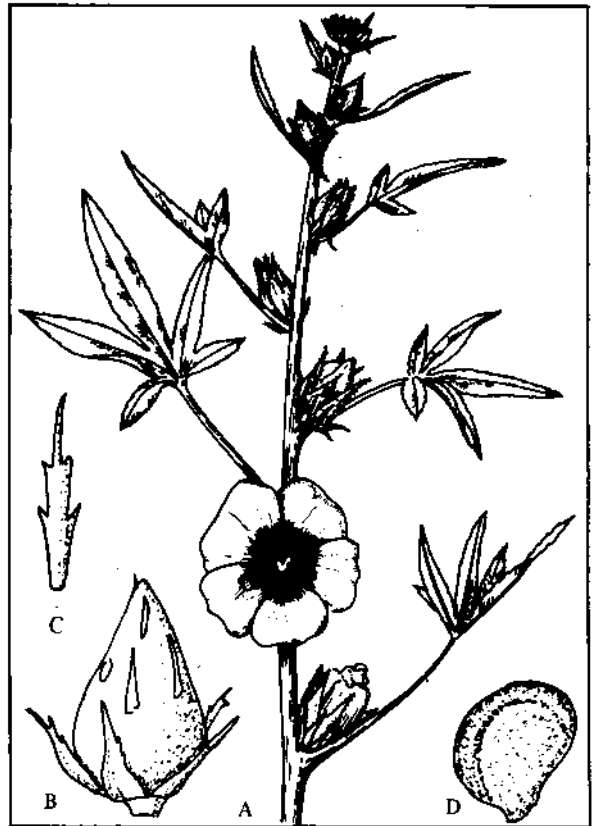


Fig. 13.10. *Hibiscus cannabinus*. A, porte. B, cáliz. C, bracteola del cáliz. D, semilla.

cinco lóculos, cada uno con cuatro a cinco semillas, de perfil triangular y grises, cubiertas de puntos amarillentos, con el hilo pequeño de color castaño.

Biología floral. Algunos cultivares de kenaf son completamente autógamos; en Java se ha observado que las flores se abren a las 05:00 horas, pero que una hora antes ya hay polen abundante en los estigmas. Ciertos cultivares muestran hasta un cuatro por ciento de polinización cruzada, atribuible a la intervención de insectos.

Estructura del tronco. Fibras. En el kenaf las fibras comerciales se hallan en la corteza de los tallos, delgados y cilíndricos, divididos en nudos en las inserciones de las hojas. Con frecuencia los tallos presentan rebordes o aristas y hay espinas en algunos cultivares. El color varía de verde a púrpura.

El corte transversal muestra que la mayor parte del tallo está ocupado por la madera o xilema, que actúa como soporte principal de la planta y para el movimiento del agua y nutrimentos entre raíces y hojas. Es por lo general duro y compacto, con una médula más suave al centro.

La corteza que contiene las fibras comerciales, está constituida por floema y tejidos corticales. Estos últimos se reducen mucho conforme avanza la edad de la planta; en ellos se encuentran los pigmentos que dan color al tallo. El floema se compone de bandas circulares, alternas y concéntricas, unas más densas constituidas por fibras, otras más claras por el floema funcional. Estas bandas no son continuas; en el corte transversal aparecen interrumpidas por radios más claros de parénquima que en los tallos jóvenes son muy delgados y se van ampliando conforme crece la planta. De esta manera las fibras y el floema funcional, constituido por vasos cribosos y células anexas por las cuales circulan sustancias nutritivas, no se dilatan ni fragmentan, mientras que las células de los radios se ven forzadas a estirarse en sentido tangencial.

Vistas en corte longitudinal las fibras aparecen formando tubos delgados, separados entre sí por el floema funcional, sin que haya comunicación de un tubo a otro. Los tubos no son sólidos sino que integran redes; los cordones de fibras delgados e irregulares, se unen unos con otros dejando entre ellos espacios rellenos con parénquima.

Las fibras son células alargadas de ápice muy agudo, soldadas firmemente unas con otras formando haces o cordones, con paredes muy gruesas por el depósito de capas de celulosa y con el centro o lumen muy angosto. La fibra se adapta al crecimiento general de la planta, haciéndose más larga y gruesa conforme crece aquella. Sirve también de depósito de sustancias nutritivas, que pierde gradualmente conforme la planta produce flores y maduran los frutos. Por esto la calidad óptima de las fibras termina cuando aparecen las primeras flores y se aconseja cortar los tallos cuando hayan abierto unas 10 flores. La longitud de las células fibrosas varía de 0.5 a tres milímetros.

Variabilidad. *Hibiscus cannabinus* incluye un alto número de cultivares que difieren tanto en la forma y color de la planta como en características de crecimiento o resistencia a hongos y nemátodos. Una clasificación los divide en cuatro variedades, que realmente son grupos de cultivares, basándose en la presencia o ausencia de antocianinas y en la forma de las hojas. Con tallos y hojas verdes, sin antocianinas, se llaman *simplex*; con hojas divididas, *vulgaris*; con tallos morados, *purpureus*; rojo abajo y verdes arriba, *ruber*. Esta clasificación es de escasa utilidad, pues dentro de esos grupos caben tipos muy diferentes en características, como el periodo de crecimiento, que son las más importantes desde el punto de vista agrícola. Esta distribución de las antocianinas, sin embargo, es útil para identificar cultivares; por ejemplo, una variedad puede tener hojas con láminas verdes y peciolo púrpura; otra con ambos verdes o ambos purpúreos.

ROSELLA, *Hibiscus sabdariffa*

La rosella es cultivada en los trópicos por sus cálices carnosos y rojos, ricos en ácido maleico, con los que se prepara jaleas y refrescos. En las últimas décadas se ha venido cultivando una variedad de fibra.

Origen. *Hibiscus sabdariffa* (Fig. 13.11) es tetraploide, $2n:72$, de origen africano. Es posible que se domesticara tanto por las semillas, que se comen tostadas, como por los cálices succulentos; las hojas y los tallos tiernos también se comen cocinados. De Africa a América fue introducido por los esclavos negros y su cultivo no se ha extendido mucho. Los tipos de fibra originarios de Filipinas son de introducción más reciente.

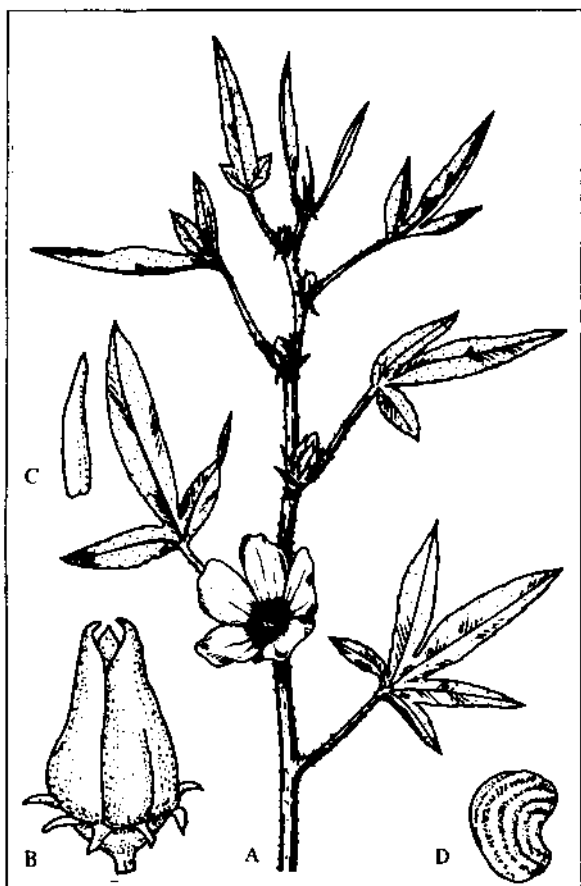


Fig. 13.11. *Hibiscus sabdariffa*. A, porte. B, cáliz. C, bractéola del cáliz. D, semilla.

Porte. En esta especie se distinguen por el porte dos grupos de cultivares: uno de tallos muy ramificados y cáliz succulento; otro de tallos

rectos sin ramas a menudo con espinas, en que se incluyen los cultivares de fibra. Esta última se ha llamado var. *altissima*. Como en el kenaf, las hojas inferiores son enteras y lanceoladas; las superiores palmadas, con tres a cinco lobos anchos en los cultivares comestibles y con cinco a siete lobos muy angostos y profundos en los de fibra. El peciolo es largo y delgado y termina en un engrosamiento o pulvino, en la base de la hoja. Es frecuente que en el nervio central, sobre el lado dorsal, haya una glándula. Los bordes de la hoja son irregularmente aserrados.

Las flores aparecen solitarias en las axilas de las hojas. El cáliz tiene adherido a la base un epicáliz carnoso, con ocho a 12 bractéolas delgadas, agudas y pubescentes, con un canalito longitudinal en el lado interno del ápice. El cáliz propiamente dicho es cónico en la base y se divide arriba en cinco o siete sépalos ovado-lanceolados, de dos a tres centímetros de largo, cada uno con una pequeña glándula en el centro. La corola, hasta de 12 cm de diámetro, se compone de 5 pétalos amarillos con una mancha rosada o café en la base, que se marchitan el día en que se abren. Después de la antesis el cáliz crece y alcanza hasta 6 cm de longitud; es rojo, carnoso, ácido, y cubre por completo al fruto, ovoide, pubescente, hasta de 2 cm de largo, que contiene numerosas semillas reniformes.

El cáliz desarrollado se separa del fruto y se utiliza en la preparación de bebidas calientes y frías, en jaleas y mermeladas, crudo o cocinado.

Cultivares. Los cultivares seleccionados en Filipinas por el cáliz comestible pueden ser, como 'Archer', de tallos, hojas y cáliz verde; 'Rico', de tallo muy oscuro, de hojas verdes con nervios rojos y cáliz rojo oscuro; 'Tempranero' y 'Victor' tienen las mismas características pero el color rojo es menos pronunciado. Entre los cultivares de fibra, 'Altissima' incluye tipos de cálices rojos o verdes, con hojas verdes de nervaduras rojas; tienen fibras como las descritas en el kenaf y son de alta resistencia a nemátodos.

ARAMINA, GUAXIMA, *Urena lobata*

Urena lobata es la Malvácea cuya fibra se asemeja más al yute en propiedades físicas. Compite exitosamente con ese cultivo en el valle superior del Amazonas. La producción local de Brasil y Perú se destina al consumo doméstico (fabricación de sacos).

Urena lobata (Fig. 13.12) crece como maleza en los trópicos de ambos mundos, aunque es originaria de Africa. Su porte varía desde abierto y ramificado cuando crece sola, a erecto y sin ramas en la parte inferior cuando se le cultiva densamente. El tallo y follaje están cubiertos de pelos estrellados. Las hojas, enteras y ovadas en la parte inferior del tallo, con tres a cinco lobos enteros o divididos hacia el ápice de la planta, son de color blancuzco en el lado inferior, con los nervios prominentes. En el nervio central, como en los algodones hay un nectario cerca de la inserción del pecíolo.

Las flores salen solitarias de las axilas de las hojas; las cinco bractéolas agudas y verdes están soldadas al cáliz, formado de cinco sépalos, más anchos y redondos. La corola rosada mide 1.5 cm de diámetro. Los estambres están unidos en una columna, por cuyo centro pasa el estilo, que se divide en 10 ramas estigmáticas. El fruto es una cápsula de cinco celdas, cubierto de espinas.

La planta crece en suelos de alta fertilidad y es menos susceptible que el kenaf a la longitud del día; estructuralmente la fibra es semejante a la de este último, pero más flexible y resistente.

Otras plantas de la familia de las Malváceas, que suplen fibra, son: YUTE AFRICANO, *Hibiscus quinquelobus*; RAMMA, *H. lunarifolius*; varias especies de *Sida*, *Pavonia*, *Thespesia*, *Malachra* y *Wissadula*. En tiempo de escasez o de guerra se ha explotado estas plantas silvestres y aún se ha hecho pequeñas siembras; *Sida rhombifolia* es explotada en Australia, Africa y Brasil, y como las otras especies su fibra es inferior a la del yute (*Corchorus*), pero puede usarse en cordelería o en la elaboración de felpudos y alfombras rústicas.



Fig. 13.12. *Urena lobata*.

Hortalizas

OKRA, GUMBO, *Abelmoschus esculentus* (*Hibiscus esculentus*)

Abelmoschus esculentus provee con sus frutos comestibles una de las hortalizas más populares en ciertas áreas de los trópicos y subtropicos, si bien el mucílago contenido en el fruto no lo hace atrayente a todos los gustos. La semilla contiene aceites y proteínas de alta calidad y se les utiliza molidas en sopas y el aceite en la elaboración de margarina; con ellas se prepara tostadas y molidas, un sustituto del café.

Origen. *Abelmoschus esculentus* (Fig. 13.13) es posiblemente originario de Africa tropical, donde aun existen tipos primitivos perennes, pero su cultivo es muy antiguo en India y se ha planteado la hipótesis de que puede ser un híbrido entre

especies de *Abelmoschus* silvestres en ese país. El alto número de cromosomas, $2n:130$, sugiere que *A. esculentus* sea un aloploiploide.

La mayoría de los cultivares son plantas anuales, de porte más o menos ramificado, que alcanzan hasta cuatro metros de alto. El tronco y follaje son hispídos, a menudo coloreados por antocianinas.

Las hojas varían considerablemente de forma, aún en la misma planta; tienen pecíolos largos y fuertes y láminas acorazonadas, de 10 a 20 cm de largo por 10 a 30 cm de ancho, muy recortadas. Las hojas basales son casi enteras, las superiores divididas en cinco a siete lóbulos dentados o recortados; están cubiertas de pelos finos y son más claras en el lado inferior. Las flores individuales axilares tienen el cálculo recortado en siete a 12 dientes finos y largos, de dos a tres centímetros de longitud. El cáliz de cinco partes unidas en el botón, se rompe para dejar salir la corola, grande y vistosa. Los cinco pétalos, de tres a cinco centímetros de largo por dos a tres centímetros de ancho, son libres y amarillos con una mancha roja en la base. La columna estaminal, con muchos estambres, mide de dos a 2.5 cm de largo; por el centro pasa el estilo que termina en cinco ramas estigmáticas. *A. esculentus* es autofértil, aun cuando se ha registrado hasta 32% de fertilización cruzada. Las flores duran sólo un día y a la antesis, que se inicia temprano de la mañana, los estigmas ya son receptivos.

El fruto es la parte útil y se come tierno, cocinado. Es una cápsula alargada, recta o curva al ápice, de 10 a 70 cm de largo por dos a tres centímetros de ancho, formado por cinco a siete celdas unidas que se abren en la madurez para soltar las semillas. Puede ser liso, de corte circular o con cinco a siete aristas más o menos marcadas, verde, rojo y aún blanco, con la superficie hispída en la madurez. Al cocinarse las paredes del fruto exudan mucílago en abundancia. Crece rápido, y de cuatro a 10 días después de la fecundación ya se puede recoger los frutos para consumo; frescos son de mejor calidad aún cuando pueden mantenerse refrigerados por pocos días.

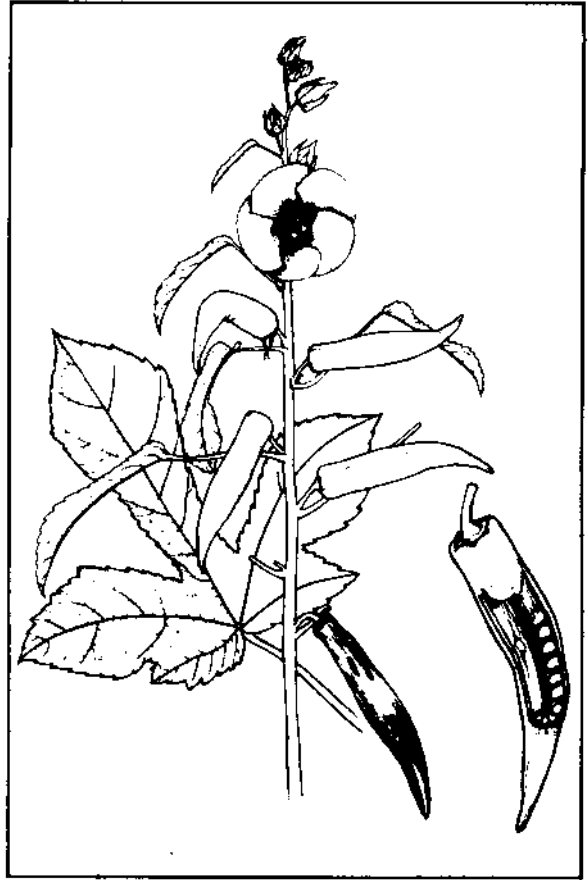


Fig. 13.13. *Abelmoschus esculentus*.

Cultivares. La selección por rendimiento, longitud del periodo de producción, espinas poco prominentes y escasas, resistencia a nematodos, ha sido realizada en áreas subtropicales especialmente; cultivares superiores como 'Clemson spineless' y 'Esmeralda' producen bien en los trópicos húmedos.

AIBIKA, *Abelmoschus manihot*

Nativa y cultivada en Malasia y Oceanía como hortaliza, *Abelmoschus manihot* suple en las hojas tiernas, que se comen cocinadas, un alimento excepcionalmente alto en proteína, hierro,

calcio y provitamina A. Las plantas se propagan sólo por vía vegetativa y forman un arbusto bajo y ramificado, cuyo follaje nuevo se colecta todo el año. Se conoce dos clones, uno de tallos rojos y otro de tallos verdes, el primero superior en contenido de proteína.

Oleaginosa

ALMIZCLILLO, *Abelmoschus moschatus*

El almizclillo se cultiva esporádicamente en América tropical, especialmente las Antillas Menores y en Ecuador, por las semillas, de las que se obtiene un aceite aromático usado en perfumería. Originario de India, es cultivado también en el Cercano Oriente.

Es una hierba de tallo simple con hojas profundamente recortadas, ásperas y pubescentes. Las flores, como en otras Malváceas, son notables por la corola grande, delgada y amarilla con manchas oscuras en la base de los pétalos. Las semillas con rayas longitudinales finas contienen en la testa un aceite volátil, de olor a almizcle.

REFERENCIAS

BROWN, H.B. & J.O. WAKE. Algodón. México, D.F., UTEHA.

CUATRECASAS, J. 1964. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contributions of the U.S. National Herbarium 35:379-614.

HARDY, F. ed. 1961. Manual de cacao. Turrialba, IICA.

KUNDU, B.C., K.C. BASAK & P.B. SARCA. 1959. Jute in India. New Delhi, ICAR.

MARTIN, F.W. & R. RUBERTÉ. 1978. Vegetables of the hot, humid tropics. Part 2. Okra. New Orleans, USDA.

OPEKE, L.K. 1982. Tropical tree crops. New York, Wiley & Sons. (kola : 124-174)

SOEGENG-REKSODIHARDJO, W. 1962. The species of *Durio* with edible fruits. Economic Botany 16:270-282.

THARP, W.H. 1966. The cotton plant. How it grows and why its growth varies. U. S. Department of Agriculture Handbook 178.

WENDEL, J.C. 1995. Cotton. In Smartt, J. & N. W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants. London, Longman.

WOOD, G.A.R. & R.A. LASS. ed. 1985. Cocoa. London, Longman.

YOUNG, A.M. 1994. The chocolate tree. A natural history of cacao. Washington, D. C., Smithsonian.

14. LECITIDALES

LECITIDÁCEAS

Varias Lecitidáceas del Amazonas suplen algunas de las mejores nueces conocidas; en esta familia hay también frutales de menor importancia.

Las Lecitidáceas incluyen especies arbóreas de los trópicos de ambos mundos, caracterizadas por la estructura de la flor y el tipo de fruto. El eje de la flor y el ovario están unidos por completo y terminan arriba en un disco plano del cual salen los pétalos y estambres; los sépalos, en cambio, salen más abajo del disco. Hay cuatro a seis sépalos y pétalos, libres, cóncavos y por lo común duros. Los pétalos son blancos, amarillos o rosados. Los estambres, muy numerosos, están distribuidos en verticilos y muchos de ellos son cortos y estériles. En algunas especies los estambres de un lado del disco son fértiles y más largos y se doblan sobre ellos mismos con las anteras casi tocando de nuevo el disco. El pistilo tiene ovario con dos o seis celdas y estilo simple que termina en un estigma redondo.

El fruto o pixidio resulta del desarrollo conjunto del eje floral y el ovario. En algunas especies alcanza gran tamaño y por la estructura fuerte del epicarpo, como de madera, se les usa como recipientes una vez extraídas las semillas, como las llamadas "ollas de mono". El epicarpo se abre arriba en el opérculo, que en ciertas especies es poco marcado mientras que en otras está cerrado por una tapa que se separa por completo y que resulta del desarrollo del disco; las semillas están adheridas al fondo del fruto por funículos bien desarrollados.

En algunas especies las flores aparecen sólo en el tronco o en las ramas gruesas.

NUEZ DE BRASIL, *Bertholletia excelsa*

Bertholletia excelsa (Fig. 14.1) es un árbol gigante, hasta de 50 m de altura, que domina sobre el resto de la vegetación amazónica. Tiene hojas sencillas y oblongas, muy grandes, de 30 a 50 cm de longitud. Las flores solitarias o en racimos son pequeñas, de unos dos centímetros de diámetro. Están formadas por el cáliz bífido, corola con seis pétalos duros, cóncavos y amarillentos, y al centro el andróforo. Este es un cuerpo curvo formado de una parte superior cóncava, de cuyo lado interno salen numerosos estaminodios, y de una inferior aplanada, que tiene una abertura rodeada de estambres, por la cual sale el pistilo, largo y curvo. El fruto es un pixidio o cápsula leñosa en forma de una naranja, de unos ocho a 15 cm de diámetro, con el opérculo escasamente marcado y adherido firmemente al resto del pixidio.

Los frutos se desprenden del árbol con gran ruido y caen enteros al suelo. Dentro del pixidio hay de 15 a 20 semillas grandes, de cuatro a cinco centímetros de largo, con un lado cóncavo y los otros dos planos; el primero está inmediato a la cáscara, los otros dos se aplanan por la presión con las otras semillas. La rafe aparece bien marcada, como un reborde longitudinal. La testa es dura y oscura, cubierta de estrías transversales.

La estructura de la semilla muestra que la testa se compone de dos capas; una externa, en empalizada, de esclereidas que tienen el lumen muy abierto hacia la superficie y miden cerca de un milímetro de largo, y otra interna y oscura constituida por varios estratos de células muy pequeñas y compactas. El embrión, cubierto por una capa delgada de endosperma, se forma del hipocotilo y principalmente parénquima que

contiene abundantes granos de aleurona. Las nueces del Brasil son ricas en aceite, cerca del 65% de la semilla, y proteínas, entre 15 y 18%. Las semillas se consumen principalmente como nueces y son un artículo importante de exportación de Brasil y Perú; de ellas en el Amazonas se extrae aceite para alimentación y alumbrado.

En las plantaciones comerciales la nuez de Brasil se propaga por injerto, obteniéndose de esa manera la primera cosecha entre los 10 y 15 años.

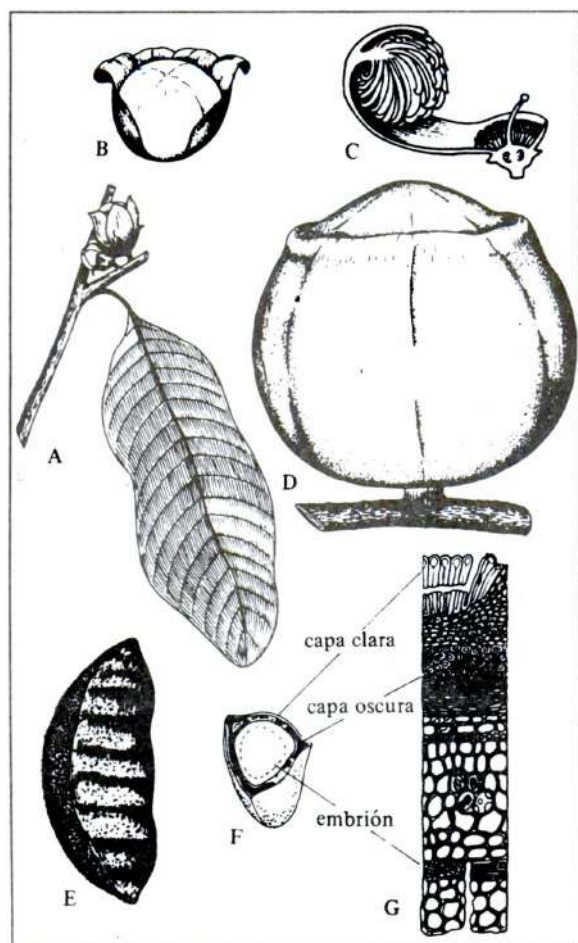


Fig. 14.1. *Bertholletia excelsa*. A, ramilla florífera. B, corola y andrógono. C, corte transvaesal del andrógono. D, pixidio. E, semilla. F y G, estructura de la semilla o nuez.

SAPUCAIA, *Lecythis zabucajo* (*L. usitata*)

Lecythis zabucajo (Fig. 14.2A) produce nueces de alta calidad y su cultivo se ha intentado en varias partes de los trópicos. Es nativa del centro y este de Amazonia. Es un árbol hasta de 30 m de alto, que en campo abierto ramifica desde la base. Las hojas elípticas, de 5-15 cm de largo, son delgadas, coriáceas, con los nervios muy bien marcados y bordes aserrados. Las flores tienen seis sépalos, seis pétalos amarillentos y andrógono transversal en forma de U. La parte superior del andrógono es aplanada, y de su lado interno salen numerosos estambres y estaminodios. La parte inferior, también aplanada, tiene una abertura por la cual pasa el pistilo, y cerca de ella hay un grupo de estambres.

El fruto es un pixidio leñoso, en forma de vasija, hasta de 24 cm de largo, con una tapa u opérculo que se desprende en la madurez, dispersando las semillas. El resto del fruto permanece adherido al árbol por largo tiempo. Hay de 30 a 40 semillas en el fruto, de 6-7 cm de largo, de sabor dulce y agradable, con alto contenido de aceite.

La sapucaia se ha considerado como una buena alternativa a la nuez de Brasil, pero el mecanismo de dispersión de las semillas no facilita su cosecha.

Otras especies de *Lecythis*, como *L. ollaria* y *L. pisonis*, aunque producen buenas nueces tienen el inconveniente de fijar selenio en las semillas, donde los suelos son ricos en ese elemento. El consumo de nueces en estos casos ha producido envenenamientos, pérdida del cabello y aún la muerte.

PACO, *Gustavia superba*

Crece silvestre y cultivado de Colombia a Costa Rica, en regiones de alta humedad. Es un

árbol bajo (Fig. 14.2B) de pocas ramas, con hojas obovadas muy grandes y relucientes, por lo que su follaje es muy atractivo. Las flores rojizas son de olor muy agradable. El fruto más o menos esférico, de 10 a 12 cm de diámetro, tiene el opérculo muy ancho y contiene numerosas semillas. La pulpa anaranjada que las envuelve es la parte comestible, que se consume en sopas o con cereales y menestras; es muy alimenticia por el alto contenido de fósforo.

SACCHAMANGO, *Grias neuberthii*

Originario del alto Amazonas, en Brasil y Perú (Fig. 14.2C). Presenta el porte típico del género: del tronco, relativamente corto, salen ramas largas, con el follaje concentrado en el ápice. Las hojas oblanceoladas, con la base muy angosta, miden hasta 80 cm de largo por 15 ó

20 cm de ancho. Las flores nacen en grupos, en ramillas gruesas que brotan del tronco; se forman de cáliz de cuatro a seis sépalos con una a tres bracteolas, cuatro pétalos y numerosos estambres doblados hacia el centro de la flor, ocupado por un pistilo corto. El fruto elipsoidal, de ocho a 12 cm de largo y amarillo, contiene una semilla muy grande; entre ésta y la cáscara está la pulpa, amarilla y de sabor agradable. *G. neuberthii* y *G. peruviana* crecen espontáneos o en cultivo incipiente.

REFERENCIAS

- MEDRI, M.E. & E. LLERAS. 1979. Ecofisiología de plantas de Amazonia, Anatomía foliar e ecofisiología de *Bertholletia excelsa* Hum. & Bonpl. (Castanha-dio-Pará) Lecythidaceae. Acta Amazónica 9:15-23.
- MORI, S.A. & G.T. FRANCE. 1990. Lecythidaceae. Part II. Flora Neotropica 21. New York, New York Botanical Garden.
- MORITZ, A. 1984. Estudos biológicos da floração e frutificação da castanha-do-Brasil. Belem, EMBRAPA/CEPATU. Documento No. 29.
- FRANCE, G.T. & S.A. MORI. 1979. Lecythidaceae. Part I. Flora Neotropica 21. New York, New York Botanical Garden.

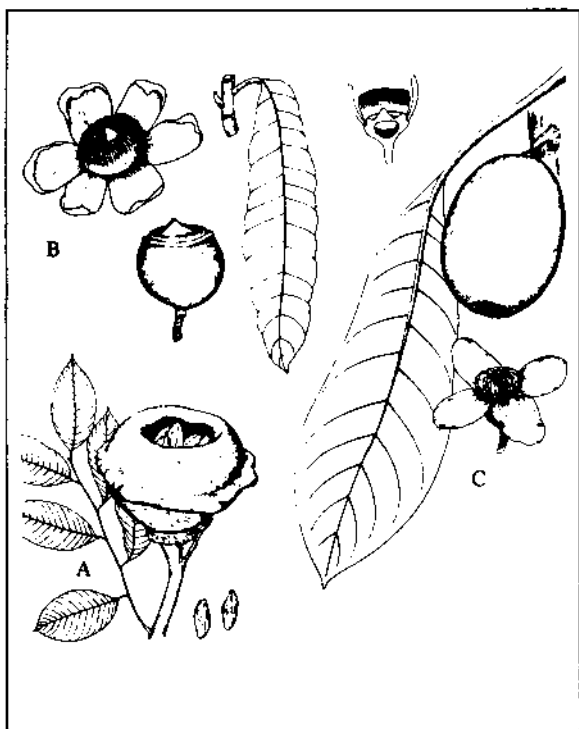


Fig. 14.2. A, *Lecythis zabucajo*. B, *Gustavia superba*. C, *Grias neuberthii*.

15. VIOLALES

FLACOURTIÁCEAS

Varias especies de Flacourtiáceas, africanas o asiáticas, son cultivadas por los frutos en los trópicos, como ornamentales o para formar setos vivos por su crecimiento compacto y tallos espinosos.

RAMONTCHI, CIRUELA GOBERNADORA, *Flacourtia indica* (*F. ramontchi*)

Cuatro especies de *Flacourtia* son cultivadas por sus frutos, utilizados principalmente en la preparación de jaleas dado su contenido alto en peptina. Son originarias de la región indomalaya, extremadamente polimorfas y posiblemente con poblaciones híbridas. En una de ellas, *F. inermis*, las flores son hermafroditas, en las otras tres unisexuales. Las cuatro especies de *Flacourtia* se distinguen principalmente por caracteres foliares y el número y posición de los estilos (Fig. 15.1A).

Flacourtia indica (Fig. 15.1A), posiblemente originaria de India, sólo se conoce en cultivo; se ha extendido por el Sureste de Asia, África y América tropical. Es un arbusto muy ramificado e inermes; si tiene espinas, estas se encuentran especialmente en el tronco y las ramas viejas. Las hojas son relativamente pequeñas, de dos a cuatro centímetros de largo, aunque llegan hasta ocho centímetros, de forma muy variable, predominando las obovadas, aserradas especialmente hacia el ápice. Las flores unisexuales, generalmente en grupos axilares de pocas flores, tienen

cáliz con cuatro a seis sépalos y carecen de corola. Las estaminadas tienen muchos estambres; las pistiladas cuatro a seis estilos que se doblan hacia afuera. El fruto, más o menos esférico, de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, rojo oscuro a casi negro por fuera, lleva al ápice una columna diminuta de la que se separan los estilos doblados hacia afuera; la pulpa o mesocarpo, carnosa y verde amarillenta, dulce en algunos cultivares o astringente, envuelve cinco a seis semillas planas; las frutas se consumen frescas o en jaleas o mermeladas. Como otros congéneres, *F. indica* se planta para setos vivos, por la ramificación compacta y las espinas del tronco.

LOVI-LOVI, *Flacourtia inermis*

Conocida sólo en cultivo, originalmente de India a Malasia (Fig. 15.1B). Forma un árbol bajo de copa cónica, con ramas largas y pendientes, sin espinas. El follaje nuevo es de tono rosado muy llamativo. Las hojas ovado-oblongas a ovado-elípticas, aserradas, miden de ocho a 14 cm de largo por cinco a ocho centímetros de ancho, con el lado superior brillante y verde claro. Las flores bisexuales crecen en fascículos axilares; tienen cuatro a cinco sépalos y carecen de corola, 15 a 25 estambres y ovario ovoide con cuatro a cinco estilos ligeramente doblados hacia afuera. El fruto esférico, rojo o rosado, de dos a 2.5 cm de diámetro, lleva en la base el cáliz persistente con los filamentos secos de los estambres y al ápice los estilos separados claramente. La pulpa amarillenta es muy astringente y se usa para jaleas y otros dulces; en Malasia hay cultivares con frutos

que pueden ser comidos crudos. Es una especie muy variable, particularmente por la forma y tamaño de las hojas.

KERKUP, *Flacourtia jangomas* (*F. cataphracta*)

Sólo se conoce en cultivo y es posiblemente originaria de India; se le cultiva en el Sureste de Asia, Africa y América tropical (Fig. 15.1C). En ciertas características es afín a *F. indica*, de la que se diferencia en la forma de la hoja y de los estilos. Es un árbol bajo, decíduo, provisto de espinas simples o bifurcadas, de corteza rojiza. Las hojas angostas, ovadas a oblongas, con el ápice agudo y bordes aserrados, miden de siete a 10 cm de largo por tres a cuatro centímetros de ancho. Las flores unisexuales tienen cáliz de cuatro a cinco sépalos y carecen de corola; en las estaminadas hay muchos estambres; las pistiladas tienen el pistilo en forma de botella, ancho en el ovario y terminado en una columna formada por los cuatro o seis estilos unidos, que terminan en

anteras bilobadas. El fruto esférico, de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, tiene el epicarpo rojizo a negro y lleva al ápice una columnita de un milímetro de alto, de la que sobresalen los estigmas. La pulpa verde amarillenta, utilizada principalmente para jaleas y conservas, rara vez se come fresca, por ser muy astringente.

RUKAM, *Flacourtia rukam*

Originaria de Malasia, donde se le halla silvestre y cultivada, ha sido introducida a otras áreas tropicales (Fig. 15.1D); es un árbol bajo, de ramificación abundante, y en algunos cultivares con grupos de espinas bifurcadas en el tronco o las ramas viejas, en otros sin espinas. Las hojas lanceolado-oblongas miden de cinco a 15 cm de largo, con bordes más aserrados que en *F. indica* y terminan en un ápice agudo. Las flores unisexuales, raramente hermafroditas, nacen en grupos en las axilas de las hojas; el perianto se compone sólo de cáliz, con cuatro a seis sépalos. Las flores estaminadas llevan muchos estambres; en

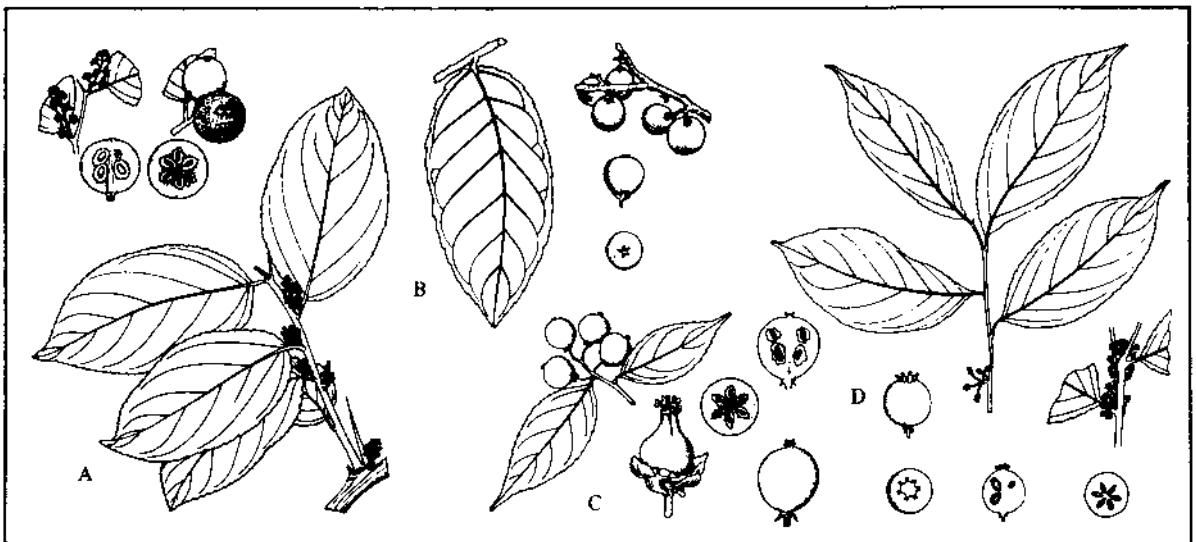


Fig. 15.1. A, *Flacourtia indica*. Rama con flores; frutos. B, *Flacourtia inermis*. Hojas; frutos. C, *Flacourtia jangomas*. Rama con frutos; flor; frutos. D, *Flacourtia rukam*. Rama; flores; frutos.

las pistiladas hay de cuatro a ocho estilos bien separados y curvos hacia afuera. Los frutos esféricos, de dos a 2.5 cm de diámetro, con la cáscara mate y rojo púrpura en la madurez, llevan en el ápice los cuatro u ocho estilos bien separados y libres.

Los frutos contienen una pulpa blancuzca muy ácida y astringente para comerlos crudos; en el Sureste de Asia se frotan vigorosamente entre las manos, lo que parece inducir cambios en el sabor de la pulpa, y entonces se pueden comer crudos; el uso más corriente, sin embargo, es en la preparación de jaleas y conservas.

MUKAMBURA, *Dovyalis abyssinica*

El género *Dovyalis* incluye tres especies cultivadas como frutales, originarias del Sureste de Africa y de Sri Lanka.

Dovyalis abyssinica (Fig. 15.2A), de Africa Oriental e introducida a Florida, es un arbusto muy ramificado, con espinas agudas, hojas elípticas con el pecíolo y venas principales de color verde claro, enteras o dentadas. Las plantas son dioicas, con flores pequeñas y verduscas, que brotan en las axilas de las hojas, las estaminadas en grupos, las pistiladas solitarias; en Florida para lograr una mayor fructificación, se injertan ramas de plantas estaminadas en plantas pistiladas. Como en otras especies de Flacourtiáceas dioicas, la propagación vegetativa permite establecer plantas de sexo conocido, pistiladas o estaminadas. El fruto globoso-aplastado, de uno a dos centímetros de ancho, rojo, lleva en la base los restos del cáliz y en el ápice del pistilo. La pulpa rosada y de color rojo muy atrayante, agri-dulce según el cultivar, se usa para refrescos y jaleas.

Híbridos espontáneos con *D. hebecarpa*, tienen frutos hasta de 3.5 cm de diámetro, color anaranjado oscuro a rojo, con pulpa amarillenta y muy ácida.

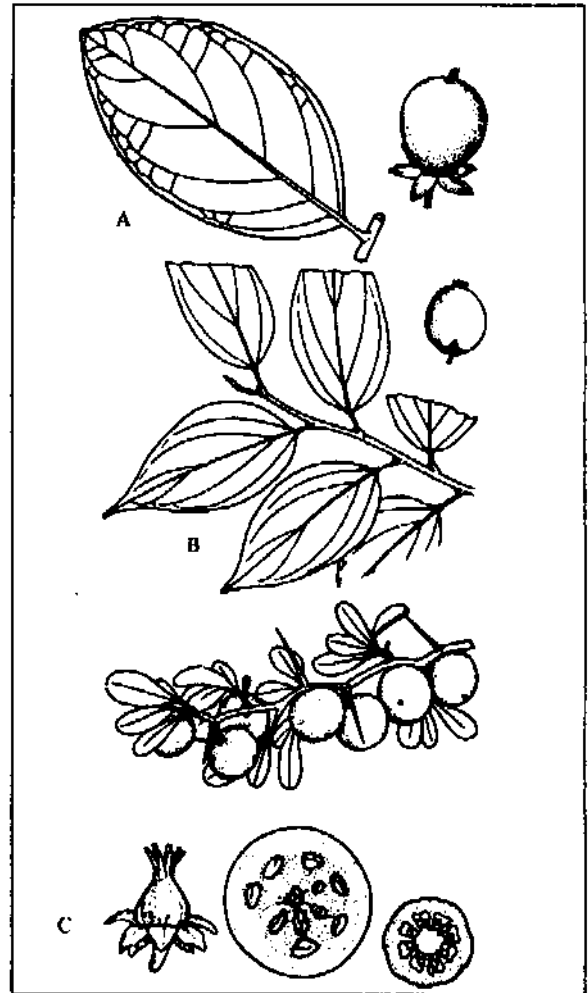


Fig. 15.2. A, *Dovyalis abyssinica*. B, *D. hebecarpa*. C, *D. caffra*.

KETEMBILLA, *Dovyalis hebecarpa* (*Aberia gardneri*)

Originaria de Sri Lanka, es cultivada en los trópicos de Asia y América. La planta baja, hasta de tres metros de alto, se forma de varias ramas largas y arqueadas, provistas de espinas

(Fig. 15.2B). Las hojas alternas, suaves y lanceoladas, de cuatro a siete centímetros de largo, están cubiertas de pubescencia muy fina en ambas caras; es característico de esta especie el color rojizo del pecíolo y los nervios principales, lo que es más notable en el reverso de la hoja. Como las otras especies de este género, *D. hebecarpa* es dioica, aunque a veces hay plantas con flores hermafroditas. Las flores estaminadas consisten de seis a ocho sépalos y numerosos estambres, sin corola; las pistiladas del mismo número de sépalos y un pistilo terminado en cuatro a seis estilos. El fruto esférico, de unos dos centímetros de diámetro, es rojo-púrpura en la madurez y con la superficie aterciopelada. La pulpa rojiza, con muchas semillas, es ácida y se utiliza para conservas y refrescos.

KEI, *Dovyalis caffra*

Originario de Africa del Sur, es un arbusto bajo de ramificación abundante y provisto de espinas largas, por lo que a menudo se le planta como seto vivo. Las hojas obovadas y de base angosta, lisas y brillantes, de unos cinco centímetros de largo, crecen en grupos con una espina axilar (Fig. 15.2C). *D. caffra* es dioica, con flores pequeñas, de seis sépalos amarillentos y sin corola. El fruto, esférico a ovoide de 2.5 a tres centímetros de diámetro, amarillo oro o verdusco en la madurez, tiene la pulpa amarilla, ácida y numerosas semillas. La pulpa se utiliza para jaleas, por su alto contenido de pectina.

BIXÁCEAS

La pequeña familia de las Bixáceas comprende un solo género, *Bixa*, con una especie cultivada y varias silvestres en la cuenca amazónica.

ACHIOTE, ANNATO, URUCU

Bixa orellana

Bixa orellana era cultivada en épocas precolombinas, desde Brasil y Bolivia hasta México. El

uso primitivo, aún practicado por los indios del Amazonas, es aplicar los pigmentos rojos y amarillos obtenidos de las semillas, como tinte para la piel, lo que además de su valor ornamental protege de las picaduras de insectos y ayuda a la cicatrización de heridas. El uso principal, sin embargo, es como colorante de alimentos, a los que da un tono amarillo típico y agrega elementos nutritivos. El cultivo de *B. orellana* se ha extendido a los trópicos de Africa y Asia, siendo de importancia comercial en los primeros.

Porte. *Bixa orellana* (Fig. 15.3) es un árbol bajo y de copa compacta, a menudo hemisférica; es una especie sumamente variable, lo que se refleja en diferentes tipos de porte. Las hojas acorazonadas y alternas, de 10 a 20 cm de largo, tienen tres a cinco nervios principales que salen de la inserción del pecíolo; el lado superior de la lámina es verdeoscuro y brillante, en algunas variedades de tono cobrizo.

Las flores aparecen en panículas terminales y tienen el pedicelo grueso y pubescente, con dos prominencias posiblemente glandulares en la parte inferior. Los cuatro o cinco sépalos, irregulares y lisos, forman un receptáculo permanente que se mantiene aún en el fruto maduro. La corola, en cambio, cae poco después de la antesis; está formada por cinco pétalos libres y cóncavos, ligeramente distintos en tamaño, de uno a dos centímetros de largo, blancos o rosados según el cultivar. Los estambres muy numerosos, más de 100, salen de un disco que rodea el pistilo y se desarrollan centrifugamente. El filamento amarillo en la base lleva una antera morada, en forma de herradura, con el lado dorsal más largo que el ventral y se abre por una o dos aberturas apicales. El pistilo, rodeado en la base por el disco estaminal, tiene el ovario unicelular con numerosos óvulos en dos placentas parietales, y estilo sencillo, a menudo curvo.

En *Bixa orellana* la alogamia parece ser predominante, favorecida por la forma abierta de la flor y por la emisión de polen y la receptividad del estigma, que duran varios días. Sin embargo, se conocen casos de autogamia.

Fruto. El fruto es una cápsula espinosa, dehiscente en dos valvas, de simetría bilateral, de

2.5-4.5 cm de largo y 2-3 cm de ancho. Las diferentes combinaciones de forma, tamaño, color y tipo de espinas del fruto, permiten reconocer los cultivares. La forma varía desde casi esférica a cónica muy alargada; la longitud, de dos a seis centímetros, siendo los cultivares de fruto más pequeño los más primitivos. Las espinas pueden ser finas, compactas y de 1.5 cm de largo, hasta protuberancias apenas perceptibles en la superficie de las valvas. El color de las espinas y del pericarpio en la mayoría de los cultivares es rojo o purpúreo, en algunos casos de valor ornamental, pero hay cultivares de frutos amarillo dorado. Hay cierta correlación en color del fruto, flores y corteza. Los cultivares de frutos rojos tienen flores moradas y corteza rojiza; los de frutos amarillos, flores blancas y corteza amarillenta.

Al abrirse el fruto maduro en dos valvas, muestra el endocarpo en forma de una membrana blanca que se separa del resto del fruto y que rodea las semillas. Estas se desarrollan de dos placentas parietales; su forma puede ser de obcónica a piramidal, y miden de tres a cuatro milímetros de largo. La capa externa de la semilla es un tegumento membranoso, debajo del cual hay

una zona de parénquima acuoso que contiene el tinte; éste, conforme maduran las semillas, aparece en la superficie de éstas en forma de papilas rojas, terminando por cubrirlas completamente. La testa es dura y el centro de la semilla está ocupado por endosperma y embrión; éste último contiene sustancias venenosas.

El producto comercial, "achiote" o "annato", contiene un tinte amarillo, bixina, que se diluye fácilmente en agua o alcohol. No es permanente a la luz y por eso no se usa para colorear telas. Es rico en vitamina C, de modo que agrega algunos elementos nutritivos a la alimentación en que se usa como colorante. Para obtener el tinte se abre los frutos maduros y las semillas se colocan en agua para disolverlo; por evaporación se obtiene el producto comercial, que es una pasta suave, de color rojo oscuro.

Se conocen numerosas variedades que se distinguen por el tamaño, forma y color de los frutos, y por las características de las espinas. Como se dijo anteriormente, algunos de esos caracteres están correlacionados con el color de las flores y de la corteza. Hay una variedad de frutos pequeños, *leiocarpa*, de 1-2 cm de largo, sin

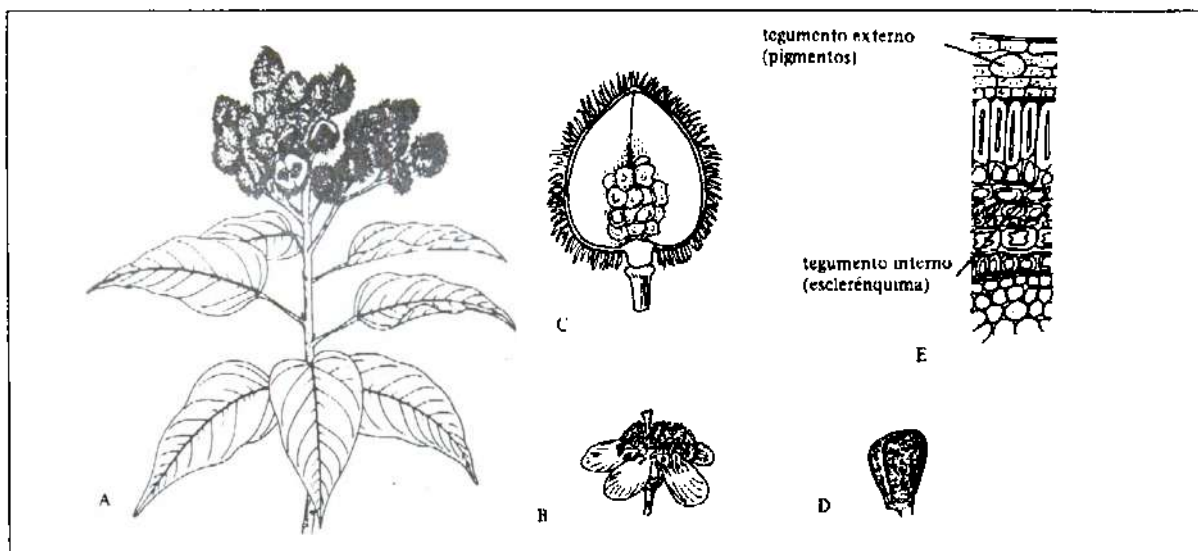


Fig. 15.3. *Bixa orellana*. A, rama con fruto. B, flor. C, cápsula abierta longitudinalmente. D, semilla. E, corte de la semilla.

espinas o éstas sólo en la base, el ápice o la línea de apertura de las valvas. Es posiblemente una mutación, que se presenta en diferentes lugares. Una entidad afín, a veces considerada como una variedad de *B. orellana*, más recientemente como una especie distinta, es *B. urucurana*, que se encuentra de Nicaragua a Brasil. Tiene frutos casi esféricos, de 1-2 cm de largo, cubiertos con espinas de base ancha. Se supone que hay híbridos entre esta especie y *B. orellana*.

PASIFLORÁCEAS

Las Pasifloráceas son en su mayoría plantas trepadoras provistas de zarcillos, con flores complejas en las cuales se destaca un órgano típico, la corona, formada por apéndices filiformes y coloreados.

Se les utiliza por los frutos; en la mayoría por los arilos suculentos, ácidos y aromáticos; en otras por el mesocarpo carnoso. Varias especies e híbridos son cultivadas como ornamentales.

En las Pasifloráceas utilizadas por sus frutos, se pueden hacer tres grupos. El primero, representado por *P. edulis*, incluye las especies con frutos de cáscara delgada y dura; los arilos son la parte utilizable. Un segundo grupo, que incluye *P. quadrangularis* como prototipo, tienen la cáscara de la fruta y el mesocarpo gruesos y suculentos, y esa es la parte utilizable. El tercer grupo, el subgénero *Tacsonia*, incluye especies cuyas flores tienen el tubo del cáliz muy largo y corona sin filamentos; los frutos carnosos se comen frescos o preparados en jugos, helados y otras formas.

MARACUYÁ, *Passiflora edulis*

Passiflora edulis se cultiva en los trópicos americanos, Australia, Hawai y Africa del Sur por el jugo que se obtiene de los tejidos que rodean las semillas, ácido y aromático, que se utiliza en refrescos, néctares, jaleas y otros.

Poblaciones típicas de *P. edulis*, caracterizadas por frutos morados, son nativas de Brasil. La variedad cultivada llamada 'Flavicarpa' se asu-

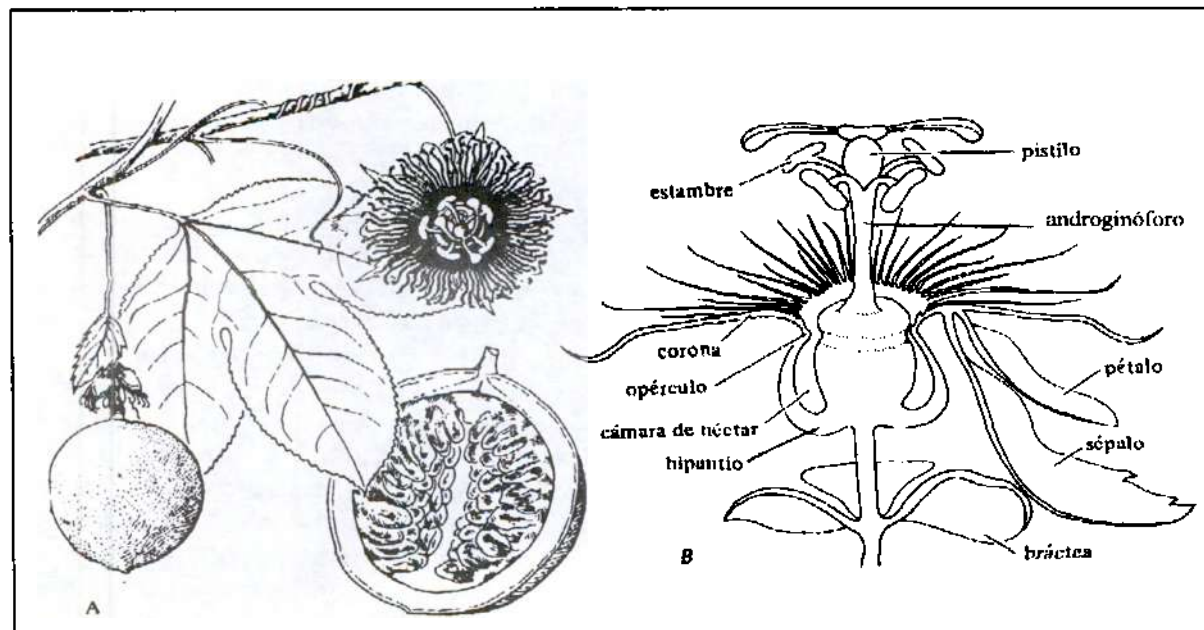


Fig. 15.4. *Passiflora edulis*. A, rama con flor, hoja y fruto. B, corte longitudinal de la flor.

me que pertenece a la misma especie, aunque difiere de las poblaciones típicas en caracteres morfológicos y de crecimiento. Se conoció primero en Australia, de donde pasó a Hawai y fue allí donde se desarrolló su cultivo. Sus diferencias con la población típica, como se verá más adelante, han sido explicadas asumiendo que es una mutación o una población diferente introducida directamente de América tropical a Australia.

Porte. *Passiflora edulis* es una trepadora perenne (Fig. 15.4) de tallos marcadamente aristados. En las axilas de las hojas aparecen primero una estípula, luego un zarcillo y a menudo una flor. El pecíolo curvo y acanalado, de tres a cinco centímetros de largo, lleva un par de glándulas en la inserción de la lámina. Esta es trilobulada, lisa y brillante en el lado superior con bordes aserrados. Los nervios, prominentes en ambas caras, tienen a menudo un tono cobrizo, especialmente en el reverso de la hoja.

Flores. Las flores nacen solitarias en las axilas de las hojas (Fig. 15.4B). El pedúnculo recto y aristado lleva tres brácteas ovales, de dos centímetros de largo y aserradas. Cerca de un centímetro arriba de la inserción de las brácteas se encuentra el hipantio, que forma un anillo alrededor de una columna central, el androginóforo, del cual lo separa una cavidad en que hay numerosas glándulas de néctar. Del hipantio salen primero los cinco sépalos elípticos, de tres a cuatro centímetros de largo por uno a 1.5 cm de ancho, con dientes grandulíferos al extremo y ápice agudo; el lado externo es verde claro, el interno blancuzco con manchas rosadas en la base. Los cinco pétalos, libres, salen del hipantio casi al nivel de los sépalos; son oblongos, de dos a tres centímetros de largo por uno de ancho, blanco-verdoso con manchas moradas basales; la siguiente estructura es la corona, formada por varias filas circulares de apéndices, los más internos morados, en forma de papilas de pocos milímetros de largo, mientras que los externos, filiformes, de tres a cinco centímetros de longitud, son morados en la parte basal y verdosos hacia el ápice. La corona es la parte más notable de la flor de las Pasifloráceas.

El androginóforo es un órgano complejo cuya parte basal, de alrededor de un centímetro de largo y en forma de urna, está dividido en dos por un surco transversal. En ese surco las papilas internas del hipantio cierran casi completamente la cavidad del néctar. El androginóforo se continúa en una columna verde de un centímetro de alto, que termina en tres estambres y el gineceo. Los estambres tienen filamentos planos con anteras transversales muy anchas. El pistilo se forma del ovario elipsoidal, de cerca de cinco milímetros de largo, y de tres estilos claviformes, hasta de 1.5 cm de largo, con superficies estigmáticas acorazonadas y amarillo-verdosas.

Polinización. Las flores de *P. edulis* se abren sólo un día desde el mediodía hasta medianoche. En la mayoría de las flores de 'Flavicarpa' los estilos, erectos en la antesis, se curvan y se colocan horizontalmente pero vuelven a la posición original antes de que se cierre la flor. En todas las plantas hay flores cuyos estilos no se doblan y que no fructifican aún con la polinización artificial. Ciertas plantas pueden ser completamente autoincompatibles debido a mecanismos que inhiben el crecimiento del tubo polínico en los estigmas; en otras, la autoincompatibilidad se presenta en grados distintos. Estos fenómenos se reflejan directamente en el rendimiento. El agente natural de polinización son los himenópteros del género *Xilocopa*.

Fruto. *P. edulis* pertenece al grupo de *Passiflora* de pericarpo delgado y duro. En la madurez los frutos esféricos, ovoides a elipsoidales, alcanzan de cinco a seis centímetros de largo; el color varía desde verde, moteado finamente de blanco, a amarillo limón. La superficie es ligeramente áspera por los pelos finos y cortos, que aparecen esparcidos en los frutos maduros. El epicarpo se forma de unas pocas capas de esclerénquima, que protege el fruto de los ataques de los insectos. Está nítidamente separado del mesocarpo y endocarpo, tejidos parenquimáticos que se secan en la madurez. El centro del fruto está normalmente ocupado por la masa de semillas, derivadas de tres placentas laterales. Las semillas

planas y negras, cubiertas de protuberancias, están rodeadas por un arilo succulento que contiene cantidades apreciables de caroteno, ácido ascórbico y azúcares. El fruto maduro se desprende de la planta y es frecuente encontrar frutos de apariencia normal en que hay semillas vanas, y aun frutos completamente vacíos, debido a polinización defectuosa.

Varietades. *Passiflora edulis* típica, o "granadilla morada", ha sido suplantada en cultivo por la variedad 'Flavicarpa'. Difiere de ésta última no sólo en el color de los frutos, que en la madurez son morados, sino en la menor resistencia a *Fusarium* y nemátodos, en las flores, que se abren por la mañana y tienen un ciclo de producción anual más corto que en 'Flavicarpa'.

GRANADILLA, *Passiflora ligularis*

Passiflora ligularis es la especie más importante de las tierras altas de América tropical arriba de los 1000 m, de México a Bolivia, cultivada y a menudo espontánea (Fig. 15.5). Es una trepadora de tallos cilíndricos y glabros y hojas acorazonadas, de ocho a 16 cm de largo, verde oscuro a casi azulado en el lado superior. El pecíolo lleva de tres a cinco pares de glándulas filiformes. Las flores, en pedúnculos hasta de cinco centímetros de largo, tienen brácteas ovales, foliosas, de dos a cuatro centímetros de largo. Los sépalos y pétalos oblongos, verduscos, miden de tres a cinco centímetros de largo. La corona está formada por varias series de filamentos que se caracterizan por bandas alternas y transversales, azules y blancas: los externos son tan o más largos que los pétalos.

El fruto ovoide o elipsoidal tiene el pedúnculo de seis a 12 cm de largo; en la cáscara dura, amarilla con puntos blancos en la madurez, se notan seis líneas longitudinales más claras y poco definidas. El epicarpo está constituido de esclerénquima, de menos de un milímetro de espesor, pero que da al fruto una consistencia fuerte; el mesocarpo es blanco y esponjoso, de cinco mi-



Fig. 15.5. *Passiflora ligularis*.

límetros de ancho, y el endocarpo, una película blanca, se separa en la madurez del mesocarpo. Las semillas en tres placentas longitudinales, elípticas y negras, están rodeadas por el arilo amarillo, dulce y aromático, de sabor agradable.

No se conoce la variabilidad de esta especie.

GRANADILLA, PARCHA, *Passiflora laurifolia*

Del norte de América del Sur y Antillas, es una trepadora de tallos surcados y hojas enteras, oblongas. Las flores de seis a nueve centímetros de diámetro tienen la corona como en *P. ligularis*, con bandas alternas moradas y blancas. Los frutos ovoides, de cinco a ocho centímetros de largo, amarillos con puntos blancos, contienen semillas de arilos amarillentos o blancuzcos, de sabor ácido.

GRANADILLA, *Passiflora maliformis*

Del norte de América del Sur y las Antillas; trepadora de tallos cilíndricos y hojas enteras, ovado-cordadas. Las flores de sépalos verdes y pétalos blancos tienen los filamentos de la corona también con bandas alternas moradas y blancas. Los frutos esféricos, hasta de cinco centímetros de diámetro, de cáscara delgada pero muy fuerte, son de color verde-amarillento en la madurez. Los arilos amarillos contienen jugo ácido y aromático.

MARACUYÁ-SUSPIRO, GRANADILLA, *Passiflora nitida*

Cultivada en la Amazonia; tiene tallos cilíndricos, hojas elípticas, duras, hasta de 15 cm de largo, con los bordes aserrados. En las flores hay un involucre con tres brácteas que persisten en el fruto maduro. Los sépalos y pétalos son blancuzcos, los segundos más cortos; en la corona, los segmentos tienen bandas transversales azules. El fruto elipsoidal a ovoide, 6-10 cm de largo, amarillo-anaranjado, tiene arilos blancos y aromáticos.

GRANADILLA DE QUIJOS, *Passiflora popenovii*

De los Andes Orientales de Ecuador, donde se le llama "granadilla de Quijos", es una de las especies más valiosas y menos conocidas. Los tallos cilíndricos y lisos llevan hojas ovado-elípticas, de color verde claro; flores con sépalos rosados, pétalos azul púrpúreo y corona con filamentos de bandas alternas moradas y blancas. Los frutos elipsoidales, de ocho a 12 cm de largo, verde amarillentos, contienen semillas con arilos amarillos, de sabor y aroma muy agradables.

GRANADILLA REAL, BADEA, PARCHA GRANADINA, *Passiflora quadrangularis*

Passiflora quadrangularis es posiblemente originaria del norte de América del Sur, en donde existen especies afines; en cultivo se ha extendido por los trópicos bajos, a menos de 1000 m, en el Viejo y Nuevo Mundo. Se diferencia de las anteriores por los tallos alados y los frutos grandes, de epicarpo suave.

Es una trepadora (Fig. 15.6) de raíces carnosas y tallos con cuatro alas bien marcadas. Los pecíolos tienen tres aristas, la inferior más desarrollada, y tres glándulas basales aplanadas; la lámina es cordada, de color verde claro, de 10 a 25 cm de largo y siete a 15 cm de ancho, con los bordes enteros y ondulados. Las estípulas lanceoladas, de bordes enteros o aserrados, miden hasta cinco centímetros de largo.

Flores. Las flores tienen en el pedúnculo tres brácteas ovales y verdosas. El hipantio es delgado

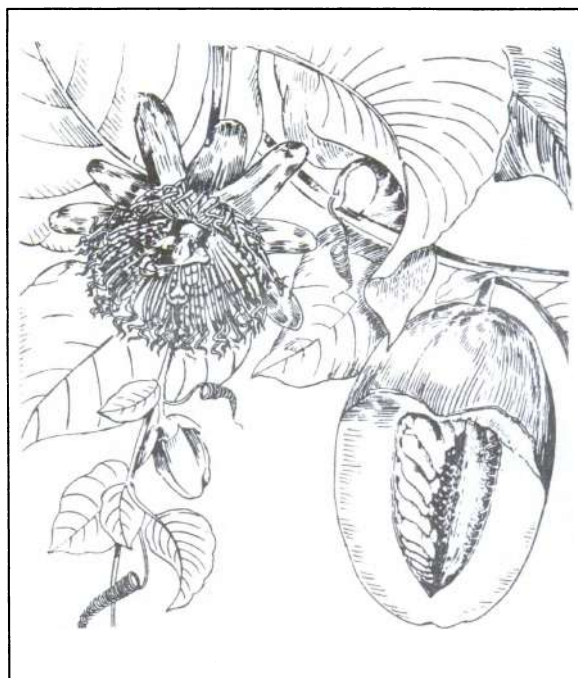


Fig. 15.6. *Passiflora quadrangularis*.

do y cupular; los sépalos blancuzcos con una mancha basal rojiza en el lado interno, miden de tres a cuatro centímetros de largo por dos a 2.5 cm de ancho. Los pétalos, de tamaño parecido, son delgados y blancos con áreas rosadas hacia el ápice. La corona se compone de cinco a seis ciclos de apéndices, los tres más internos reducidos a papilas cortas y rosadas; los externos son filiformes, hasta de cinco centímetros de largo, blancos con bandas transversales delgadas, rojizas en la base y moradas hacia el medio.

Fruto. El fruto, elipsoidal a ovoide, con la base y el ápice hundidos y en algunos cultivares con tres surcos longitudinales bien marcados, mide de 12 a 25 cm de largo por ocho a 16 cm de ancho. La superficie es verde claro a amarillenta, brillante y lisa. El epicarpo suave se forma principalmente de parénquima. El mesocarpo, de dos a tres centímetros de grueso, es carnoso, blancuzco e insípido y se come crudo con azúcar o se prepara en dulces. Las semillas están rodeadas del arilo amarillento, acidulo y aromático del que se extrae el jugo, cuyo sabor recuerda al de la pera. De las semillas se obtiene la pasiflorina, de valor medicinal.

P. quadrangularis presenta escasa variabilidad. Se reconoce dos cultivares: uno autocompatible, de frutos pequeños, de 15 a 20 cm de largo; el segundo, 'Macrocarpa', posiblemente autoincompatible, con frutos hasta de 25 cm de largo.

MARACUYÁ GRANDE, *Passiflora alata*

De Brasil y Perú, es muy afín a la especie anterior; difiere de *P. quadrangularis* por tener dos o cuatro glándulas en el pecíolo, hojas con ocho nervios laterales (hay 10 o más en *P. quadrangularis*), estipulas más angostas, lineales a lanceoladas, mientras que en la otra especie son ovadas a lanceoladas y en el color de los pétalos de tono rojizo. Los frutos de *P. alata* son obovoides y amarillos, de ocho a 10 cm de largo por tres a cuatro centímetros de ancho, muy fragantes y de arilos blancuzcos. Es posible que en cultivo haya híbridos entre esta especie y la anterior.

TACSO, CURUBA, *Passiflora mollissima*

Un tercer grupo de *Passiflora* forma el subgénero *Tacsonia*, que se distingue de las especies anteriores por tener el hipantio largo y cilíndrico. La forma de las flores y los tonos rosados o rojos de sépalos y pétalos hacen muy atractivas a las *Tacsonias*, que son cultivadas a menudo como ornamentales. Crecen en los Andes, generalmente arriba de los 1000 m.

P. mollissima es una trepadora vigorosa de hojas trilobadas, de siete a 10 cm de largo y con los bordes finamente serrados y pubescencia corta y fina en ambos lados de la hoja. Las flores pendientes, con brácteas ovales y cortas en la base, tienen el hipantio de siete a 10 cm de largo; los sépalos y pétalos son rosados y la corona está reducida a filas de papilas diminutas.

Los frutos oblongos, de cinco a 12 cm de largo y amarillos están cubiertos de pubescencia fina. El epicarpo es duro y delgado y el mesocarpo pulposo y angosto, de modo que la cavidad central ocupa el mayor volumen del fruto. Las semillas, negras y planas, están rodeadas del arilo anaranjado, acidulo y aromático. Los frutos se comen crudos y con el jugo de los arilos se preparan refrescos y helados.

Otras *Passiflora* del subgénero *Tacsonia* cultivadas en los Andes son: *P. antioquiensis*, *P. mixta*, *P. pinnastipula*, *P. psilantha* y *P. tripartita*.

CARICÁCEAS

PAPAYA, LECHOSA, MAMÃO, *Carica papaya*

El género *Carica* contiene varias especies frutales, todas americanas, que crecen tanto en las tierras bajas como en las altas cordilleras. *Carica papaya*, la más conocida, es una planta de importancia excepcional en los trópicos por su alto rendimiento, valor nutritivo y por ser uno de los pocos frutales de producción continua durante todo el año. Es además fuente de un producto

industrial, la papaína, utilizada en varias formas, principalmente en la industria de la carne y de la cerveza.

Origen. *Carica papaya* no se conoce en estado silvestre aunque hay poblaciones espontáneas desde el sur de América Central hasta el Noreste de América del Sur. Estas poblaciones están formadas por plantas unisexuales, estaminadas y pistiladas, en la proporción 1:1. Reciben nombres locales como "suara" en Costa Rica y "lechosillas" en Venezuela; se caracterizan por frutos pequeños, esféricos, de seis a 10 cm de diámetro, de pulpa dulce y aromática; se cruzan corrientemente con las variedades cultivadas.

El cultivo de la papaya se expandió por el resto de América del Sur poco antes de la Conquista.

Porte. *Carica papaya* (Fig. 15.7) es una hierba gigantesca, que alcanza hasta ocho ó 10 m de altura, y se forma de un eje central o vástago que lleva al final un penacho de hojas grandes. Por lo general el tronco no se ramifica y su punto apical crece continuamente, alargando el tallo y formando nuevas hojas. Cuando el punto apical se destruye aparecen ramificaciones laterales que también son corrientes en las plantas viejas. El vástago es cilíndrico, excepto en la parte inferior en que puede ser ligeramente prismático, con abundantes cicatrices de las hojas. No contiene madera (xilema) en cantidad apreciable como para considerar a la papaya una especie arbórea.

El sistema radical se compone de unas pocas raíces grandes y tuberosas, provistas de muchas raicillas alimentadoras.

Tallo. La estructura del tallo de *C. papaya* es muy peculiar. El vástago es un cilindro hueco con una amplia cavidad central que en las partes jóvenes está dividida por tabiques transversales que desaparecen conforme envejece el tronco. En una sección nueva de éste (Fig. 15.7B) la epidermis permanece activa; debajo de ella hay una banda gruesa de colénquima, seguida por la primera banda de esclerénquima, angosta y que en corte transversal aparece formada por cuñas de fibras que alternan con bloques de parénquima.

Los dos tejidos, el colénquima y la primera banda de esclerénquima, van reduciéndose conforme avanza la edad del tronco; en las partes viejas no se advierten del todo.

En una sección vieja del vástago la epidermis está reemplazada por tejidos corchosos, delgados y grisáceos; debajo de ellos está la zona cortical, compuesta de parénquima cargado de cloroplastos, lo que da un color verde a esta parte del tronco. En ella hay también células que contienen grandes cristales de oxalato de calcio que aparecen como esferitas cubiertas de puntas. En la región cortical, como en todas las otras partes de la planta, hay abundantes canales de látex, de los que sale un líquido pegajoso, blanco o transparente. En *C. papaya*, al contrario de lo que sucede en otras plantas, el látex es vivo, contiene muchos núcleos celulares y su protoplasma es biológicamente activo. Contiene una pepsina, la papaína, que se obtiene principalmente sangrando las frutas jóvenes.

En el corte transversal del vástago viejo se encuentra después de la primera banda de esclerénquima una zona de parénquima, que la separa de la segunda banda de esclerénquima. Esta última constituye el órgano de sostén más importante del tallo y es una red formada por cordones gruesos de fibras, entre los cuales hay masas de parénquima. En corte transversal aparece como una banda en que alternan cuñas trapezoidales de fibras, con la base más ancha hacia adentro, y bloques de relleno de parénquima.

En un corte tangencial del tronco se puede observar cómo la red de fibras es más compacta en las partes nuevas y cómo los cordones se separan conforme se va haciendo más ancho el tronco. Hacia la base, en un vástago viejo, las bandas de fibras son duras como madera, miden hasta un milímetro de grueso y dejan entre ellas espacios rómbicos ocupados por parénquima seco. Es la segunda banda de esclerénquima la que se ensancha para permitir el desarrollo del tronco. Su papel en el sostén de la planta es muy importante, aunque se supone que contribuye más a ello la turgencia de todas las células del tronco.

La expansión del vástago de la papaya puede verse también en la forma de las cicatrices de las hojas, que se hacen cada vez más anchas en sentido horizontal conforme se amplía el tronco.

Después de la segunda banda de esclerenquima hay un área estrecha de floema. En el tallo adulto no existe una formación definida de cambium y el vástago engruesa más por la expansión de las células que por la actividad del cambium. El xilema es mucho más ancho que el floema y se compone de filas angostas de vasos, separados por bandas anchas de parénquima.

Los radios medulares constituyen una estructura importante en el vástago de *C. papaya*. Corren sin interrupción desde la zona cortical hasta la médula, ampliándose en forma de cuñas con la parte más ancha hacia el exterior. El centro del vástago está relleno de parénquima en las partes jóvenes; conforme se desciende en el tronco el parénquima se va reduciendo a tabiques transversales muy delgados y por último desaparece.

Hojas. El follaje consiste en una corona compacta de hojas grandes en la parte terminal del tronco y las ramas. Las hojas nuevas se desarrollan continuamente y las viejas se secan y caen. El pecíolo recto, o ligeramente curvado hacia arriba en el extremo apical, mide de 40 a 120 cm de largo y es piramidal en la base, al centro aplano o hundido en el lado superior, convexo en el inferior. La coloración varía de verde a rojiza o morada. En su estructura interna se observa una epidermis unicelular, seguida de una banda de colénquima y de haces aislados de esclerenquima. El floema está muy desarrollado y forma masas radiales junto a las que se hallan los canales de látex. El xilema consiste de filas aisladas de vasos, rodeados de parénquima. Hay parénquima medular que rodea, como en el tronco, el centro vacío del pecíolo.

La lámina de forma general palmeada o pel-tada está profundamente dividida en siete a 11 grandes lobos, cada uno con un nervio central, que a su vez se dividen en lóbulos de forma y tamaño muy variables. La lámina es verde-oscuro arriba, con los nervios amarillentos y hundidos;

más clara y con los nervios prominentes en el lado inferior.

La hoja es rica en canales laticíferos y cristales de oxalato de calcio. Contiene papaína como la fruta y desde tiempos inmemoriales los indios las usaban para suavizar carnes que envolvían en ellas; además contiene carpaina, un alcaloide venenoso cuando se halla en cierta cantidad.

Tipos de plantas. El tipo de planta en *C. papaya* depende del estado sexual, de modo que sólo puede determinarse en la floración. En *C. papaya* y algunas otras especies del género hay casos de reversión, o sea que pueden producir flores de los dos sexos o hermafroditas, según determinadas condiciones ambientales. Se distingue así tres tipos de plantas: a) femeninas, con flores pistiladas únicamente, estables; b) hermafroditas o andromonoicas, con flores pistiladas, estaminadas o hermafroditas en la misma planta, estables fenotípicamente o reversibles; c) estaminadas, con sólo flores estaminadas, estables fenotípicamente o reversibles.

a) Plantas femeninas. Se caracterizan por tener racimos muy cortos de cinco o menos flores, todas pistiladas, de las cuales por lo común sólo una se desarrolla en fruto. Es un tipo estable, determinado por un gene recesivo que no es afectado en su expresión sexual por las condiciones ambientales.

Las flores (Fig. 15.7C) tienen el cáliz corto, de cinco dientes. Los cinco pétalos blancos son completamente libres y no hay estambres. El pistilo está constituido por un ovario elipsoidal liso, formado por cinco carpelos unidos; el estigma es grande y muy recortado.

Los frutos son esféricos a obovoides, con cinco cicatrices en la base, correspondientes a los pétalos; en corte transversal aparecen de forma circular o ligeramente pentagonal.

b) Plantas andromonoicas o hermafroditas. Se caracterizan por tener los pedúnculos de la inflorescencia medianos, de seis a 12 cm de largo, con menos de 15 flores, la mayoría de ellas bisexuales de los tipos "elongata" y "pentandria".

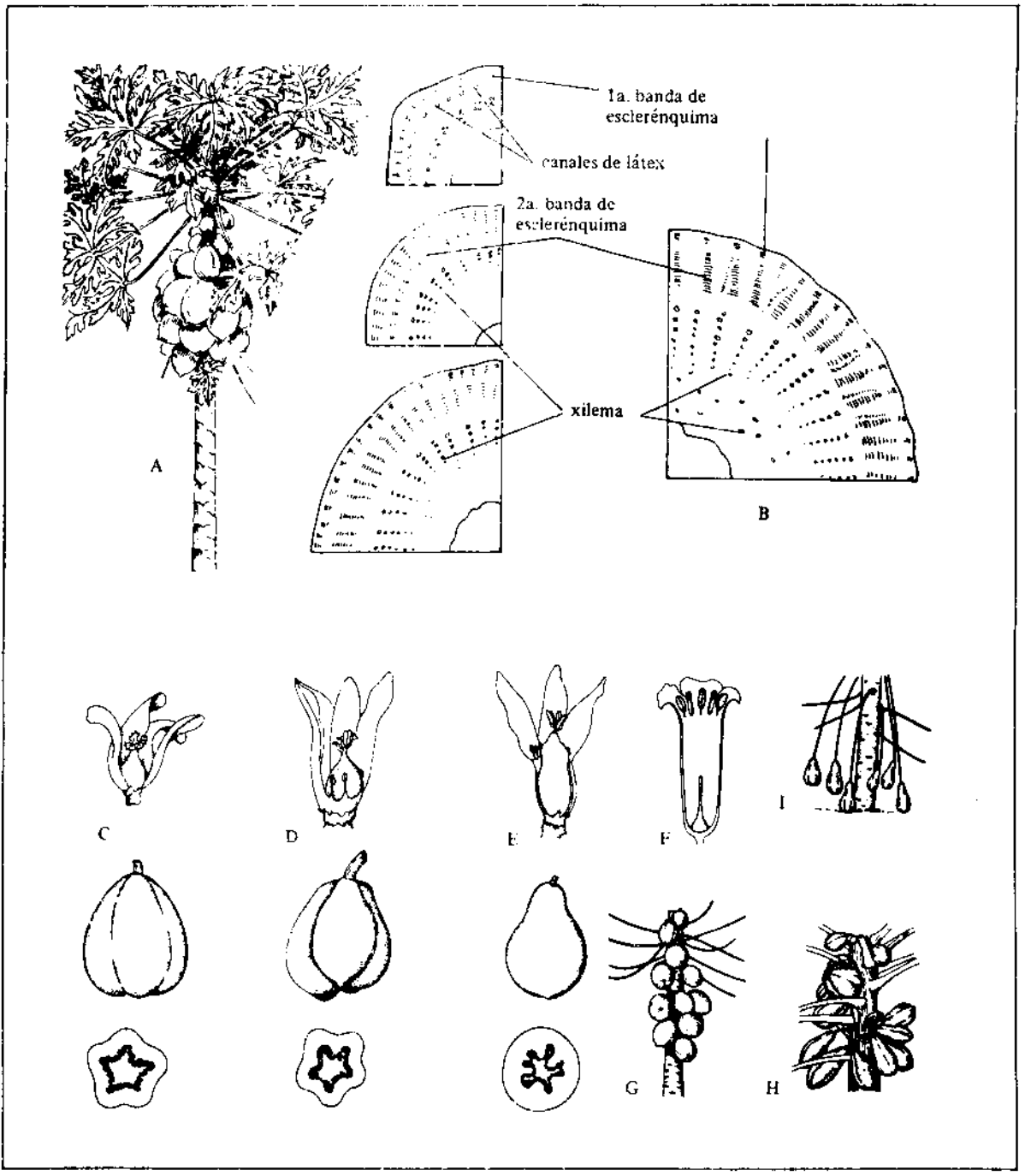


Fig. 15.7. *Carica papaya*. A, porte. B, cortes del tallo. C, flor pistilada y fruto. D, flor pentandria y fruto. E, flor elongata y fruto. F, flor estaminada. G, planta de flores pistiladas. H, planta de flores hermafroditas. I, planta estaminada estacionalmente fértil.

El tipo "elongata" (Fig. 15.7E) es el más común en las andromonoicas. Los pétalos están unidos en más de un tercio, formando en la parte inferior un tubo que se divide arriba en cinco lobos. Hay 10 estambres situados al final del tubo de la corola en dos series de cinco: los primeros casi sésiles y opuestos a los pétalos, los segundos con filamento corto salen del borde de los pétalos. El pistilo tiene el ovario alargado y los frutos son cilíndricos, elipsoidales o piriformes.

Formas teratológicas de "elongata", llamadas "carpeloide" o "intermedia", se caracterizan por los pétalos soldados en longitud variable y muy retorcidos. Hay de cinco a 10 estambres, en el último caso cinco son por lo común más largos. Los estambres están dispuestos en forma irregular al final del tubo de la corola y algunas veces crecen adheridos al pistilo. El pistilo es irregular, con cinco a 10 carpelos. El fruto es generalmente obovoide pero con frecuencia deforme por la presencia de surcos irregulares que resultan del desarrollo de estambres carpeloides adheridos al ovario. La fruta no tiene valor comercial.

El tipo "pentandria" (Fig. 15.7D) se caracteriza por corola de cinco pétalos casi libres, pues sólo se unen en la base. Hay cinco estambres fértiles alternos con los pétalos, de filamentos largos y gruesos, colocados en cinco hendiduras del pistilo. Este es elipsoidal pero con los cinco surcos formados por los estambres bien marcados; los estigmas están menos desarrollados que en las flores pistiladas. Los frutos esféricos a ovoides, a menudo de forma irregular, tienen cinco surcos bien marcados.

c) Plantas machos o andromonoicas. Se caracterizan por inflorescencias en pedúnculos largos, con muchas flores. Normalmente sólo tienen flores estaminadas pero a veces aparecen algunas hermafroditas que llegan a formar frutos pequeños. Esto parece ocurrir con más frecuencia en los meses fríos o en lugares altos. Las flores estaminadas (Fig. 15.7F) son delgadas y largas, con el tubo muy elongado y cinco pétalos

cortos. Hay 10 estambres y un pistilo rudimentario.

Se ha intentado explicar con varias hipótesis la herencia de las características sexuales en *C. papaya*. Una asume que es determinada por un gene con tres alelos: M_1 , estaminado; M_2 , hermafrodita; m , pistilado. De las combinaciones posibles en caso de cruces se obtiene: mm , pistiladas (femeninas); $M_2 m$, hermafroditas; $M_1 m$, estaminadas (masculinas). Las otras tres combinaciones: $M_1 M_1$, $M_1 M_2$, y $M_2 M_2$ no se presentan en la naturaleza por ser letales.

Una segunda hipótesis se basa en el conocido modelo XX-XY, con gameto masculino heterógamo y XY como letal. El genotipo XY_2 expresa la forma andromonoica y X permanece igual, dando lugar a las formas pistiladas estables.

Una tercera hipótesis asume que la flor original debió ser hermafrodita y que mutaciones sucesivas llevaron a flores unisexuales: eliminando el pistilo dio origen a las estaminadas y en las pistiladas primero a una forma semejante a *pentandria* y luego por cambios sucesivos a la transformación del pistilo, la formación de pétalos libres y la inserción del ovario en posición casi ínfera, a la flor pistilada típica. Como la tendencia evolucionaria en *Carica* es el dioicismo, según esta hipótesis la existencia de flores bisexuales podría deberse a la selección por el hombre.

Fruto. La forma y tamaño del fruto dependen del tipo de flor de que se origina. En forma pueden variar desde completamente esféricos hasta casi cilíndricos, y en peso desde medio kilogramo como en el cultivar comercial 'Solo', hasta 2.5 a 5 kg en algunas líneas procedentes de flores pistiladas. Por lo común muestran cinco lados más o menos planos, que corresponden a los carpelos del ovario y que pueden ser hundidos o lisos en la base, marcadamente apiculados o redondos en el ápice.

El fruto se forma de un pericarpo carnoso que rodea la cavidad en que están contenidas las semillas. La epidermis o epicarpo está constituido por una capa de células isodiamétricas, transparentes y de paredes fuertes, con muchos esto-

mas. Debajo de ella hay de cinco a 10 capas de parénquima cargado de cloroplastos, que dan el color verde oscuro a los frutos jóvenes y que en la madurez se tornan de color amarillo claro. El mesocarpo se puede separar en dos partes, la externa contiene parénquima de células relativamente pequeñas con numerosos tubos laticíferos y haces vasculares y es la que da la consistencia al fruto. La interna se forma casi sólo de parénquima de células grandes, ricas en agua, sustancias colorantes y azúcares. En ésta última parte hay pocos haces vasculares y canales de látex. El endocarpo se forma de varias capas compactas de parénquima, de tono más claro.

En el pericarpo son muy frecuentes los canales laticíferos, especialmente en los tejidos más externos. El látex que contienen ha sido utilizado para la obtención de la papaína, sustancia comercial que se extrae de los frutos jóvenes, aún verdes. Para ese propósito se hace suturas longitudinales, de las cuales brota un líquido lechoso que luego se concentra en masas transparentes. La producción industrial de papaína alcanza cierta importancia, ya que esa sustancia se utiliza por sus propiedades enzimáticas en la elaboración de suavizadores de carnes y otros productos industriales.

En el fruto son también muy frecuentes los cristales de oxalato de calcio, en forma de drusas casi esféricas que rellenan ciertas células de parénquima.

El fruto de la papaya está compuesto principalmente de agua, 85%; azúcares, 10%; fibras y otras sustancias. Según la variedad es de alto contenido en vitaminas A y C, así como en calcio y otros minerales; el color de la pulpa varía desde amarillo, debido a un factor dominante, hasta rojizo.

Cultivares. La mayor parte de la producción comercial de papaya en los trópicos viene de poblaciones espontáneas que descienden de polinizaciones libres, heterogéneas y con la mitad de plantas estaminadas o improductivas. En áreas subtropicales se ha establecido verdaderos cultivares: 'Solo', en Hawai, 'Hortus Gold' en Africa

del Sur, 'Betty' en Florida y otros, por cruces entre variedades y control de las polinizaciones. Producen frutos pequeños, de cerca de 15 cm de largo, de tamaño y forma uniformes. En 'Solo', en la que la autopolinización es del 99%, dos tercios dan plantas de frutos en forma de pera, que son de consumo comercial; provienen de plantas hermafroditas. Un tercio da frutos redondeados, producidos por plantas femeninas, que se destinan al consumo local. En 'Solo' se ha observado en Hawai, que la autopolinización por muchas generaciones, no implica pérdida de vigor. De la introducción original de 'Solo', se han seleccionado cultivares que difieren en el color de la pulpa y otros caracteres.

Los problemas principales en los trópicos son los virus y las moscas de la fruta; una posibilidad en el mejoramiento es la formación de variedades especiales para la producción de papaína.

PAPAYUELA, CHIHUALCÁN, *Carica pubescens* (*C. candamarcensis*)

Se conoce en cultivo desde Panamá a Bolivia en las tierras altas, sobre los 1000 m y en la costa de Chile (Fig. 15.8A). Se caracteriza por el tronco grueso, más ancho en la base y frecuentemente ramificado, hasta de 10 m de alto, cubierto por las cicatrices de las hojas.

Las hojas son de forma muy variable, con cinco a siete lóbulos recortados y poco profundos, pubescentes en el lado inferior. La inflorescencia estaminada es un racimo de flores verdosas, pubescentes por fuera, con el tubo largo terminado en cinco pétalos. Las flores pistiladas crecen en racimos cortos de pocas flores; la corola es amarillo-verdoso y el pistilo obovoide termina en un estilo muy ramificado. En algunos casos en una inflorescencia estaminada se encuentran flores pistiladas hacia el ápice.

El fruto elipsoidal a ovoide, amarillo en la madurez, tiene cinco surcos o depresiones anchas, y mide de cinco a 15 cm de largo; la pulpa

delgada, acuosa y aromática se come cocida o en dulces.

BABACO, HIGACHO, CHAMBURO,

Carica x heilbornii

(*C. pentagona*, *C. chrysopetala*)

En las tierras altas de Ecuador se cultiva dos clones, híbridos entre *C. pubescens* x *C. stipulata*, partenocárpicos, que se propagan por estacas pues no producen semilla (Fig. 15.8B). El primero, 'Babaco', se caracteriza por frutas elipsoidales con cinco depresiones anchas, hasta de 30 cm de largo y seis a 12 cm de diámetro. La pulpa blanca, fragante y ácida, se come cocida o se prepara en dulces y salsas.

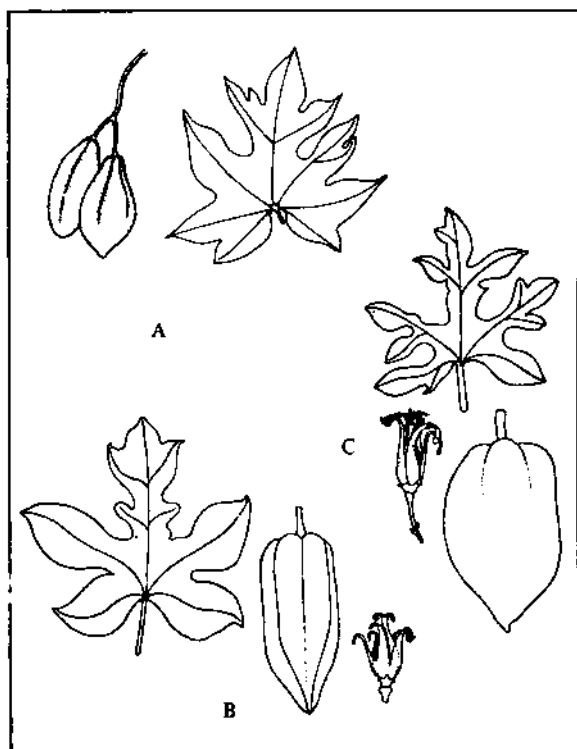


Fig. 15.8. A, *Carica pubescens*. B y C, *C. x heilbornii*.

El segundo, 'Chamburo' (Fig. 15.8C) parecido a *C. pubescens* en el porte, difiere de ésta por

las hojas glabras. Los frutos, de 10 a 15 cm de largo, tienen cinco lados más o menos planos y el ápice agudo. La pulpa amarilla, fragante en la madurez, se prepara en dulces.

COL DE MONTAÑA, *Carica monoica*

Crece en la vertiente oriental de los Andes, desde Ecuador a Bolivia, entre 600 y 1500 metros. Se la cultiva o utiliza principalmente por las hojas, que se comen cocidas como verduras, mientras que las frutas se preparan en dulces, cocidas con azúcar y limón. *Carica monoica* es una planta baja, anual y con inflorescencias cortas, en que hay varias flores estaminadas en la base y una pistilada en el ápice. Los frutos esféricos o elipsoidales, de cinco a siete centímetros de largo, amarillos o rojizos en la madurez, tienen pulpa insípida y numerosas semillas provistas de protuberancias largas y espinudas.

CUCURBITÁCEAS

Las Cucurbitáceas son plantas herbáceas, de tallos trepadores provistos de zarcillos. Las hojas de nervadura palmada tienen por lo común la lámina recortada, rara vez entera. Las flores unisexuales aparecen solitarias o en grupos en las axilas de las hojas, opuestas a los zarcillos. El cáliz es verdoso y estrellado. La corola campanulada, por lo común dividida en cinco lobos, es amarilla o blanca, rara vez morada. Los estambres tienen anteras muy desarrolladas y retorcidas, formando una sola masa en la mayoría de las especies. El ovario es ínfero, con placentación central que al desarrollarse el fruto se mueve hacia las paredes. El estigma es corto y macizo y termina en tres a cinco lobos papilosos.

El fruto o pepónida es característico: una baya, por lo general grande, en que las paredes externas a menudo se endurecen y las más internas permanecen suaves y carnosas. Los tabiques y placentas se reducen y con frecuencia el centro

del fruto está ocupado por una cavidad grande. Las semillas son planas y con endosperma escaso, ricas en aceite y con cotiledones muy desarrollados.

Las Cucurbitáceas se utilizan principalmente por sus frutos y se les incluye en la categoría de hortalizas. En unas pocas especies se comen las raíces carnosas y en muchas de ellas las puntas de los tallos, con las hojas nuevas y los zarcillos. Esta última utilización es de importancia por su valor nutritivo, ya que esas partes son las que contienen más minerales y vitaminas. Las flores, especialmente las estaminadas se consumen localmente, frescas o cocinadas. Por último, las semillas constituyen un buen alimento por su contenido en aceites y reemplazan en los trópicos a las nueces; algunas especies son de valor potencial como oleaginosas.

En las Cucurbitáceas los tipos silvestres o primitivos contienen principios amargos -cucurbitacinas del grupo de los terpenos- que los hacen incomibles tanto para el hombre como para los animales. En el género *Sechium* de Centroamérica hay plantas silvestres que se distinguen de las cultivadas sólo por el sabor amargo de los frutos. Si por mutación ocurre la pérdida de los principios amargos, entonces es posible que el hombre utilice los frutos.

Las *Cucurbitas* figuran entre las plantas de cultivo más antiguo en América. Ofrecieron al hombre primitivo un alimento abundante, de propagación fácil y rápida, que podría crecer óptimamente en los sitios abiertos, ricos en desechos orgánicos, que rodeaban las primeras viviendas. Aparecen en las culturas agrícolas más primitivas, antes de la invención de la cerámica, lo que se ha explicado sugiriendo que estas plantas fueron domesticadas primero por sus semillas, que se comían crudas o asadas y que posteriormente se utilizaron por los frutos.

AYOTE, CALABAZA, AUYAMA, JOKO, *Cucurbita moschata*

Origen. Esta es la especie de *Cucurbita* más importante de los trópicos, por la extensión de su

cultivo y su riqueza varietal. Se planta principalmente entre 400-1200 m de altitud, aunque en algunos lugares se cultiva hasta los 1800 m. Tiene usos muy variados, el principal es la utilización como hortaliza: la pulpa del fruto se come cocinada en varias formas, la parte final de los tallos y las flores estaminadas también como hortaliza y las semillas como nueces.

En la época prehispánica su cultivo se extendía desde el oeste de los Estados Unidos hasta Bolivia, pero en esa área tan extensa, no se puede localizar su centro de domesticación ni sus posibles antecesores silvestres. Entre sus congéneres parece tener más relación genética con *C. argyrosperma*. Las muestras arqueológicas más antiguas son del centro de México, 4900-3500 aC, y de la costa de Perú, 4200 aC.

Porte. *C. moschata* (Fig. 15.9) es una planta anual de tallos largos que en ciertos tipos llegan hasta 10 m de longitud, duros y angulosos. El sistema radical está constituido por una raíz principal y numerosas raíces secundarias, algunas de éstas muy gruesas y leñosas, y de gran cantidad de raíces menores absorbentes.

En *C. moschata* el eje principal emite de tres a 10 ramas basales, separadas por entrenudos cortos; esta sección de la planta no constituye un tallo propiamente dicho. Las ramas basales o principales se dividen a su vez en secundarias.

Las ramas rastreras, duras y generalmente con cinco rebordes, están cubiertas de pelos cortos o largos, terminados en una cabezuela que se abre soltando una sustancia mucilaginosa. Su crecimiento es simpodial, o sea que el eje central se continúa en un nudo por una rama lateral mientras que la yema terminal se transforma en un zarcillo, que aparece opuesto a una hoja.

La estructura del tallo muestra una zona externa compuesta de epidermis y cubierta de pelos multicelulares, debajo de la cual hay bandas de colénquima que ocupan los ángulos o rebordes del tallo y contribuyen a darle solidez y flexibilidad. La zona cortical incluye una banda angosta de parénquima y un cilindro continuo, delgado y de fibras (esclerénquima) que forman el soporte principal del tallo. La parte central está ocupada por una zona ancha de parénquima en

que están los haces vasculares, y por la médula, hueca en los tallos viejos.

Los haces vasculares son por lo común de ocho a 12, colocados en dos círculos: uno externo de haces mayores, que corresponden a los ángulos o rebordes del tallo, y otro interno de haces más pequeños. En corte transversal aparecen como áreas más oscuras y densas, en cuyo centro se distinguen de cinco a ocho poros grandes, dos de ellos mucho más anchos, que corresponden a los vasos del xilema. A ambos lados de éstos hay áreas de floema, con células cribosas muy grandes. Estas estructuras, grandes vasos de xilema y de floema, permiten una circulación muy eficiente del agua y las sustancias nutritivas, a pesar de que el volumen de los tejidos vasculares no es tan extenso como en otras plantas.

Zarcillos. Los órganos más característicos de las Cucurbitáceas son los zarcillos. Como se dijo antes, corresponden por su posición a una rama

terminal y se forman de una parte basal larga y delgada, que se divide en tres ramillas. La estructura de la primera corresponde a un tallo; las segundas pueden considerarse como una hoja transformada. La función de los zarcillos es amarrar la planta a soportes; para eso tienen una sección sensorial en la parte superior de las ramillas, donde son aplanados. En el lado externo, no sensitivo, hay pubescencia escasa; en el interno las células son muy pequeñas y tienen al centro una área sensoria que se prolonga hacia el interior de las células en forma de un embudo o canal. Cuando el zarcillo toca un estímulo las células de la parte sensitiva se arrugan, pues sus paredes externas se hunden hacia el interior mientras que las de la parte opuesta del zarcillo, no sensitiva, se agrandan longitudinalmente. La combinación de estos dos fenómenos hace que el zarcillo se encorve sobre la parte sensoria, hasta llegar a arrollarse en el estímulo. En las células

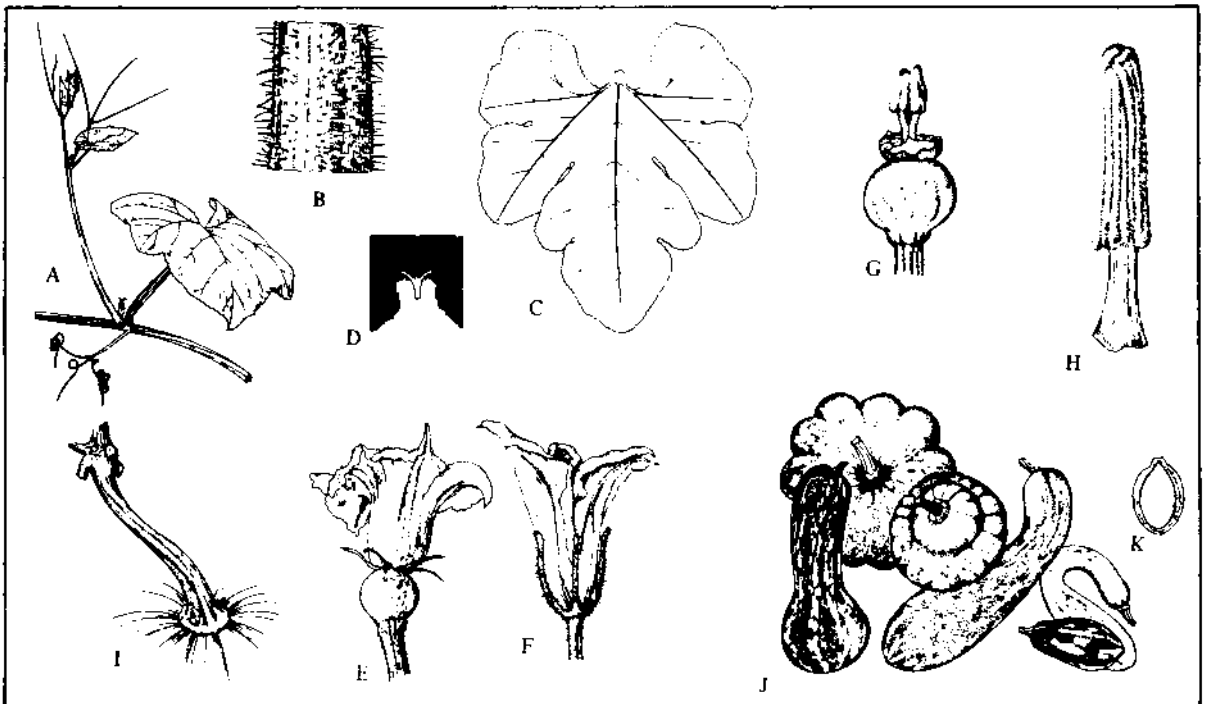


Fig. 15.9. *Cucurbita moschata*. A, tallo. B, pubescencia del tallo. C, hoja. D, base de la hoja. E, flor pistilada. F, flor estaminada. G, corte de la flor pistilada. H, columna estaminal. I, inserción del pedúnculo. J, tipos de frutos. K, semilla.

de la parte interna o cóncava se engruesan las paredes externas y se forma una superficie dura en el contacto con el objeto a que se adhieren. El zarcillo puede dar varias vueltas hasta quedar agarrado firmemente al soporte.

Hojas. Las hojas tienen pecíolos largos y cilíndricos, cubiertos de pelos glandulares. La forma general de la lámina es acorazonada con tres o más lobos triangulares bien desarrollados. La inserción del pecíolo es una abertura angosta de la que salen tres a cinco nervios en disposición palmeada. El borde es finamente aserrado o sinuoso. El ancho de la lámina varía de 10 a 30 cm y es característico en su lado superior la presencia de áreas blancuzcas en la unión de los nervios, que contrastan con el verde oscuro de la lámina; estas áreas se deben a que la epidermis está formada por varias capas incoloras. Es característico de *C. moschata* que el limbo de la hoja tenga una posición pendiente, mientras que en otras Cucúrbitas se levanta erecto del pecíolo.

Flores. Las flores solitarias y unisexuales brotan de los nudos de los tallos siguiendo cierta gradiente sexual, o sean cambios en la posición y características funcionales. En los nudos inferiores aparecen sólo flores estaminadas, las basales imperfectas, las siguientes normales. Luego se desarrollan en los nudos centrales flores normales, pistiladas y estaminadas. En los nudos que siguen aparecen flores pistiladas normales y estaminadas no funcionales y hacia el extremo de los tallos sólo flores pistiladas, generalmente partenocárpicas. Esta norma puede cambiar según las condiciones ambientales.

La base de la flor es un hipantio del que salen sucesivamente cáliz, corola, androceo y gineceo. El perianto en ambas clases de flores se compone de cinco sépalos y corola de cinco pétalos. Los sépalos son agudos y verdes, muy pubescentes, de dos a seis centímetros de largo, un poco más grandes en las flores pistiladas. En algunos cultivares de América del Sur el ápice de los sépalos es ancho y a menudo dentado. La corola es campanulada en la base y se abre arriba en cinco lobos triangulares. Mide de seis a 15 cm

de largo y de ocho a 16 cm de diámetro. El color amarillo es más intenso en la cara interna de la corola; la externa más pálida, está cubierta de pelos finos.

En las flores estaminadas hay tres estambres; dos de ellos tienen anteras con dos lóculos, uno con antera de un solo lóculo, lo que se explica asumiendo que un estambre doble está formado por dos simples, completamente unidos, y que el número total sería de cinco, como las partes del perianto. Los filamentos son cortos y gruesos, de 0.5 a 1.5 cm de largo; las anteras presentan la estructura típica de las Cucurbitáceas, al doblarse varias veces longitudinalmente sobre ellas mismas, constituyendo una masa compleja de repliegues; miden de 1.5 a 2.5 cm de largo. En la base interna de la flor, entre los estambres, hay un cuerpo pequeño con tres prominencias, que representa un estilo atrofiado.

Las flores pistiladas son de perianto semejante al de las estaminadas, aunque ligeramente más grandes. El ovario esférico o elipsoidal, verrucoso y pubescente, de uno a tres centímetros de largo, tiene tres carpelos o celdas, cada una con muchos óvulos. En la parte superior del gineceo, arriba de la inserción de la corola, hay un estilo columnar, de 1.5 a 2.5 cm de largo, que se divide en tres, a veces hasta cinco estigmas bilobados cubiertos de papilas. Los estambres están representados por cinco rebordes; entre ellos y el pistilo hay un disco de nectarios. Las flores de *C. moschata* son polinizadas principalmente por himenópteros.

Fruto. El carácter más distintivo entre las cinco especies cultivadas de *Cucurbita* es la forma del pedúnculo del fruto. En *C. moschata* tiene cinco rebordes longitudinales bien marcados y en la inserción al fruto se expande en forma de disco, la pubescencia es densa y fina. El fruto es de formas muy distintas aun en la misma planta: puede ser esférico, elipsoidal, oblado, piriforme, en forma de botella con el cuello recto o curvo. La superficie puede ser lisa o con rebordes o costillas longitudinales, uniforme o verrucosa; hay también gran variación en el color y tamaño.

En el ovario fecundado se desarrollan normalmente tres carpelos, que al crecer hacia el centro lo rellenan por completo dejando sólo una cavidad central formada por tres radios angostos. Los carpelos se doblan luego hacia afuera y al llegar al endocarpo se bifurcan y doblan de nuevo hacia adentro. En cada bifurcación hay una placenta con muchos óvulos. Al llegar a la madurez es corriente que desaparezcan los tejidos centrales y que el interior del fruto quede vacío. Las semillas aparecen entonces adheridas a las paredes internas del fruto, como si la placentación fuera parietal, cuando en realidad su verdadero origen es central o axial.

La estructura del fruto varía mucho según el cultivar. El pericarpo se forma en los ovarios o frutos jóvenes, en primer término de la epidermis, de la que salen numerosos tricomas. Esta capa desaparece en los frutos maduros, en los cuales los tejidos exteriores son dos o tres capas hipodérmicas de células alargadas en sentido tangencial, con paredes muy gruesas e irregulares. Luego sigue una capa de células isodiamétricas, de paredes gruesas ricas en pigmentos amarillos o verdes que a veces rellenan por completo las células y son las que dan el color al fruto. El epicarpo termina en una zona de esclerénquima, de ocho a 10 estratos de grosor, de células de tamaño semejante a la zona pigmentada pero que contienen pocos cloroplastos. Esta capa en algunos cultivares adquiere una consistencia de madera, en otros es más suave.

El mesocarpo que le sigue está constituido por parénquima, de células mucho mayores que en el epicarpo y llenas de cromatóforos amarillos. Las células aumentan de tamaño hacia el centro del fruto. El grosor del mesocarpo varía de tres a 12 cm; su estructura suave o compacta, así como la presencia de pigmentos especialmente del grupo del caroteno, determinan la calidad del fruto; son frecuentes los haces vasculares, que recorren el mesocarpo en todas direcciones. Como el parénquima que los rodea es de tono más pálido, dan el aspecto jaspeado que se advierte al cortar la pulpa. El endocarpo es muy

angosto, de células pequeñas de parénquima que se confunden con las placentas.

Las semillas de *C. moschata* son planas, ovales, de 15 a 20 mm de largo y delgadas, con el borde irregular, recortado o fibroso y de tono más oscuro.

Cultivares. Esta especie es propia de las áreas tropicales y subtropicales de América, desde el noroeste de Estados Unidos hasta el extremo norte de Suramérica. En esta vasta región se conoce muchos cultivares que se agrupan en dos grandes asociaciones geográficas: *mexicana*, de tallos largos y duros, hasta de 12 m de longitud, muy ramificados. Los frutos de formas muy variadas tienen la cáscara muy dura y las semillas blancuzcas. El segundo grupo, *colombiana*, es de tallos largos y delgados y de entrenudos largos; el fruto es mediano, de cáscara suave y semillas marrón. La zona de confluencia de estos dos grupos está en Panamá.

CALABAZA, HUICOY, *Cucurbita pepo*

Origen. Actualmente se asume que *C. pepo* se pudo domesticar independientemente en dos regiones. En la domesticación participarían dos entidades silvestres, que se consideran por unos como subespecies de *C. pepo*, por otros como especies diferentes. La primera, *C. fraterna*, es endémica de una región poco extensa en el noreste de México. De su domesticación se derivarían los cultivares mexicanos, de poca variabilidad, que se cultivan de México a Costa Rica, en las tierras altas, sobre 1400 m. La segunda entidad, *C. texana*, tiene una distribución amplia en el centro y el noreste de Estados Unidos. De su domesticación se derivarían los cultivares norteamericanos, tanto comestibles como ornamentales. Los primeros son de variabilidad muy amplia en la forma y coloración de los frutos y otras características. Estos cultivares fueron llevados al Viejo Mundo, donde se adaptaron muy bien y se hibridaron ampliamente, pues son interfértiles.

Eso creó un número tan alto y diverso de cultivares, que Vavilov sugirió que el Cercano Oriente podría haber sido el centro de origen de *C. pepo*.

Los cultivares ornamentales, de frutos muy distintos en tamaño, forma y distribución de los colores, se cultivan muy poco en los trópicos.

Porte y follaje. En *C. pepo* (Fig. 15.10) hay cultivares de tallos largos como de porte compacto. Los tallos están cubiertos de espículas, cortas y fuertes, en filas longitudinales.

Las hojas crecen erectas en peciolo largos y firmes. La lámina acorazonada o triangular se recorta en cinco o siete lobos más o menos profundos; la base es amplia pues la lámina en la inserción del peciolo se extiende sobre dos nervios principales. El borde es irregularmente dentado, especialmente hacia la base, y la superficie de la lámina dura y áspera.

Flores. Las flores estaminadas son las primeras en aparecer en las axilas de las hojas basales, en los primeros nudos. En los nudos siguientes

brotan flores pistiladas y estaminadas, ambas normales; luego pistiladas funcionales y estaminadas rudimentarias y, finalmente, hacia el ápice del tallo, flores pistiladas partenocárpicas. Este gradiente sexual puede cambiar según el cultivar y las condiciones ambientales. El perianto de las flores estaminadas o pistiladas se forma de cáliz y corola de cinco partes soldadas. En la flor estaminada la parte inferior del cáliz es hemisférica y los cinco dientes ligeramente más largos; todo el cáliz está cubierto de pubescencia hirsuta. La corola tubular en la base, amarilla, se abre arriba en cinco segmentos triangulares y profundos. En las flores estaminadas los cinco estambres están soldados en una columna, con anteras muy retorcidas. En las flores pistiladas el ovario presenta las formas más variadas según el cultivar, y el pistilo termina en tres estigmas.

Fruto. El carácter distintivo de más valor en *C. pepo* es la forma del pedúnculo del fruto: cilíndrico o cónico, con estriás bien profundas y cu-

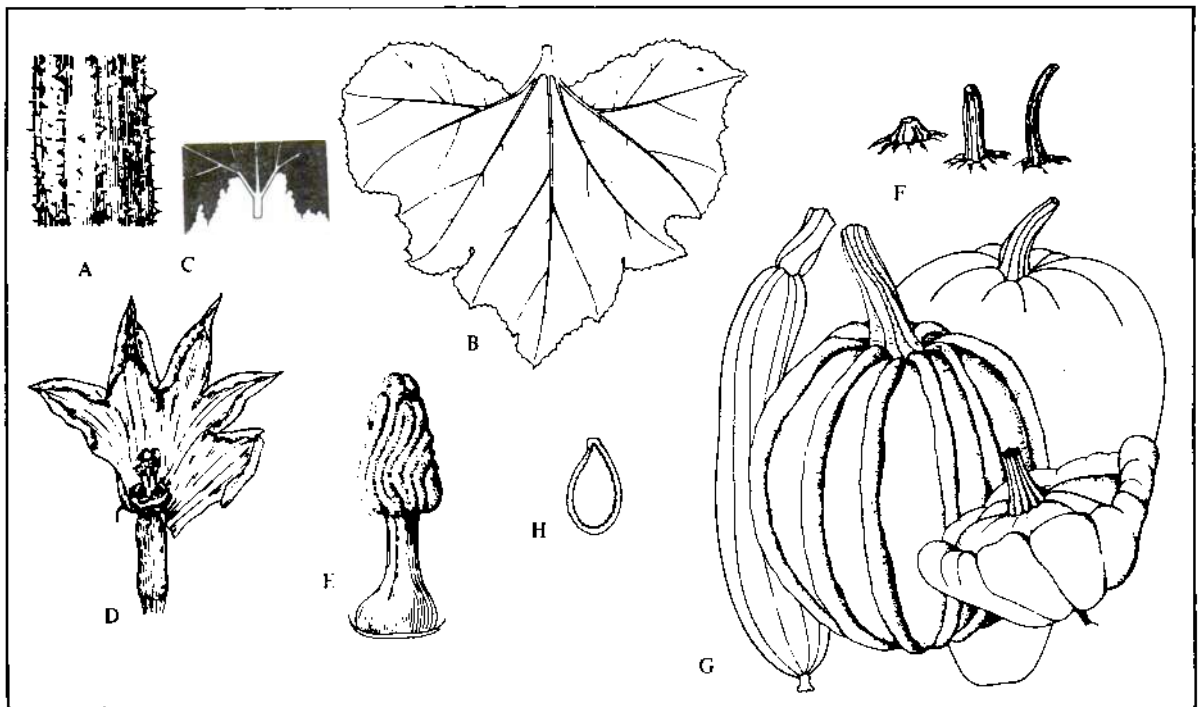


Fig. 15.10. *Cucurbita pepo*. A, tallo. B, hoja. C, base de la hoja. D, flor pistilada. E, columna estaminal. F, pedúnculo del fruto. G, tipos de frutos. H, semilla.

bierto de espículas fuertes; en donde está adherido al fruto no se expande en un disco, como en *C. moschata*.

La forma del fruto es más variable en *C. pepo* que en ninguno otro de sus congéneres y, como se verá al tratar los cultivares, es el carácter más distintivo de éstos. Su estructura, en cambio, es similar a la de *C. moschata*. Los frutos de la misma rama pueden variar considerablemente entre ellos en tamaño, forma y coloración. Otro carácter también muy variable en *C. pepo* es el disco apical, debido a la cicatriz que deja el perianto al desprenderse y que puede medir de 0.5 a 10 cm de diámetro. En esta especie hay también cultivares en que el crecimiento del ovario da lugar a abultamientos apicales como los llamados "bonetes", determinados por un gene dominante; son también frecuentes los frutos de cuello angosto, recto o curvo, igualmente monogénico dominante.

Semillas. Las semillas de *C. pepo* son aplanadas, elípticas, de ocho a 24 mm de largo y de color claro, con el borde y la parte central del mismo tono y los bordes lisos. Hay un mutante que carece de testa, de modo que las semillas pueden comerse directamente o extraer el aceite sin necesidad de remover la testa.

Cultivares. *Cucurbita pepo* ofrece menor variabilidad en el área de origen, las tierras altas de México y Guatemala, que en áreas en que se cultiva más intensamente, como Europa o Estados Unidos de América. Los cultivares primitivos tienen frutos elipsoidales o más o menos esféricos, con ocho a 10 costillas bien marcadas y disco a menudo muy ancho. La pulpa es amarillo-verdosa, con muchas fibras.

Los cultivares seleccionados: 'Zucchini', 'Table Queen', 'Cocozelle', 'Bush Scallop' y otros, presentan diferencias considerables en tamaño, forma y color del fruto.

Un grupo de cultivares, 'Ovifera', es sólo de valor ornamental; los frutos pequeños y lisos tienen coloración muy diferente, amarillo, verde y blanco, uniforme o con manchas.

ZAPALLO, MORANGA, *Cucurbita maxima*

Origen. *Cucurbita maxima* es originaria de Argentina, y resultó de la domesticación de *C. andreana*, que crece silvestre en Argentina y Uruguay, una entidad de gran afinidad genética con *C. maxima*, de la cual algunos especialistas la consideran como una subespecie. *C. maxima* se extendió en tiempo prehistórico de su área de origen por los Andes hasta Perú, donde se conocen restos arqueológicos de 2000-1500 aC. También se extendió al sureste de Brasil. Llevada por los españoles al oeste de los Estados Unidos, es actualmente la *Cucurbita* más importante en ese país, con el mayor número de cultivares. En Europa también es de cultivo amplio, con cultivares de origen local.

Porte y follaje. En *C. maxima* (Fig. 15.11) se conoce tipos rastreros y arbustivos, entre estos últimos los llamados "zapallitos de árbol". Tanto los tallos como el follaje tienen pubescencia suave en que las espículas alternan con pelos finos. Las hojas son redondeadas o con lobos poco desarrollados, con los bordes ligeramente dentados; como en las especies anteriores, hay manchas descoloridas en la cara superior de la hoja, de aspecto plateado, debidas a un gene dominante.

Flores. Como en las otras *Cucurbita*, en *C. maxima* el perianto se forma de cáliz y corola de cinco piezas cada uno. El cáliz consiste de una parte basal cupular y cinco dientes, todo cubierto de pubescencia fina. En la corola es característico que los segmentos se separen profundamente, aun antes de abrirse la flor.

Fruto. La característica específica de la forma del pedúnculo es bien clara en *C. maxima*: cilíndrico o cónico, sin surcos ni expansión basal, suave y casi esponjoso, con estrias finas longitudinales.

La forma, tamaño y color del fruto son extremadamente variables. Los cultivares de frutos elipsoidales y oblados u ovoides son comunes, con frutos gigantes hasta de un metro de lon-

gitud. Se ha seleccionado numerosos cultivares en Europa y Estados Unidos, tales como los llamados 'calabazas de invierno', 'Mammoth' y otros. Hay además los "zapallos de turbante", en que el desarrollo del ápice del ovario forma un segundo cuerpo, muy prominente debido al desarrollo de más de tres carpelos. A menudo estos cultivares tienen colores brillantes: rojo o anaranjado, y se les cultiva como ornamentales.

Semillas. No hay caracteres distintivos de la semilla en *C. maxima*. En algunos cultivares son blancas, en el centro como en el borde; en otros son de tono oscuro hasta café con el margen más claro, liso o con hilos que se adhieren unos a otros.

TAMALAYOTE, SAKIL, PIPIÁN, *Cucurbita argyrosperma* (*C. mixta*)

Origen y utilización. *Cucurbita argyrosperma* se cultiva desde el sur de los Estados Unidos

hasta Costa Rica, entre 50 a 1600 m de altitud. En Mesoamérica se utiliza principalmente por las semillas, que se comen como nueces. También es corriente el consumo de frutos tiernos como verdura; los frutos maduros, en cambio, se usan poco en alimentación humana, pues su calidad es inferior a la de otras *Cucurbita*. En cambio es muy corriente su uso en alimentación animal, después de la extracción de las semillas.

El antecesor silvestre de *C. argyrosperma* es la subespecie *sororia*, que crece desde el noroeste de México hasta Nicaragua, cuyas semillas y flores se comen ocasionalmente por los indígenas.

Porte y follaje. En *C. argyrosperma* (Fig. 15.12) sólo se conoce cultivares de tallos largos cubiertos, como las hojas, de pubescencia fina, a menudo casi glabros. Las hojas triangulares a acorazonadas tienen lobos triangulares poco profundos; el borde es finamente aserrado y la base ancha e irregular, con dientes marcados.

Flores. El cáliz cupular, firmemente pubescente, termina en cinco dientes delgados; la coro-

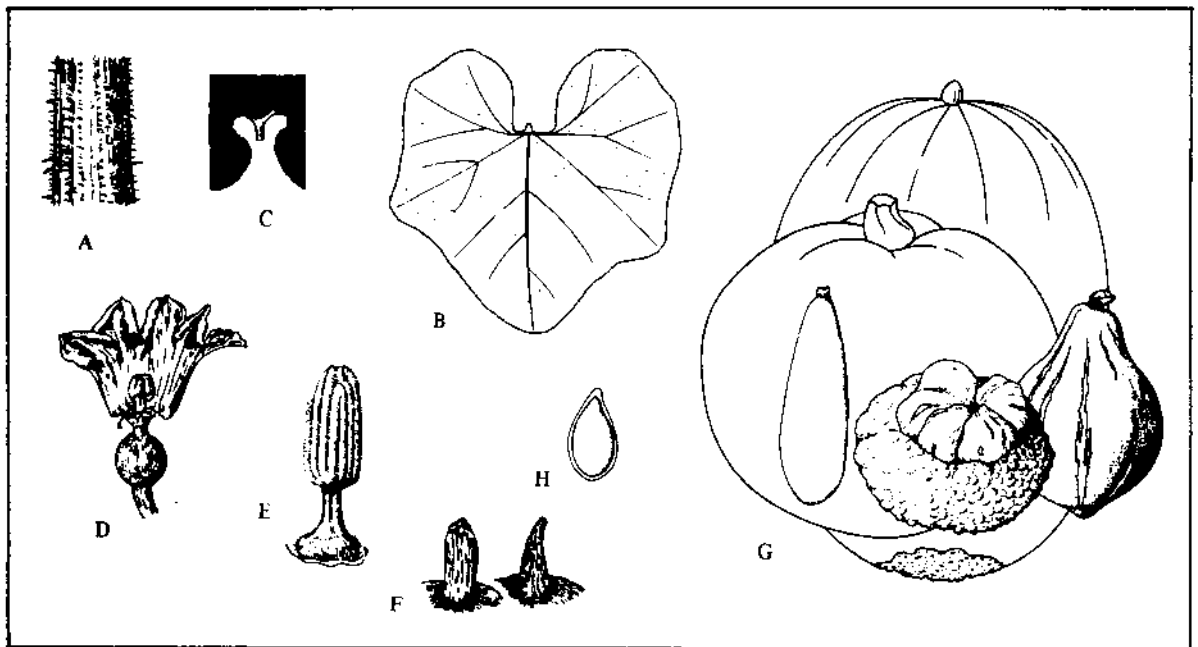


Fig. 15.11. *Cucurbita maxima*. A, tallo. B, hoja. C, base de la hoja. D, flor pistilada. E, columna estaminal. F, tipos de pedúnculo. G, frutos. H, semilla.

la de cinco lobos es amarilla con líneas verdosas longitudinales. La columna de los estambres es más larga que los filamentos, los cuales, como en otras especies de *Cucurbita*, son muy retorcidos.

Fruto. La característica diferencial más marcada es el pedúnculo, cónico o cilíndrico y corto, con cinco lados más o menos marcados y la base recta; tiene una estructura corchosa característica. La forma del fruto varía desde esférica a alargada, lisos o sea sin prominencias o rebordes como en las otras *Cucurbita*, corrientemente de fondo blanco con manchas verdosas longitudinales. Las semillas se caracterizan por tener el borde

ancho y liso, azulado o verdoso; el centro es claro y está cubierto de una película plateada o es de color marrón y bordes fibrosos. En *C. argyrosperma* las semillas se separan fácilmente de la pulpa y llegan a medir hasta 40 mm de largo.

Cultivares. Los cultivares de México tienen el pedúnculo del fruto grueso, cilíndrico o cónico y hojas con lobos más desarrollados y semillas grandes. Los de Guatemala tienen el pedúnculo con cinco lados, hojas menos recortadas y semillas con el borde azulado. En Estados Unidos se conoce varios cultivares: 'Green Striped', 'Cushaw' y otros.

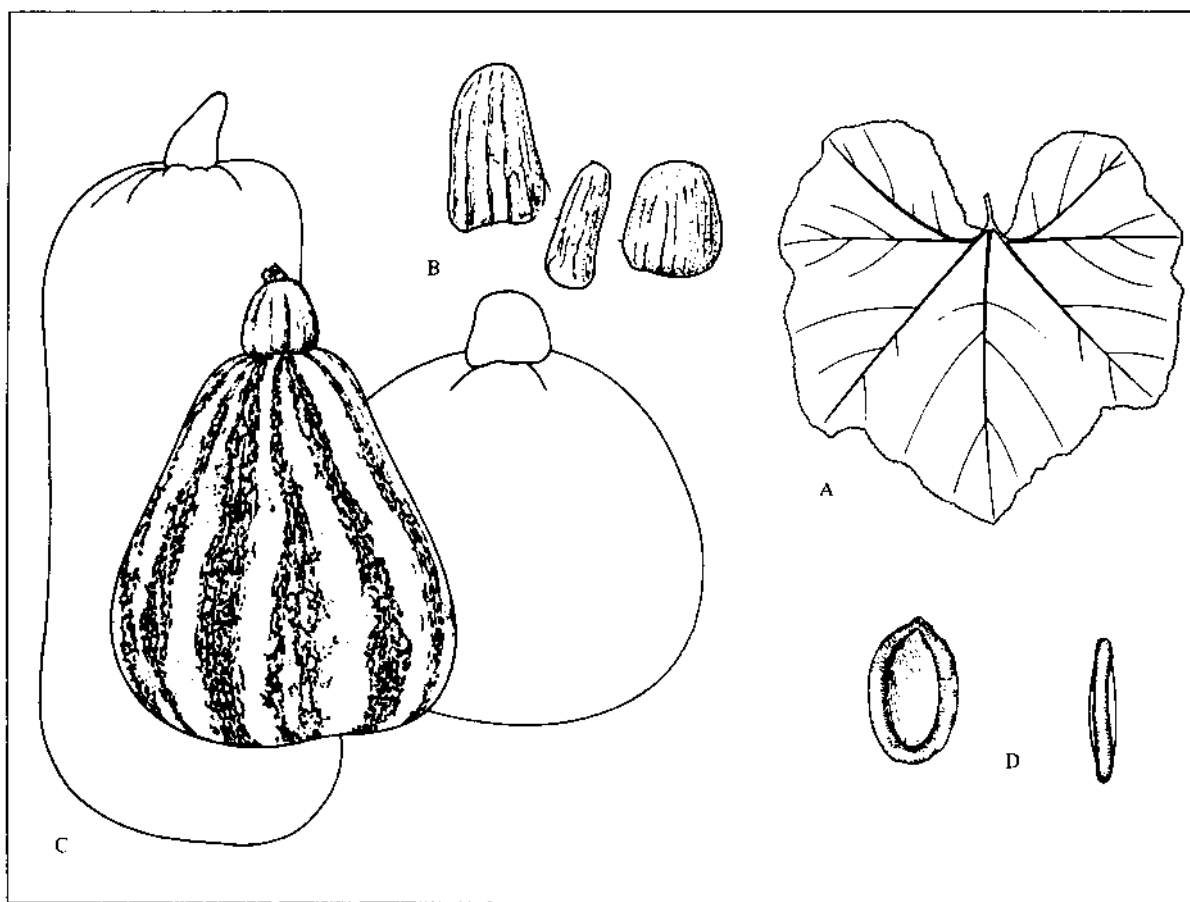


Fig. 15.12. *Cucurbita argyrosperma*. A, hoja. B, pedúnculo del fruto. C, frutos, uno con la pigmentación característica. D, semilla.

CHILACAYOTE, CHIVERRE, VICTORIA, *Cucurbita ficifolia*

Origen. De *C. ficifolia* no se conocen parientes silvestres, de los que se pudo haber domesticado. La evidencia arqueológica muestra, por restos de semillas, que se cultivaba en la costa de Perú hace 4700 años. Sin embargo no hay informes históricos o representaciones en cerámica que prueben que esta especie se cultivaba en América del Sur a la llegada de los europeos. Por el contrario, los nombres que se usan en América del Sur son los mismos que se emplean en Mesoamérica y provienen del nahuatl, o son nombres españoles. Actualmente se cultiva desde Canadá a Argentina. Fue llevada de México a Filipinas y posiblemente de allí se extendió a China, de donde fue introducida accidentalmente a Europa.

El uso principal de *C. ficifolia* es diferente al de las otras *Cucurbita*, pues la pulpa se emplea para preparar dulces; sólo los frutos tiernos se comen cocinados. Las semillas se comen asadas.



Fig. 15.13. *Cucurbita ficifolia*. Rama con hoja y flor pistilada; fruto.

Porte. *Cucurbita ficifolia* (Fig. 15.13) es una especie anual. El sistema radical se forma de varias raíces tuberosas y de un tronco muy corto, del que salen los tallos o bejucos. Tanto los tallos como el follaje tienen pubescencia dura y espaciada. Las hojas, acorazonadas a casi circulares, se dividen en lobos redondos poco profundos. El borde de la lámina es finamente dentado y la base muy profunda.

Flores. El cáliz cupuliforme lleva en la base cinco sépalos delgados y agudos, aunque en algunas flores son espatulados. La corola amarillo-naranja con líneas verdes se divide en cinco lobos poco profundos. El pistilo y la columna estaminal son similares a los de *C. moschata*.

Fruto. El pedúnculo generalmente curvo tiene cinco o más surcos profundos y base ensanchada. El fruto esférico a elipsoidal, sin surcos o rebordes, es blanco, blanco con manchas verdes en forma de red, o verde, a veces con líneas blancas. El pericarpo es delgado y duro; la pulpa blanca y fibrosa. Las semillas, de 15-25 mm de largo, son negras en la mayoría de los casos, aun cuando hay plantas con semillas marrón o blancas; el borde es liso y redondeado.

Cultivares. *Cucurbita ficifolia* es la menos variable de las cinco especies cultivadas y de ella no se conoce cultivares bien definidos.

PATOLA, *Trichosanthes cucumerina* (*T. anguina*)

Esta legumbre asiática, posiblemente originaria de India, se cultiva en forma esporádica en los trópicos. Es una planta anual (Fig. 15.14), monoica, vigorosa, de tallos aristados y pilosos y zarcillos simples o divididos en dos o cinco ramillas. Las hojas de forma general cordada y de bordes dentados están recortadas en cinco a siete lobos profundos, los basales más grandes.

Las flores unisexuales tienen el cáliz dividido en cinco sépalos verdosos; la corola blanca, con cinco pétalos oblongos de bordes fimbriados, mide cerca de cuatro centímetros de diámetro.

tro. Las flores estaminadas de pedúnculos largos y pilosos brotan en grupos; llevan cinco estambres soldados en la base. Las pistiladas aparecen solitarias y sésiles; el ovario es largo y delgado, de dos a tres centímetros de longitud y el estilo termina en un estigma en forma de masa.

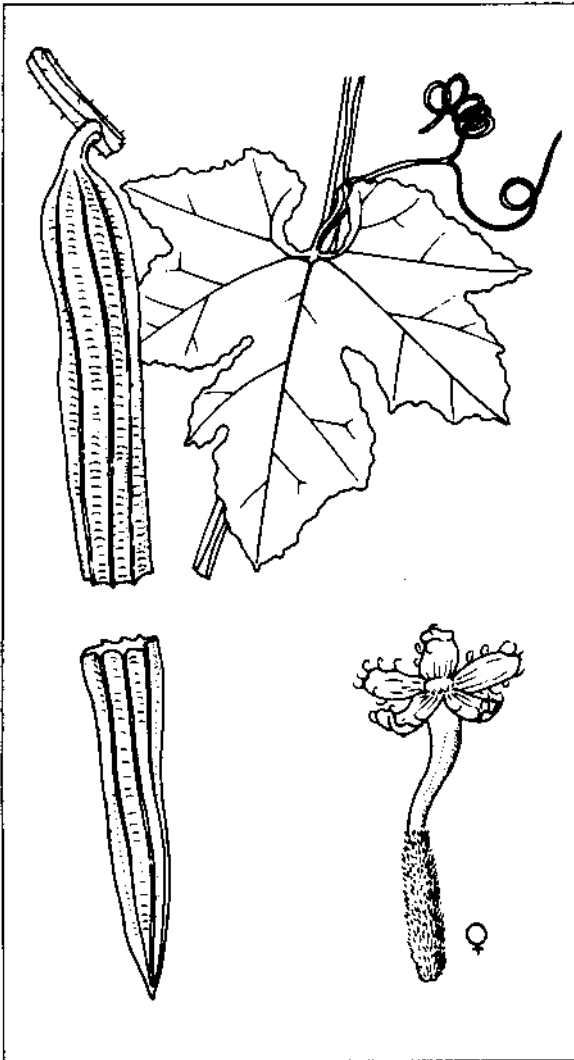


Fig. 15.14. *Trichosanthes cucumerina*. Hoja, fruto, flor estaminada.

La característica más notable en esta especie son los frutos largos y cilíndricos, que miden

hasta 1.80 m de longitud y de cuatro a ocho centímetros de diámetro, lisos y blancuzcos en la parte superior, verdes en la inferior, con estrías y rayas más oscuras. Cuando inician su crecimiento se les amarra una piedra pequeña en el ápice para que crezcan rectos. Se les come sólo tiernos y cocinados, cortándolos en tajadas pues en la madurez se desarrolla en el mesocarpo una capa de fibras. En cambio, se come la pulpa roja que rodea las semillas.

Otras especies de *Trichosanthes* cultivadas como hortalizas en el SE de Asia, son PARLWAL, *T. dioica*, trepadora perenne, que se propaga vegetativamente, con frutos oblongos, hasta de 12 cm de largo. *T. ovigera*, perenne, con hojas acorazonadas, enteras o trilobadas, tiene frutos ovoides, rojos, de 4-7 cm de largo.

MELÓN BLANCO, *Benincasa hispida* (*B. cerifera*)

Especie nativa del SE de Asia, se cultiva poco en los trópicos americanos. Crece bien desde el nivel del mar hasta los 500 m de elevación. Es una trepadora robusta (Fig. 15.15), de tallos cilíndricos y estriados, con pubescencia escasa. Los zarcillos se dividen en dos o tres ramillas. Las hojas tienen cinco a nueve lobos triangulares, poco profundos. La lámina de color verde claro e hispida, con los bordes aserrados, mide de 10 a 25 cm de largo por 10 a 20 cm de ancho. Las flores son grandes y solitarias, con el cáliz dividido en cinco sépalos lineares de cerca de un centímetro de largo, cubiertos en ambos lados de pubescencia fina y densa. La corola campanulada está compuesta por cinco pétalos casi libres, amarillo verdosos, de tres a cinco centímetros de largo. En las flores estaminadas hay cinco estambres, cuatro soldados en pares y el quinto libre. En las pistiladas el ovario elipsoidal está cubierto de pelos finos; el estilo es corto con tres ramas estigmáticas.

El fruto elipsoidal o esférico, de color verde claro, cuando tierno está cubierto de pelos finos

y duros, y en la madurez por una capa de cera blanca que se remueve fácilmente. Mide de 20 a 40 cm de largo por 15 a 20 cm de diámetro. La pulpa es blanca, translúcida y aromática. Se come como verdura o en dulces.

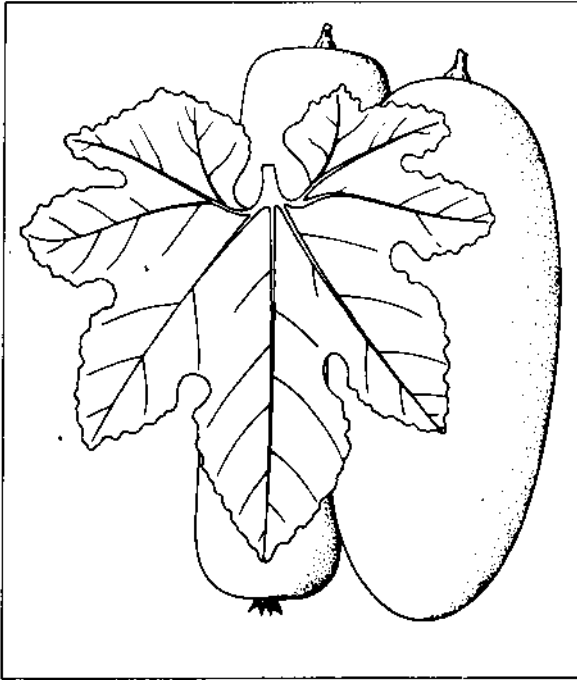


Fig. 15.15. *Benincasa hispida*.

SANDÍA, *Citrullus lanatus* (*C. vulgaris*)

Origen. *Citrullus lanatus* crece silvestre en el desierto de Kalahari, en Africa del Sur. En esas poblaciones hay variantes amargas y comestibles y de éstas últimas descienden los tipos cultivados. Fue conocida ya en el antiguo Egipto pero es en India donde alcanzó una mayor diversidad de cultivares.

Porte. *Citrullus lanatus* (Fig.15.16) es una trepadora anual de ramificación abundante y vigorosa, con tallos cilíndricos o aristados cubiertos de pelos, suaves o hirsutos según el cultivar. Las

hojas se dividen en cinco a siete lobos irregulares y de bordes sinuosos, miden de 10 a 20 cm de largo y están cubiertas de pubescencia fina. Generalmente es monoica, aunque se conoce varios cultivares andromonoicos. En ésta y otras Cucurbitáceas la presencia de dos tipos de flores en ciertos cultivares se debe a una mutación determinada por el cambio de un solo gene. Se asume que los tipos primitivos son andromonoicos y los avanzados monoicos; este último carácter es dominante.



Fig. 15.16. *Citrullus lanatus*. Rama con flor estaminada, fruto.

Las flores aparecen solitarias en las axilas de las hojas; en cada séptima axila de una rama hay una flor pistilada, siendo estaminadas las intermedias. Las flores tienen cáliz con cinco dientes pilosos, de cerca de 0.5 cm de largo y corola amarilla de cinco pétalos bien recortados, de unos dos centímetros de diámetro. En las flores pistiladas el gineceo está constituido por el ovario piloso y estilo corto de tres ramas estigmáticas; es común hallar tres estaminodios muy pequeños. En este tipo de flor el ovario tiende a ser más largo que en las hermafroditas. La flor estaminada tiene el perianto similar a la pistilada; los tres estambres unidos terminan en anteras cortas.

El fruto puede ser esférico, elipsoidal o cilíndrico, según el cultivar; liso, verde uniforme o con manchas de diferente tono. El mesocarpo carnoso y blanco no se come. La pulpa comestible roja o amarilla está constituida por el mesocarpo interno, formado por parénquima lleno de agua y azúcares y recorrido por haces vasculares muy finos. Las semillas negras, rojas o blancas, de cuatro a 16 mm de largo, se comen en Asia y África y son de alto valor nutritivo.

Variabilidad. Se conoce centenares de variedades; en ciertos países, como Estados Unidos de América, hay un cambio continuo de cultivares: se adoptan nuevos y se abandonan otros. Las principales líneas de selección son el tamaño y forma del fruto, en los cuales las preferencias del mercado cambian mucho. Los nuevos cultivares se escogen especialmente por el último carácter. La diferencia entre frutos redondos y alargados está determinada por un par de genes de dominancia incompleta. También se seleccionan por la cáscara resistente que parece ser de herencia compleja, o el color de la pulpa, que es debido también a varios genes. De gran importancia es la resistencia a enfermedades, en particular al marchitamiento y a la antracnosis.

Los cultivares desarrollados en Estados Unidos han sido introducidos a los trópicos, en donde no se ha realizado trabajos serios de selección. Entre los primeros están 'Charleton Gray', 'Honey Cream', 'Dixie Queen', 'Klondike', 'Congo' y otros. En África los "citrones" de frutos duros con pulpa verdosa, se utilizan en la alimentación del ganado.

KUNDRI, PAPASÁN, *Coccinia grandis* (*C. indica*)

Originaria del Sureste de Asia, donde se encuentra silvestre. Se cultiva por los tallos y frutos jóvenes, que se comen cocinados, y por los frutos maduros, que se preparan en dulces, o se comen crudos por su sabor azucarado.

Coccinia grandis (Fig. 15.17) es una trepadora

de tallos delgados y angulosos, con zarcillos simples y hojas recortadas en tres a cinco lobos grandes. Las flores unisexuales, grandes y blancas, se destacan del follaje. Los frutos elipsoidales, de seis a ocho centímetros de largo y con el ápice agudo, son notables por tener en la madurez la parte media e inferior de tono escarlata, mientras que la superior es de color verde claro.

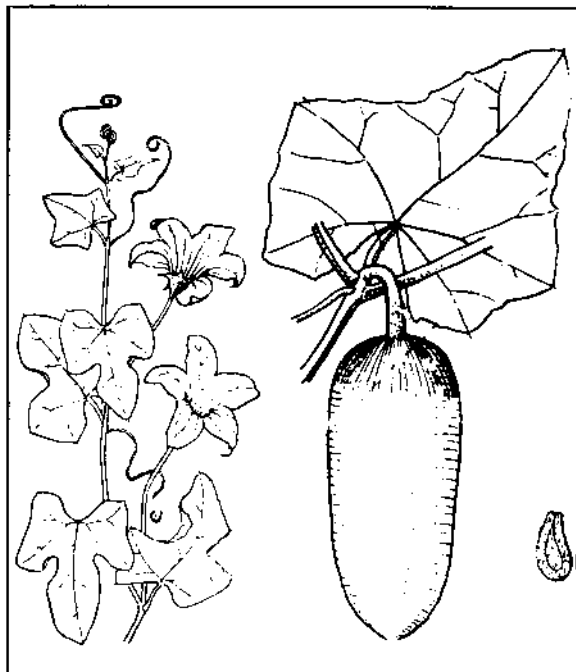


Fig. 15.17. *Coccinia grandis*. Rama con flores; hoja y fruto; semilla.

PEPINO DE SABANA, MASHISHE, GHERKIN, *Cucumis anguria*

El pepino de sabana, descrito primeramente de América, fue posiblemente introducido por los esclavos llegados de África. Se aclimató tan bien en el Nuevo Mundo y crece espontáneo en las sabanas del norte de América del Sur que se le creyó nativo de este continente. Sin embargo, recientemente se ha demostrado que *Cucumis longipes*, especie de frutos amargos que crece sil-

vestre en Africa Central y Oriental es la forma feral de *C. anguria*, en la cual al eliminarse por mutación los principios amargos pudo establecerse en cultivo.

Cucumis anguria (Fig. 15.18) es una especie anual de tallos delgados y aristados, con pubescencia fuerte y zarcillos simples. Las hojas palmeadas tienen por lo común cinco lobos bien desarrollados, de bordes aserrados y superficie áspera; miden de tres a siete centímetros de largo. Las flores estaminadas nacen en grupos; la primera en un pedúnculo largo, las otras en pedúnculos mucho más cortos en una ramilla axilar. Las pistiladas brotan solitarias o a veces con las estaminadas en pedúnculos hasta de 12 cm de largo. La corola amarillenta mide de ocho a 10 mm de diámetro.

Lo más característico del fruto es el pedúnculo largo y delgado, de ocho a 20 cm de longitud. El fruto propiamente dicho es elipsoidal, de tres a cinco centímetros de diámetro, cubierto de protuberancias en forma de espinas. El color verde al principio, a veces con franjas longitudinales más claras, se torna amarillo en la madu-

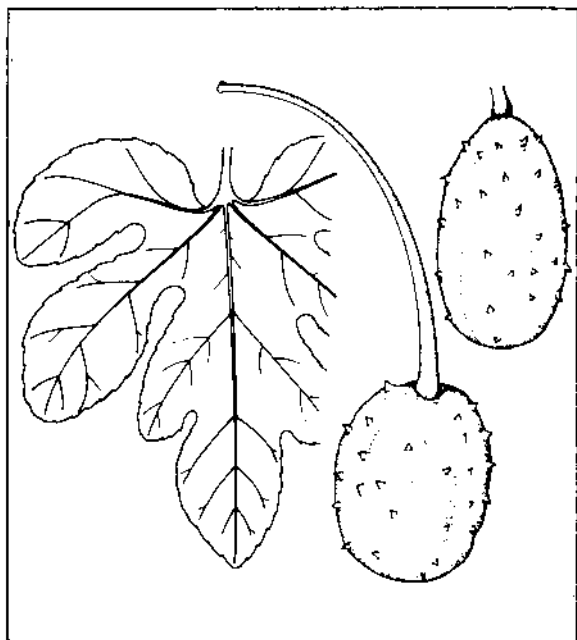


Fig. 15.18. *Cucumis anguria*.

rez. La pulpa comestible es verdosa y se forma especialmente de las placentas; contiene muchas semillas blancas.

MELÓN, *Cucumis melo*

Origen. Melones silvestres incluidos en la variedad *agrestis*, se encuentran en el este de Africa, Arabia, India, Australia. No difiere genéticamente de los cultivados. Son apreciados localmente por los frutos, que aunque pequeños, son muy dulces. Es posible, entonces, que el melón pudo ser domesticado en varios sitios y en épocas diferentes. A Europa fue introducido posiblemente al inicio de la era cristiana y al Nuevo Mundo poco después del Descubrimiento. En Asia el melón ha tenido cuatro centros de variación secundaria, es decir bajo cultivo: el primero en Asia Menor, de donde posiblemente descienden los cantalupes y otros tipos; el segundo en Asia Central, con numerosos cultivares notables por su contenido de azúcar; el tercero en China, donde se obtuvo los cultivares de frutos más pequeños; finalmente en India, donde hay tipos muy primitivos de alta resistencia a enfermedades.

En el melón como en otras Cucurbitáceas el área de origen estuvo en los trópicos, pero el cultivo se desarrolló en regiones marginales de la zona templada.

Cucumis melo (Fig. 15.19) es una especie altamente polimórfica y anual, de tallos lisos o estriados, con pubescencia suave y zarcillos simples. La forma de la lámina varía según el cultivar, desde ovadas y enteras hasta lobuladas, con cinco a siete segmentos.

Hay cultivares monoicos y andromonoicos. Las flores estaminadas, en pedúnculos cortos y finos, aparecen en grupos de tres a cinco en los extremos de las ramas fructíferas. Las pistiladas o hermafroditas nacen solitarias en los dos nudos basales de las mismas ramas. En ciertos casos en una misma axila hay flores estaminadas y hermafroditas.

El perianto tiene de cinco a siete sépalos lineales muy pilosos y corola amarilla, con cinco a siete pétalos separados casi hasta la base, de unos dos centímetros de largo. Las flores estaminadas llevan cinco estambres unidos en las anteras. En las pistiladas el ovario ínfero es elipsoidal, finamente pubescente, y el estigma está dividido en cinco partes. En algunos cultivares aparecen tres estaminodios.

Fruto. El fruto presenta una variación amplísima en forma, textura y color. Puede ser esférico, ovoide, aplastado; liso o con 10 surcos, de superficie brillante y uniforme o cubierta de una capa corchosa que forma una red o se extiende regularmente por toda la superficie del fruto. La parte comestible se forma principalmente del pericarpo y en grado menor de las placentas que rodean las semillas; su color varía desde verdoso hasta amarillo rojizo.



Fig. 15.19. *Cucumis melo*. Rama con flor y fruto.

Cultivares. Los cultivares de melón son muy numerosos y difíciles de agrupar, se hibridizan frecuentemente y sus nombres varían según el país o región. Se distinguen grupos hortícolas como los cantalupes verdaderos, de frutos con

superficie áspera y corchosa, pero no reticulados; reticulados, llamados corrientemente "cantalupes"; casata, entre los cuales se incluye 'Honey Dew', y cultivares aberrantes como 'Dudain', de frutos esféricos de dos a cinco centímetros de diámetro, muy aromáticos, o 'Flexuosus', de frutos angostos, de tres a seis centímetros de ancho y hasta 80 cm de largo, que se comen verdes como cohombres.

PEPINO, *Cucumis sativus*

Origen. El pepino tiene su antecesor silvestre en *C. hardwickii*, que crece en varias regiones de India y con el que da híbridos fértiles. La domesticación debe ser muy antigua, por el gran número y variabilidad que se encuentra en India. Su cultivo se extendió hacia el Cercano Oriente y fue conocido por griegos y romanos; hacia el este se extendió más tarde a China.

Cucumis sativus (Fig. 15.20) es una trepadora anual de tallos cuadrangulares e hirsutos, con zarcillos simples. Las hojas largamente pecioladas, triangulares o cordadas, tienen de cinco a siete lobos poco profundos; la lámina de superficie, áspera y de bordes aserrados, mide de seis a 16 cm de largo.

Las flores estaminadas aparecen en grupos de tres a cinco, las pistiladas solitarias. El cáliz se divide en cinco o siete dientes agudos, pilosos y verdes, de cinco a 10 mm de largo. La corola amarillo azufre, de dos a tres centímetros de diámetro, se forma de cinco pétalos bien separados. En las flores estaminadas hay dos o tres estambres pequeños; en las pistiladas el ovario elongado y piloso se divide en tres a cinco celdas y termina en un estigma trifido.

El fruto es extremadamente variable según el cultivar, elipsoidal o prismático de tres a cinco lados, con el ápice y la base redondeados. La superficie varía desde lisa a verrucosa, con tubérculos cónicos; al madurar se torna amarilla en la mayoría de los cultivares, en otros rojiza o casi blanca. El epicarpo se forma de epidermis grue-

sa y dura e hipodermis que contiene una masa de esclerénquima debajo de los tubérculos; el mesocarpo, en cambio, está compuesto de parénquima y forma un tejido blanco y suave recorrido por fibras, haces vasculares y canales de mucílago. El endocarpo está firmemente adherido al mesocarpo y no a las semillas, las cuales están rodeadas de una sustancia mucilaginoso. La partenocarpia es común en el pepino, debido a veces a factores ambientales, pero se conoce cultivares partenocárpicos por mutación.

El mejoramiento del pepino se dirige especialmente a producir cultivares resistentes y se basa en el conocimiento avanzado de su genética.

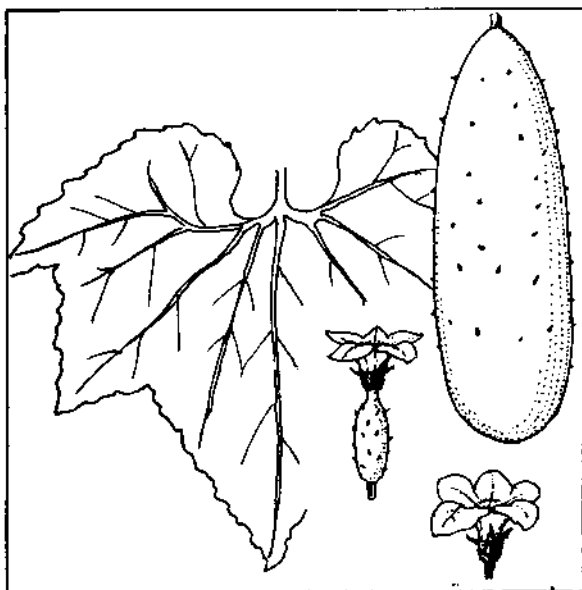


Fig. 15.20. *Cucumis sativus*.

KIWANO, *Cucumis metuliferus*

Esta especie originaria de Africa del Sur, se intentó introducir al mercado en reemplazo del pepino, sin ningún éxito. Es anual, trepadora, con tallos pilosos y hojas trilobadas, de 5-8 cm de ancho, con margen dentado. El fruto elipsoidal, hasta de 15 cm de largo, es notable por las

espinas grandes y espaciadas, carnosas y terminadas en ápice duro. El color del fruto, verde grisáceo al principio, se torna rojo anaranjado en la madurez. El mesocarpo es delgado y la pulpa que envuelve numerosas semillas, verde y gelatinosa, es de sabor agradable.

EGUSI, *Cucumeriopsis manni*

Trepadora anual, originaria del oeste de Africa, monoica, con tallos aristados, zarcillos simples, hojas de cerca de 15 cm de ancho, divididas en 3 a 5 partes, con borde dentado. Las flores estaminadas crecen al final de un pedúnculo largo; las pistiladas solitarias y axilares. El fruto elipsoidal o cilíndrico, de cerca de 30 cm de largo y 10 cm de ancho, tiene cáscara dura y blancuzca, pulpa blanca que envuelve muchas semillas, de 1-2 cm de largo, cubiertas de mucílago. Las semillas se comen tostadas, en sopas o en pastas que se preparan con maní y chile. Contienen mucho aceite, que se extrae y utiliza para cocinar.

CALABAZA, *Lagenaria siceraria*

Origen. La calabaza es una de las plantas que acompaña al hombre desde las primeras culturas y sus frutos eran usados como recipientes desde épocas preagrícolas. Restos arqueológicos en Perú datan de 11 000 a 13 000 años, en México, de 7 000 años y en el Viejo Mundo su cultivo está documentado en Egipto hace 2 000 años. En Europa se conocía desde la época romana y se cultivaba ampliamente antes de la época de los descubrimientos.

La dispersión prehistórica de *Lagenaria siceraria* en ambos mundos resulta difícil de explicar. No se conoce poblaciones silvestres en ninguna parte, aunque crece espontáneamente en muchos sitios. Los congéneres silvestres se encuentran en Africa y la tendencia actual es a crearla nativa de ese continente. Su presencia prehistórica en América puede explicarse por

una dispersión muy antigua, antes de que Africa y América del Sur se separaran. Otra posibilidad es que los frutos flotaran desde Africa y alcanzaran las costas suramericanas. Se ha probado experimentalmente que en frutos de *Lagenaria* que han flotado en agua de mar por 340 días las semillas aun germinan y que algunos de esos frutos almacenados por seis años aun tenían semillas viables.

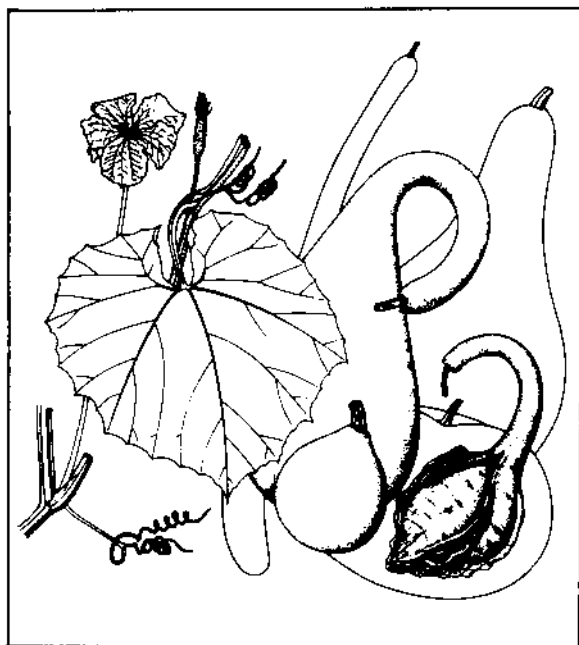


Fig. 15. 21. *Lagenaria siceraria*. Rama con hoja y flores; frutos de varios tipos.

La dispersión natural en el Nuevo y el Viejo Mundo fue seguida de una distribución amplia por el hombre, ya que las calabazas son los recipientes naturales más apropiados para llevar agua, guardar granos y otros usos más. Aunque se les reemplaza por recipientes plásticos o metálicos, su utilidad es aun considerable en las comunidades primitivas. *Lagenaria siceraria* no es una planta alimenticia de importancia pues su sabor amargo impide esa utilización, pero hay cultivares comestibles, muy insípidos, en India y el Sureste de Asia, en los que se utiliza los frutos tiernos.

Porte. *Lagenaria siceraria* (Fig. 15.21) es una trepadora anual de tallos cilíndricos y angulosos, cubiertos de pelos de olor característico. Los zarcillos bifidos tienen una rama mucho más larga que la otra. La forma de la hoja varía de reniforme hasta marcadamente lobada. En el lado inferior de la lámina, a cada lado de la inserción del pecíolo, hay una glándula que se abre en uno o dos poros.

Flores. Las flores estaminadas, con pedúnculos de 15 a 25 cm de largo, sobresalen del follaje y se abren como las pistiladas al atardecer, para cerrarse al mediodía del día siguiente. En las pistiladas el pedúnculo es más corto, de 10 a 12 cm de longitud. En los dos tipos de flores la corola se divide en cinco lobos, mide de cinco a 12 cm de diámetro y es blanca con los nervios verdosos. En las flores estaminadas los estambres están unidos por las anteras y la columna es trifida; en las pistiladas el ovario de dos a tres centímetros de largo, cubierto de pelos finos, termina en tres ramas estigmáticas.

Fruto. La diversidad en forma y tamaño de los frutos de *Lagenaria siceraria* es mayor que en cualquier otra Cucurbitácea. Pueden ser cilíndricos y angostos, hasta de un metro de largo, como en los cultivares comestibles; esféricos, hasta de 0.5 m de diámetro; piriformes, de muy distinto tamaño según el cultivar, con el cuello recto o curvo. Algunos cultivares como 'Maranka' o "calabaza de dedos", son cultivadas por la forma rara de los frutos. La coloración en la madurez es amarilla, uniforme o con manchas oscuras.

La estructura del fruto difiere de los *Cucurbita* en que inmediatamente debajo de la epidermis se encuentra varias capas de esclerénquima, las dos más externas con células isodiamétricas de paredes muy gruesas forman un tejido impermeable. Las capas más internas se componen de parénquima, hacia el exterior de células isodiamétricas, hacia adentro de células alargadas en sentido radial. Estos tejidos de paredes finas llenas de punteaduras absorben los líquidos muy lentamente. El endocarpo y las

placentas se separan más fácilmente que en *Cucurbita*.

Variabilidad. Se reconoce dos grupos de cultivares: i) africanos: hojas reniformes, verde oscuro con bordes crenados; semillas con el largo doble del ancho, café oscuro a negras, con los bordes recortados. ii) asiáticos: hojas con bordes agudos y bordes aserrados; semilla con el largo más de dos veces mayor que el ancho, generalmente de color claro y con el borde liso o irregular.

ESPONJA VEGETAL, PASTE, *Luffa aegyptiaca* (L. *cylindrica*)

Posiblemente originaria de India, se le cultiva principalmente por el fruto fibroso, que se emplea en rellenos, aisladores, esponjas para baño, limpiadores y otros usos; en menor grado, se utiliza los frutos tiernos como hortalizas.

Luffa aegyptiaca (Fig. 15.22) es una trepadora anual de tallos con cinco aristas, lisos o con pubescencia escasa, que alcanzan hasta 15 m de largo y provistos de zarcillos con seis a siete ramas. Las hojas triangulares, con una abertura profunda en la base, se dividen en cinco a siete lobos triangulares, de bordes dentados. El lado superior de las hojas tiene por lo común áreas blancuzcas, más notables en el follaje nuevo.

En *L. aegyptiaca* como en otras Cucurbitáceas al inicio se forman flores estaminadas, más adelante las pistiladas. Las flores se abren en la mañana y permanecen abiertas durante el día. En una planta hay cerca de 25 flores estaminadas por una pistilada. En ambas clases de flores el cáliz es verdoso y pubescente, con glándulas en el lado inferior y dividido en cinco dientes. La corola plana y amarillo azafrán de cinco a 10 cm de diámetro, lleva cinco segmentos de bordes recortados. En las flores estaminadas hay cinco estambres unidos, con anteras verduscas. En las pistiladas el ovario es liso y el estilo termina en tres ramas estigmáticas muy cortas.

El fruto es elipsoidal, con líneas longitudinales poco marcadas, de 10 a 50 cm de largo.

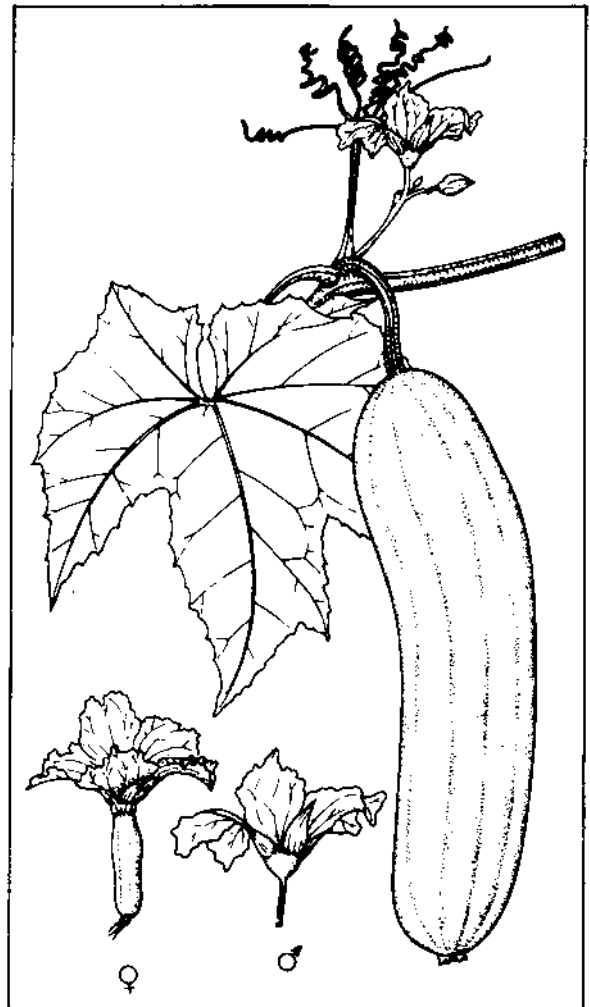


Fig. 15.22. *Luffa aegyptiaca*. Rama con flores y frutos; flores pistilada y estaminada.

Lleva en el extremo los restos del cáliz y del pistilo. La cáscara formada de esclerénquima se separa, cuando el fruto está maduro, de las capas corticales, constituidas la primera por fibras transversales, la segunda por longitudinales. El centro del fruto está ocupado por tres placentas y las semillas son aplanadas, negras y rugosas.

La parte útil de *Luffa* es el retículo fibroso que da la forma al fruto. Se compone de fibras muy fuertes que se originan, cuando el fruto está aún muy pequeño, entre los tejidos suaves del

parénquima cortical. Al principio son haces de células alargadas y de paredes gruesas, que se multiplican y extienden entre las células vecinas por crecimiento intrusivo. Al madurar el fruto forman una red o esponja que se separa fácilmente de la cáscara, dura y delgada. En la parte exterior de la "esponja" las fibras crecen en sentido transversal al eje mayor del fruto; sólo hay tres cordones longitudinales muy finos que corresponden a las bases de las placentas. Hacia adentro, en cambio, las fibras corren principalmente en sentido longitudinal y se unen por ramificaciones con las externas. Hay tres cavidades placentarias a todo lo largo del fruto; en el centro de éste los espacios entre las fibras son más amplios que en las paredes. Las semillas están separadas por tabiques transversales de fibras, delgadas y fuertes. Cuando el fruto se seca las semillas se desprenden, caen en las cavidades placentarias y salen por el extremo inferior del fruto, en el cual el retículo o esponja no se cierra sino que deja tres aberturas amplias.

Para la preparación del producto comercial se deja los frutos en agua, a fin de separar los restos de la cáscara y del parénquima y se blanquea con productos químicos antes de empacarse.

De *Luffa aegyptiaca* se conoce varios cultivares para la producción de esponjas, algunos de ellos con frutos de medio metro de longitud. En India se ha seleccionado otros como hortalizas, por su bajo contenido de principios amargos.

LUFA, *Luffa acutangula*

Originaria de India, donde aún se encuentran poblaciones silvestres. De ellas se ha seleccionado varios cultivares que se diferencian principalmente por la menor cantidad de sustancias amargas. Su uso principal es como hortaliza.

Trepadora anual (Fig. 15.23), de tallos con cinco aristas, pilosos y con zarcillos de cuatro a siete ramillas. Las hojas con cinco lobos poco recortados, de color verde claro, sin manchas blan-

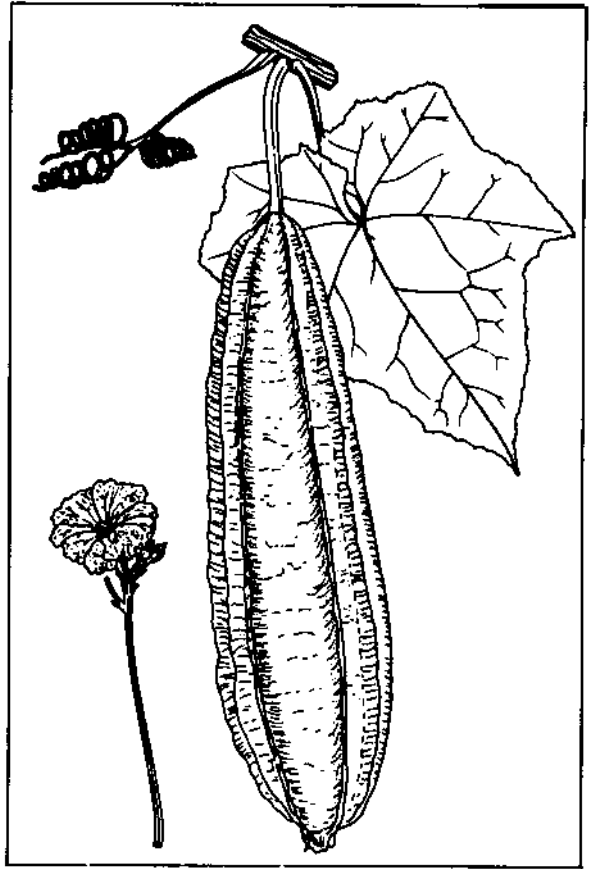


Fig. 15.23. *Luffa acutangula*. Rama con fruto; flor estaminada.

cas, escabrosas, miden de seis a 24 cm de largo por ocho a 16 cm de ancho. Las inflorescencias estaminadas, en pedúnculos largos, llevan varias flores que se abren sucesivamente. Las pistiladas solitarias y con pedúnculo largo salen a menudo en la misma axila de las estaminadas. El cáliz verde de cinco dientes tiene nectarios en el lado inferior; la corola amarilla, de pubescencia muy fina, formada de cinco pétalos redondeados, mide hasta ocho centímetros de diámetro. En las flores estaminadas, de color amarillo pálido, los cinco estambres están unidos y terminan en anteras cortas, amarillo verdosas. En las pistiladas

el ovario muestra 10 aristas longitudinales bien marcadas y el estilo corto termina en un estigma trífido. Se conoce cultivares de flores hermafroditas.

El fruto elipsoidal o en forma de maza, de 15 a 30 cm de largo por cinco a 10 cm de diámetro, se caracteriza por 10 costillas agudas y longitudinales. La estructura de la esponja o retículo de fibras es similar a *L. aegyptiaca* excepto que no hay separación entre los tejidos de la cáscara y las fibras; por esta razón y por la mayor suavidad de sus fibras, *L. acutangula* no se cultiva para la producción de esponja vegetal. El uso como hortaliza está limitado al Sureste de Asia, Japón y las Antillas.

BALSAMINA, CUNDEAMOR, *Momordica charantia*

Originaria de India, se le utiliza por los frutos tiernos y maduros, que se comen cocinados, estos últimos después de quitarles las semillas. Tanto los frutos como los brotes tiernos contienen sustancias amargas cuyo gusto es muy apreciado en Oriente, pero tiene poca aceptación en otras regiones.

Momordica charantia (Fig. 15.24) es una trepadora monoica, anual, de tallos muy ramificados, cuadrangulares y cubiertos de pubescencia fina. Las hojas varían considerablemente en forma y tamaño, según el cultivar. La lámina palmeada se divide en seis o nueve lobos principales, marcadamente recortados a su vez. Las flores grandes, solitarias y amarillas, salen de pedúnculos largos y finos que tienen una bráctea grande en la base. El cáliz está compuesto por cinco dientes amarillentos de menos de un centímetro de largo, y la corola de cinco pétalos libres y amarillos de uno a dos centímetros de largo. En las flores estaminadas hay tres estambres cortos. En las pistiladas el ovario verrucoso, de dos o tres centímetros de largo, termina en un estilo corto con cinco ramas estigmáticas; en estas flores hay también cinco estaminodios.

El fruto es alargado, cubierto de tubérculos suaves y lisas y llega a medir en los cultivares comerciales de 20 a 30 cm de longitud. Se recogen cuando aún están duros y verdes; en la madurez se tornan suaves y por fuera de color anaranjado, que contrasta con el rojo vivo de la pulpa y las semillas negras.

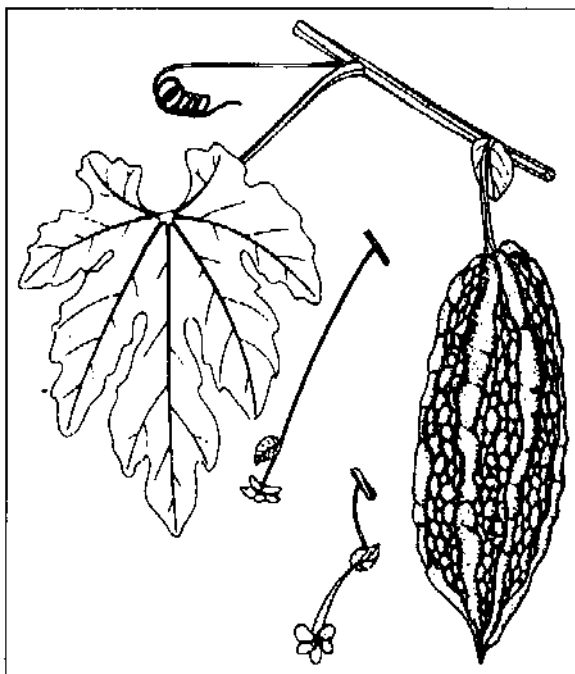


Fig. 15.24. *Momordica charantia*.

TINDA, *Praecitrullus fistulosus* (*Citrullus vulgaris* var. *fistulosus*)

Originaria de India, donde se cultiva por los frutos esféricos, de ocho a 12 cm de diámetro, que se comen cocidos cuando están verdes y las semillas no han endurecido. En la apariencia del follaje y las flores es muy semejante a *Citrullus*, pero difiere en el número cromosómico, $2n:24$, mientras que en *Citrullus* es $2n:22$. Los cruces entre *P. fistulosus* y varios *Citrullus* han dado híbridos estériles.

CASABANANA, COHOMBRO DE OLOL, CAJUBA, *Sicana odorifera*

Posiblemente originario del Norte de América del Sur, es cultivado esporádicamente en los trópicos. Los frutos maduros que emiten un olor penetrante parecido al del melocotón, se colocan en las habitaciones a las que dan, por varios días, un olor muy agradable. Un uso secundario es el consumo de los frutos tiernos cocinados, como hortaliza.

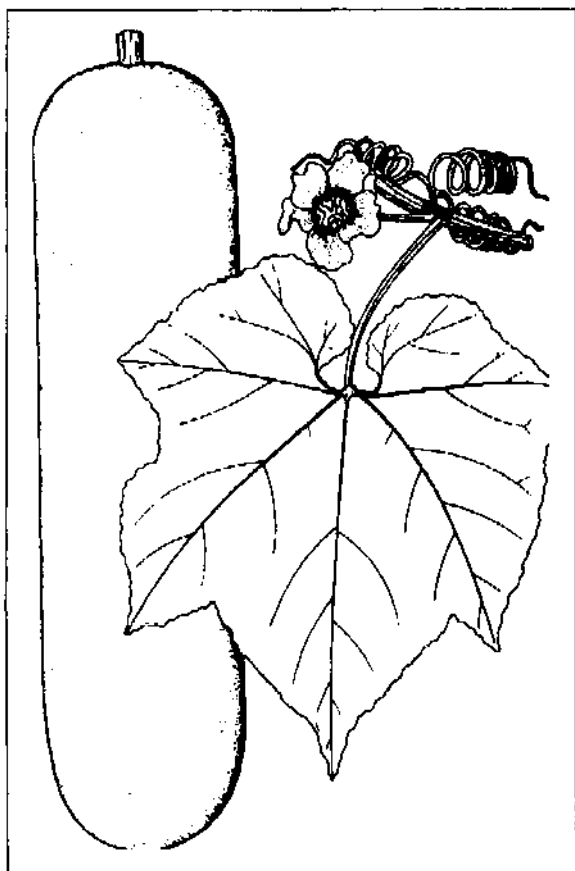


Fig. 15.25. *Sicana odorifera*. Rama con flor; fruto.

Sicana odorifera (Fig. 15.25) es una trepadora vigorosa de tallos aristados, con zarcillos divididos en tres a cinco ramas y cuyos ápices se adhieren como ventosas. Las hojas orbiculares se divi-

den en tres a siete lobos grandes, de bordes ondulados o dentados.

Las flores aparecen solitarias; el cáliz verde tiene cinco sépalos doblados hacia afuera; la corola amarilla, mide cerca de dos centímetros de largo en las flores estaminadas y unos cinco centímetros en las pistiladas. En las primeras los filamentos de los estambres están separados en la base, pero unidos en las anteras. Las pistiladas llevan el ovario elipsoidal, liso y estilo con tres ramas estigmáticas bilobadas.

El fruto es oblongo y casi cilíndrico, de 20 a 60 cm de largo por 10 a 15 cm de diámetro. En la madurez es de color rojo cobrizo, al principio con áreas verdosas longitudinales, y está recubierto por una capa fina de cera. La pulpa delgada, anaranjada y aromática, contiene muchas semillas blancas con borde marrón; esta especie parece ser altamente uniforme.

NUEZ DE OSTRA, *Telfairia pedata*

Originaria de África Occidental, se cultiva especialmente en el este de África por las semillas, las que son consumidas como nueces por su alto contenido de aceite.

Es una trepadora perenne y vigorosa, con tallos hasta de 25 m de largo y raíces carnosas y fuertes (Fig. 15.26A). Las hojas digitadas se dividen en tres o cinco folíolos casi libres y oblongos, de seis a 10 cm de largo, los dos externos con lobos laterales. *T. pedata* es dioica. Las flores estaminadas aparecen en racimos; las pistiladas solitarias. El cáliz se divide en cinco sépalos agudos. La corola es notable porque tiene los cinco pétalos purpúreos finamente divididos en el margen; mide unos cinco centímetros de diámetro en las estaminadas y hasta 10 cm en las pistiladas. Las primeras llevan tres estambres; las segundas tienen el ovario elíptico con 10 rebordes longitudinales.

El fruto es grande y elipsoidal, con 10 a 12 costillas; mide de 30 a 90 cm de largo por 15 a 20 cm de diámetro. Las semillas, de 60 a 200 por

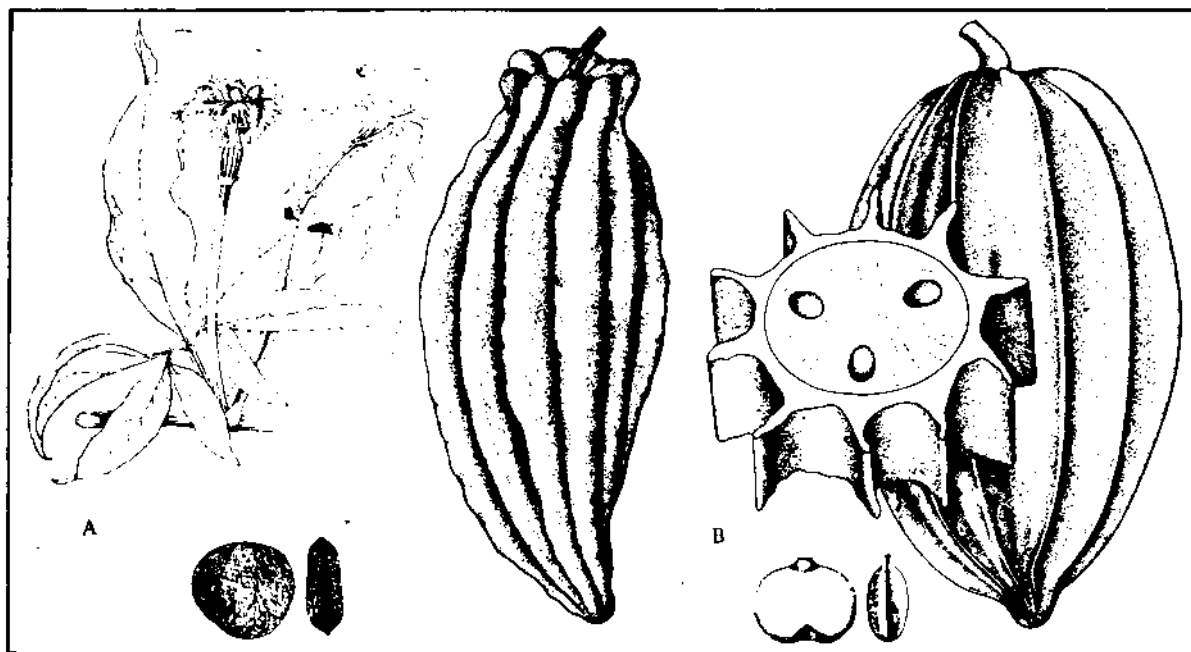


Fig. 15.26. A, *Telfairia pedata*. Rama con flor pistilada; fruto; semillas. B, *Telfairia occidentalis*. Fruto y sección transversal; semillas.

fruto, son aplanadas y circulares, de dos o tres centímetros de diámetro por uno de grueso. Están compuestas casi sólo de cotiledones; la testa dura y fibrosa contiene principios amargos y, una vez removida, las semillas se consumen en sopa o se les asa como almendras.

OROKO, *Telfairia occidentalis*

Se cultiva principalmente en Africa Occidental, por las hojas y tallos jóvenes, de alto contenido en proteínas y aceites, y por las semillas que se comen cocidas, a veces fermentadas. Es una planta trepadora dioica, con hojas de 3-5 foliolos; las flores tienen 5 pétalos de color crema con una mancha roja en la base. El fruto es uno de los más grandes que se conoce, llega a medir hasta 1 m de largo. Es elipsoidal, con diez prominencias

angostas longitudinales. El endocarpo amarillo contiene numerosas semillas aplanadas, rojas, de 3-5 cm de largo; los cotiledones se comen tostados o hervidos (Fig. 15.26B).

CHAYOTE, XUXU, *Sechium edule*

Origen. Poblaciones silvestres de *S. edule* se encuentran en el sur de México, que difieren de las cultivadas en que sus frutos son amargos. La variabilidad más amplia de esta especie se encuentra en México y Guatemala, y hay datos históricos y lingüísticos que confirman que el cultivo prehispánico estaba restringido a esa región. Su cultivo se ha expandido a los trópicos de América del Sur, Africa y Asia y a regiones subtropicales como el sur de Italia, Louisiana y otros.

Porte. *Sechium edule* es una trepadora perenne (Fig. 15.27) de tallos aristados y glabros, hasta de 15 m de largo, muy ramificados. Los tallos tienen cordones de fibras largas y fuertes, por lo que fueron usados en Africa en la fabricación de sombreros y cestería fina. Los bejucos crecen de una cepa permanente y duran uno a dos años, y las raíces tuberosas, muy apreciadas como alimento, son órganos de reserva que permiten la renovación de los tallos aéreos. De un nudo del tallo brota un zarcillo, de base larga y fuerte, que termina en tres o cuatro ramillas, una de ellas más gruesa y larga que las otras. Del lado opuesto del nudo brota una hoja, de cuya axila salen inflorescencias o ramas vegetativas. Las hojas tienen el peciolo corto y generalmente curvo. La lámina palmada, con la base profundamente recortada, tiene de cinco a siete lobos obtusos y apiculados, el margen con dientes pequeños, claros y espaciados. Hay cinco nervios principales que salen del peciolo, hundidos en el lado superior y prominentes en el reverso de la lámina.

Floración. Las inflorescencias de *Sechium edule* siguen una norma común a muchas Cucurbitáceas: se componen de flores unisexuales, las pistiladas solitarias, las estaminadas en racimos. En las axilas inferiores de las ramas por lo general no hay flores, y en las siguientes aparecen flores estaminadas, a menudo no funcionales. En la parte central de la rama aparecen inflorescencias normales de ambos sexos y hacia el final de las ramas predominan las inflorescencias pistiladas, y las estaminadas no aparecen o son estériles. Aunque esta norma es común a todos los cultivares, hay una variación considerable en la proporción de flores estaminadas a pistiladas, debido a factores hereditarios y ambientales.

Las inflorescencias estaminadas tienen pedúnculos aristados, de cuatro a 12 cm de largo, con flores espaciadas que se abren sucesivamente, aunque muchas de ellas no alcanzan la antesis pues se secan y desprenden. El pedicelo es delgado y liso, de unos pocos milímetros de longitud. El hipantio en forma de copa plana, tiene cinco sépalos diminutos y verdosos. La corola,

hasta de dos centímetros de diámetro, se forma de cinco pétalos unidos sólo en la base, amarillentos y con estrías verdosas. Los cinco estambres están unidos en la parte inferior formando una columna que se abre arriba en cinco estigmas. En la base de la columna hay 10 nectarios.

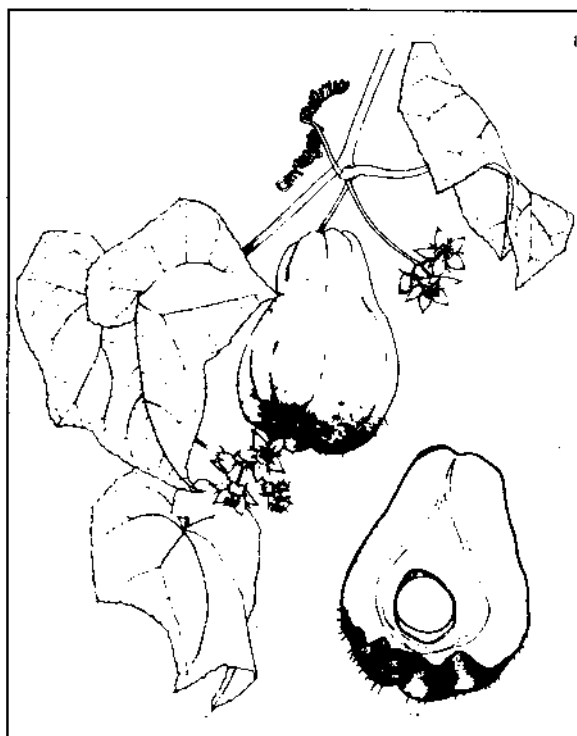


Fig. 15.27. *Sechium edule*. Rama con flores estaminadas y fruto; corte longitudinal del fruto.

Las inflorescencias pistiladas aparecen en pares o solitarias, en pedicelos de dos a cuatro milímetros de largo. El ovario inferior tiene desde pequeño la forma del fruto maduro; el hipantio en forma de copa lleva cinco sépalos, ligeramente mayores que en las flores estaminadas y la corola se compone de cinco pétalos libres, amarillos o casi blancos. En el centro hay una columna que termina en un estigma aplanado; en la base de la columna hay 10 nectarios.

La polinización la hacen los insectos, atraídos por el néctar, en especial las abejas del género *Trigona*.

Fruto y germinación. El fruto de *Sechium edule* varía, según el cultivar, en forma, tamaño, color y otras características tales como la presencia de espinas, surcos longitudinales y filas de lenticelas. La base es hundida y en el ápice hay un surco transversal por el cual sale la semilla. El epicarpo está formado por capas de esclerénquima. El mesocarpo o parte comestible es una masa sólida de parénquima cuyas células contienen principalmente almidón y agua. El mesocarpo tiene numerosos canales de mucílago, haces vasculares delgados y, en las capas internas, una red de fibras bien desarrolladas en la madurez. El endocarpo se forma de pocas células de paredes gruesas, que le dan un aspecto brillante en el lado interno inmediato a la semilla.

El centro del fruto está ocupado por una cavidad en que se encuentra la semilla. Como ésta proviene de un óvulo péndulo, lo normal es que deje espacios vacíos en los extremos mientras que a los lados la testa está inmediata al endocarpo. La semilla tiene la testa suave, no lignificada como en la mayoría de las Cucurbitáceas; como el embrión está protegido por el pericarpo, la función de la testa es dar paso a los nutrimentos del pericarpo que suplen al embrión, más que proteger a éste. Los cotiledones ocupan la mayor parte de la semilla; planos y duros, son la parte del fruto más rico en reservas.

La germinación vivípara de *Sechium edule* llamó la atención de los primeros naturalistas que la observaron en América tropical. Cuando el fruto está maduro, en la mayoría de los cultivares la semilla emerge por el surco que hay en el ápice del fruto; los cotiledones se ensanchan y se forman áreas verdes donde se exponen a la luz. En el extremo exterior de la semilla se desarrolla el hipocótilo, un cuerpo duro y verdoso del que brotan numerosas raicillas. En el lado interno de la unión de los cotiledones el hipocótilo forma un tallo que sale por el espacio que separa

los cotiledones, se dobla hacia arriba y desarrolla hojas y aún ramillas.

La plántula continúa creciendo mientras el fruto sigue adherido a la planta y a veces el tallo alcanza hasta medio metro de largo antes de que el fruto se desprenda. Lo más frecuente es que los frutos caigan cuando se inicia la germinación. Para su crecimiento el embrión dispone de las reservas de agua y posiblemente de nutrimentos contenidos en el fruto, que pasan a través de la testa suave a los cotiledones. En Europa se ha encontrado frutos cuyas raíces han penetrado en el mesocarpo.

El mecanismo de germinación de *Sechium edule* parece ser una adaptación a condiciones de estaciones alternas en que las semillas requieren humedad para su sobrevivencia.

Variabilidad. Se conoce cerca de un centenar de cultivares, diferenciables principalmente por caracteres del fruto: forma y tamaño; color: blanco a verde oscuro; espinas de diferente tipo y densidad; contenido de fibra y otros.

TACACO, *Sechium tacaco*

Sechium tacaco se conoce en cultivo solamente en las tierras altas de Costa Rica, donde crece silvestre y donde se encuentran también otros congéneres. Su frutos se comen cocidos como verdura y se preparan en encurtidos.

Es una trepadora anual (Fig. 15.28) de tallos cilíndricos o ligeramente aristados, con zarcillos divididos en cuatro ramas, la central más fuerte y larga. Las hojas palmeadas, de base ancha, tienen tres lobos agudos y bordes dentados. Miden de cuatro a 12 cm de diámetro y son algo escabrosas en el lado superior. Las inflorescencias estaminadas aparecen en la parte inferior y media de los tallos; tienen el pedúnculo hasta de 12 cm de largo y las flores se agrupan en los nudos. El pedicelo es largo y fino; el hipantio cupular presenta 10 prominencias redondas que corresponden a los nectarios que se encuentran en la base

de la columna estaminal. Del hipantio salen cinco sépalos, diminutos y verdes, y cinco pétalos blancuzcos.

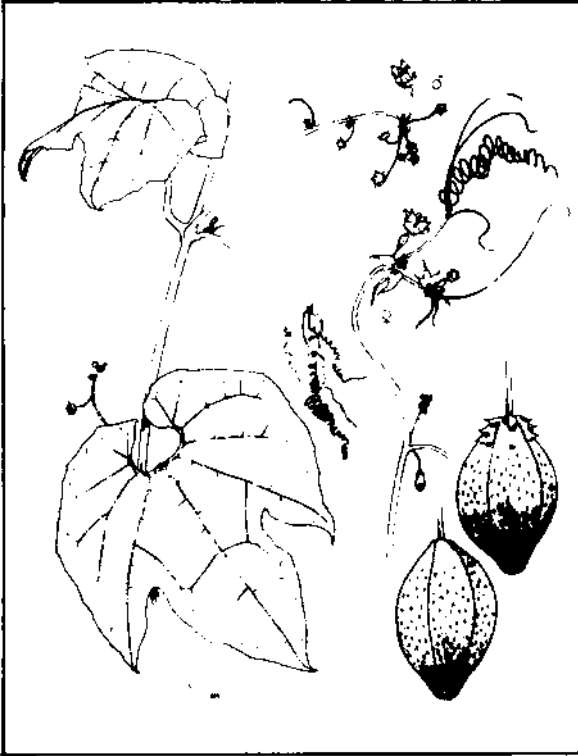


Fig. 15.28. *Sechium tacaco*. Rama con flores estaminadas y hojas; rama con flores pistiladas; frutos.

El diámetro de la flor varía de ocho a 10 mm. En el centro de la flor hay 10 nectarios y la columna estaminal, que se abre en tres o cinco estigmas. Las inflorescencias pistiladas y solitarias aparecen al final de los tallos. El hipantio es muy semejante al de las flores estaminadas, sólo que presenta cinco protuberancias; al centro el estilo termina en un estigma grande y elipsoidal. El ovario, de un solo óvulo y elipsoidal es liso en el ápice, hacia la inserción del hipantio, piloso al centro y en algunos cultivares tiene al extremo basal varios apéndices verdosos que se transforman en el fruto en espinas duras.

El fruto elipsoidal y aplanado, de cuatro a siete centímetros de largo, con cinco suturas longitudinales finas, es liso o, en ciertos cultivares,

con espinas agudas en la base. El epicarpo es una serie de capas de esclerénquima, verde con puntos claros; el mesocarpo está formado de parénquima cargado de almidón y en ciertos cultivares hay una red de fibras muy desarrolladas que no se encuentra en los cultivares más seleccionados. El centro hay una sola semilla plana, de longitud poco menor que el fruto, con testa dura y lisa.

La germinación es difícil, pues se requiere que la cáscara del fruto y los tejidos del mesocarpo se desintegren para que el embrión pueda desarrollarse. Como la viabilidad de la semilla no es muy larga, éste es un obstáculo para la dispersión del cultivo.

CAIHUA, CAIGUA, *Cyclanthera pedata*

Cyclanthera pedata sólo se conoce en cultivo, de Guatemala a Argentina. Su centro de domesticación pudo ser alguna región en los Andes, pues se conocen representaciones en cerámica precolombina en Perú e información sobre su cultivo en tiempo colonial. Se usa como verdura, abriendo el fruto y removiendo las semillas junto con los tejidos que la rodean, y rellenándolo con carne u otros alimentos. También se usa en sopas y encurtidos.

Es una especie anual (Fig. 15.29) con tallos hasta de cinco metros de largo, muy ramificados. Las ramas son aristadas y escasamente pubescentes, con zarcillos que se dividen en dos o tres ramillas prensiles. Las hojas digitadas, de seis a 14 cm de largo, tienen cinco a siete folíolos elípticos, con las márgenes dentadas. Es común que los lobos externos tengan otros laterales más pequeños.

Las flores estaminadas, en grupo de 10 a 20, crecen en pedicelos largos; las pistiladas son sésiles y solitarias. En ambas el perianto es simple, con los sépalos representados por cinco proyecciones verdes y agudas de cinco milímetros de largo. La corola en forma de copa, amarillenta, se divide en cinco lobos, es mucho más grande en las flores pistiladas. Los cinco estambres es-

tán unidos en una columna y terminan en una sola antera. El ovario es elipsoidal y liso; el estilo termina en un estigma discoideo.

El fruto es una baya oblongo-elíptica y aplanada, con la base generalmente curva y el ápice agudo. Miden de 10 a 20 cm de largo por cuatro a ocho centímetros de ancho. La superficie es irregular, con espinas suaves y curvas, especialmente en la parte media. El color varía de verde oscuro a blanco, con estrias longitudinales verdosas. El mesocarpo es delgado, succulento y verde; el endocarpo blanco y esponjoso; las semillas cuadradas, negras y muy rugosas, salen en dos filas de la placenta. El centro del fruto está vacío en la madurez o con tejidos placentarios sueltos.



Fig. 15.29. *Cyclanthera pedata*.

Cyclanthera brachystachya (*C. explotens*), de Suramérica, se cultiva esporádicamente por sus frutos, los que se utilizan como los de *C. pedata*. Tiene hojas trilobadas y frutos reniformes más pequeños, de cuatro a seis centímetros de largo, cubiertos completamente de espinas suaves.

REFERENCIAS

- BADILLO, V.M. 1971. Monografía de la familia Caricaceae. Maracay, Asociación de Profesores.
- BATES, D.M., R.W. ROBINSON & C. JEFFREY. Ed. 1990. Biology and utilization of the Cucurbitaceae. Ithaca, N.Y., Comstock.
- CARVALHO, E.R. De. 1986. Bibliografía de urucu (*Bixa orellana*). Brasilia, EMBRAPA-CENGERN.
- HADDAD, O. & MILLAN, M. 1975. La parchita maracuyá (*Passiflora edulis* g. *flavicarpa* Degener). Caracas, Fondo de Desarrollo Frutícola.
- HAMILTON, R.A. A quantitative study of the growth and fruiting in inbred and crossbred progenies from Solo papaya strains. Hawaii Agricultural Experimental Station. Technical Bulletin No. 20.
- LIRA SAADE, R. ed. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitáceas latinoamericanas de importancia económica. Roma, IPGRI.
- MARTIN, F.W. & H. NAKASONE. 1970. The edible species of *Passiflora*. Economic Botany 24:333-343.
- MOLESWORTH ALLEN, B. 1967. Malayan fruits. Singapore, Donalds Moore Press.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE U.S.A. 1989. Lost crops of the Incas. Washington, National Academy Press.
- ROBINSON, R.W. & D.S. DECJER-WALTERS. 1997. Cucurbits. Wallingford, CAB.

16. EBENALES

SAPOTÁCEAS

Las Sapotáceas se utilizan por los frutos o por las resinas extraídas del tronco. Son especies tropicales, la mayoría arbóreas, con hojas agrupadas en las ramillas terminales, de las que también brotan las flores. El cáliz tiene cuatro a cinco sépalos verdosos y separados; la corola en forma de tubo en la base, se abre arriba por lo general en cinco pétalos. Los estambres forman dos verticilos, el externo constituido por estaminodios. El gineceo consiste de ovario con cuatro o más carpelos, cada uno con un óvulo, y de un estilo sencillo. Los frutos son bayas, con una o varias semillas. Todas las partes de la planta, aún los frutos, tienen abundantes canales de látex.

La nomenclatura en las Sapotáceas cambia según los estudios de los especialistas y no es difícil que una especie tenga hasta 10 sinónimos, lo que en gran parte se debe a que los estudios taxonómicos hechos en herbario no toman en cuenta los factores de variación, por lo que géneros y especies se definen sobre caracteres muy inestables. Así, las entidades genéricas *Calocarpum*, *Pouteria* y *Lucuma* no tienen límites precisos, y por la ley de prioridad se cambian con frecuencia los nombres científicos de las especies de esos "géneros". La diversidad genética es tan amplia que en *Pouteria*, por ejemplo, es muy difícil establecer diferencias constantes entre las "especies" de ciertos grupos.

CHICOZAPOTE, CHICO, NÍSPERO, *Manilkara zapota* (*Achras zapota*, *M. zapotilla*)

Originaria de México a Nicaragua, fue domesticada por los indios de Mesoamérica, quienes cultivaron tipos superiores por el tamaño y sabor de los frutos. Es la Sapotácea más conocida y apreciada como frutal en los trópicos. En el área de origen quedan aún grandes poblaciones silvestres que son explotadas para obtener el "chicle" o goma de mascar, una resina que se extrae de incisiones hechas en el tronco y ramas principales.

Manilkara zapota (Fig. 16.1) es una especie muy polimorfa. Los árboles silvestres llegan hasta 30 y más metros de altura, con copa pequeña y asimétrica. Los cultivares seleccionados por los frutos, en cambio, son árboles bajos, de copa hemisférica, a menudo con ramificación en forma de candelabro. Las hojas caducas, gruesas y brillantes, ovadas a lanceoladas, miden de cinco a 15 cm de largo y tres a siete centímetros de ancho; cuando jóvenes son de color verde claro o rosado, según el cultivar, y están cubiertas de una pubescencia suave y rala que luego desaparece.

Las flores solitarias nacen en las axilas de las hojas, al final de las ramillas jóvenes. Las partes periánticas han sido denominadas de diferente manera y se pueden interpretar como un cáliz de seis sépalos, en dos ciclos de tres, imbricados, casi libres, cuyo tamaño disminuye del más externo al más interno, cubiertos de pubescencia fe-

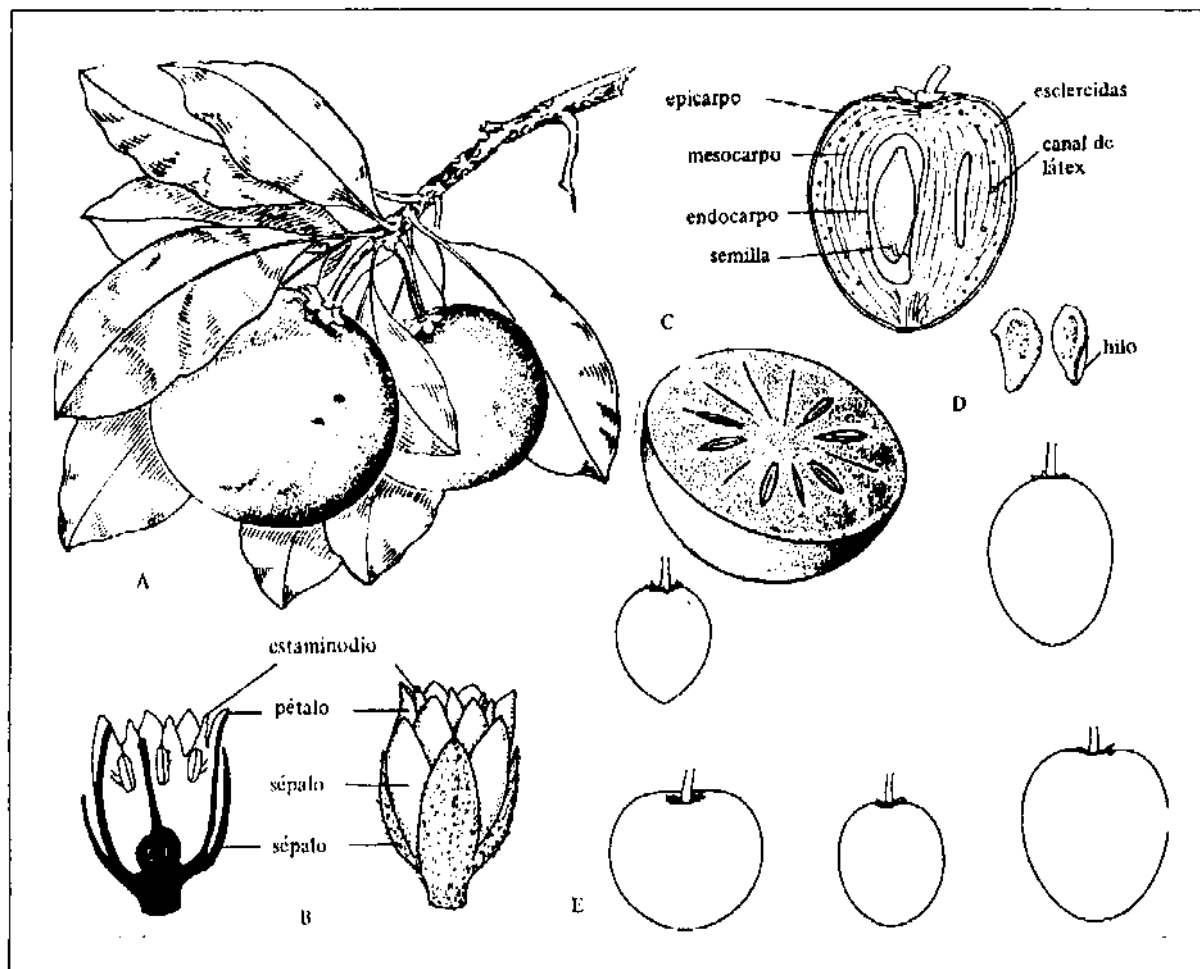


Fig. 16.1. *Manilkara zapota*. A, rama con frutos. B, flor y su sección longitudinal. C, estructura del fruto. D, semillas. E, frutos de 5 cultivares diferentes.

rugínea o grisácea. La corola blanca en forma de urna, de 10 mm de alto, se divide en la parte superior en seis segmentos o pétalos, de dos a tres milímetros de longitud, agudos y de borde sinuoso. El androceo está compuesto por seis estambres que salen de la corola debajo de cada segmento, y de seis estaminodios petaloides, de longitud igual a los pétalos, que alternan con éstos. El gineceo está constituido por un ovario súpero con 10 a 20 óvulos y termina en un pistilo cilíndrico. El ovario joven está cubierto de pubescencia fina, que luego desaparece y que está for-

mada por pelos bifurcados, los que también se encuentran en otras partes de la planta y son característicos de las Sapotáceas.

En *M. zapota*, como en las otras especies de la familia, el número de partes periánticas cambia a menudo en el mismo árbol. Pero aún más importantes son las diferencias en los órganos reproductivos, particularmente la heterostilia, que es característica varietal, así como la reducción en el número o el mal funcionamiento de las anteras. Estos caracteres determinan a menudo

grados diferentes de autoincompatibilidad en cultivares o plantas individuales. En esta especie las anomalías florales, como el número bajo de anteras funcionales, heterostilia y dicogamia tienden a favorecer la fertilización cruzada. No se conoce si hay procesos de incompatibilidad fisiológica; se ha informado que árboles aislados temporalmente estériles, producen luego cosechas normales.

El fruto es una baya de forma variable según el cultivar: elipsoidal, fusiforme, hasta casi esférica, con los restos permanentes del cáliz en la base y a menudo del estilo en el ápice. El exocarpo o cáscara es delgado, amarillento y arenoso por las lenticelas que lo cubren; éstas se originan de un felógeno que produce continuamente capas de corcho que reemplazan a las que se desgastan en la superficie del fruto. Debajo de la cáscara hay una zona de parénquima en que se forman grupos de esclereidas que contribuyen a dar soporte a la cáscara; luego una capa interrumpida de haces vasculares, entre los cuales hay zonas de cambium que producen nuevos tejidos sólo hacia la parte central del fruto, lo cual resulta en el crecimiento radial de la baya. El mesocarpo está formado básicamente de parénquima, que en la madurez está relleno de agua y de pigmentos cuyo color varía según el cultivar desde rojo a grisáceo, y de azúcares y aceites aromáticos. En el parénquima hay grupos de esclereidas que dan la textura arenosa característica del fruto de las Sapotáceas y numerosos canales de látex. El centro del fruto está constituido por los tejidos que rodean las semillas, más claros y fibrosos que el mesocarpo. El número de semillas que maduran varía mucho y generalmente sólo se encuentran dos o tres. Vistas de frente son aplanadas, elípticas o asimétricas, de 1.5 a 2.5 cm de largo, de superficie lisa y brillantes, café claro. El hilo ocupa una posición lateral, es angosto y de superficie rugosa y opaca; con frecuencia en su parte superior hay una prominencia en forma de espina.

Variabilidad. En cultivo *M. zapota* es una especie sumamente variable, particularmente en: a) forma y tamaño del árbol, desde tipos bajos y de ramificación abierta y regular hasta árboles de 20 m de alto, con copa compacta y asimétrica; b) forma y tamaño del fruto, que puede ser esférico, elipsoidal, ovoide, oblado (aplastado); frutos de dos cultivares seleccionados en Florida, 'Prolific' y 'Russell', miden de seis a nueve centímetros de largo, mientras que en la mayoría de los tipos centroamericanos es mucho más pequeño; c) color de la pulpa, que varía desde rosado o amarillo pálido, como en los cultivares citados, hasta rojizo como en 'Apel-leelin', de Java; d) número de semillas, desde 12 a ninguna; este último caso se presenta en un cultivar de Cuba que se propaga clonalmente.

Manilkara zapota ha sido seleccionado en India, Java, Filipinas, Florida y otras regiones fuera de su área de distribución natural. Esto se ha hecho estableciendo clones de plantas notables por el tamaño y calidad del fruto, rendimiento, producción tempranera y bajo número de semillas y tomando en cuenta los problemas de autocompatibilidad. La propagación vegetativa se hace por injerto, a veces en otras Sapotáceas, o por acodo aéreo.

Las poblaciones silvestres, explotadas por chicle son más numerosas y extensas en Petén (Guatemala) y la península de Yucatán (México), donde llegan a formar la especie dominante del bosque. Se asume que muchos de estos árboles pudieron ser dejados cuando los Mayas ocuparon esa área y que por su poder de supervivencia y capacidad reproductiva se han impuesto a las otras especies arbóreas. En estas poblaciones silvestres se distingue dos clases, rojos y blancos, por el color del látex y color y textura del tronco, *Manilkara zapota* no se cultiva para la obtención de goma de masticar, pues el producto sintético compite con el natural y tomaría muchos años antes de que árboles cultivados llegaran a dar una producción comercial.

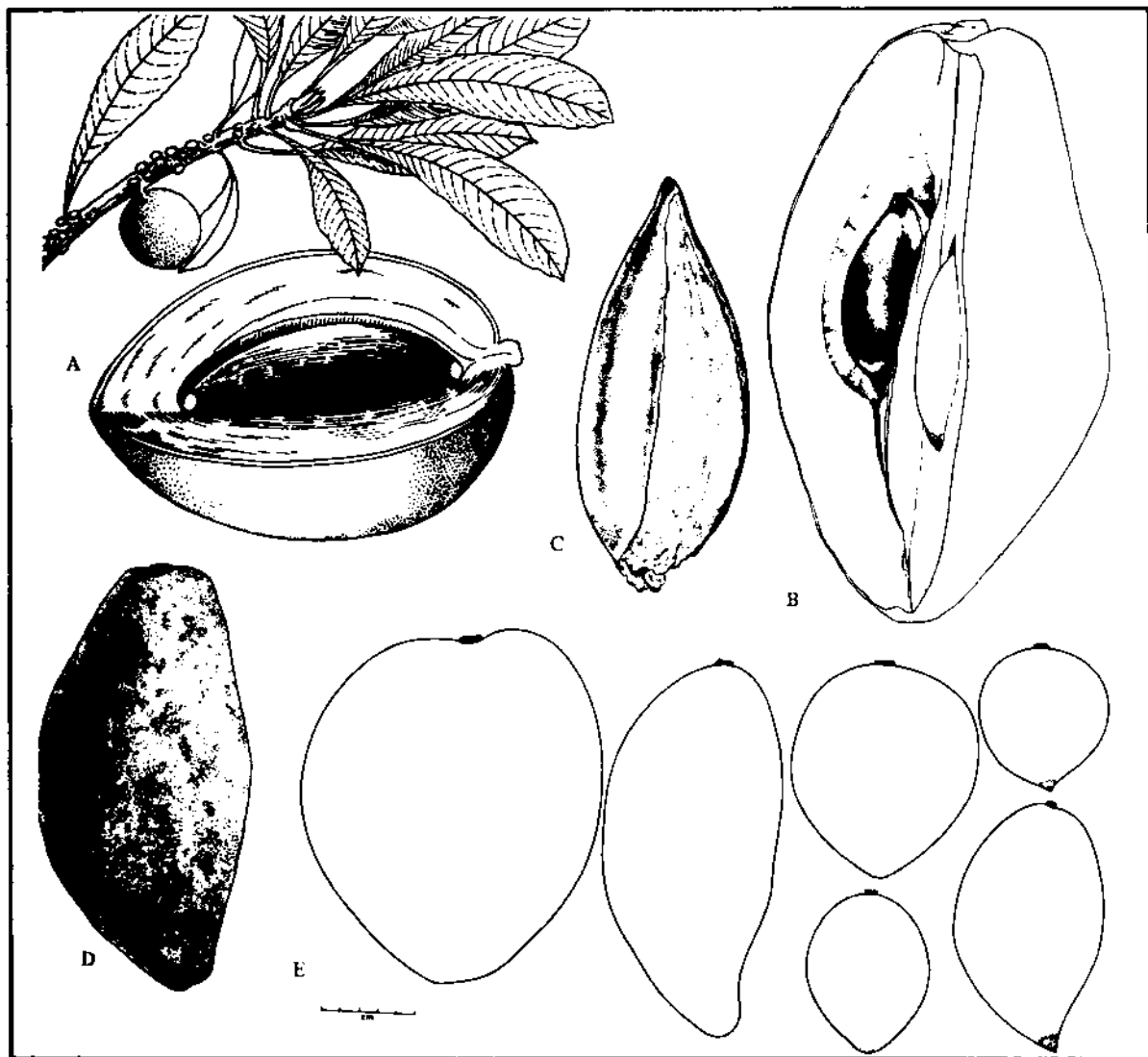


Fig. 16.2. *Pouteria sapota*. A, rama y fruto. B, sección longitudinal del fruto, mostrando dos semillas. C, semilla. D, E. *Pouteria fossicola*, frutos.

ZAPOTE, MAMEY ZAPOTE, *Pouteria sapota* (*Calocarpum mammosum*, *P. mammosa*)

Poblaciones silvestres se encuentran desde el sur de México hasta Nicaragua. En cultivo se ha

extendido por las Antillas, el norte de América del Sur y a regiones tropicales del Viejo Mundo.

Pouteria sapota (Fig. 16.2) es una especie muy polimorfa. Es por lo común un árbol alto, hasta de 30 m, de copa simétrica o irregular y con follaje caedizo que se renueva continuamente. Las

hojas se concentran en el ápice de las ramillas, en grupos compactos. La forma de la hoja varía de obovada a lanceolada, con el ápice obtuso o redondo, a veces apiculado, y la base aguda; las hojas miden de 10 a 30 cm de largo por cuatro a 10 cm de ancho. Por lo común son glabras, aunque en algunos tipos tienen pubescencia grisácea en ambas caras. En el lado superior son verde-oscuras y brillantes; en el inferior más claras, con los nervios laterales prominentes y nervadura reticulada perpendicular a los nervios laterales.

Las flores brotan en grupos numerosos, de dos a seis flores cada uno, en los nudos sin hojas de las ramillas terminales, inmediatamente debajo del follaje nuevo. Los ocho a 10 sépalos, imbricados, están dispuestos en espiral y su tamaño disminuye progresivamente desde el más interno o basal; son más anchos que altos y a menudo recortados en el ápice. Las corola tubular, amarillenta, de nueve a 12 mm de largo, se abre en la parte superior en cinco segmentos o pétalos redondeados; de la base de cada uno de ellos sale un estambre. Hay además cinco estaminodios delgados en posición alterna con los pétalos, que están insertos en la corola a un nivel inferior a la inserción de los estambres. El pistilo mide unos nueve milímetros de largo; el ovario es muy pubescente, normalmente con cinco celdas, pero en la mayoría de los casos sólo un óvulo se fertiliza.

El fruto es una baya ovoide a elipsoidal, de 8-14 cm de largo, cubierta completamente de lenticelas color café, escamosas y duras. La corteza es más gruesa y quebradiza que en *Manilkara sapota* debido a la capa densa de esclereidas situada debajo del epicarpo. La pulpa o mesocarpo, es roja, succulenta y aromática. Son frecuentes las esclereidas, que le dan la característica arenosa, y numerosos los canales de látex. Hay por lo general, una sola semilla, llamada "pixtle" en México, "zapoyola" en América Central, elipsoidal, de 6-7 cm de largo, lisa y brillante, de color café, con el hilo ancho, opaco y de color más claro. Los cotiledones contienen sustancias aromáticas y se usan por su sabor y aroma en la preparación de dulces, y se les atribuye propiedades medicinales.

El zapote es uno de los árboles que en Me-soamérica se respeta al cortar el bosque y por eso no es raro encontrar árboles de gran tamaño y posiblemente muy viejos en siembras y potreros.

En Florida se han seleccionado varios cultivos superiores que se propagan vegetativamente.

ZAPOTE, *Pouteria fossicola*

Crece silvestre y en cultivo incipiente en Costa Rica y Panamá. En caracteres vegetativos es muy afín a *P. sapota*, pero difiere en el fruto, que es liso y grisáceo, con cáscara mucho más delgada y pulpa rojo claro, de muy buen sabor. Hay mucha diversidad en la forma de los frutos (Fig. 16.2DE), que alcanzan hasta 25 cm de largo. Crece en áreas bajas, 0-600 m, y muy húmedas, y por su productividad y calidad de la fruta, merece ser introducido a regiones de clima semejante a su área de origen.

INJERTO, ZAPOTE BLANCO, *Pouteria viridis*

Es el congénere más afín a *P. sapota*; crece en las tierras altas, 600-1500 m, de México a Costa Rica. Se distingue por la pubescencia blancuzca del reverso de las hojas, y por el fruto, generalmente ovoide, hasta de 11 cm de largo, amarillento verdoso en la madurez, con lenticelas espaciadas, más frecuentes hacia el ápice, y que faltan del todo en algunas variedades de Guatemala.

Como frutal, esta especie ha sido considerada como de mejor calidad que *P. sapota*.

CANISTEL, *Pouteria campechiana* (*P. salicifolia*, *Lucuma nervosa*)

Originario de México a Panamá, llamado "canistel" en México y Costa Rica y "zapote borracho", "zapote tatú", en el sur de México, ha si-

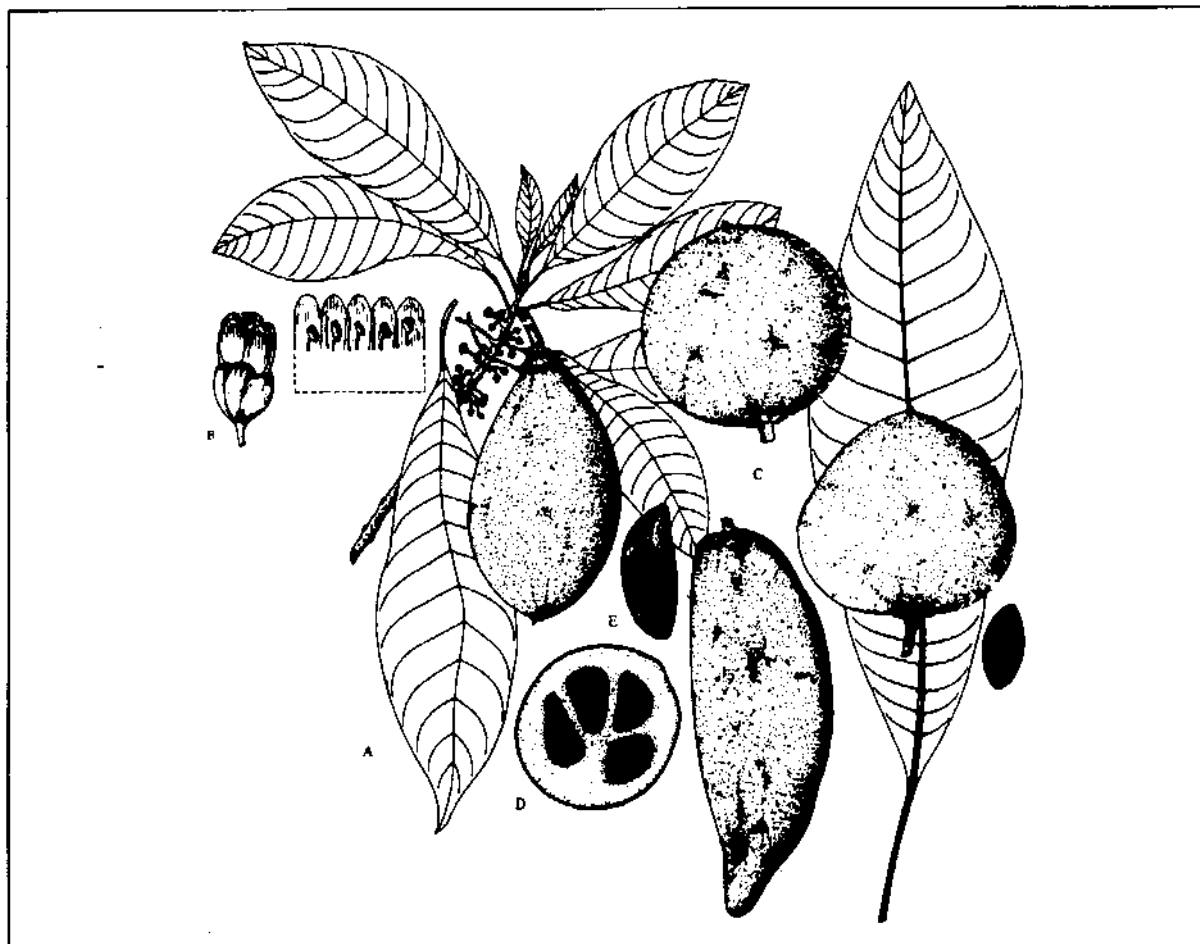


Fig. 16.3. *Pouteria campechiana*. A, rama florífera. B, flor entera y con la corola abierta. C, frutos de diferentes cultivares. D, corte transversal del fruto mostrando 4 semillas. E, semilla.

do introducido a Cuba, Florida, Filipinas y el Sureste de Asia. *Pouteria campechiana* (Fig. 16.3) alcanza, en árboles silvestres, hasta 20 m de alto pero en cultivo se mantiene de ocho a 10 m. Como en otras Sapotáceas, el follaje se concentra en el ápice de las ramas jóvenes. La forma de la hoja y aún la venación difieren considerablemente entre individuos; la forma predominante es oblanceolada, con el ápice agudo a redondeado. El color verde brillante del lado superior es una característica marcada del follaje; las hojas miden de seis a 24 cm de largo y dos a ocho centímetros de ancho.

Las flores brotan en grupos, entre las hojas del ápice de las ramillas y con menos frecuencia en las partes ya defoliadas de las ramas. Consisten de cáliz de cinco a seis sépalos libres, verdes y coriáceos, pubescentes en el lado externo, de cinco a seis milímetros de largo. La corola blanca, de 10-12 mm de longitud, cilíndrica en la base, se abre arriba en cinco a seis segmentos o pétalos redondeados. Los estambres están insertos en la corola, al nivel en que se separan los segmentos, en el centro de éstos. Los estaminodios lanceolados, tan largos como los estambres, salen en los puntos de la corola en que se sepa-

ran los pétalos. El ovario pubescente termina en un estilo cilíndrico, en que el estigma no se distingue del estilo.

El fruto tiene el pedúnculo fuerte y grueso, de dos a tres centímetros de largo; lleva en la base los restos del cáliz y a menudo en el ápice los del pistilo rodeado de una aréola de lenticelas finas. Varía extraordinariamente en forma y tamaño. En las poblaciones de cultivo más frecuente es cónico-fusiforme, de cuatro a seis centímetros de largo, agudo u obtuso en el ápice, de cáscara amarilla anaranjada o rojiza, dura y brillante; con frecuencia es asimétrico debido a que algunas semillas no se desarrollan. En otras poblaciones el fruto varía de obovoide a elipsoidal, a menudo asimétrico por la malformación de las semillas. La pulpa, del color y apariencia de yema de huevo, es seca y dulce, en ciertos cultivares muy aromática y contiene poco látex.

Las semillas, una a cinco por fruto, fusiformes, miden de dos a cuatro centímetros de largo, por uno a dos centímetros de anchura, de superficie lisa y brillante, con el hilo muy ancho; en algunos cultivares hay un punto oscuro, en el extremo superior del hilo.

Pouteria campechiana se propaga generalmente por semilla; la propagación vegetativa es por injerto de yema lateral o cuña.

LÚCUMA, *Pouteria lucuma* (*P. obovata*, *Lucuma bifer*)

Originaria de las tierras altas desde Ecuador al norte de Chile, ha sido introducida a América Central y Antillas. La fruta se come fresca y en Perú y Chile se le seca para obtener una "harina" que se utiliza en varias formas: refrescos, helados, dulces.

El árbol alcanza hasta 20 m de alto, con copa esférica; en cultivo se le mantiene bajo mediante podas de formación. Las hojas verde brillante,

con pecíolos pubescentes, miden de seis a 20 cm de largo; la forma es muy variable, de elípticas a obovadas, con la base angosta y el ápice agudo o redondeado. Las flores nacen entre las hojas terminales de las ramillas, solitarias o en grupos de dos a tres. Los sépalos en dos series, una externa de tres y otra interna de dos, están cubiertos en el lado dorsal de pubescencia ferrugínea. La corola verdosa está formada de un tubo basal y cinco segmentos o pétalos redondeados. Los cinco estambres salen de la base de los pétalos y los cinco estaminodios lineales y pubescentes, ligeramente más largos que los estambres, están insertos entre uno y otro pétalo. El ovario de cinco celdas termina en un estilo cilíndrico.

El fruto es generalmente una drupa cónico-fusiforme, a menudo asimétrica por la mala formación de semillas, pero hay cultivares con frutos esféricos o elipsoidales. El epicarpo, verde o amarillo, liso o escamoso, es delgado y quebradizo; el mesocarpo amarillo contiene pulpa suave y aromática, de sabor muy agradable en ciertos cultivares. Hay de una a cinco semillas anchas, marrón oscuro, con el hilo ancho y blancuzco.

Pouteria lucuma presenta una variabilidad muy amplia en las descendencias por semilla; cultivares superiores de propagación clonal han sido seleccionados en Chile y Perú.

CAIMO, ABIU, *Pouteria caimito*

Frutal originario del norte de América del Sur, cultivado ampliamente en Brasil y Colombia e introducido a otras áreas de América tropical.

El árbol (Fig. 16.4) es bajo, hasta de cinco metros de alto y de porte irregular, con las ramas inferiores pendientes a ras del suelo. Las hojas glabras y brillantes varían considerablemente en forma: oblancoadas en la mayoría de los cultivares, en algunos muy angostas y de bordes ondulados. Las flores aparecen en las ramillas y

aun en ramas viejas; tienen el pedicelo fino y corto, cáliz verdoso y corola mucho más larga; el pistilo sobresale de la flor. Los frutos al madurar parecen estar adheridos directamente a las ramas; son esféricos o elipsoidales, con el ápice mamelonado. La superficie es lisa y brillante, a veces con pequeñas protuberancias cónicas, amarillo dorado en ciertas áreas, verdoso en otras, de seis a 12 cm de largo por cuatro a 10 cm de diámetro.

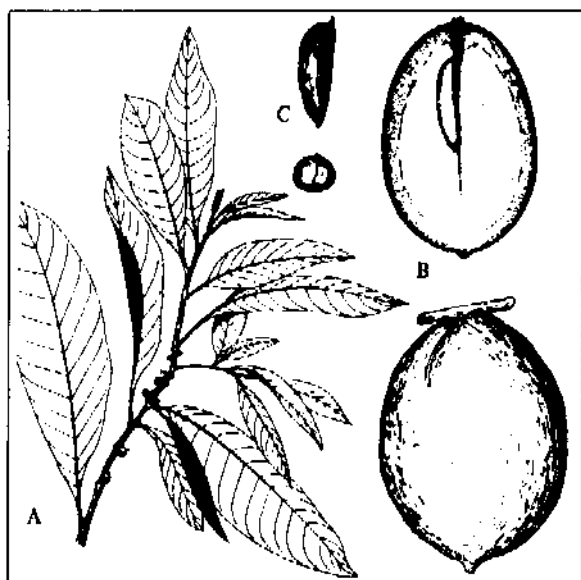


Fig. 16.4. *Pouteria caimito*. A, rama con flores. B, fruto entero y en corte longitudinal. C, semilla.

La estructura del fruto difiere de las especies anteriores de *Pouteria*. En *Pouteria caimito* hay un mesocarpo bien desarrollado, de varios milímetros de espesor, blanco y compacto, con muchos vasos laticíferos. El endocarpo que es la parte comestible, en cambio es traslúcido, con menos látex y algo azucarado y se separa a manera de gajos por las celdas del centro del fruto. Como en otras Sapotáceas, el fruto debe comerse completamente maduro, pero aun así contiene algo de látex, por lo que en América del Sur quien lo consume se frota los labios con mantequilla antes de

comerlo. Las semillas, una a cinco por fruto, alargadas y de tres a 3.5 cm de largo, están adheridas firmemente a la pulpa, tienen el hilo amplio y un reborde en el dorso.

En el área de origen se conoce tipos silvestres y en cultivo hay numerosas variantes, distinguibles especialmente por la forma del fruto y la anchura de las hojas. *P. caimito* es tempranero, pues produce las primeras cosechas a los tres o cuatro años.

PAN DE LA VIDA, TZOCOHUITE, *Pouteria glomerata* (*P. hypoglauca*)

Crece de México a Brasil, pero en cultivo sólo se conoce de México a El Salvador. Es un árbol de porte mediano, hasta de 20 m de alto, de copa abierta y compacta. Las hojas oblongas a lanceolado-oblongas, de ocho a 20 cm de largo y tres a cinco centímetros de ancho, son verde-oscuro y brillantes arriba, grisáceas en el lado inferior. Las flores brotan en grupos entre las axilas de las hojas, en el crecimiento nuevo; tienen cinco sépalos libres, corola de cinco segmentos anchos, de los que salen cinco estambres; estaminodios ovados más cortos que la corola y ovario esférico muy pubescente. El fruto ovoide-esférico, de seis a ocho centímetros de largo y cuatro a seis centímetros de diámetro, tiene cáscara lisa, café claro, semejante en color y textura a la costra de pan. El mesocarpo es grueso y duro; el endocarpo traslúcido que rodea las semillas es la parte comestible; es fragante y de sabor azucarado y agradable. Hay de una a cuatro semillas elipsoidales, de cuatro centímetros de largo por dos centímetros de ancho, blancas y con el hilo muy angosto.

CAIMITO, *Chrysophyllum cainito*

El área de origen de *C. cainito* es probablemente las Antillas; a la llegada de los europeos

su cultivo se había extendido al continente. No se conoce poblaciones silvestres pero congéneres muy afines se hallan en las Antillas y de Centroamérica a Venezuela. Difieren de los cultivados en tamaño y concentración de látex en el fruto.

Chrysophyllum cainito (Fig. 16.5) alcanza hasta 20 m de alto; con mucha frecuencia el tronco se ramifica poco y las ramas laterales, delgadas y pendientes, le dan un porte asimétrico. El follaje es de los más llamativos entre los árboles tropicales; las hojas alternas y elípticas, duras y planas, de seis a 12 cm de largo, son en el lado superior de color verde malaquita, brillantes, y en el inferior están cubiertas de una pubescencia ferrugínea, densa y uniforme, que les da un aspecto dorado. Las hojas viejas, antes de desprenderse, se tornan en el lado superior de color rojo vivo.

Las flores nacen en grupos de dos a 12 y aun más, en las axilas de las hojas. Tienen pedicelos delgados y finos, de unos dos centímetros de largo, cubiertos de pubescencia ferrugínea. El cáliz se compone de seis sépalos libres, de distinto tamaño, de 1.5 a dos milímetros de largo; la corola verdosa, de tres a cinco milímetros de alto, se abre arriba en forma de estrella de cinco a siete pétalos. Los estambres con filamentos muy cortos están insertos en el centro de los pétalos. El ovario esférico, pubescente, termina en un estilo muy corto, con estigma ligeramente lobado.

El fruto en la mayoría de los cultivares es globoso-achatado, en otros esférico a elipsoidal, de cinco a ocho centímetros de diámetro, con áreas longitudinales moradas o verdosas, según el cultivar. El epicarpo es delgado y duro. En el mesocarpo se puede distinguir dos partes separadas por una franja en que son más abundantes los canales de látex que llenan todo el fruto. La sección externa es más compacta y en la madurez forma con el epicarpo una "cáscara" resistente; la interna más suave, que rodea las semillas, es morada o blanca, acuosa, dulce y de sabor muy agradable. Como en otras Sapotáceas, sin embargo, es pegajosa debido al látex que contiene, cuyos canales se advierten como hilos blancos

entre la pulpa mucilaginoso. Las cinco u ocho semillas, distribuidas radialmente dan, en corte transversal, la apariencia de estrella característica de la especie.

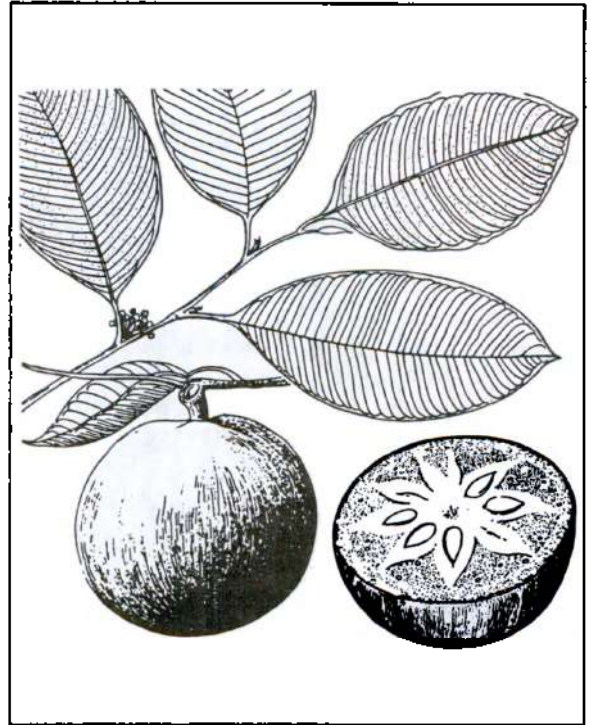


Fig. 16.5. *Chrysophyllum cainito*.

Chrysophyllum cainito no presenta la diversidad de las otras Sapotáceas. Se distingue tradicionalmente árboles con frutos morados y pulpa purpúrea, y de frutos verdes y pulpa blanca. Hay también tipos de frutos pequeños y se conoce mutantes de hojas muy angostas. Es posible que las plantas en cultivo se originen de una población reducida que se multiplicó y distribuyó por las Antillas y norte de América del Sur en la época precolombina. La falta de nombre para esta especie en los dialectos mexicanos indica que no fue conocida en Mesoamérica. La casi totalidad de las poblaciones se propaga por semilla; la propagación vegetativa por injerto de aproxima-

ción o acodo ha sido utilizada con resultado satisfactorio.

EBENÁCEAS

ZAPOTE NEGRO, *Diospyros digyna* (*D. ebenaster*)

Diospyros digyna (Fig. 16.6) es uno de los frutales más apreciados en su área de origen en Mesoamérica, y de los más prometedores por su utilización variada. Se ha introducido a Florida, Filipinas e Indonesia; como fue descrito originariamente de ésta última, se le creyó por un tiempo proveniente del sureste de Asia. Poblaciones silvestres se encuentran en los bosques bajos, de estaciones alternas, entre México y Costa Rica. En cultivo es un árbol bajo, de copa abierta. Las hojas brillantes, coriáceas, oblongo-elípticas, verde claro, llegan a medir hasta 30 cm de largo; por lo común su longitud varía de ocho a 20 cm y la anchura entre tres y cinco centímetros. Como en las otras Ebenáceas, las flores son generalmente unisexuales. En esta especie son muy fragantes, especialmente las pistiladas, y crecen en grupos de tres a siete en las axilas de las hojas. Constan de cáliz de cuatro o cinco sépalos unidos por la base, verdosos, doblados hacia afuera en el ápice y pubescentes. La corola blancuzca, urceolada, de 15 a 18 mm de largo, está dividida arriba en cuatro o cinco segmentos agudos o redondeados, de cinco a siete milímetros de largo.

En las flores estaminadas hay generalmente 16 estambres en dos series, pero en algunos casos llegan hasta 60. Los estambres son más cortos que la corola y llevan anteras crema, agudas en el ápice. En las pistiladas hay de seis a diez estaminodios en una serie; el pistilo pubescente consiste de ovario de ocho a diez lóculos y el estilo termina en cinco lobos estigmáticos.

El fruto es oblado en la mayoría de los cultivares, aún cuando hay esféricos y cónicos; mide de ocho a 10 cm de ancho y lleva en la base el cá-

liz acrescente que alcanza hasta cuatro centímetros de diámetro. La superficie es verde oscuro brillante al principio, y al madurar casi negra. El mesocarpo comestible, marrón oscuro a casi negro, es suave y dulce, algo picante. Hay comúnmente de tres a cinco semillas, hasta 10 en ciertos casos, planas, de 10 a 12 mm de largo, cubiertas de tejido translúcido.

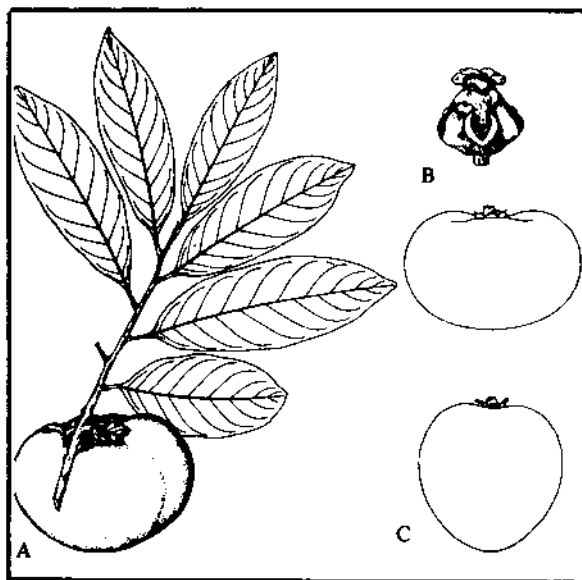


Fig. 16.6. *Diospyros digyna*. A, rama con fruto. B, flor. C, frutos de diferentes cultivares.

El fruto se come crudo cuando alcanza su madurez completa, o se prepara en postres.

MABOLO, *Diospyros blancoi* (*D. discolor*)

Originario de Filipinas y cultivado en algunos países de Centro América. Es un árbol (Fig. 16.7) de porte hermoso, con ramas rectas que crecen formando una copa cónica muy ornamental. Las hojas elípticas, de ocho a 20 cm de largo, de color verde oscuro brillante en el lado

superior, están cubiertas de pubescencia blanquizca en el reverso. Como en la especie anterior, las flores son generalmente unisexuales, de cáliz corto y permanente; la corola blanquizca se forma de cuatro pétalos; las flores pistiladas tienen un ovario hemisférico, terminado en tres ramas estigmáticas. Las estaminadas tienen muchos estambres.

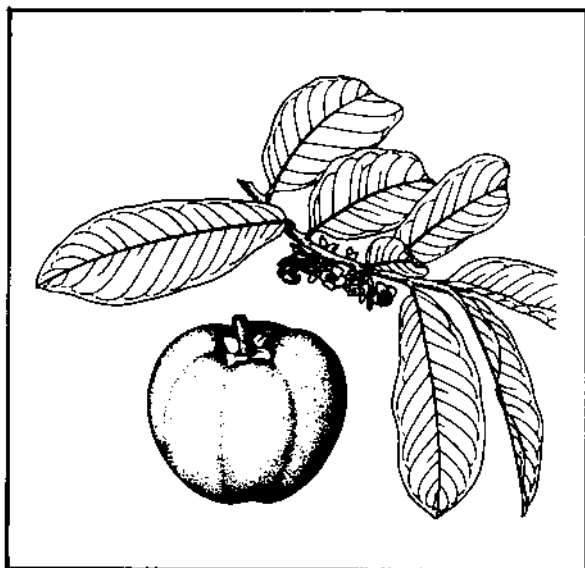


Fig. 16.7. *Diospyros blancoi*, rama con flores y fruto.

El fruto oblado, de seis a ocho centímetros de diámetro, está cubierto por pubescencia rojiza, fina y brillante. La pulpa es amarilla, dura, seca, aromática y de olor desagradable pero de buen sabor. Contiene de cinco a ocho semillas planas. Son frecuentes en esta especie los frutos sin semillas, lo que se atribuye a partenocarpia.

En Asia se reconoce algunas variedades de mabolo.

KAKI, *Diospyros kaki*

El kaki es plantado sólo en las tierras altas de los trópicos. Es un árbol bajo y de tronco corto torcido y ramificación abundante. Las hojas ovadas a elípticas miden cinco a 20 cm de largo. Las

flores pueden ser unisexuales o hermafroditas; las pistiladas aparecen solitarias, con dos brácteas grandes en la base. El cáliz verde está dividido en cuatro partes; la corola amarilla tiene cuatro pétalos de dos a 2.5 cm de largo y el ovario es aplanado y cónico, o termina en cuatro ramas y a su alrededor hay ocho a 10 estaminodios. Las flores estaminadas aparecen en racimos y miden de dos a tres centímetros de largo; el cáliz y la corola tienen cuatro partes y hay de 12 a 24 estambres.

El fruto del kaki es oblado, redondo o de lados planos, de tres a ocho centímetros de diámetro, con cáscara amarillo rojiza. La pulpa es anaranjada y dulce. Hay de cuatro a ocho semillas, o faltan del todo por partenocarpia.

En el este de Asia, de donde es originario, se conoce muchos cultivares.

REFERENCIAS

- ALMEYDA, N. & F.W. MARTIN. 1976. Cultivation of tropical fruits with promise. 2. The mamey zapote. U.S.D.A. ARS-S-156.
- LIZANA, L.A. 1990 *Lucuma*. In S. Nagy, P.E. Shaw & W.F. Wardowski, ed. Fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses. Lake Alfred, Fla., FSS.
- MARTIN, F.W. & S.E. MALO. 1978. Cultivation of tropical fruits with promise. 5. The canistel and its relatives. U.S.D.A. SEA.
- MORERA, J. 1992. El zapote. Turrialba, CATIE.
- PENNINGTON, T.D. *Sapotaceae*. Flora Neotropica 52. New York, New York Botanical Garden.
- POPENOE, W. 1920. Manual of tropical and subtropical fruits. New York, Macmillan.

17. ROSALES

ROSÁCEAS

La familia de las Rosáceas que en las regiones templadas tiene frutales importantes: peras, manzanas, albaricoques, cerezas, fresas y otros, está representada en los trópicos por unas pocas especies de importancia secundaria, cultivadas especialmente en las tierras altas. Los géneros a que pertenecen: *Crataegus*, *Eriobotrya*, *Prunus*, *Rubus*, son originarios de las regiones templadas de Eurasia y América del Norte.

MANZANITA, *Crataegus pubescens*

Llamado "tejocote" en México, de las tierras altas de México y Guatemala, es un árbol de frutos amarillos y esféricos que miden de uno a dos centímetros de diámetro. La pulpa comestible, seca y poco azucarada, se come fresca o se usa en dulces y refrescos.

NÍSPERO DE JAPÓN, *Eriobotrya japonica*

Eriobotrya japonica (Fig. 17.1) es la más difundida de las Rosáceas frutales de los trópicos. Su centro de origen es posiblemente el sur de China pero se cultiva con más intensidad en Japón, donde se conoce muchos cultivares. En los países tropicales se planta arriba de los 1000 m, pues requiere una estación relativamente fría para la formación de frutos.



Fig. 17.1. *Eriobotrya japonica*.

Es un árbol bajo y ramificado, de hojas obovadas o lanceoladas, de 12-20 cm de largo, dentadas, arriba de color verde brillante, cubiertas de una pubescencia blancuzca por debajo. Las flores aparecen en panículas terminales; tienen el cáliz con cinco sépalos agudos y corola de cinco pétalos oblongos, blancos y agudos en la base. Hay 20 estambres y los cinco pistilos están unidos en la parte inferior. Los frutos esféricos o piriformes, de 2.5 cm de largo, amarillos, tienen la cáscara fina y fuerte; la pulpa o mesocarpo es

blanca o amarilla según el cultivar, jugosa y acídula. Hay de una a 10 semillas ovoides, con la testa de color castaño; esta especie es por lo general autoestéril y requiere polinización cruzada.

En las áreas subtropicales se ha desarrollado muchos cultivares que difieren en el color de la pulpa, tamaño del fruto, número de semillas, cosecha tempranera y otras características.

CAPULÍ, *Prunus serotina* var. *capuli*

Frutal de los trópicos americanos que crece óptimamente sobre los 1200 m. Es originario de México aunque los mejores tipos se conocen en las tierras altas de Ecuador.

El capulí (Fig. 17.2) es un árbol hermoso, hasta de 12 m de alto. Las hojas de pecíolos largos y finos tiene la lámina lanceolada oblonga, de ocho a 12 centímetros de largo, con el ápice agudo y los bordes aserrados: las flores crecen en racimos. Los frutos esféricos, de 1.5 a dos centímetros de diámetro, tienen la cáscara rojo oscuro y pulpa verde pálido, jugosa y agrídulce. La semilla ocupa la mayor parte del fruto.

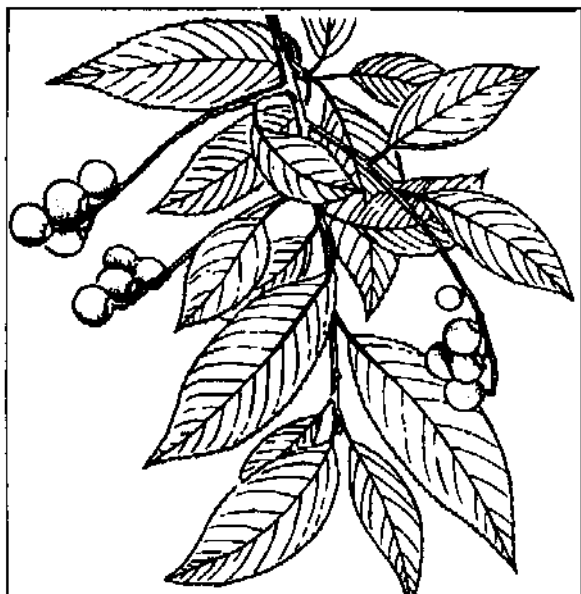


Fig. 17.2. *Prunus serotina* var. *capuli*.

MORA DE CASTILLA, *Rubus glaucus*

El género *Rubus* se ha expandido en las tierras altas de los trópicos, generalmente arriba de los 800 m. *Rubus glaucus* crece de México a Ecuador y se le cultiva en forma incipiente por los frutos, que se consumen crudos, en jaleas y refrescos. Es como la mayoría de *Rubus* una planta perenne que emite ramas o "cañas" de un tallo corto, formando una macolla hasta de cinco metros de diámetro. Las ramas y hojas están provistas de espinas curvas y los tallos jóvenes y el reverso de las hojas están cubiertos de una cera blanquizca que le da el tono característico de esta especie.

En *Rubus glaucus* (Fig. 17.3A) las hojas tienen tres folíolos, dos basales casi opuestos y uno terminal. La forma de los folíolos varía mucho, de oval a elíptica; los bordes son finamente aserrados, y en el peciolo y el lado inferior de la hoja hay espinas curvas y agudas. Las flores brotan en racimos terminales; el perianto se compone de cáliz de cinco sépalos agudos y persistentes y corola de unos 2.5 cm de diámetro, con cinco pétalos blancos o rosados, caedizos. El perianto está inserto en un receptáculo o hipantio, de cuya base en forma de disco salen muchos estambres, y que se prolonga hacia arriba en un cuerpo cónico en el que están insertados numerosos carpelos.

El fruto resulta del desarrollo conjunto de los carpelos y del hipantio; los primeros están llenos de líquido rojo o morado, acídulo y de sabor agradable y contienen semillas diminutas. Los tejidos del hipantio, son más suaves y menos jugosos. Los frutos de *R. glaucus* miden de dos a tres centímetros de largo y su perfil varía de circular a elíptico.

Otras especies de moras que se cultivan incipientemente o cuyos frutos se recogen de plantas silvestres, son *R. macrocarpa*, de Colombia, cuyos frutos alcanzan hasta seis centímetros de largo, pero son de calidad mediocre, y *R. adenotrichus* que crece de México a Perú, de frutos hasta de tres centímetros de largo, de buen sabor.

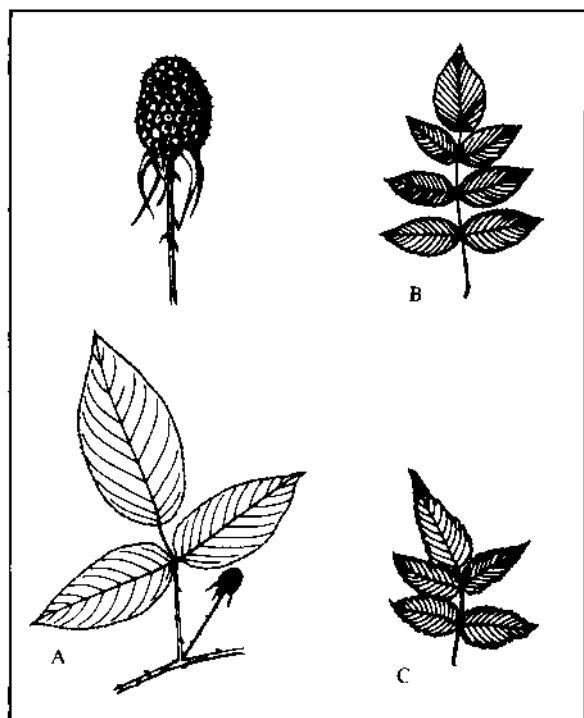


Fig. 17.3. A, *Rubus glaucus*. B, *R. niveus*. C, *R. rosifolius*.

FRAMBUESA DE INDIA, *Rubus rosifolius*

Las frambuesas se distinguen de las moras por tener en la madurez los carpelos separados del receptáculo central. Hay varias especies tropicales que crecen en lugares altos. *Rubus rosifolius* (Fig. 17.3C), nativa de India, es una planta de tallos largos con espinas cortas y espaciadas. Las hojas tienen de tres a cinco folíolos ovado-lanceolados, de cinco a ocho centímetros de largo, con bordes dentados; son lisas y verde claro en el lado superior, pubescentes en el reverso. Las flores de corola blanca, de tres centímetros de diámetro, nacen solitarias o en racimos de pocas flores. Los frutos elipsoidales, de dos a 2.5 cm de largo, suaves y de color rojo o anaranjado a menudo se despedazan al separarlos de la planta. Se comen frescos o en jugos y jaleas.

FRAMBUESA DE CEILÁN, *Rubus niveus* (*R. albescens*)

De tallos blancuzcos y espinosos, tiene hojas con cinco o siete folíolos ovales, de ápice agudo y bordes finamente aserrados (Fig. 17.3B). Es característica la pubescencia blanca del reverso de los folíolos, que contrasta con el verde oscuro del lado superior. Las flores de corola morado pálido salen en grupos numerosos. Los frutos hemisféricos a cónicos, de dos centímetros de largo, son de color rojo oscuro y de sabor agradable.

Estas dos especies se han introducido a las tierras altas de los trópicos americanos.

CRISOBALANÁCEAS

Familia de árboles tropicales, incluidos a veces en las Rosáceas, de las que difieren por tener flores zigomorfas y estambres unidos en la base. Los frutos de los géneros *Chrysobalanus*, *Couepia*, *Licania* y *Parinari*, tienen el exocarpo delgado, mesocarpo o pulpa carnosa y comestible y endocarpo delgado, duro y fibroso que rodea una semilla grande.

Frutales

ICACO, *Chrysobalanus icaco*

El icaco se cultiva poco; crece espontáneamente en los litorales de América y África en donde son recogidos sus frutos (Fig. 17.4). Es un árbol bajo y achaparrado, de hojas redondas a obovadas, coriáceas, verde brillantes en la cara superior, de cinco a ocho centímetros de largo. Las flores salen en racimos axilares cortos; tienen cinco sépalos verdes, pubescentes y cinco pétalos blancos. Los estambres están unidos en un hipantio corto y compacto en cuyo centro está el ovario, esférico y piloso; el pistilo sale lateralmente de la base del ovario y contrasta por su pubescencia con los estambres que son glabros. El fruto obovoide o esférico, de dos a cinco cen-

tímetros de largo, rosado, rojo o morado, tiene la pulpa o mesocarpo blanca, algodonosa y ligeramente dulce, formada por células de parénquima muy alargadas en sentido radial, a menudo con fibras dirigidas en el mismo sentido, que le dan la consistencia esponjosa característica. El icaco es utilizado especialmente en la preparación de dulces.

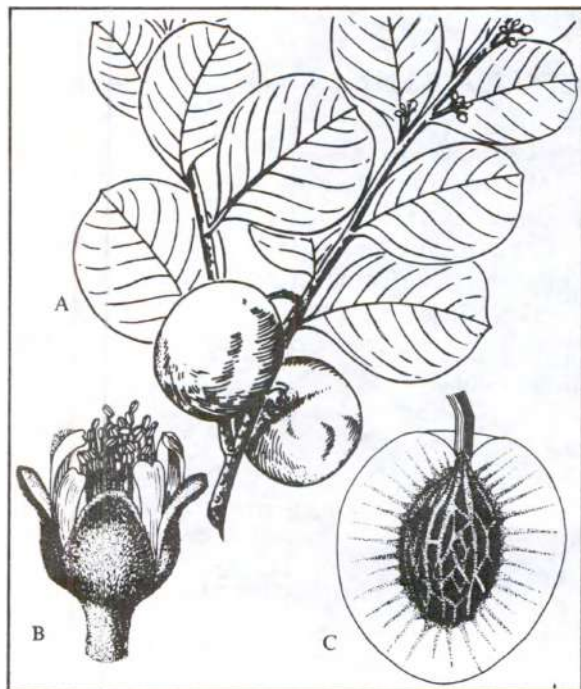


Fig. 17.4. *Chrysobalanus icaco*. A, porte. B, flor. C, fruto.

OLOSAPO, *Couepia polyandra*

Originaria de México y América Central, es un árbol bajo (Fig. 17.5) de hojas ovales a elípticas, de cinco a ocho centímetros de largo por tres a cinco centímetros de ancho, que se caracterizan por el color verde oscuro de la cara superior y la pubescencia muy fina y blanca que las cubre en el reverso. La inflorescencia es un racimo o panícula con muchas flores de hipantio tubular terminado en cinco sépalos, cinco pétalos blancuzcos y numerosos estambres. El fruto ovoide a elipsoidal, de cáscara rugosa y amarilla, mide de

seis a 10 cm de largo y tres a cinco centímetros de ancho. La pulpa amarilla y dulce rodea una semilla grande.

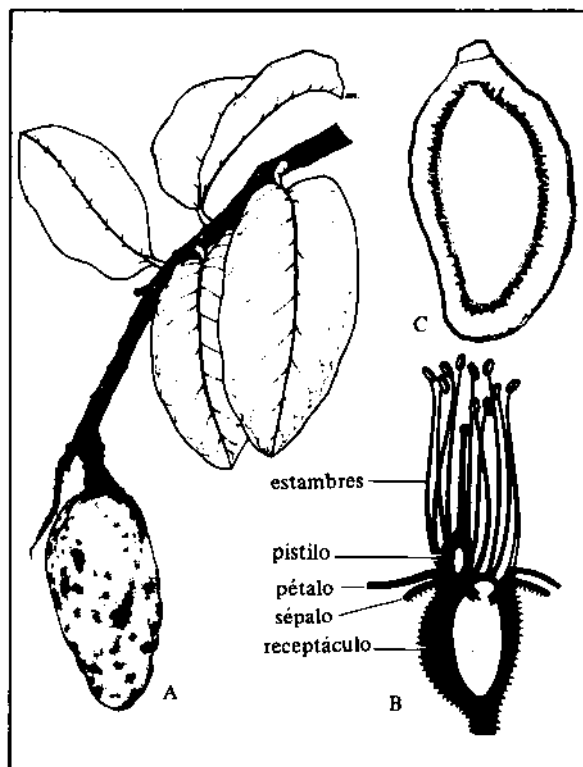


Fig. 17.5. *Couepia polyandra*. A, rama con fruto. B, esquema de corte transversal de la flor. C, corte transversal del fruto.

PAYURA, *Couepia bracteosa*

Originaria del bajo Amazonas, es cultivada por los frutos, de ocho a 12 cm de largo, de pulpa muy agradable.

CASTANHA DE GALINHA, *Couepia longipendula*

También cultivada en el Amazonas, notable por los pedúnculos de la inflorescencia, hasta de un metro de largo; se aprovecha las semillas, que se comen crudas o asadas.

ZONZAPOTE, ZUNZA, *Licania platypus*

Crece cultivado y silvestre desde México a Panamá. *Licania platypus* (Fig. 17.6A) alcanza hasta 30 m de alto; las hojas alternas y oblongas, coriáceas, dísticas, de 15 a 30 cm de largo por seis a 12 cm de ancho, son de color verde-oscuro brillante. La inflorescencia es una panícula, hasta de 35 cm de largo, con muchas flores blancuzcas, de hipantio en forma de urna, cinco sépalos, cinco pétalos y muchos estambres. De cada inflorescencia se desarrollan sólo de uno a cinco frutos, grandes y obovoides, de 15 a 20 cm de largo y 10 a 15 cm de diámetro, con cáscara rugosa, café o amarillenta.

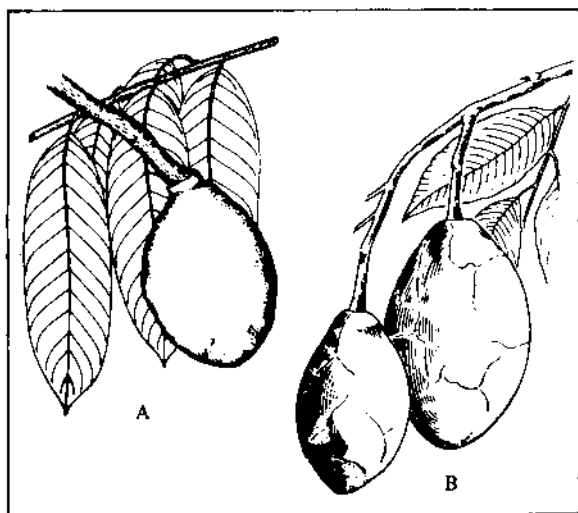


Fig. 17.6. A, *Licania platypus*. B, *L. salzmanni*.

La cáscara o epicarpo es delgado, fibroso y fácil de remover. La porción comestible o mesocarpo, que es poca en relación al volumen del fruto, es harinosa, amarilla y de olor penetrante. Contiene azúcar y aceites, estos últimos en baja proporción. El endocarpo coriáceo tiene muchas fibras que penetran en el mesocarpo. La semilla ocupa la mayor parte del volumen del fruto.

MERECURE, *Licania pyrifolia* (*Moquilea macrocarpa*)

Se cultiva en Venezuela, especialmente en la zona de sabanas; la estructura del fruto es semejante a la de *L. platypus*; miden diez centímetros de largo por cinco centímetros de diámetro.

OITI DA BAHIA, *Licania salzmanni*

Crece en el norte de Brasil; árbol alto (Fig. 17.6B) de hojas elípticas, acuminadas, y frutos elipsoidales hasta de 15 cm de largo. Otra especie de la misma región, *L. tomentosa*, es plantada principalmente como árbol ornamental, por el porte y follaje; los frutos miden unos cinco centímetros de largo, y son comestibles aunque poco apreciados.

Oleaginosa

OITICICA, *Licania rigida*

Este árbol del noroeste de Brasil sufre aceite para la preparación de barnices y pinturas. Crece en zonas muy secas y alcanza un gran desarrollo conociéndose árboles hasta de 30 m de alto, con la copa muy amplia y compacta; el follaje permanece verde durante todo el año. El producto comercial se obtiene de las semillas, que están cubiertas por un epicarpo delgado, son rojizas y miden unos cinco centímetros de largo por dos a tres centímetros de ancho. La semilla contiene del 50 al 70% de aceite. La mayor parte del aceite de oiticica proviene aún de árboles silvestres. Su cultivo se ha iniciado particularmente con la propagación vegetativa por injerto, ya que así se obtiene cosechas más tempranas y se elimina la alta variabilidad que caracteriza las poblaciones de esta especie.

REFERENCIAS

CAVALCANTE, P.B. 1991. Frutas comestíveis da Amazonia. Belem, Museo Emilio Goeldi.

POPENOE, W. 1921. The Andes berry. Journal of Heredity 12:387-394.

POPENOE, W. & A. PACHANO. 1922. The capulin cherry. Journal of Heredity 13:57-62.

18. FABALES

FABÁCEAS (LEGUMINOSAS)

Características generales

Las Leguminosas constituyen un grupo que en forma y estructura varían poco a pesar del alto número de especies y de que sus poblaciones son con frecuencia muy numerosas. Incluyen árboles, arbustos, hierbas y lianas, de hojas generalmente pinnadas, con folíolos opuestos o alternos o que se dividen en ejes de segundo orden (bipinnadas). Los caracteres florales difieren en las tres familias. En las Mimosáceas las flores simétricas y pequeñas están agrupadas en inflorescencias densas: el cáliz y la corola se forman de cinco partes cada uno, unidos en la base y libres en la parte superior y los numerosos estambres salen de una base común en forma de tubo.

Las Cesalpiniáceas y Papilionáceas difieren de la familia anterior por tener la corola formada de cinco partes libres; los estambres son 10 por lo

general. Las Cesalpiniáceas tienen flores que varían desde casi regulares hasta marcadamente asimétricas. En las Papilionáceas las flores son de simetría bilateral con un pétalo superior o "estandarte", generalmente más grande; dos laterales, las "alas", y dos inferiores soldados en parte o libres pero muy juntos, que forman la "quilla".

La legumbre, fruto seco y monocarpelar, es característico de las tres familias. En su forma más corriente se compone de dos valvas que encierran numerosas semillas. Una variante es el lomento, en el cual tabiques transversales dividen las semillas y cada parte o "artículo" se separa en la madurez. Otro tipo de fruto es la sámara, con una sola semilla provista de alas que facilitan su dispersión.

La semilla está formada de testa y embrión. En algunas especies hay arilos carnosos pero en la mayoría de las Leguminosas las semillas están cubiertas de una testa dura e impermeable. Los cotiledones contienen carbohidratos, proteínas y aceites y en algunas especies principios tóxicos.

Utilización

Las Leguminosas son, después de las Gramíneas, la familia de plantas más útil al hombre, en primer término por ser la fuente principal de proteínas vegetales, concentradas en las semillas y hojas. Las Leguminosas de grano o menestras constituyen una fuente de aminoácidos esenciales en la nutrición y aunque no puedan reemplazar completamente a las proteínas de origen animal, pues son pobres en metionina y triptofano, en la alimentación de muchas regiones tropicales suplen el mayor aporte de aminoácidos. En todas las culturas agrícolas las menestras han sido domesticadas desde su inicio; por lavado y cocción el hombre primitivo aprendió a hacerlas digeribles, aumentando así su valor nutritivo al reducir o eliminar los principios antinutricionales, como los inhibidores de tripsina, aglutinantes, anticoagulantes, y sustancias productoras de flatulencia o fabismo.

La tribu de las Faseoleas contiene las especies tropicales de mayor importancia como menestras, en los géneros *Phaseolus* y *Vigna*. Además, especies originarias de las regiones templadas, como garbanzos, lentejas, habas y guisantes, se cultivan en las tierras altas de los trópicos.

Muchas de las Leguminosas de grano son utilizadas por sus vainas tiernas, que se comen como verdura, de sabor agradable aunque de bajo valor nutritivo.

El consumo de semillas germinadas de Leguminosas (alfalfa, soya) es de valor especial por su alto contenido de vitamina C.

Otro uso alimenticio de las Leguminosas es el consumo de las raíces engrosadas, a menudo con un contenido apreciable de azúcar; se usa las jicamas, frijol alado, kudzu y otras.

Aunque muchas especies de Leguminosas se utilizan localmente por sus frutos, ninguna tiene mayor importancia como frutal pues la parte comestible, los arilos o pulpa que rodean las semillas en algunas Mimosáceas y Cesalpiniáceas, constituye una porción pequeña del fruto.

El uso de las Leguminosas como forrajeras no es aún tan importante en los trópicos como en las regiones templadas. Los requerimientos para una producción de forraje alta y estable: inoculación del suelo con las bacterias apropiadas, corrección de deficiencia de elementos menores, compatibilidad de crecimiento con Gramíneas, están aún en vía de desarrollo en los trópicos. La selección de líneas de mayor valor proteico o de bajo contenido de principios tóxicos al ganado, es otro enfoque por desarrollarse en la utilización de las Leguminosas tropicales como forrajeras.

El uso de las Leguminosas para mejorar la textura del suelo y agregar nitrógeno fijado por bacterias del género *Rhizobium* es una práctica agronómica que, al igual que la anterior, se adopta en los trópicos basada en principios desarrollados en regiones templadas. La fijación de nitrógeno se inicia con la penetración de bacterias que viven en el suelo, en ciertas áreas de los pelos absorbentes de las raíces, y que crecen luego en los tejidos corticales de las raicillas como hilos y forman un nódulo que resulta tanto de la proliferación de las bacterias como de las células corticales. La nodulación requiere la presencia de ciertos elementos menores y de condiciones especiales de humedad y temperatura en el suelo; la forma y desarrollo de los nódulos es característica que varía según la especie de Leguminosa. Las bacterias toman carbohidratos de la planta y cambian el N_2 a NH_3 , que es exudado al suelo o se agrega a éste cuando los nódulos se desprenden. Cuando sucede lo último las bacterias quedan libres en el suelo y se reinicia el proceso de simbiosis en nuevas raicillas. La inoculación artificial con linajes específicos de *Rhizobium* es necesaria tanto en el cultivo de Leguminosas forrajeras como de grano, si las bacterias específicas no existen en el suelo. La fijación simbiótica del nitrógeno del aire no está limitada a las Leguminosas. Por otra parte, las Cesalpiniáceas, consideradas como un grupo primitivo, generalmente no forman nódulos.

El uso de Leguminosas como sombra, en cultivos permanentes como café y cacao, es característico en ciertos sistemas agrícolas de los trópicos. El efecto de los árboles leguminosos es muy complejo pues por una parte reduce los rendimientos y hace más estables los cultivos; por otra protege el suelo de erosión y pérdida de agua, mantiene y aún mejora su fertilidad por la adición de nitrógeno fijado por bacterias, y la cobertura formada por las hojas secas determina temperaturas más bajas y uniformes en las capas superiores del suelo. El sombrío de cafetales o cacaotales requiere manejo, especialmente en la poda de los árboles de sombra.

Como cultivos de cobertura se utiliza especies de *Mucuna*, *Desmodium*, *Canavalia* y otros, con lo que se protege al suelo de la erosión y se agrega nitrógeno y material vegetal al suelo. Cuando ésta práctica se hace en rotación con cultivos anuales o en terrenos en descanso, se tiene una forma sencilla y barata de mejorar el suelo. El uso de coberturas en cultivos permanentes como cacao, café o *Hevea*, en que la leguminosa puede competir con el cultivo, requiere una escogencia de la especie adecuada y un manejo cuidadoso. Especies de *Tephrosia* y *Crotalaria* se utilizan en el mejoramiento del suelo, pues sus raíces profundas cambian la textura y el follaje forma una cobertura densa y uniforme.

Las semillas de ciertas Leguminosas contienen aceites útiles en la alimentación y la industria, siendo las más importantes actualmente soya y maní.

Ciertas Leguminosas tropicales se utilizan por los principios curtientes que contienen en la corteza; la única especie cultivada para ese propósito es una *Acacia*. También se aplican como tintóreas, aunque en este uso han sido reemplazadas casi totalmente por los tintes sintéticos. De Leguminosas silvestres se obtiene gomas y resinas para industria y medicina, y aceites esenciales para perfumería. Debe mencionarse la explotación de madera para ebanistería, aún cuando proviene prácticamente sólo de plantas silvestres.

Principios venenosos contenidos en semillas y raíces de varias Leguminosas fueron descubiertos por pueblos primitivos, para envenenar peces; el principio insecticida, rotenona, se obtiene en su mayor parte de plantas silvestres.

Entre las Leguminosas se encuentra muchos árboles y arbustos de alto valor ornamental, especialmente cuando las plantas, como sucede en especies que viven en áreas con estaciones alternas, están desprovistas de hojas durante la floración. Las Leguminosas, especialmente las exóticas, llegan a menudo a cambiar completamente el paisaje original en los trópicos del Viejo y Nuevo Mundo.

PAPILIONÁCEAS

La familia de las Papilionáceas, la más numerosa de las Leguminosas, contiene las siguientes tribus y géneros de valor económico:

Tribu a) Faseoleas, hierbas trepadoras, con hojas trifolioladas y legumbre dehiscente en dos valvas. Géneros: *Phaseolus* (granos), *Vigna* (granos, forraje), *Glycine* (aceite, forraje), *Cajanus* (granos), *Dolichos* (granos, forraje), *Pachyrhizus* (raíces tuberosas), *Canavalia* (cobertura, granos verdes), *Centrosema* (forraje), *Calopogonium* (forraje), *Clitoria* (forraje), *Pueraria* (forraje), *Macropodium* (forraje).

Tribu b) Hedisareas, hierbas con frutos en lomento. Géneros: *Arachis* (grano, aceite, forraje), *Desmodium* (forraje), *Stylosanthes* (forraje).

Tribu c) Genisteas, hierbas o arbustos con tres folíolos enteros, sin estípulas. Géneros: *Psophocarpus* (granos, raíces tuberosas), *Crotalaria* (abono verde).

Tribu d) Dalbergeas, árboles o bejucos con frutos indehiscentes. Géneros: *Dipterix* (aceite), *Lonchocarpus* y *Derris* (insecticidas).

Tribu e) Galegeas, arbustos o hierbas con hojas imparipinnadas. Géneros: *Cyamopsis* (goma), *Tephrosia* (abono verde).

Tribu f) Cadieas, árboles con hojas sencillas: *Inocarpus* (nuez).

Tribu a) Faseoleas

Sistemática. La tribu de las Faseoleas comprende los dos géneros más útiles de Leguminosas: *Phaseolus* y *Vigna*. Sus diferencias taxonómicas son: i) el pistilo en *Phaseolus* se arrolla varias veces en su parte terminal, mientras que en *Vigna* sólo forma un ángulo o curvatura; esto se refleja en la quilla que rodea el pistilo, muy retorcida en *Phaseolus*, curva en *Vigna*; ii) en *Vigna* en la sección *Ceratotropis*, a que pertenecen los frijoles asiáticos, hay una protuberancia en forma de bolsa en la base del lado izquierdo de la quilla, que se expande hasta el ápice de ésta y que no se presenta en *Phaseolus*; iii) los granos de polen de *Vigna* tienen la superficie marcadamente reticulada, mientras que en *Phaseolus* son lisos o de reticulación débil; iv) la composición de las proteínas difiere en ambos géneros; v) otras diferencias entre *Phaseolus* y las especies que pertenecen a la sección *Ceratotropis*, pero que no se aplican a otras secciones de *Vigna*, de importancia práctica para distinguir los frijoles americanos de los asiáticos, son: a) en los primeros las flores son blancas, rosadas o rojas; amarillas en los segundos; b) las legumbres en los frijoles americanos son planas y poco pubescentes, con semillas grandes, en los asiáticos cilíndricas, pilosas y de semillas pequeñas.

Las especies cultivadas de *Phaseolus* se pueden separar así:

FRIJOL COMÚN, POROTO, *Phaseolus vulgaris*

Origen y domesticación. Poblaciones silvestres de *Phaseolus vulgaris* se encuentran desde el centro de México hasta el norte de Argentina, particularmente en regiones de niveles mesotérmicos, vegetación baja y estaciones alternas. Difieren de las formas cultivadas en la ramificación más larga y profusa; en el tamaño menor de las hojas, vainas y semillas, éstas últimas de testa más dura e impermeable. La latencia es más larga e irregular y en ciertos tipos las raíces carnosas y profundas indican que su ciclo de vida puede exceder del año. En varios sitios del área de dispersión de las poblaciones naturales, las semillas se recogen y utilizan en la alimentación local, en tiempo de hambruna.

Como las poblaciones silvestres actuales muestran un polimorfismo muy amplio en caracteres llamativos, como color y tamaño de la semilla, es de asumir que el hombre primitivo contó con un material muy diverso para la domesticación. El consumo de las semillas requiere que sean cocidas o tostadas, para suavizar los cotiledones y eliminar principios venenosos. Se ha sugerido también que el cultivo primitivo del frijol estuvo asociado desde un principio al del maíz y que fue favorecido por el carácter dominante del crecimiento indeterminado.

Plantas con germinación epigea (cotiledones arriba del suelo)

Bracteolas anchas, más cortas o ligeramente más largas que el cáliz

Hojas cotiledonares con peciolo bien desarrollado

Semillas lisas, más de 6 por vaina *P. vulgaris*.

Semillas con surcos que irradian del hilo; vainas con 4 a 6 semillas *P. lunatus*.

Hojas cotiledonares con peciolos muy cortos *P. acutifolius*.

Bracteolas angostas, más largas que el cáliz *P. polianthus*.

Plantas con germinación hipogeá (cotiledones debajo del suelo) *P. coccineus*.

Se asume actualmente que los frijoles se domesticaron independientemente de poblaciones silvestres, en dos regiones: Mesoamérica y los Andes Centrales, y posiblemente en una tercera, Colombia. Lo que resulta más problemático es la falta de restos arqueológicos que muestren en esas regiones, la transición de frijoles silvestres a cultivados. Los primeros frijoles cultivados no presentan diferencias considerables con los cultivares actuales en tamaño, forma y color. Esto sugiere que la domesticación de los frijoles comunes debió ser un proceso rápido, y que ocurrió mucho antes de los 6000-7000 años que tienen los restos más antiguos de Mesoamérica y los 7000-8000 años de los frijoles de los Andes Centrales.

Porte. El desarrollo de la planta de *Phaseolus vulgaris* se inicia con la germinación epigea, en la que el hipocótilo emite una raíz primaria y varias secundarias y termina en los cotiledones, que al desprenderse dejan cicatrices permanentes. Arriba de los cotiledones el hipocótilo lleva un par de hojas primarias, que a diferencia del resto del follaje son opuestas y enteras, y una yema terminal de la que se desarrollan el tallo y las ramas. El porte definitivo resulta de la interacción de varios factores hereditarios, modificados profundamente por condiciones ambientales, como el fotoperíodo. Si el tallo central termina en una inflorescencia, el crecimiento es determinado y forma plantas bajas, "arbustivas", poco ramificadas. El crecimiento indeterminado debido a una yema vegetativa apical es dominante y muy frecuente en los frijoles silvestres de México y América Central. En plantas indeterminadas hay diferencias marcadas entre trepadoras, cuando tienen tendencia a arrollarse en soportes y postradas, si carecen de este carácter. Hay también normas hereditarias de ramificación y longitud de entrenudos, que consideradas con los tipos de crecimiento determinan las diferencias de porte que varía según el cultivar.

Por la interacción de esos dos factores, los frijoles pueden ser de cuatro tipos: i) con muchos nudos, entrenudos largos, trepadores; ii) de pocos nudos y entrenudos largos, trepadores; iii) de

muchos nudos y entrenudos cortos, plantas bajas; iv) de muchos nudos y entrenudos cortos, plantas medianas.

Raíces. El sistema radical es característico del cultivar. La raíz pivotante se ramifica en distinto grado, desde unas pocas raíces hasta un sistema fibroso muy complejo. Su profundidad varía desde pocos centímetros hasta un metro. La nodulación se concentra en las raíces superiores; los nódulos, esféricos o poliédricos, miden hasta 5 mm de ancho.

En la germinación se desarrolla una radícula cónica, con numerosas ramificaciones laterales; hay también raíces adventicias que brotan de la parte inferior del hipocótilo.

La estructura primaria de la raíz es simple y puede observarse en la parte tierna de la raíz principal. Consiste de epidermis, con pelos absorbentes; tejidos corticales, de parénquima; endodermis; periciclo y cilindro central, en que el xilema aparece como una estrella de cuatro puntas entre las cuales quedan los cordones de floema y bandas de fibras. Conforme avanza el crecimiento secundario el cambium produce al centro un cuerpo cilíndrico de xilema o madera, y hacia afuera un anillo de floema. Los tejidos corticales son de mayor anchura y la epidermis desaparece y es reemplazada por tejidos endodérmicos (Fig. 18.1B).

Tallo y ramificación. La planta de frijol se ramifica a partir del eje central en ramas primarias, secundarias y hasta terciarias; la norma de ramificación es característica hereditaria del cultivar. Tanto el tallo como las ramas se forman de entrenudos cilíndricos o aristados que se engruesan en la parte superior para constituir el nudo; en éste el tallo cambia de dirección de crecimiento y por eso la planta de frijol parece estar formada por tallos y ramas en zigzag. En cada nudo hay una estípula aguda y caediza, en posición opuesta a una hoja trifoliolada; en la axila formada por la inserción de la hoja y el tallo hay tres yemas que se desarrollan en ejes florales o vegetativos. Por lo común las yemas de la parte basal del tronco y ramas inferiores sólo forman ejes ve-

getativos. En cambio de las axilas en la parte central y superior de la planta salen ramillas floríferas y vegetativas o sólo floríferas.

En la planta madura el tallo es aristado o cilíndrico. Se compone de epidermis, con una capa de células de paredes externas engrosadas, pubescentes o lisas; tejidos corticales formados por unas pocas capas de parénquima, ricos en cloroplastos; periciclo, caracterizado por bandas angostas de fibras; floema; cambium; xilema, constituido por una masa de vasos y traqueidas interrumpida únicamente por los radios medulares; médula, que es hueca en las plantas desarrolladas (Fig. 18.1C).

Hojas. Las hojas del primer par que aparecen arriba de los cotiledones son opuestas, simples y acorazonadas. Las superiores alternas se forman de tres folíolos: el central obovado y simétrico, los laterales asimétricos. El pecíolo tiene una base engrosada, el pulvínulo, debajo del cual hay una estípula. El tamaño y forma de los folíolos varían considerablemente según el cultivar y los factores ambientales.

Debajo de la inserción de los folíolos laterales hay un par de estipelas; el pecíolo se continúa en el raquis, a cuyo final hay otro par de estipelas y la inserción del folíolo central. Los folíolos están articulados al raquis por peciolulos diminutos.

La estructura de la hoja en corte transversal, presenta una epidermis superior marcadamente ondulada, a menudo muy pilosa. El mesofilo se forma de una capa de células en empalizada y tres a cuatro capas de parénquima lacunoso. La epidermis inferior se compone de células mucho más pequeñas que la superior y tiene muchos estomas, así como pelos pluricelulares rectos, curvos o redondos.

Inflorescencia. La inflorescencia es un racimo axilar con pedúnculo cilíndrico o aplanado hasta de 10 cm de largo; el raquis, donde emergen las flores, de uno a ocho centímetros, está generalmente cubierto de pubescencia fina. En los nudos del raquis, encima de una bráctea, aparecen tres primordios florales; los dos laterales se

desarrollan en flores y el central permanece latente; por esto las flores del frijol surgen en pares que se abren simultáneamente o, como es más corriente, con un día de diferencia; en algunos casos la yema central puede dar origen a un eje floral secundario o una flor terminal.

La flor del frijol (Fig. 18.1D) es típicamente de simetría bilateral, o sea que sólo se puede dividir en dos partes iguales si se corta por un plano vertical a lo largo de la flor. Estas salen de pedicelos cilíndricos muy cortos, en cuya base hay una bráctea caediza. Arriba, debajo de la inserción de la flor, hay dos bracteolas ovales, verdes y persistentes. El cáliz campanulado rara vez mide más de tres milímetros de largo y se divide en tres lobos desiguales. La corola, como en la mayoría de las Papilionáceas, se forma de cinco pétalos diferentes y libres. El superior, "estandarte", dividido por el nervio central, se extiende primero horizontalmente hacia la parte delantera de la flor y se repliega luego verticalmente hacia atrás; en la parte basal tiene dos prominencias de diferente tamaño. Las "alas", dos pétalos laterales muy asimétricos, se forman de una parte basal angosta que sale debajo del estandarte y una terminal convexa de bordes ondulados que se prolongan hacia adelante de la flor. En el frijol común el estandarte y las alas son del mismo color.

La "quilla" resulta de la fusión parcial de dos pétalos que aparecen separados en la base: es una estructura complicada, adherida en la parte basal a las alas, que se expande verticalmente hacia arriba y termina formando una espiral de varias vueltas. La quilla, generalmente de color verdoso, cubre en su totalidad los órganos reproductores en las Papilionáceas. Los diez estambres en el frijol son diadelfos, o sea que se separan en dos grupos: de una parte el estambre vexilar, libre y más corto, cuya posición coincide con el estandarte; de otra los nueve restantes, unidos por la base formando la lámina estaminal. El gineceo es monocarpelar, con el pistilo rodeado por el tubo estaminal y ambos encerrados por la quilla. El ovario alargado, finamente pu-

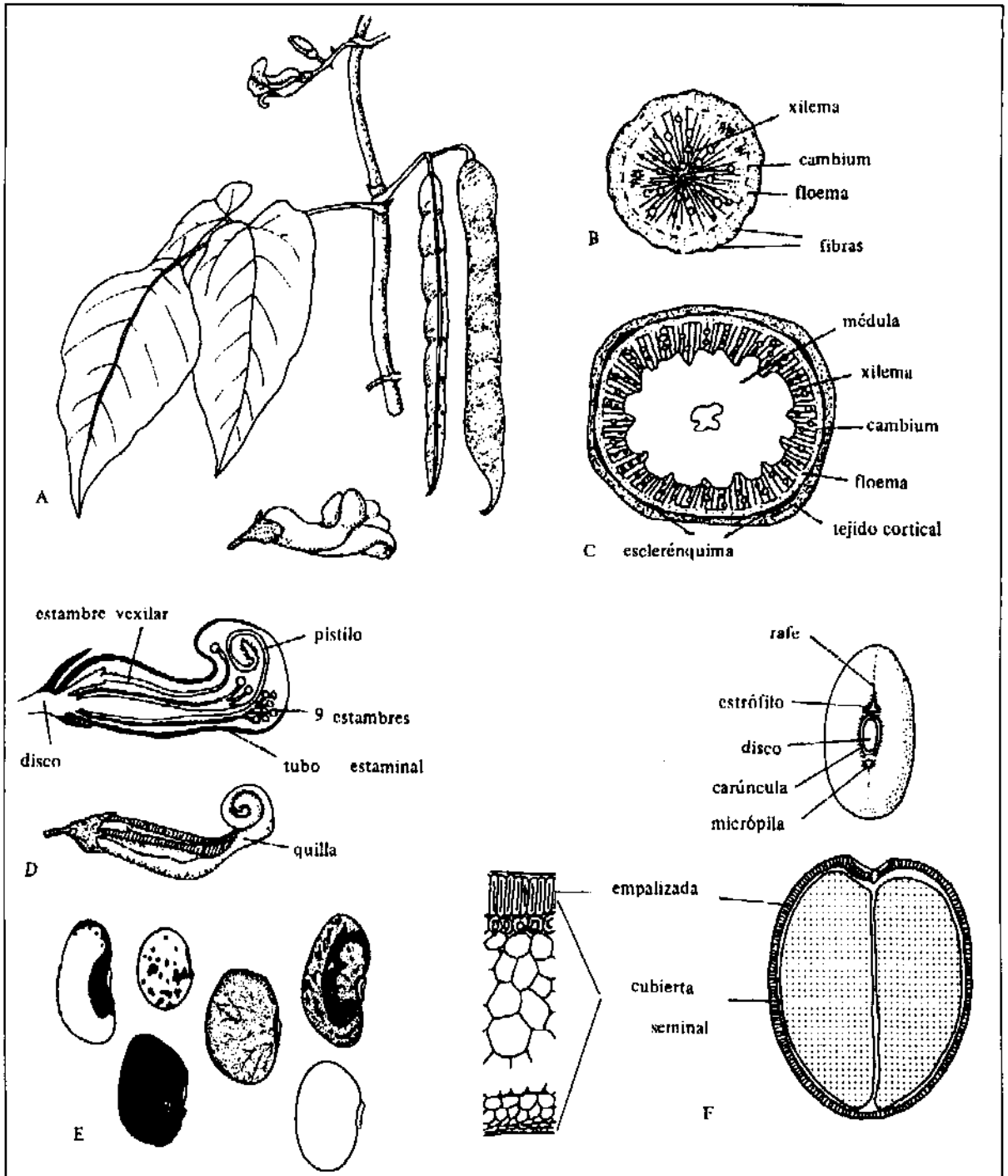


Fig. 18.1. *Phaseolus vulgaris*. Frijol. A, porte. B, corte de la raíz. C, corte del tallo. D, flor. E, semillas. F, estructura de la semilla.

bescente, se continúa en el estilo, que forma una espiral y termina en el estigma elipsoidal, colocado a lo largo del eje del estilo.

El gineceo se desarrolla al principio como una protuberancia en forma de media luna, que luego se cierra; en su parte dorsal hay un haz vascular fuerte y en la ventral dos haces de menor tamaño. El carpelo podría compararse con una hoja que tuviera un nervio dorsal mayor y dos menores ventrales, que serían los bordes por donde se va a unir la hoja para constituir un solo cuerpo. Se forma de una celda con numerosos óvulos en la parte ventral, conectados alternativamente a cada uno de los haces. Los óvulos están adheridos a la placenta por el funículo, por el que pasa un haz vascular derivado de uno de los haces ventrales, que al llegar a los integumentos se divide en dos.

Legumbre. La legumbre del frijol común es falcada, recta o curva, aplanada y con ápice curvo o recto. Un gene dominante determina el color verde de la vaina tierna, que puede ser modificado por una serie de alelos dando una coloración rojiza a morada, uniforme o en manchas. Los tipos comerciales de vainas incoloras, "frijoles de mantequilla", son recesivos aparecidos en cultivo.

La legumbre es un fruto seco, dehiscente y monocarpelar, formado en el frijol por dos valvas que tiene un margen dorsal y otro ventral. El exocarpo consiste de epidermis y una capa subepidérmica de células grandes con paredes gruesas. El mesocarpo se forma principalmente de parénquima, en las capas más internas lleno de cloroplastos; hay haces vasculares aislados que recorren el mesocarpo. El endocarpo está constituido por unas cuatro a seis capas de fibras y una zona interna de parénquima, que se reduce considerablemente en la legumbre seca. Las fibras del endocarpo están colocadas transversal u oblicuamente con respecto al eje longitudinal de la legumbre. Al secarse ésta se contraen y las valvas planas se abren por dos suturas, una ventral y otra dorsal, dejando libres las semillas; el sistema vascular determina este tipo de dehiscencia.

En el frijol hay un haz dorsal que en corte transversal tiene forma de media luna, en cuyos extremos están los cordones de xilema y en medio de los cuales corre la línea dorsal de dehiscencia. Opuestos hay dos haces vasculares en el borde ventral, de los que parten, en forma alterna, las conexiones vasculares que van a los óvulos o semillas. En medio de los dos haces está la línea dorsal de dehiscencia. En ciertos cultivares, por mutación, los haces vasculares no forman fibras duras; estos cultivares son preferidos para la producción de legumbres tiernas.

Semilla. Los óvulos colocados en dos líneas, según sus conexiones vasculares, están unidos a la placenta por un funículo grueso que al madurar la semilla forma una superficie de separación generalmente hundida, el "hilo", en el cual quedan restos del funículo en unas pocas capas de tejidos blancos y corchosos (Fig. 18.1F). La micrópila aparece como un punto hundido en el lado inferior del hilo, mientras que en el extremo opuesto se encuentra el estrofilo en forma de dos tubérculos gemelos, de tono generalmente más oscuro, posiblemente de función glandular, por cuyo centro pasa la línea mediana del hilo o "rafe", ligeramente elevada. En la semilla de las Leguminosas, provistas de una testa impermeable, la función del hilo es equilibrar la humedad de la semilla con el ambiente, expandiéndose si el aire está seco o cerrándose si está húmedo.

La estructura interna, en corte transversal, muestra que la testa o cobertura está formada por una capa externa de células en empalizada, compuesta de esclereidas alargadas en sentido radial. En esta capa aparece una banda horizontal más clara, llamada "línea de luz", característica de las semillas de las Leguminosas, que se cree es debido a que las paredes de las células son más gruesas y por lo tanto reflejan más la luz. Esta banda parece tener relación con la impermeabilidad de la testa. Debajo de la capa de empalizada hay una subepidermis de células pequeñas, que contiene cristales. En estas dos capas se hallan los pigmentos que dan el color a la semilla. Finalmente hay un tejido de parénqui-

ma cuyas células superiores son rectangulares o cuadradas y las inferiores irregulares o ramificadas.

La herencia del color de la testa es muy compleja. Dos o tres genes básicos determinan la formación del color: en su ausencia las semillas son blancas. Unos ocho genes, en presencia de los básicos, dan la coloración, que se intensifica de acuerdo con el número de genes, desde tonos claros debidos a uno o dos genes hasta negro debido a cuatro a ocho genes. Otro tipo de genes modifica la distribución del color: uniforme, moteado o en áreas separadas.

En el hilo el corte transversal revela una estructura un poco diferente. En lugar de la capa de esclereidas en empalizada hay dos, la externa pertenece al funículo, o sea al órgano que unía la semilla con la pared del fruto. También es parte del funículo el tejido blanco de parénquima que forma el cojín del hilo. La segunda capa o subepidermis está bien desarrollada y la tercera, de parénquima, es mucho más gruesa que el resto de la testa. En el centro de ella se encuentra un cordón ancho de esclerénquima cuya función no se conoce.

La semilla propiamente dicha está constituida principalmente por los cotiledones formados de parénquima con alto contenido en almidón y proteínas. Los frijoles constituyen uno de los pocos alimentos ricos tanto en carbohidratos (60%) como en proteínas (22%); además contiene grasas y minerales. Esta alta concentración se debe principalmente al bajo contenido de agua (10 a 15%).

Biología floral. La disposición de los órganos reproductivos con los estambres en un tubo que rodea el pistilo, cubiertos completamente por la quilla, favorece extraordinariamente la autopolinización, que es la regla en esta especie. Sin embargo se ha observado que puede haber un porcentaje variable, alrededor del cuatro por ciento en la mayoría de los casos, de polinización cruzada y se ha registrado excepcionalmente hasta el 14%; los agentes polinizadores principales son los insectos; la alogamia es favorecida por

condiciones climáticas y por la forma de las flores en ciertos cultivares.

Diversidad varietal. El número de variedades de frijol en América Latina puede pasar de varios centenares. La gran mayoría de ellos son cultivares primitivos ("variedades del agricultor"), de área de distribución muy restringida. La diversidad varietal de un país o región incluye además las introducciones de materiales foráneos, que se hace continuamente, y las selecciones hechas localmente, adaptadas a las condiciones ambientales y resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades.

Otros factores que contribuyen a incrementar la diversidad varietal son las preferencias del mercado, basadas en el color, forma y tamaño de las semillas, y la producción de variedades para la exportación. Resulta difícil tener una idea cabal del acervo genético de los frijoles en un país o región de América Latina, más cuando los nombres comunes cambian de un país a otro.

La distribución prehistórica de cultivares primitivos puede reflejarse también en la composición varietal en ciertas regiones. Se supone, por ejemplo, que frijoles de Guatemala, de semillas pequeñas, rojas y negras, se expandieran a México, Antillas y la zona costera del norte de América del Sur hasta Brasil, por la similitud de los cultivares. De Colombia a Chile, en cambio predominan variedades de semillas grandes. En los Andes, los frijoles grandes y rojos predominan en la parte norte, pero son reemplazados en el sur por variedades de color más claro. Hay grupos aberrantes, como las "ñuñas" de Perú y Bolivia, que se consumen tostadas, como nueces; se ha sugerido que ésta pudo ser la forma primitiva de utilizar los frijoles, previa a su domesticación.

PALLAR, LIMA, IXTAPACAL, *Phaseolus lunatus*

Phaseolus lunatus. (Fig. 18.2), originario de los trópicos del Nuevo Mundo, se cultiva en esa re-

gión esporádicamente, hasta los 800 m de altura, sin que llegue a ser un cultivo de importancia. En cambio, se le explota comercialmente en África, Madagascar, Burma. Europa y Estados Unidos de América.

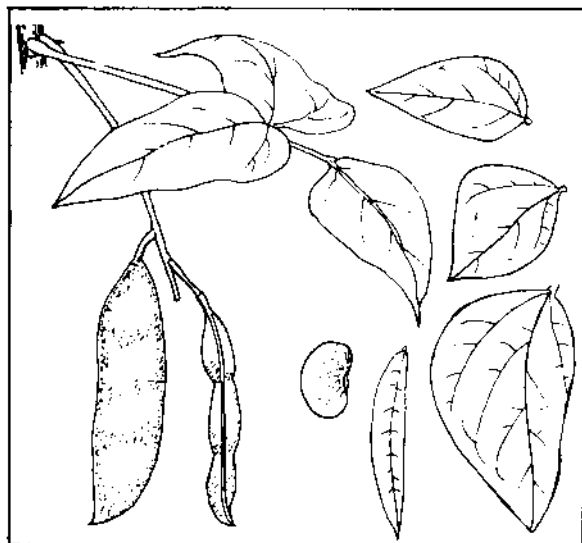


Fig. 18.2. *Phaseolus lunatus*.

Origen y dispersión. La tendencia actual establece dos o más áreas independientes de domesticación. Una es Mesoamérica, de donde se originaría el grupo de cultivares llamado Hopi o Sieva, de semillas relativamente pequeñas y gruesas. De México a Colombia hay poblaciones silvestres, con semillas muy pequeñas y oscuras y flores diminutas y blancuzcas. Se han encontrado restos arqueológicos de plantas cultivadas en el centro de México de 3700 años.

Otra área de domesticación sería los Andes centrales, Ecuador-Perú, en la cual se domesticarían los Pallares o Limas, de semillas grandes y aplanadas. El cultivo se extendió al sur por la costa de Perú, y hacia el Este por la Amazonia hasta el litoral de Brasil, donde lo encontraron los primeros europeos que llegaron a Brasil. Se conocen restos arqueológicos en los andes de Perú de 7800 años.

En ninguna de estas dos áreas se han encontrado, sin embargo, restos arqueológicos que muestren estados de transición entre las poblaciones silvestres y las cultivadas. Las diferencias entre éstas son considerables; el incremento en el tamaño de las semillas es de seis a diez veces. Otras características son en las plantas cultivadas, la presencia de tipos anuales de porte bajo, la insensibilidad al fotoperiodo y el bajo contenido de sustancias tóxicas en las semillas.

En *P. lunatus* hay tipos trepadores, determinados e intermedios, anuales o perennes; los primeros, y debido a un factor dominante, alcanzan hasta cuatro metros de largo y tienen raíces engrosadas y permanentes.

Las hojas, de peciolo fuerte y acanalado en la parte superior, tienen los folíolos laterales de formas diferentes según los grupos de cultivares; en solanoides son anchos, de 12 a 18 cm de largo por ocho a 12 cm de ancho; en *salicifolia*, angostos y curvos, de ocho a 12 cm de largo por dos a cuatro centímetros de ancho, y en los tipos trepadores corrientes son deltoides, de cuatro a 12 cm de largo por tres a 10 cm de ancho.

Las inflorescencias son racimos axilares, simples o poco ramificados, de ocho a 24 cm de largo, con flores en grupos de 2 a 4, menos vistosas que en las otras especies de *Phaseolus* cultivados. Cada grupo de flores tiene en la base una bráctea aguda, de unos dos milímetros de largo. Los pedicelos de las flores, de un centímetro de largo, tienen en la unión con el cáliz dos bracteolas ovales a elípticas, de uno a dos milímetros de longitud. El cáliz, campanulado y verdoso, de dos a cuatro milímetros de largo, se divide en cinco lobos, los dos superiores unidos, los otros más cortos y asimétricos. En la corola el estandarte y las alas son blancos, rosados o morados; el primero mide 10 a 12 mm de largo. Las alas son la parte más notable de la flor: angostas en la base, se ensanchan hacia adelante como láminas arrolladas, de unos 12 mm de largo. La quilla amarillenta o verdusca, en espiral, cubre los 10 estambres, uno libre y nueve unidos. El gineceo está constituido por un ovario sésil, finamente pubescente, y por

el pistilo retorcido, que termina en el estigma anaranjado de posición adaxial.

La autopolinización es predominante debido a la emisión del polen simultánea con el estado receptivo del estigma. Sin embargo los cruzamientos son frecuentes debido a que el estigma es expuesto cuando un insecto se posa en las alas de la flor, y a que en ese estado es receptivo por varias horas.

La legumbre es plana y falcada, con el ápice delgado y la base aguda; mide de cinco a 12 cm de largo por 1.5 a tres centímetros de ancho, y contiene de dos a cuatro semillas.

Las semillas varían ampliamente en tamaño, forma y color. En los tipos silvestres son pequeñas, de cuatro a ocho milímetros de largo, con la testa oscura; en los 'Lima', en cambio son blancas, hasta de 25 mm de largo, planas y arriñonadas. En lo que se diferencian las semillas de *Phaseolus lunatus* de las otras especies del género es en los surcos o líneas que irradian del hilo y terminan en el lado dorsal de la semilla.

El color de la testa está determinado por varios genes: uno básico que fija la coloración de hipocótilo, flores y semillas; dos dominantes, para rojo oscuro y púrpura, y si los tres están presentes las semillas resultan negras. Otro gene modifica el color haciéndolo más claro, amarillento u ocre, y otro determina si la coloración es uniforme o moteada. Un carácter de importancia es la presencia en las semillas de un glucósido cianogénico: linamarina o faseolunatina, que por hidrólisis forma ácido cianhídrico y puede producir envenenamientos mortales. Su contenido varía entre 10 a 30 mg por 100 g de peso seco; por ley se ha establecido en algunos países que el contenido permisible sea de 10 a 20 mg por 100 g. No hay correlación definida entre el contenido de glucósidos y el color de la testa, aunque la mayoría de los cultivares blancos es de bajo contenido. En plantas silvestres de semillas oscuras, en cambio, el contenido es muy alto.

Varietades. En América tropical se reconocen tres grupos de cultivares primitivos: Limas, de semillas planas y grandes, Caribes o solanoi-

des, con granos medianos y redondos, y Hopi o Sievas, de semillas pequeñas. Introducido a África y Asia, el frijol lima alcanza una producción apreciable en el centro y oeste de África, Madagascar, Myanmar (Burma), donde se conocen variedades de uso local. La selección de cultivares superiores sólo se ha hecho en los Estados Unidos, dirigida a obtener variedades de porte bajo y determinado, producción corta y uniforme, en tipos de grupo Solanoides, y de variedades trepadoras del grupo Lima, con semillas grandes y de bajo contenido de sustancias tóxicas.

AYOCOTE, *Phaseolus coccineus* (*P. multiflorus*)

Phaseolus coccineus se cultiva esporádicamente en las tierras altas de los trópicos americanos, sobre los 900 m, por las semillas que se comen tiernas o maduras. En Mesoamérica se comen cocinadas también las raíces tuberosas y las flores. En las regiones templadas se cultiva para la producción de semillas tiernas y como ornamental por sus flores escarlata.

Origen y dispersión. La presencia de poblaciones silvestres y de restos arqueológicos en México y Guatemala indican que ésta fue el área de domesticación de *P. coccineus* (Fig. 18.3). En el noreste de México se ha encontrado semillas de unos 7000 años y, en la región central, de unos 2200 años. Como se cultiva en tierras altas, sobre los 1000 m, es posible que su expansión prehistórica hacia el sur no pasara de Costa Rica; a Europa y Asia se le introdujo en el siglo XVII como hortaliza y ornamental.

El sistema radical de *P. coccineus* consiste de unas pocas raíces tuberosas, y numerosas raicillas fibrosas. De las raíces perennes salen anualmente uno o más tallos trepadores, cilíndricos o aristados, verde uniformes o con manchas púrpuras. Las hojas de pecíolo largo y acanalado son de color verde claro, delgadas, pubescentes o glabras, con los nervios prominentes; el foliolo

central, ovado a rómbico, mide de seis a 10 cm de largo por seis a ocho centímetros de ancho.

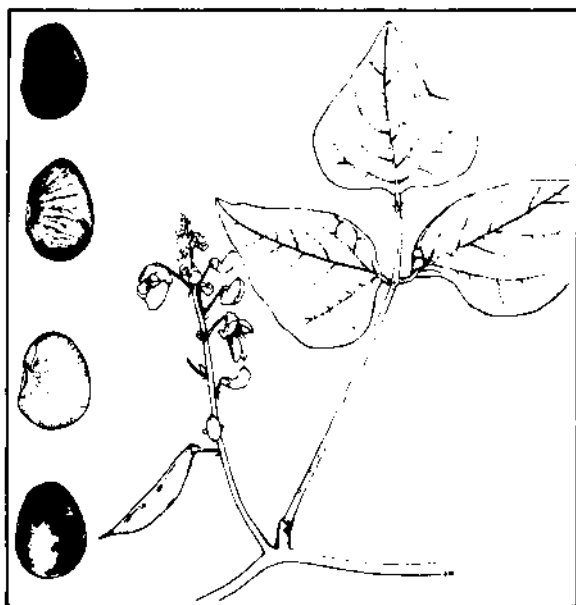


Fig. 18.3. *Phaseolus coccineus*.

La inflorescencia es un racimo axilar con muchas flores; las bracteolas anchas y ovales son del mismo tamaño o apenas más largas que el cáliz. Como en las otras especies de *Phaseolus*, el cáliz campanulado tiene los dos dientes superiores unidos y mide cuatro milímetros de largo. La corola es vistosa, generalmente rojo-escarlata, aunque se conoce cultivares de flores blancas o moradas y uno en que el estandarte es escarlata y las alas blancas. El estandarte mide de 14 a 18 mm de largo, las alas hasta 25 mm de longitud; la quilla retorcida en espiral, de unos 10 mm de largo, es blanca en la parte basal y escarlata en el ápice. El androceo se forma de 10 estambres, nueve unidos y uno libre y más corto. El pistilo termina en el estigma apical, en esta especie, como en la siguiente, la polinización cruzada es normal, pero hay variedades avanzadas predominantemente autofértiles.

La legumbre es falcada y comprimida, de valvas delgadas y de superficie irregular, de cuatro a 14 cm de largo y 1.5 a 2.5 cm de ancho, con

una a cinco semillas; éstas son aplanadas y reniformes, de 15 a 25 mm de largo por 10 a 15 mm de ancho, blancas, castañas, amarillas, moradas o negras, uniformes o manchadas.

Hay numerosas variedades primitivas, que como las poblaciones silvestres son perennes y de crecimiento indeterminado. En Europa se han seleccionado cultivares de porte bajo y determinado, que se cultivan como anuales. En su área de origen *P. coccineus* se planta por lo general asociado con maíz, y donde se moderniza el cultivo de este último, tiende a desaparecer. A pesar de sus buenas cualidades como alimento y su aceptación amplia, en Mesoamérica su producción sólo se mantiene estable en las comunidades indígenas.

PILOY, MURUTUNGO, *Phaseolus polyanthus*

Esta especie, de origen mesoamericano, crece con frecuencia, tanto silvestre como en cultivo, asociada con *P. coccineus*. Tiene los mismos usos y a menudo reciben indistintamente los mismos nombres comunes. Por algún tiempo se supuso que era un híbrido entre *P. coccineus* y *P. vulgaris*. Aunque el porte y los hábitos de crecimiento son muy parecidos, *P. coccineus* y *P. polyanthus* difieren en varios caracteres. Las raíces del segundo son engrosadas y fibrosas, no suculentas como en el primero; esto puede explicar la duración más corta de *P. polyanthus*, hasta 4 años, 12 en *P. coccineus*. La germinación es hipogea en *P. coccineus*, epigea en *P. polyanthus*. Las inflorescencias son por lo común más largas y con flores más espaciadas en el último. Un carácter bien diferente son las bracteolas, delgadas y mucho más largas que el cáliz en *P. polyanthus*, anchas y más cortas o ligeramente más largas en *P. coccineus*. Hay también ciertas diferencias en el hilo, más grande y con bordes más irregulares en *P. polyanthus*.

Las flores de *P. polyanthus* son blancas o moradas en las poblaciones silvestres, blancas en las cultivadas; en ambos casos las flores blancas se vuelven amarillas al día siguiente de la antesis.

En esta especie, como en *P. coccineus* aunque en menor grado, predomina la polinización cruzada, el estigma está rodeado de una membrana que tiene que ser rota para que el polen germine, lo que implica la acción de insectos u otros organismos y la posibilidad de que éstos fecunden las flores con polen extraño.

Las vainas, de 8-12 cm de largo, contienen de 4-6 semillas en las plantas cultivadas, hasta 9 en las silvestres. En tamaño las primeras son hasta tres veces más grandes que las segundas. En los frijoles cultivados las semillas miden de 8-17 mm de largo por 4-9 mm de ancho; el color puede ser uniforme o moteado; blanco, amarillo, café, rosado, púrpura casi negro.

Poblaciones silvestres de *P. polyanthus* se han encontrado solamente en las tierras altas de Guatemala; allí pudieron ser domesticadas y extenderse hasta México y Costa Rica. Posiblemente en época reciente su cultivo se extendió a Jamaica y al norte de América del Sur, Colombia a Perú, donde se naturalizó fácilmente, y donde sus semillas son muy apreciadas por las poblaciones aborígenes. Es posible también que se haya introducido a África y Asia, confundido con las semillas de *P. coccineus*.

El cultivo de esta especie, como en el caso de *P. coccineus*, decrece continuamente, excepto en las áreas ocupadas por comunidades indígenas.

TÉPARI, ESCOMITE, *Phaseolus acutifolius*

Los téparis son los frijoles de menor producción comercial, y su cultivo decae constantemente, a pesar de su buena productividad y de la calidad superior de las semillas.

Se cultivan en áreas pequeñas y aisladas, áridas a semisecas, desde Arizona y Nuevo México hasta Costa Rica.

Origen y dispersión. Poblaciones silvestres de esta especie se encuentran desde Arizona hasta Guatemala, en la vertiente del Pacífico. Restos arqueológicos del centro de México datan de 5000 años, y del sureste de los Estados Unidos de

1000 a 1200 años. Esto implica que la domesticación pudo suceder en los valles semiáridos del sur de México, de donde su cultivo se expandió hacia el noroeste hasta Arizona, y hacia el sur hasta Costa Rica. Se ha propuesto también la posibilidad de varias domesticaciones independientes.

Fue introducido a África Central como abono verde pero, por su adaptación a condiciones secas, se le usa como menestra.

Porte. Los tipos determinados o trepadores de *Phaseolus acutifolius* (Fig. 18.4) son plantas más delicadas que *P. vulgaris*, de follaje más fino y tallos más delgados, alcanzando rara vez más de tres metros de largo. El primer par de hojas son enteras, como en los otros *Phaseolus*, pero casi sésiles. Las hojas trifolioladas tienen el pecíolo delgado, de dos a ocho centímetros de largo y estípelas agudas y finas. El foliolo central, lanceolado y agudo en el ápice, mide de cuatro a nueve centímetros de longitud por dos a cinco centímetros de ancho; los laterales son muy asimétricos. La inflorescencia es un racimo axilar con dos a cinco flores concentradas en el ápice. El cáliz, de cuatro a cinco milímetros de largo, está dividido en cuatro partes; en la corola, blanca o violeta pá-



Fig. 18.4. *Phaseolus acutifolius*.

lido, el estandarte, de ocho a 10 mm de largo, crece doblado hacia arriba y las alas obovadas a espatuladas, de 10 a 15 mm, crecen en cambio hacia adelante y forman la parte más llamativa de la flor. La quilla angosta se dobla en espiral de dos a tres vueltas; los estambres, como en las especies anteriores son 10, nueve soldados y uno libre; el pistilo termina en un estigma lateral.

La legumbre, recta o falcada, de cinco a nueve centímetros de largo por un centímetro de ancho, contiene hasta siete semillas, generalmente cinco. Las semillas aplanadas y reniformes o casi redondas, de seis a nueve milímetros de largo y tres a seis milímetros de ancho, tienen la testa blanca, castaña o azul oscuro, uniforme o con manchas o puntos. El hilo es diminuto y circular.

No se han desarrollado variedades avanzadas de tépari, y solo se conocen pocas selecciones masales, hechas en Estados Unidos, de semillas blancas o amarillas. Por su resistencia a sequía y salinidad, así como a enfermedades muy comunes en otros frijoles (*Xanthomonas*) y la calidad de la semilla, el tépari merece ser introducido en la producción de menestras, asociado o como complemento del frijol común.

CAUPÍ, ALUBIA, *Vigna unguiculata* (*V. sinensis*, *V. catjang*)

Vigna unguiculata (Fig. 18.5) se utiliza principalmente por las semillas secas, que contienen de 19 a 26% de proteína cruda. La composición en aminoácidos es excelente, aunque ligeramente inferior al frijol común. Reemplaza a éste en los trópicos bajos y húmedos y por la abundancia de cultivares, tanto primitivos como avanzados, puede adaptarse a condiciones ambientales muy diferentes. Como menestra es de importancia primaria en Africa Occidental, menor en América tropical y el sureste de Asia. Es de producción comercial en Africa Occidental (Nigeria), Bahía e India y el sur de Estados Unidos, en donde han sido desarrollados numerosos cultivares.

Se consume además los frutos y semillas tiernas, y en ciertas partes de Africa las hojas nuevas. Es una forrajera de buen rendimiento y alto valor nutritivo y se le ha cultivado también como cobertura y abono verde.

Origen y dispersión. Las poblaciones silvestres de *Vigna unguiculata* subespecie *dekindtiana* fueron las que se asume suplieron los materiales para la domesticación. Son plantas de legumbres dehiscentes y pequeñas, con semillas duras y de menor tamaño que las cultivadas. Crece desde Senegal hasta Etiopía con la mayor diversidad en este último país, en contraste con la uniformidad de las poblaciones de Africa Occidental. Las poblaciones silvestres de *V. unguiculata* var. *dekindtiana* fueron posiblemente utilizadas primero como forraje, en el centro y oeste de Africa, donde existía ganado hace 7000 años. La selección de tipos anuales, con vainas indehiscentes y semillas grandes, pudo resultar del primer uso. Los cultivares se incorporaron más adelante a sistemas mixtos de siembras con sorgo y millos, que inicialmente fueron la base de la agricultura primitiva en el oeste de Africa y se extendieron después a Africa oriental. De esta región pasó el cultivo de *V. unguiculata* a Europa hace unos 2300 años y a la India hace 3000-3500 años. En India se formó un centro secundario de variabilidad, del cual se derivan muchos de los cultivares modernos; se desarrolló también un tipo forrajero, la subespecie *cylindrica*, y se originó por mutación la subespecie *sesquipedalis*, caracterizada por legumbres hasta de un metro de largo, que se comen tiernas.

Porte. *Vigna unguiculata* es una hierba anual de germinación epigea. El sistema radical se compone de una raíz principal, fuerte y profunda, y de numerosas raicillas laterales que portan muchos nódulos. El crecimiento puede ser determinado o indeterminado, siendo el segundo más frecuente. Los tallos cuadrados, aristados y retorcidos, tienen en algunos cultivares prominencias en forma de espinas. En los nudos hay dos estipelas opuestas y ovales, por lo general permanentes. Del nudo sale una hoja, una o más

ramillas y, en la parte central de la planta, una inflorescencia; las hojas trifoliadas tienen el pecíolo y el raquis fuertes y acanalados en el lado superior. Hay dos estipelas en la base de los folíolos laterales y otras dos en la base del folíolo central. La forma de los folíolos varía mucho, aún en la misma planta. Según el cultivar, el folíolo central presenta gradaciones de forma desde lineal-lanceolada hasta ovada; los laterales son muy asimétricos. En ciertos cultivares los folíolos laterales y el central presentan lobos bien marcados. La lámima es gruesa y glabra, verde-oscuro, con tres nervios principales.

Inflorescencia. En *V. unguiculata* las inflorescencias son racimos compuestos de crecimiento indeterminado, excepto en el grupo de cultivares *Cylindrica*, que tienen una flor terminal. Los pe-

dúnculos, largos y fuertes, se continúan en el raquis floral, que es mucho más comprimido que en *Phaseolus*. Hay hasta seis nudos de flores en el racimo y cada uno consiste de dos flores laterales y un cojín central. Este último órgano es una protuberancia formada de varias flores que abortan y dejan como restos unas cavidades que han sido llamadas nectarios.

Las flores laterales de los nudos interiores son las únicas que llegan a fructificar, pues las demás caen, de modo que generalmente se forman dos a cuatro vainas por inflorescencia. En la base de las flores hay una bráctea caediza. El cáliz campanulado, de ocho a 12 mm de largo, tiene surcos longitudinales y transversales que le dan una apariencia rugosa; los cinco dientes son agudos, el inferior ligeramente más largo. La corola es grande y vistosa; morada, blanca o rara vez amarilla. El estandarte, dividido por un surco central, es ancho y elíptico, y, al abrirse la flor, de posición erecta, luego se dobla y encierra las alas y la quilla. Las alas obovadas, se forman de una base angosta y una lámina bien desarrollada. La quilla en forma de bote está doblada hacia arriba, no es espiral como en *Phaseolus*. De los 10 estambres uno es libre, los otros nueve unidos por la base en la lámina estaminal. El ovario es alargado y cubierto de pubescencia fina y el estilo se dobla en ángulo recto, no en espiral como en los frijoles, y termina en el estigma de posición apical.

Fruto y semilla. La legumbre difiere en posición, tamaño, número de semilla y estructura en los diferentes grupos de cultivares, como se verá más adelante. La forma y tamaño de las semillas depende del cultivar y del número de semillas en la legumbre; varían de esféricas a prismáticas, de seis a ocho milímetros de largo por cuatro a siete milímetros de ancho. El hilo es excéntrico, pues está situado en la parte superior de la semilla, ovalado y con el tejido funicular blanco y el borde oscuro. La testa es opaca, de coloración que va de negro a blanco; blanco, determinado por unos 10 genes: rojo, básico; blanco, recesivo; negro, epistático a todos menos a púrpura y éste

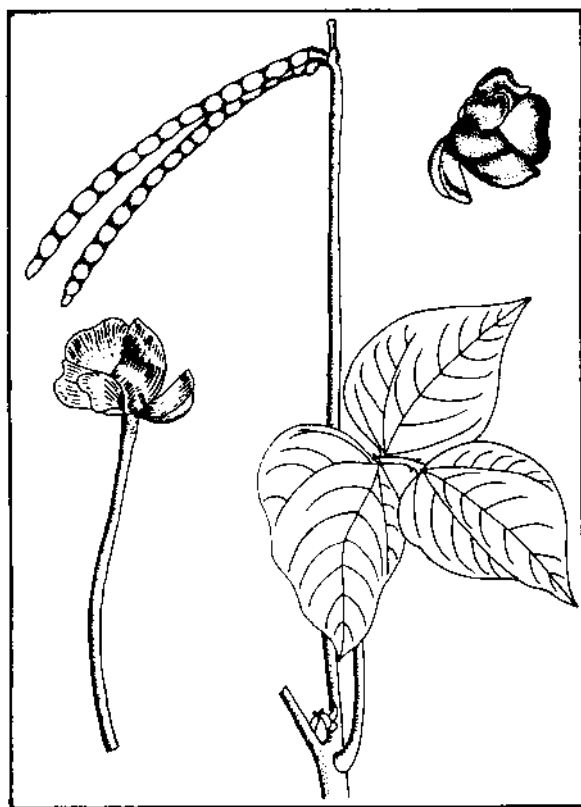


Fig. 18.5. *Vigna unguiculata*.

epistático a los demás. Otros genes determinan la distribución del color.

La estructura interna de la semilla difiere poco del frijol. Su composición es también parecida; contiene cerca de 22% de proteína.

Variabilidad. *Vigna unguiculata* es altamente autógena, aunque se ha registrado casos hasta de 14% de alogamia. Es fácil de hibridizar y las semillas de los cruces son de alta viabilidad. El mejoramiento se ha dirigido a incrementar el rendimiento, obtener líneas indiferentes a fotoperíodo, resistencia a enfermedades especialmente virosas, porte erecto y regular, pedúnculos florales largos que sobresalgan del follaje, y otros. Como existe una correlación negativa entre número de legumbres y de semillas por planta, una posibilidad es obtener tipos cuyo porte permita aumentar la densidad de siembra.

En *Vigna unguiculata* se reconoce tres grupos de cultivares: i) *caupíes*, de crecimiento "arbusivo" o indeterminado, hasta de un metro de alto; legumbres pendientes de 10 a 30 cm de largo; semillas de seis a 10 mm de longitud; maduración mediana a larga (70-140 días). ii) *cylindrica*, el catjang, crecimiento determinado, hasta de 80 cm de alto; legumbres erectas de seis a 12 cm de largo; semillas de tres a seis milímetros de longitud; maduración tempranera (50-90 días). iii) *sesquipedalis*, crecimiento indeterminado, hasta de cuatro metros de largo; legumbres pendientes muy largas (30-100 cm); semillas de ocho a 12 mm de longitud; maduración mediana a larga (60-120 días). Este último grupo se caracteriza por las vainas muy largas, hinchadas por carecer las valvas de la capa de fibras; se consume las vainas tiernas.

En Africa Central y Occidental hay muchos cultivares primitivos, derivados posiblemente de poblaciones silvestres diferentes, en que el aislamiento geográfico y el cultivo por siglos han separado razas bien distintas. Un cultivar de Nigeria se utiliza por la fibra de los pedúnculos, que miden hasta 60 cm de largo; sus semillas, en cambio, no se utilizan.

Frijoles asiáticos

Cuatro especies de *Vigna*, (Fig. 18.6) antes incluidas en el género *Phaseolus*, se domesticaron posiblemente en el SE de Asia. Se distinguen en la forma siguiente:

Foliolos divididos en tres a cinco segmentos angostos *V. aconitifolia*

Foliolos enteros o con lobos poco profundos.

Plantas muy pubescentes; semillas opacas.

Semillas oblongas, negrascas; legumbre con pelos largos. *V. mungo*

Semillas esféricas o casi esféricas, verdes, marrón o amarillas; legumbre con pelos cortos. *V. radiata*

Plantas poco pubescentes, semillas brillantes, rojas, negras o grises. *V. umbellata*

MAT, MOTH, *Vigna aconitifolia* (*Phaseolus aconitifolius*)

Originaria de India y posiblemente de domesticación relativamente reciente (Fig. 18.6A). Anual, de crecimiento rastrero, de 15 a 30 cm de alto, con tallos numerosos que alcanzan hasta 1.5 m de largo. Hojas con tres folíolos, el terminal con cinco lobos, los laterales con tres. Inflorescencias axilares con pedúnculos largos y flores amarillas y pequeñas en racimos compactos. Las vainas cilíndricas, de dos a cinco centímetros de largo, amarillentas y cubiertas de pubescencia, contienen de cuatro a nueve semillas negras o grises, moteadas, de cuatro a cinco milímetros de largo. Es un cultivo de zonas áridas o semiáridas, usado como menestra y forrajera.

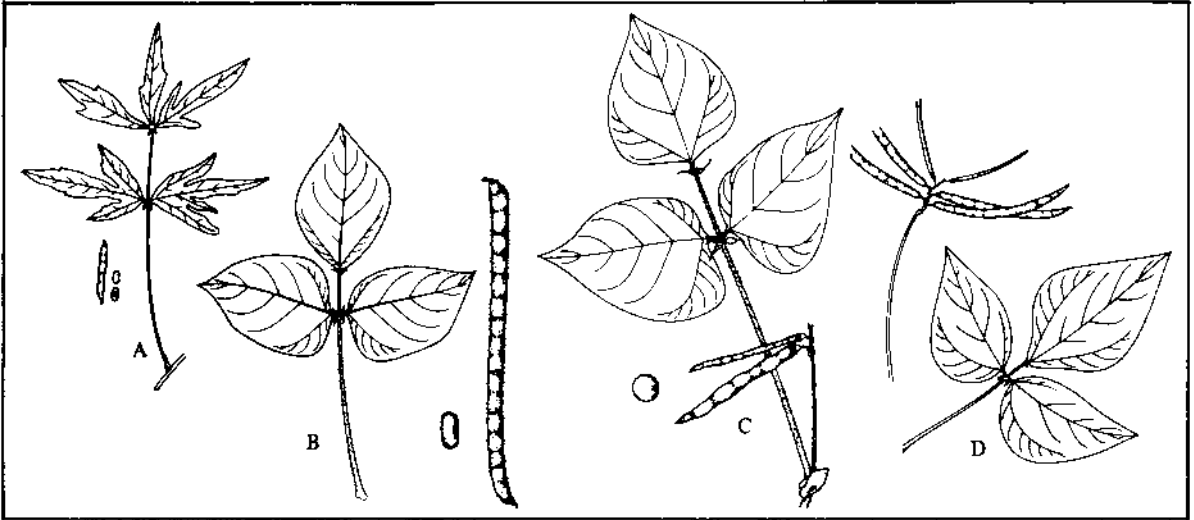


Fig. 18.6. Frijoles asiáticos. A, *Vigna aconitifolia*. B, *V. mungo*. C, *V. radiata*. D, *V. umbellata*.

URD, BLACK GRAM, *Vigna mungo*
(*Phaseolus mungo*)

Originaria de India y derivada posiblemente de la variedad *V. mungo* var. *silvestris*. En *V. mungo* (Fig. 18.6B) se conoce tipos erectos o rastreros, muy pilosos. Los folíolos son enteros; las flores, de corola amarilla y cáliz piloso, brotan en racimos compactos. Las vainas cilíndricas, rectas o curvas, pilosas, miden de cuatro a ocho centímetros de largo y llevan de seis a 10 semillas elipsoidales, negras u olivo con el hilo blanco; miden de cuatro a ocho milímetros de largo.

Se cultiva en América tropical especialmente como abono o forraje. En Asia en cambio se le planta por las semillas, sobre todo en regiones secas. En India es una de las menestras más importantes, de la que se han seleccionado numerosos cultivares comerciales; se le planta también como abono verde y forraje. Se cultiva en el SE de Asia, especialmente en Tailandia y Myanmar (Burma).

MUNG, GHORA, GREEN GRAM, *Vigna radiata*
(*Phaseolus aureus*,
P. radiatus)

Posiblemente originaria de India, domesticada de la variedad *sublobata* (Fig. 18.6C) es de porte alto, hasta de 1.25 m, ramificada y muy pilosa. Las hojas tienen folíolos enteros; las flores forman grupos compactos al extremo de pedúnculos largos. Las vainas delgadas, cilíndricas y pilosas, miden de seis a 12 cm de longitud. Las semillas elipsoidales de tres a seis milímetros de largo, verdes en la mayoría de los tipos, rara vez amarillas, son ricas en proteínas (20%) de excelente calidad.

Las semillas se comen enteras o partidas; también se utiliza en la preparación de pan y fideos, en la alimentación animal y como abono verde. El mung es una de las dos leguminosas, la otra es la soya, de las que se consumen en Asia las plántulas recién germinadas, aún incoloras, de alto valor nutritivo.

El mung se cultiva principalmente en India, donde se ha seleccionado intensivamente. Además, en todo el SE de Asia, especialmente en Tailandia y Myanmar (Burma) para la exportación. El cultivo se expande también en China, Africa Oriental, Estados Unidos de América, Australia. En América tropical se planta para forraje, cobertura y abono verde.

FRIJOL DE ARROZ, *Vigna umbellata* (*Phaseolus calcaratus*)

V. umbellata, originaria de Viet Nam, domesticada posiblemente de la variedad silvestre *gracilis*; es una planta baja, de porte erecto o trepador, con tallos lisos o pilosos, cubiertos de pelos marrones (Fig. 18.6D). Los folíolos enteros miden hasta ocho centímetros de largo y las flores, de corola amarilla, aparecen en racimos de cuatro a seis centímetros de largo. Las vainas delgadas, rectas o ligeramente curvas, lisas, miden de siete a 14 cm de largo, llevan de ocho a 12 semillas pequeñas, cilíndricas, la testa castaño oscuro a negra, de cinco a ocho milímetros de longitud, con el hilo largo y blanco. El frijol de arroz se cultiva en los trópicos americanos como abono verde y raramente se utiliza como menestra.

Otros granos y raíces comestibles

BAMBARA, *Vigna subterranea* (*Voandzeia subterranea*)

La bambara (Fig. 18.7) es de importancia primaria en la alimentación humana en Africa tropical; fuera de esa región es poco conocida y aunque fue introducida a Brasil por esclavos negros en el siglo XVI, su cultivo no se conoce prácticamente en América tropical. A Indonesia y el sureste de Asia fue llevada posiblemente por los portugueses, pero también en esa región su cultivo no es importante. A pesar del alto valor ali-

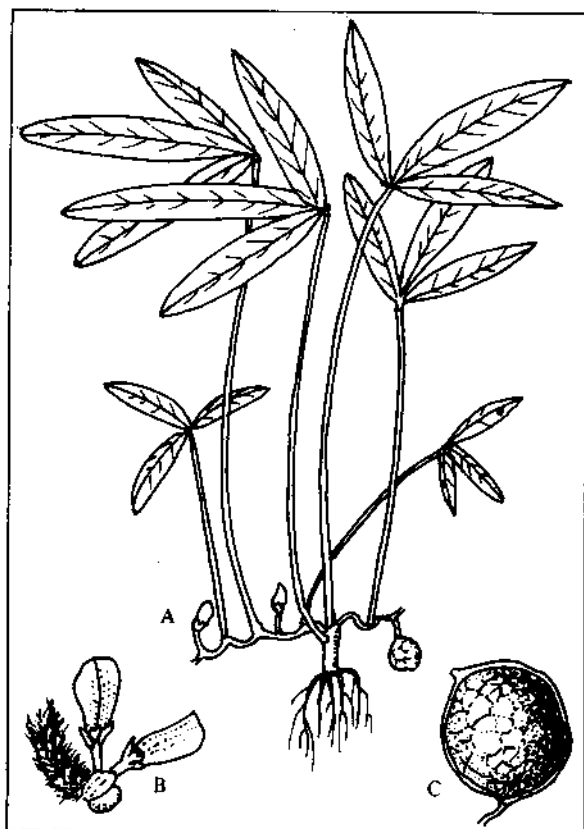


Fig. 18.7. *Vigna subterranea*. A, porte. B, flor. C, fruto.

menticio de las semillas hay factores que restringen el cultivo de la bambara: no compete en rendimiento con el maní, necesita inoculación con un *Rhizobium* específico y las semillas requieren una cocción prolongada.

La domesticación debió hacerse en Africa central escogiendo de las poblaciones silvestres —aún existen muchas de ellas— tipos de crecimiento compacto y vigoroso.

El eje de la planta es una cepa, con una raíz pivotante y gruesa, de la que brotan en la parte inferior raicillas numerosas. De la cepa crecen tallos horizontales de cuyos nudos brotan raíces y hojas de pecíolos largos. Si los entrenudos son cortos, como sucede en la mayoría de los cultivares, se forma una planta compacta, pero se conocen también cultivares rastreros. Los pecíolos,

de ocho a 22 cm de longitud, terminan en tres folíolos elípticos, el terminal de cinco a 10 cm de largo por uno a tres centímetros de ancho, los dos laterales más largos. Las inflorescencias brotan también de los nudos de los tallos subterráneos. Tienen el pedúnculo muy corto, de 0.5 a 1.5 cm de largo, grueso y pubescente, que apenas alcanza a salir a flor de tierra; lleva al extremo dos a tres flores y termina en un ápice redondo y duro. Cada flor tiene dos estipelas pilosas y un cáliz de cinco dientes; la corola es amarilla y el estandarte envuelve por completo el resto de la flor.

Las flores normalmente no se abren y la autofecundación es la regla: una vez fertilizadas, el pedúnculo de la inflorescencia se dobla y entierra, llevando consigo las flores y el fruto madura subterráneamente, como el maní. El fruto de la bambara es más o menos esférico o lenticular, de 1.5 a dos centímetros de largo, y contiene por lo general una sola semilla, redonda y dura, de color blanco, rojo o negro, liso o manchado. Se comen cocinadas o tostadas; son tan altas en proteína como el maní y de menor contenido de aceite. Por su valor nutritivo y resistencia a enfermedades, la bambara merece más atención, particularmente en regiones secas.

SOYA, *Glycine max* (*G. soja*)

La soya (Fig. 18.8) es actualmente la oleaginosa más importante en el comercio mundial, producida principalmente en el Nuevo Mundo en el centro de Estados Unidos de América y en áreas tropicales y subtropicales de Brasil y Paraguay. De los usos tradicionales de la soya en Asia, como pasta y salsa para mezclar con otros alimentos, fermentada, como queso o leche, sólo este último parece tener aceptación en los trópicos americanos, en donde llenaría necesidades apremiantes en la alimentación, especialmente en los grupos indígenas.

Origen y domesticación. Poblaciones silvestres de soya, llamadas *Glycine soja* o *G. usuriensis*,

crecen en el este y noreste de China y en Corea; se caracterizan por el porte bajo y prostrado, semillas pequeñas y vainas dehiscentes. No existen, entre esas poblaciones y las cultivadas, barreras de cruzamiento ni diferencias cromosómicas y presentan las mismas normas en el análisis quimotaxonómico. Un tercer grupo de poblaciones, llamado *G. gracilis*, se encuentra en áreas en que crecen mezcladas las soyas cultivadas y silvestres y se ha inferido que sean malezas derivadas de cruces entre las otras dos poblaciones.

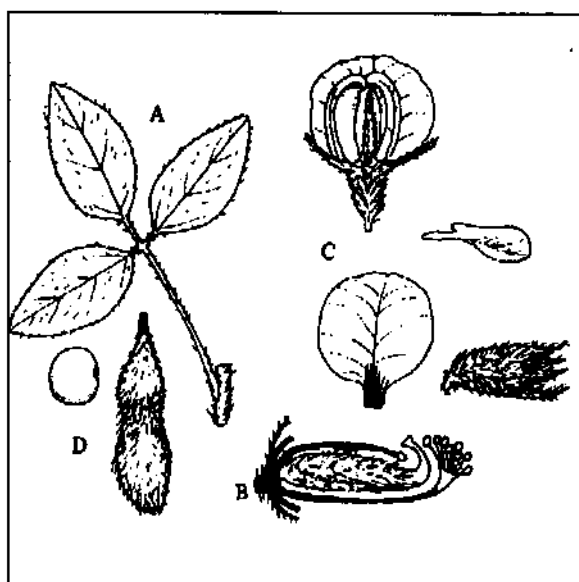


Fig. 18.8. *Glycine max*, soya. A, hojas. B, esquema de la flor. C, flor vista de frente, ala, estandarte y cáliz. D, fruto y semilla.

Por fuentes literarias se sabe que la soya era cultivada en China en el siglo XI a.C. Su expansión a Europa y al Nuevo Mundo, sin embargo, ocurrió en el siglo XIX y su primer uso fue como forrajera. El cultivo se intensificó en las últimas décadas por el uso industrial en la preparación de margarina, aceites, harina y concentrados para la alimentación animal.

Porte. La armazón de la planta consiste de un tallo central, de crecimiento determinado o indeterminado este último como carácter domi-

nante. Variedades del tipo determinado que crecen en días cortos a veces no pasan de 20 cm de altura. En cambio los tipos indeterminados pueden alcanzar en días largos hasta cuatro metros de longitud, pues continúan creciendo después de que los nudos inferiores han producido inflorescencias y vainas. Las ramas en los cultivares comerciales crecen formando ángulo agudo con el tronco y están, como éste, cubiertas de pubescencia fina y densa. Las hojas trifolioladas tienen el pecíolo largo, en cuya base hay un pulvino con dos estipelas finas. En el folíolo central el pecíolo es largo y la lámina elíptica u ovada, los folíolos laterales son sésiles y asimétricos. Hay cultivares con follaje tan abundante que se usan como forrajeras; en estado verde las hojas de soya contienen un tres por ciento de proteína, que en el material ensilado llega hasta el 14%. En la mayoría de los cultivares las hojas se tornan amarillas y caen durante la maduración de los frutos.

Inflorescencia. La flor es típicamente papilionácea y aparece en racimos axilares de una a cuatro flores. El cáliz verdoso, muy pubescente, se divide en cinco dientes. La corola mide menos de un centímetro de largo y está formada por cinco pétalos libres; el estandarte apenas sobresale del cáliz y, como la quilla y alas, es de color violáceo o blanco. Dentro de la quilla hay 10 estambres, nueve unidos por la base, que forman un tubo que rodea el pistilo y uno libre.

Legumbre y semillas. Las vainas planas e hirsutas, con dos a cuatro semillas, miden de tres a cinco centímetros de largo y cerca de un centímetro de ancho; maduran entre los 80 y los 140 días.

Las semillas varían de ovoides a esféricas y carecen de la curvatura interna del hilo, característica de los frijoles y caupíes. El color es por lo general uniforme, particularmente en los cultivares seleccionados, amarillo, verde, castaño o negro, pero en Oriente son comunes las semillas con manchas o puntos. El hilo mide de tres a cuatro milímetros de largo; es cerrado y por lo tanto no muestra ningún cojin. La estructura interna de la semilla revela ciertas particularida-

des: en la testa hay células subepidérmicas muy desarrolladas que presentan una "línea de luz" bien marcada en los tipos silvestres y casi invisible en los cultivados. La cara inferior inmediata a los cotiledones se forma de varias capas comprimidas, derivadas del endosperma. En los cotiledones hay una zona externa de células pequeñas y gruesas, formada de parénquima rico en aleurona y aceites. Las células de los tejidos más internos son de mayor tamaño y menor contenido de aceites; el contenido de proteína de la semilla varía de 30 a 35% y el de grasas de 10 a 20%.

Variabilidad. La mayoría de los cultivares de soya está adaptada al fotoperíodo de latitudes altas; algunos de ellos, sin embargo, producen bien en condiciones tropicales, con inoculación y fertilización apropiadas, pero la fecha de siembra es el principal factor determinante del rendimiento. En los ensayos de adaptación en latitudes cercanas al ecuador los cultivares desarrollados en los subtrópicos, especialmente de crecimiento determinado, dan los rendimientos más altos, pero aún falta desarrollar las soyas para las condiciones de trópicos húmedos y bajos.

GANDUL, FRIJOL DE PALO, *Cajanus cajan* (*C. indicus*)

El gandul (Fig. 18.9) es en escala mundial la leguminosa de grano de mayor cultivo en los trópicos bajos, y se le utiliza principalmente por las semillas secas, que contienen alrededor de 23% de proteína. El gandul carece de inhibidores metabólicos, produce poca flatulencia y es de sabor agradable. El consumo de semillas tiernas, que tienen siete por ciento de proteína, se ha intensificado en los trópicos, donde reemplaza a los chícharos. Tiene además como ventaja un período de producción muy largo y poder crecer bien en suelos pobres.

Se utiliza también como forraje; estudios comparativos hechos en Hawai mostraron que en las condiciones locales ninguna leguminosa

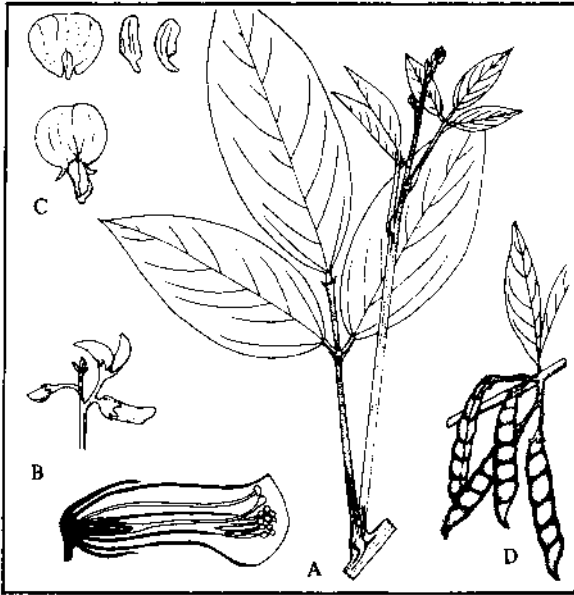


Fig. 18.9. *Cajanus cajan*. A, rama. B, flor. C, detalles de la flor. D, vainas.

da un rendimiento de proteína comparable al gandul, que produjo cerca de 18 400 kg de proteína por hectárea al año, mientras que la alfalfa rindió 13 200 kg.

Origen y domesticación. Actualmente se admite que el gandul es originario de India, donde se domesticó de una especie local, *C. cajanicus*, incluida anteriormente en el género *Atylosia*, que ahora se considera sinónimo de *Cajanus*. De India el gandul pasó a África, hace unos 4200 años; en África Oriental se desarrollaron variedades de granos más grandes que las hindúes, que se esparcieron por el resto de África. A América vino probablemente durante la época del comercio de esclavos, y también su nombre, que se deriva posiblemente de un dialecto de Gabón.

Porte. *Cajanus cajan* es anual o perenne, según el cultivar. El sistema de raíces se compone de una pivotante que alcanza a veces hasta tres metros de longitud y de numerosas raíces laterales que le permiten crecer en sitios secos o de estaciones alternas bien marcadas.

La armazón de la planta varía con el cultivar. En un extremo hay tipos anuales de tallo sencillo, sin ramificar, con flores y frutos en el eje cen-

tral, y en el otro arbustos de ramificación compleja y perennes, cuyas ramas laterales, tan largas como el tronco, producen las flores en su porción terminal. Las ramillas aristadas llevan hojas sésiles en espiral; el pecíolo, de dos a ocho centímetros de largo, tiene el pulvínulo bien desarrollado y lleva tres folíolos elípticos, agudos en los extremos, de cinco a 10 cm de largo, con la cara superior verde brillante y la inferior cubierta de pubescencia blancuzca y fina.

La inflorescencia es un racimo axilar en la mayoría de los casos, o terminal, con el pedúnculo erecto, de seis a 12 cm de largo; lleva unas pocas flores que se abren sucesivamente por un período extenso. La antesis se inicia en la mañana y dura hasta media tarde, durante uno o dos días. Al abrirse ya un alto porcentaje de las flores está polinizado pues las anteras comienzan a soltar el polen uno o dos días antes de la apertura de la corola. La posición del estilo y la abundancia de polen favorecen también la autopolinización; los insectos visitan las plantas muy a menudo y contribuyen a la polinización cruzada, que puede ocurrir del uno al 10%.

Las flores tienen el cáliz verde y piloso, de ocho a 10 mm de longitud, campanulado en la base, con tres sépalos libres abajo y dos casi unidos arriba. La corola mide 2.5 a tres centímetros de largo y la constituyen el estandarte, amarillo con rayas rojas en el frente, y amarillo, rojo o púrpura en el lado posterior; las dos alas son generalmente amarillas y la quilla verdosa. Hay 10 estambres, nueve unidos y uno libre; el pistilo es curvo, piloso y del mismo tamaño que los estambres y termina en un estigma capitado.

Las vainas son erectas y planas en la mayoría de los cultivares, aunque se conoce algunos con frutos cilíndricos. Miden de cinco a 10 cm de largo y muestran constricciones marcadas que separan las semillas. El color es amarillo o rojizo en la madurez, liso o manchado; las caras de la vaina están cubiertas de polvo glandular.

Hay tres o cinco semillas en cada vaina, de ocho a 10 mm de ancho, lenticulares o casi prismáticas. La testa es blanca, negra o marrón, a menudo con manchas; el hilo es corto y blanco.

Variabilidad. *C. cajan* es una especie muy polimorfa: i) el porte puede variar desde alto, erecto y de follaje compacto, que corresponde a los tipos perennes y de raíces profundas, hasta plantas anuales, enanas, muy ramificadas. Los tipos altos son por lo común tardíos; los bajos, tempraneros. El carácter perenne es dominante, pero en cuanto a tamaño no hay dominancia marcada. La producción en los cultivares altos se inicia de ocho a 10 meses después de la siembra y puede durar hasta cinco años. La distribución de los frutos en la planta tiende a estar asociada con el porte. En los tipos altos las vainas crecen en la parte superior, en racimos compactos, mientras que en los intermedios o bajos se distribuyen en toda la planta; ii) el follaje es más denso y oscuro en los tipos altos que en los bajos; iii) en el color del estandarte el rojo domina sobre amarillo, manchado sobre liso; iv) el carácter que determina frutos grandes y planos es dominante sobre cortos y cilíndricos y el color marrón sobre verde o manchado; v) en las semillas, aplanado domina sobre esférico, y el color negro sobre el blanco, castaño o manchado. En India se reconoce dos grupos de cultivares: a) *flavus* o *tur*, bajos, tempraneros, con flores amarillas y vainas verdes, generalmente con tres semillas de color claro; b) *bicolor* o *arhar*, arbustos grandes, perennes, de flores con el estandarte rayado con líneas rojas o púrpura y vainas café con cuatro a cinco semillas oscuras. Esta clasificación tiende a abandonarse por otra que divide los cultivares en tres grupos caracterizados así: a) inflorescencias terminales; madurez temprana; b) inflorescencias axilares, tempraneros con formación de frutos prolongada; c) inflorescencias axilares, tardíos, con fructificación en periodo corto.

LABLAB, FRIJOL TREPADOR, *Lablab purpureus* (*Dolichos lablab*, *L. niger*)

El *lablab* (Fig. 18.10) se cultiva por las semillas secas o tiernas y como abono verde. Como

leguminosa de grano no es de mayor importancia en los trópicos a pesar del carácter perenne de muchos de sus cultivares, la producción continua durante el año, su buen contenido de proteína (25 %) y sabor agradable, que hacen del *lablab* un cultivo prometedor para explotaciones agrícolas pequeñas.

Origen. *Lablab purpureus* se suponía originario de India por la gran diversidad genética que presenta en el subcontinente y la presencia de poblaciones espontáneas. Ahora se cree que es originario de África, y que su antecesor es la subespecie *L. purpureus* var. *uncinatus*, que crece silvestre en el centro y sur de África.

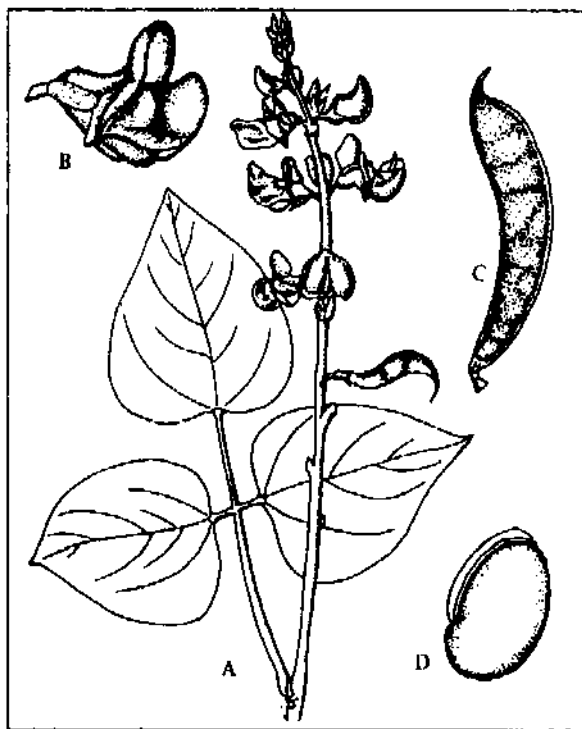


Fig. 18.10. *Lablab purpureus*. A, rama florífera. B, flor. C, vaina. D, semilla.

Porte. El *lablab* es una trepadora perenne aunque generalmente se la cultiva como anual, de tallos cilíndricos, muy ramificados, que alcanzan hasta 10 m de largo. Las hojas alternas, con

estípulas angostas en la base y pecíolo largo y acanalado de pulvino muy grueso, tienen tres folíolos deltoides o rómbicos, de cuatro a 10 cm de largo. Las inflorescencias son racimos largos, de pedúnculo fuerte y recto. Las flores que nacen en cojines, en grupos de dos a seis tienen brácteas anchas y bien desarrolladas. El cáliz campanulado y pubescente se divide en cinco dientes, los dos superiores unidos, los otros tres triangulares y desiguales. La corola es blanca, púrpura, o blanca con áreas purpúreas; el estandarte, erecto y doblado hacia atrás, elíptico y más ancho que alto, mide unos 15 mm de largo por 20 mm de ancho; las alas adheridas al estandarte se prolongan hacia arriba cubriendo la quilla, que se dobla en ángulo recto y que tiene en la base dos bolsas laterales que la unen al estandarte. Hay 10 estambres, nueve unidos y uno libre. El pistilo, doblado como la quilla en ángulo recto, pubescente en su parte basal y en el lado interno del estilo, termina en un estigma redondo.

La legumbre plana y oblonga, con los márgenes muy gruesos y el ápice curvo, mide de seis a 18 cm de largo por 1.5 a 2.5 cm de ancho y contiene de tres a seis semillas. En la superficie externa hay glándulas que emiten un olor fuerte y característico, que también se presenta en el follaje.

La semilla es elipsoidal, a veces comprimida de siete a nueve milímetros de largo, con testa blanca, negra o castaña, uniforme o punteada. El hilo recorre casi la mitad de la semilla y está cubierto por un arilo blanco y prominente.

Se conoce unos 50 cultivares de esta especie. En América tropical se planta uno de flores purpúreas y hojas bronceadas como ornamental en jardines y pérgolas. Para semilla y forraje se prefieren los de tallos y hojas verdes y flores blancas.

Es una magnífica forrajera pues el follaje contiene 28% de proteína, 12% de fibra y ocho por ciento de minerales. Como abono verde en Brasil se ha logrado doblar el rendimiento de maíz y frijoles en campos en que se ha incorporado al suelo de 30 a 40 toneladas de materia verde por hectárea.

JÍCAMAS, *Pachyrhizus* spp.

Tres especies del género *Pachyrhizus* (Fig. 18.11) se cultivan por las raíces engrosadas, suculentas y azucaradas, de buen contenido proteínico, que generalmente se comen crudas. *P. erosus* se cultiva de México a El Salvador, siendo de importancia comercial en el primer país, donde hay un fuerte consumo local y se exporta a Estados Unidos como reemplazo de la "castaña de agua" en las comidas chinas. *P. tuberosus* se extiende de Ecuador a Argentina y por las tierras bajas del Amazonas. *P. ahipa* se cultiva en los Andes de Perú y Bolivia, entre 1500-2500 m.

Plantas trepadoras, con folíolos enteros, dentados o palmeados

Flores con corola glabra; vainas de 6-13 cm de largo, con semillas cuadradas o redondeadas *P. erosus*

Flores con corola de pubescencia espaciada; vainas de 13-30 cm de largo, con semillas arriñonadas *P. tuberosus*

Plantas arbustivas, con folíolos enteros . *P. ahipa*

JÍCAMA, *Pachyrhizus erosus*

Porte. *Pachyrhizus erosus* es una trepadora de tallos muy ramificados, hasta de cinco metros de largo; en cultivo se planta sin soportes y forma matas bajas y compactas o en barbacoas o postes colocados expofeso. Los tallos delgados y cilíndricos están cubiertos en las partes jóvenes de pubescencia fina y ferrugínea. Las hojas trifolioladas, delgadas y de color verde pálido, son muy variables en tamaño. La característica más notable de *Pachyrhizas erosus* y otras especies afines del mismo género es la diversidad de formas de los folíolos. El folíolo central es generalmente oval con el ápice comúnmente agudo, pero aun en la misma planta hay variación de esa forma por la presencia de dientes o lobos, que en algunos casos forman un folíolo palmeado, con recortes muy profundos e irregulares. Los folíolos laterales son muy asimétricos y muestran formas

muy diferentes, correspondientes con la del folíolo central (Fig. 18.11).

Los racimos florales alcanzan hasta 50 cm de largo, con el pedúnculo recto hasta de 45 cm de longitud; las flores en grupos de dos a cinco en cada nudo, se abren sucesivamente de abajo a arriba. El pedicelo es muy corto, de dos a cinco milímetros de largo. El cáliz campanulado, pubescente y verdoso, de ocho a 12 mm de longitud, se divide en cinco lobos irregulares. En la corola el estandarte es la parte más notable y mide de 10 a 12 mm de ancho, se dobla hacia atrás y es morado intenso a pálido y aún blanco, según el cultivar; en la base tiene una mancha verdusca. Las alas y la quilla, dobladas hacia arriba, son glabras del mismo color del estandarte. De los 10 estambres, nueve están unidos por la base y uno es libre. El pistilo, de ovario pubescente, termina en un estigma adaxial. En las jícamas se acostumbra eliminar las flores antes de que se abran, con lo que se logra raíces de mayor tamaño.

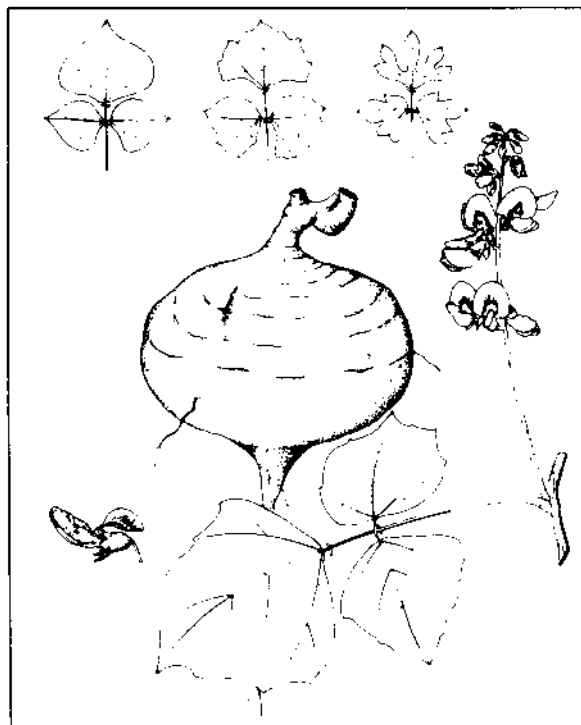


Fig. 18.11. *Pachyrhizus erosus*.

Las vainas aplanadas y de extremos redondeados miden de siete a 14 cm de largo por 1.5 a dos centímetros de ancho y muestran constricciones marcadas entre las semillas. Estas son aplanadas, o casi cuadradas, de cinco a 11 mm de ancho, con la testa café, amarilla o roja. Las semillas contienen sustancias tóxicas que han sido usadas como insecticidas.

Pachyrhizus erosus se conoce en Mesoamérica desde las primeras culturas y era aparentemente de importancia entre los Mayas; su cultivo en épocas prehispánicas se extendió hasta Tamaulipas al norte y a El Salvador al sur. Hay jícamas silvestres desde el NE de México hasta Costa Rica. De México, después de la conquista, se llevó a Filipinas, de donde se expandió por Asia y Oceanía.

Las raíces varían considerablemente de forma y tamaño; las más corrientes tienen forma de trompo, con la base más o menos plana y el ápice obtuso; miden desde cinco hasta 20 cm de ancho. Conforme la raíz envejece y pierde humedad se vuelven fusiformes o irregulares. La corteza es delgada, amarillo paja a marrón. Como todos los órganos de reserva, las raíces de *P. erosus* son ricas en agua y carbohidratos; en esta especie hay además azúcares y proteínas. Al principio son más jugosas, se vuelven luego más secas y el jugo es menos claro. Se comen crudas, con limón o chile; en México han sido seleccionados cultivares por rendimiento y contenido de azúcar.

JÍCAMA, *Pachyrhizus tuberosus*

Pachyrhizus tuberosus parece ser nativo de la región occidental del Amazonas, donde se cultiva en forma esporádica. Se planta en los valles interandinos y en la costa de Ecuador, entre 0-1500 m.

Pachyrhizus tuberosus es una trepadora vigorosa, de follaje más abundante y oscuro que *P. erosus*, con tallos muy ramificados que llegan hasta seis metros de largo. Las hojas trifolioladas tienen el peciolo estriado e hirsuto, de 10 a 30 cm de largo, con estípelas agudas hasta de 10 mm de

longitud y pulvínulo grueso y pubescente. El foliolo central, rómbico, agudo o apiculado al ápice, mide de ocho a 28 cm de longitud; los laterales son marcadamente asimétricos. Las inflorescencias, por lo común una por axila, tienen el pedúnculo grueso y cilíndrico, de 10 a 25 cm de longitud y no difieren en tamaño y color de *P. erosus*. Las vainas, en cambio, son más grandes, de seis a 30 cm de largo por 1.5 a dos centímetros de ancho. Las semillas arriñonadas, casi redondas son también más grandes; miden de 10 a 15 mm de largo, con la testa negra, roja o manchada de blanco.

Las raíces engrosadas son de forma de trompo o irregulares, hasta de 30 cm de largo y 25 cm de ancho, succulentas y blancas, a veces con fibras de color magenta.

AHIPA, *Pachyrhizus ahipa*

Pachyrhizus ahipa se conoce sólo en cultivo; se planta en los valles andinos de Perú a Argentina, entre 1500-2500m. Se conocen muchos restos arqueológicos de la costa de Perú y de la sierra andina, algunos de los últimos de cerca de 10.000 años.

Es una planta baja, erecta o semierecta, hasta de 40 cm de alto, con hojas glabras o pilosas, con foliolos enteros o ligeramente dentados. Las flores en racimos hasta de 9 cm de largo, moradas o blancas, miden de 1.5-2 cm de longitud. Las vainas, con depresiones marcadas entre las semillas, miden de 9-17 cm de largo. Las semillas redondas, arriñonadas, son de color negro uniforme o con manchas blancas.

Las raíces fusiformes, tuberosas, de 10-15 cm de largo, son de superficie amarilla o blancuzca. La pulpa blanca, ligeramente azucarada, se come cruda después de ser asoleada por 2-3 días, o cocinada.

GIRIGORI, JÍCAMA AFRICANA, *Sphenostylis stenocarpa*

Originaria de Africa Occidental y Oriental, se le cultiva principalmente por las raíces tubero-

sas y fusiformes, de cinco a ocho centímetros de largo, de pulpa blanca, con 11 a 15% de proteína en peso seco. Es una trepadora de hojas lanceoladas a ovadas, con inflorescencias axilares y racemosas, de flores rosadas, purpúreas o verdosas, según la variedad (Fig. 18.12).

Las vainas angostas y planas miden hasta 30 cm de largo. Las semillas comestibles, elipsoidales, lisas y brillantes, contienen cantidades altas de lisina, metionina y cistina; requieren varias horas de remojo antes de cocinarlas.

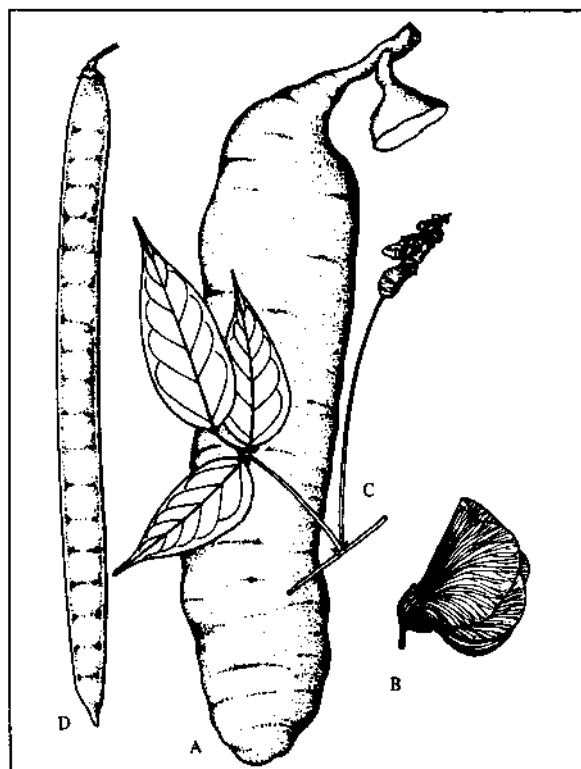


Fig. 18.12. *Sphenostylis stenocarpa*. A, tubérculo. B, rama con hoja y flor. C, flor. D, vaina.

SOPHLONG, *Flemingia vestita* (*Moghania vestita*)

Se cultiva en las regiones montañosas de Asam, India, por las raíces tuberosas, amarillas, de 3-6 cm de largo, de sabor agradable, jugosas y

azucaradas. La planta es una trepadora de hojas trifolioladas y flores rojo-purpúreas.

LENTEJA DE TIERRA, *Macrotyloma geocarpum* (*Kerstingiella geocarpa*)

Cultivada en Africa Occidental para utilizar las semillas, que se consumen como el maní o la banbara. *M. geocarpum* (Fig. 18.13) es una hierba baja hasta de 10 cm de alto, con rizomas de los que brotan hojas trifolioladas. Las flores verduzcas, con el ápice del estandarte morado, crecen a nivel de tierra, solitarias o en pares. Una vez fecundadas se dobla el pistilo y penetra en la tierra, formando un carpóforo, que se alarga por un meristema intercalar. La legumbre subterránea indehisciente, de 1.5 a dos centímetros de largo por uno de ancho, contiene generalmente dos semillas, rara vez una o tres, de cerca de un centímetro de largo. Las semillas reniformes son

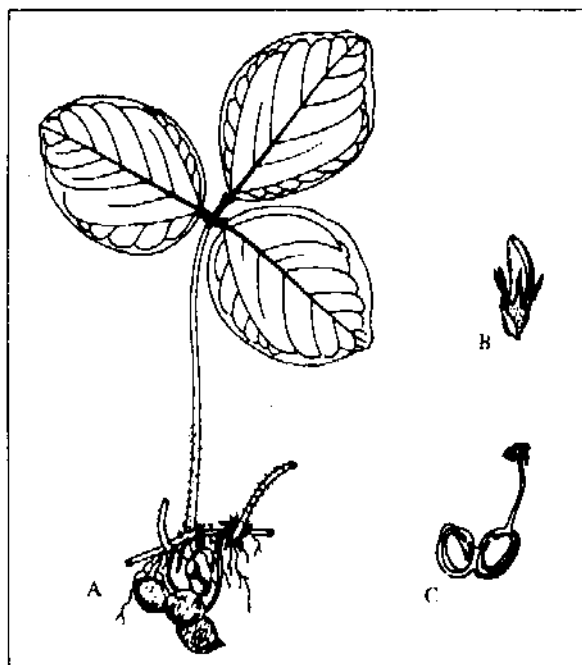


Fig. 18.13. *Macrotyloma geocarpum*. A, porte. B, flor. C, fruto.

blancas, café, rojas o negras, de sabor agradable y muy nutritivas.

HABA DE CABALLO, FEIJAO-ESPADA, *Canavalia ensiformis*

El género *Canavalia* incluye dos especies ampliamente cultivadas: *C. ensiformis*, de los trópi-

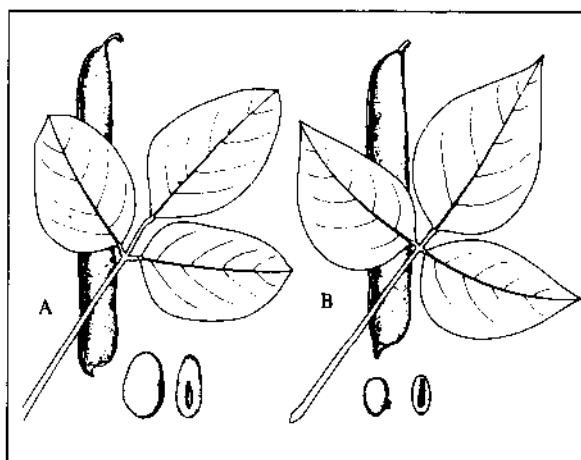


Fig. 18.14. A, *Canavalia ensiformis*. B, *Canavalia gladiata*.

cos americanos y *C. gladiata*, del Viejo Mundo, que se distinguen por el porte, color de las semillas y longitud del hilo. Ambas especies se utilizan, especialmente en Asia, por las vainas tiernas. Las semillas secas se consumen también pero la presencia de proteínas inhibitoras de crecimiento requiere que sean lavadas y cocinadas muy cuidadosamente antes de comerlas; en esta forma se utilizan muy poco en la alimentación humana o de ganado. Se ha investigado la posibilidad de usar las semillas de *Canavalia* en la producción de harina para reemplazar la soya que se utiliza en la alimentación de aves.

Las especies de *Canavalia* se plantan también como abono verde, forrajeras y cultivo de cobertura.

Se conoce por restos arqueológicos que *Canavalia ensiformis* (Fig. 18.14A) era utilizada en el centro de México hace unos 2000 años. En esta especie las plantas son erectas, anuales o perennes, de tronco corto, grueso y ramificado, con ramas que alcanzan hasta tres metros de largo. Las hojas tienen tres folíolos grandes, ovados y coriáceos, de 10 a 15 cm de largo. Las inflorescencias en racimos axilares de pedúnculos largos y fuertes, llevan grupos de dos a tres flores que salen de cojines redondos. El cáliz verde, grueso y bilobado, tiene el lobo superior entero o bipartido, doblado detrás del estandarte, y el inferior dividido en tres partes. En la corola el estandarte morado, con una mancha blanca en la base, forma ángulo recto con el resto de la flor; las alas cubren los lados de la quilla, constituida por dos pétalos que no están completamente soldados. Hay 10 estambres, nueve unidos y uno libre, de diferente longitud. El ovario es plano, recto y termina en un estilo ligeramente curvo. Las vainas planas, grandes y duras, alcanzan hasta 35 cm de largo y 3.5 cm de ancho. El borde ventral tiene cuatro rebordes bien marcados, dos que bordean la sutura por la que abre el fruto y dos más externos que forman las aristas. El lado opuesto o dorsal es más angosto y redondo. Hay de ocho a 20 semillas por vaina, aplanadas y de dos centímetros de largo, blancas, cuyo hilo de un centímetro de largo se extiende en menos de la mitad de la circunferencia de la semilla. Las semillas de esta especie contienen sustancias tóxicas.

Canavalia gladiata

Difiere de la anterior en el porte rastrero (Fig. 18.14B); hojuelas acuminadas; vainas de 40 cm de largo por cinco centímetros de ancho; semillas café rojizo; hilo que llega a un tercio de la circunferencia de la semilla. Se conoce sólo en cultivo y la especie silvestre más afín es *C. virosa*, de la cual se cultiva algunos tipos en África Oriental.

PALLAR DE LOS GENTILES, *Canavalia plagiosperma*

Se cultivaba extensamente en Perú en épocas prehistóricas, pero su cultivo prácticamente ha desaparecido. Puede ser una forma de *C. ensiformis*, de la que se distingue por las semillas castaño oscuro, uniforme o con manchas, con una línea rojiza alrededor del hilo.

La abundancia de restos arqueológicos de esta especie en la costa de Perú indica que su cultivo era importante. En menor grado, algo similar sucede con *C. ensiformis* en México. No es fácil explicar la utilización prehistórica, de *Canavalia*, por las dificultades de su preparación como alimento y por cultivarse al mismo tiempo otras leguminosas de grano más fáciles de utilizar.

FRIJOL TERCIOPELO, *Mucuna deeringiana* (*Stizolobium deeringianum*)

El frijol terciopelo es una de las leguminosa de cobertura más importante en los trópicos. Es una especie anual, de crecimiento rápido, cuyos tallos alcanzan hasta 20 m de largo. Las formas cultivadas son de follaje abundante y pueden cubrir completamente el suelo en pocas semanas. El sistema radical corto y ramificado crece con tanta rapidez como las partes aéreas. Los tres folíolos de las hojas son grandes, suaves, pubescentes especialmente en el lado inferior de las hojas y forman con los bejucos, en pocos meses, una capa de materia vegetal que puede incorporarse al suelo o dejarse como cobertura.

Las flores moradas, típicamente papilionadas, salen en racimos axilares cortos. La vaina es gruesa, con las suturas ventrales separadas, de 10 a 12 cm de largo, glabras o cubiertas de pelos finos. Las semillas, cinco o seis por vaina, esféricas o aplanadas, miden de uno a 1.5 cm de largo y su color varía de amarillo crema o marrón oscuro. La carúncula es blanca y levantada, y rodea a un hilo oscuro.

Por su adaptación amplia a climas permanentemente húmedos o de estaciones alternas y a gran variedad de suelos, así como por su cultivo simple, el frijol terciopelo puede contribuir eficazmente a mejorar los suelos tropicales. Se cultiva también como forrajera, solo o asociado con gramíneas.

BUCARE, PITO, *Erythrina* spp.

El género *Erythrina* (Fig. 18.15) se halla en los trópicos de ambos mundos y contiene numerosas especies utilizadas como árboles de sombra u ornamentales.

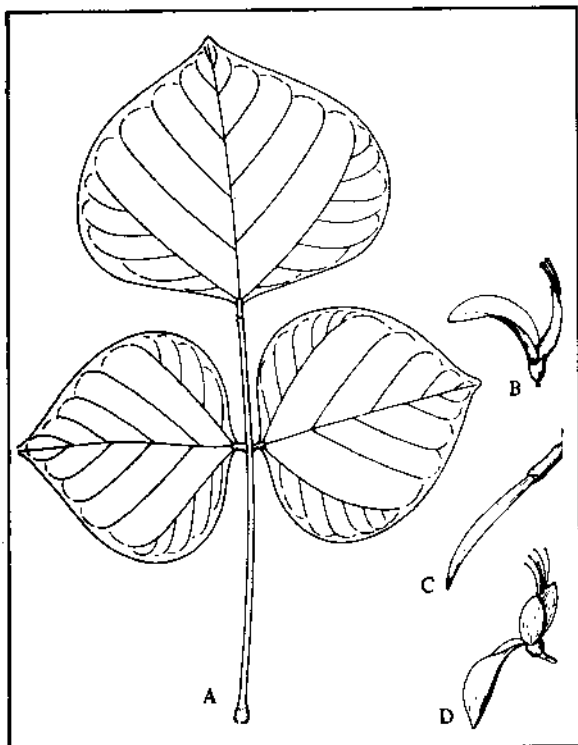


Fig. 18.15. *Erythrina berteroana*. A, hoja. C, flor. *E. poeppigiana*. B, flor. *E. fusca*. D, flor.

Para el sombrío de café y cacao se utilizan en América tropical *E. poeppigiana* y *E. fusca* (*E. glauca*), árboles muy altos, de hojas trifolioladas y flo-

res de corolas anchas, amarillas o anaranjadas. En las Antillas y Centroamérica se cultiva con este propósito también *E. berteroana*, un árbol bajo de flores rojo-brillante, con el estandarte muy angosto y largo. Esta especie se usa ocasionalmente como forrajera y sus flores se consumen como verdura.

E. edulis, de las tierras altas de los Andes, da frutos grandes, con semillas gruesas hasta de cuatro centímetros de largo, que se comen cocinadas.

Faseoleas forrajeras

La utilización de las Leguminosas como forrajeras es un desarrollo reciente en los trópicos. Aunque la mayoría de las especies utilizadas es originaria de los trópicos americanos, las bases científicas de su manejo se han desarrollado principalmente en Australia, e incluyen la selección de cultivares nuevos; inoculación con las bacterias apropiadas; nutrición mineral, especialmente la aplicación de elementos menores; evaluación de la competencia con gramíneas y malezas; uso en pastoreo intensivo o corte para ensilaje; escarificación de semillas; palatabilidad; valor alimenticio y producción comercial de semilla seleccionada.

Puede decirse que estos estudios han conducido a la domesticación de especies que, creciendo completamente silvestres, han sido sometidas a una tecnología científica avanzada; como es de esperar en estos casos, especies y cultivares se evalúan y a menudo se descartan en pocos años. Las principales Faseoleas (Fig. 18.16) utilizadas como forrajeras son:

CALOPO, *Calopogonium mucunoides*

De América tropical, trepadora perenne (Fig. 18.16A) de tallos cilíndricos y pubescentes, tiene hojas ovadas con pelos en las dos caras; flores azules con una mancha verdosa al centro y

vainas lineares de dos a cuatro centímetros cubiertas de pubescencia amarilla. Produce buena cantidad de forraje, compite con malezas, es de baja palatabilidad y no resiste bien la sequía.

CENTRO, JETIRANA, *Centrosema pubescens*

De América tropical, es una trepadora perenne y vigorosa (Fig. 18.16B), de follaje denso; tallos cilíndricos con poca pubescencia; hojas oscuras, con pelos escasos en ambas caras; flores grandes; vistosas y moradas; el estandarte con una área más clara al centro y franjas morado-oscuro; legumbre linear, lisa. Da buen rendimiento en follaje, resiste bien la sequía, requiere inoculación, baja resistencia al pastoreo.

LOTOTONIS, *Lototonis bainesii*

De los trópicos y subtrópicos de Africa (Fig. 18.16D), se siembra en Brasil y otras áreas tropicales; hierba estolonífera de follaje liso, con hojas que salen de los nudos; flores en racimos, amarillas, vainas cortas uno a 1.5 cm; es muy palatable y resistente al pastoreo, pero de rendimiento bajo y requiere inoculación.

SIRATRO, *Macroptilium atropurpureum*

Fue desarrollado en Australia del cruce de dos líneas mexicanas de *Macroptilium atropurpureum* (Fig. 18.16E). Perenne, trepadora, con sistema radical bien desarrollado que le permite so-

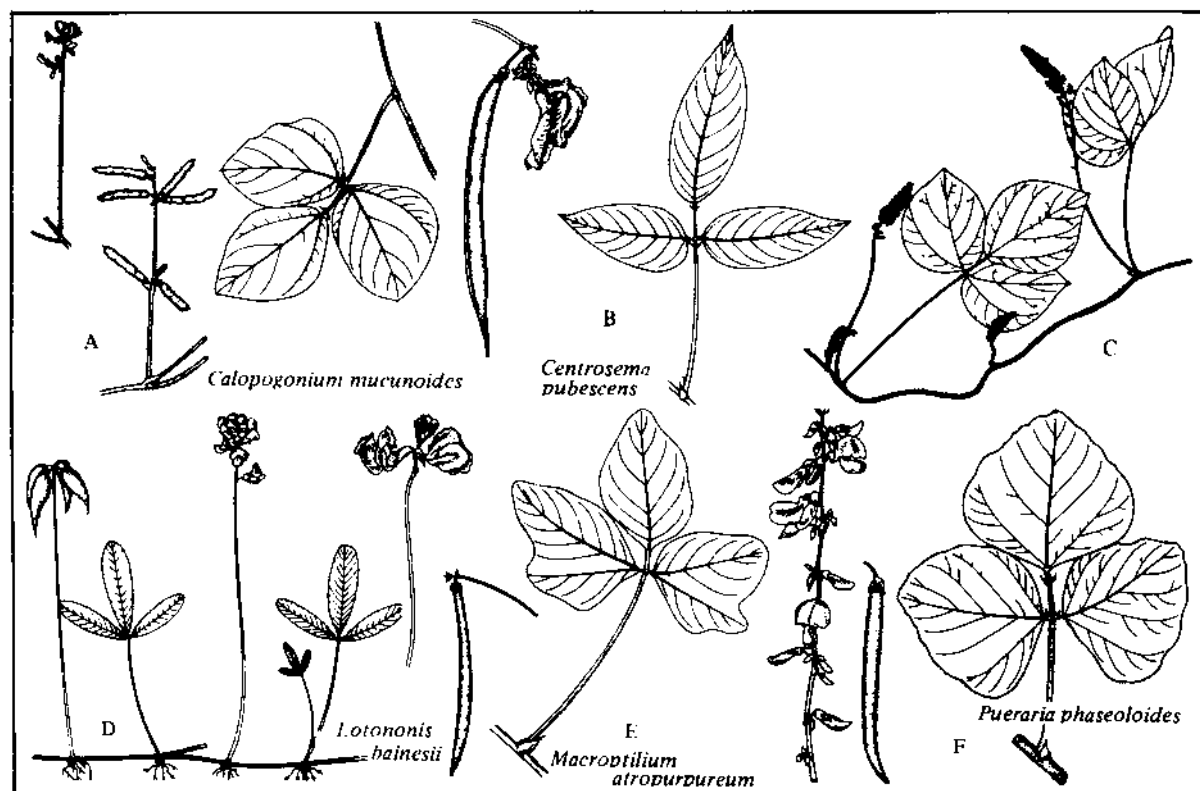


Fig. 18.16. A, *Calopogonium mucunoides*. B, *Centrosema pubescens*. C, *Neonotonia wightii*. D, *Lototonis bainesii*. E, *Macroptilium atropurpureum*. F, *Pueraria phaseoloides*.

portar sequías prolongadas; follaje compacto, hojuelas trifolioladas, algo pubescentes en la cara superior, muy pubescentes en la inferior, verde oscuras, inflorescencia en racimo con seis a 12 flores, púrpura oscuro con una área rojiza en la base de los pétalos; legumbre recta, de cinco a nueve centímetros de largo, se abre en la madurez soltando semillas ovoideas, aplanadas, café o negras; se cultiva sola o en mezclas con gramíneas, muy resistente y palatable.

SOYA PERENNE, *Neonotonia wightii* (*Glycine javanica*, *G. wightii*)

Especie africana, perenne, trepadora (Fig. 18.16C), follaje piloso, flores blancas o moradas; vainas cortas, de 1-4 cm de largo, rectas o curvas, pilosas. De buena digestibilidad, palatable, combina bien con gramíneas y compite con las malezas; es, sin embargo de desarrollo lento y susceptible al ataque de insectos.

KUDZU TROPICAL, *Pueraria phaseoloides* (*P. javanica*)

De los trópicos del sureste de Asia (Fig. 18.16F), perenne, con raíces tuberosas, tallos cilíndricos hasta de seis metros de largo; hojuelas grandes, suaves y delgadas, con pubescencia fina y escasa; flores en racimos, purpúreas; vainas rectas de siete a ocho centímetros, semillas café oscuro, de tres milímetros de largo. Se cultiva asociada con gramíneas, es de alta palatabilidad pero difícil de establecer y de baja resistencia al pastoreo.

Tribu b) Hedisareas

MANÍ, CACAHUATE, AMENDOIM, *Arachis hypogaea*

El maní ha llegado a ser en los últimos 50 años una de las oleaginosas más importantes debido a la expansión de su cultivo en regiones

subtropicales de Estados Unidos, Asia y en los trópicos africanos. La expansión futura del maní va a depender en gran parte de la producción de otras oleaginosas, especialmente de la palma africana y la soya. Hay sin embargo una utilización tradicional, el consumo como nuez, que por su valor energético y riqueza en proteínas tiene una importancia especial en los trópicos.

Origen y dispersión. Actualmente se cree que el maní proviene del cruzamiento de dos especies diploides de *Arachis*, *A. batizocoi* y *A. duranensis*, que formaron un alotetraploide, *A. monticola*, la única especie silvestre que es tetraploide, $2n: 40$, como el maní, con el que se puede cruzar, y de la cual se domesticó el maní. El centro de origen del maní estaría en el sur de Bolivia y el noroeste de Argentina. De esta área se extendió en dos direcciones: hacia el oeste, atravesando los Andes, llegó a Perú donde ya se cultivaba en las culturas formativas hace unos 2500 años. El maní que se halla en las tumbas peruanas tiene una protuberancia aguda cerca de la base, que sólo se encuentra actualmente en ciertos cultivares de China. Esto dio base a una idea, ya descartada, de un posible contacto precolombino entre estas dos regiones. La segunda expansión, hacia el norte, abarcó hasta las Antillas, donde los españoles lo vieron por primera vez y adoptaron el nombre de maní, y a Centroamérica y México, donde se le daba el nombre nahuatl de "cacahuatl", que significa "cacao de tierra". Restos arqueológicos encontrados en México datan de unos 100 a C.

La introducción a África se hizo después de 1500, cuando los portugueses dominaban ambas costas del Atlántico, y por su expansión rápida y aceptación inmediata por los africanos se le creyó originario de este continente. Los portugueses lo llevaron a India, de donde se expandió por el resto de Asia, y los españoles a Filipinas, procedente de México.

Porte y ramificación. El eje central que se desarrolla del hipocotilo emite dos ramas cotiledonares y tres a cuatro ramas primarias. En el maní hay dos normas de ramificación que, como se verá más adelante, sirven para distinguir los gru-

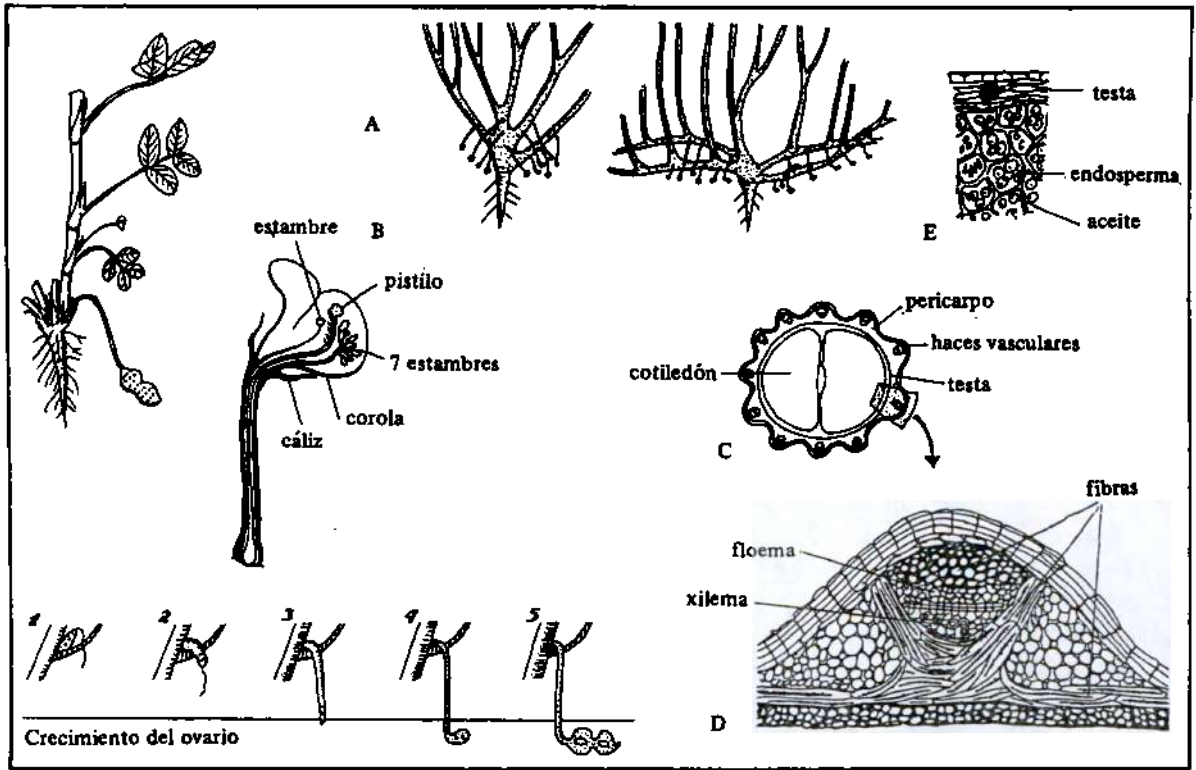


Fig. 18.17. *Arachis hypogaea*. A, tipos de ramificación. B, flor. C, corte transversal del fruto. D, corte transversal del pericarpio. E, corte parcial de la semilla.

pos infraespecíficos (Fig. 18.17A). En la primera, alterna, el eje central no forma ramas floríferas; las cinco o seis ramas primarias producen por lo general en la base dos ramas secundarias vegetativas y luego dos floríferas, seguidas por otras dos vegetativas, y así sucesivamente hasta terminar en una serie de ramas estériles. Si de una rama secundaria se forma una terciaria, en ésta se repite la norma de alternarse ejes vegetativos y reproductivos.

En la segunda norma, secuencial, el eje central lleva en sus nudos superiores algunas ramas floríferas; las ramas primarias no emiten ramas secundarias o sólo muy pocas veces, pero forman en los nudos inferiores ramas floríferas y en los superiores vegetativas. Estas dos ramas se alternan a veces cuando aborta una rama vegetativa o florífera. La ramificación alterna determina

un porte prostrado o intermedio; la secuencial, arbustivo y compacto.

El tallo del maní es angular o cilíndrico, con entrenudos marcados por la inserción de las ramas y hojas, verde o con antocianina, liso o pubescente según el cultivar.

Sistema radical. En una planta adulta hay una raíz central que alcanza de 30 a 60 cm de largo y cuatro o más raíces principales, que crecen primero paralelamente a la superficie del suelo y que luego penetran profundamente, a menudo hasta 50 cm. Se ramifican mucho, lo que resulta en un alto número de raicillas absorbentes que al principio son más numerosas cerca de la superficie, pero conforme avanza la edad de la planta son más activas a niveles más profundos; en todas ellas hay muchos nódulos.

Hojas. Las hojas alternas aparecen en filotaxia de 2/5. En la parte superior de una ramilla se encuentra hojas normales, constituidas por un pecíolo acanalado en cuya base hay soldadas dos estipulas muy agudas, y de dos pares de folíolos, elípticos a abovados, mucronados en el ápice, verdes y de tono variable según el cultivar; en ciertos casos hay cinco, tres y a veces sólo un folíolo. Las hojas inferiores van siendo menores en tamaño y número de folíolos y en los nudos basales se transforman en catáfilos.

Flores. Las inflorescencias salen en ramillas de las axilas de las hojas o catófilos. Son espigas con tres a seis flores, con dos brácteas enteras o bifurcadas, en la base de cada flor. El eje floral es corto, crece en zigzag y normalmente termina en una flor; en casos raros tiene al final una yema vegetativa que produce nuevas hojas y flores.

La flor (Fig. 18.17B) es sésil. El cáliz se une al hipantio formando un cuerpo cilíndrico de unos dos centímetros de largo, con el ovario al fondo. En su parte superior el cáliz se divide en cinco sépalos, los cuatro superiores unidos y formando el soporte del estandarte; el quinto inferior, lineal, colocado debajo de la quilla. Los pétalos y estambres están soldados en la base. El estandarte amarillo tiene una base ancha; las alas y la quilla son muy delgadas. Los estambres forman un tubo en la parte inferior en ángulo recto con el hipantio y luego se dividen en 10 filamentos que se curvan de nuevo en ángulo recto hacia el estandarte. Ocho de los estambres son funcionales; cuatro de ellos tienen anteras esféricas y uniloculares, mientras que los otros cuatro más largos y de anteras oblongas, uno unilocular y tres biloculares, crecen opuestos a los pétalos. El gineceo está constituido por un ovario unilocular, hasta con cinco óvulos; el estilo largo y filiforme pasa por el hipantio, se dobla en ángulo recto al entrar en el tubo estaminal, y en la región donde se dividen los estambres se dobla de nuevo en ángulo agudo terminando en un estigma cónico, de posición superior a las anteras.

Biología floral. Las primeras flores aparecen normalmente un mes después de la siembra. Su número aumenta gradualmente al principio, lue-

go más intensamente hasta alcanzar el máximo entre el segundo y tercer mes, para disminuir después.

El aspecto más interesante de la biología floral del maní es la elongación rápida de la flor antes de la antesis. El día anterior a ésta el botón floral no mide más de 10 mm; crece algo durante ese día pero es por la noche cuando su crecimiento se acelera hasta llegar a medir el día de la floración entre cinco y siete centímetros de largo. Las anteras oblongas se abren antes o inmediatamente después de la apertura de los pétalos, mientras que los estambres de anteras esféricas alargan sus filamentos hasta alcanzar el mismo tamaño de los otros, antes de soitar el polen. El mecanismo descrito indica que las flores son autotérfiles; en algunos casos la corola no se abre, como sucede en las flores subterráneas.

Desarrollo del fruto. El desarrollo subterráneo de los frutos del maní, que ya había llamado la atención de los primeros naturalistas, no fue explicado satisfactoriamente sino hasta hace pocos años. En las flores situadas en la parte inferior de la planta, hasta una altura de unos 15 cm del suelo, el ovario fecundado, y no un ginóforo como se creía antes, se alarga por la actividad de un meristema situado en la base. Crece primero unos dos centímetros hacia arriba y luego se dobla hacia el suelo. Forma entonces un bastoncito blanco o rosado, en cuyo ápice están colocados los óvulos; al llegar a tierra penetra de dos a ocho centímetros en el suelo y luego se dobla en ángulo recto (Fig. 18.17). Se inicia entonces la formación del fruto, engrosándose en la base y desarrollándose primero la semilla basal, luego la inmediata, que se separa por una constricción y en ciertos casos una tercera semilla. Los bastoncitos de flores situadas a más de 15 cm de altura crecen pero no alcanzan el suelo, se marchitan y desprenden.

La estructura interna del bastoncito muestra primero una epidermis con pelos finos, luego tejidos corticales en que hay una zona de periderma; la endodermis, limita el cilindro central, formado por 10 a 14 haces vasculares separados, cuyo floema contiene bandas de fibras.

Fruto. El fruto del maní es una cápsula indehiscente. Sin embargo, existe una superficie clara de dehiscencia, lo que se prueba al aplicar presión sobre ciertas líneas de la superficie del fruto. La cápsula está recorrida longitudinalmente por costillas o prominencias redondeadas que se unen entre sí por ramificaciones, dejando entre ellas áreas hundidas. En el fruto joven el epicarpo (Fig. 18.17C, D) se compone de unas cinco capas de células alargadas en sentido tangencial, de paredes muy finas que en el fruto maduro se aplanan por completo. El mesocarpo presenta una estructura distinta; hay una capa espesa de fibras que forman el centro de la cáscara del fruto, y de ella salen prolongaciones bifurcadas, entre cuyos brazos se hallan los haces vasculares. Estas prolongaciones constituyen las costillas longitudinales del fruto, unidas entre sí por tabiques transversales. Los haces vasculares se forman de bandas de xilema y floema, con una capa fibrosa externa muy desarrollada. El endocarpo está constituido por capas de células finas que componen la cara interna del fruto, lisa y brillante. En el fruto maduro el epicarpo y el endocarpo se reducen considerablemente quedando sólo el mesocarpo que forma la cáscara seca del maní.

Semilla. El número y tamaño de las semillas es una característica varietal. Hay de dos a seis semillas por fruto y sólo anormalmente una. Las semillas llenan al principio el interior de la cápsula, están separadas por constricciones de ésta y en el lado en que se aproximan tienen la superficie plana e inclinada.

La película que cubre la semilla, muy delgada, rojo oscuro o crema según el cultivar, se forma de la testa y de una capa de endosperma; está recorrida por líneas longitudinales que son las ramificaciones de la rafe. La epidermis se compone de células de paredes gruesas, interrumpidas por estomas. Los cotiledones están constituidos por parénquima, cuyas células contienen granos de almidón, aleurona y glóbulos de aceite.

El valor nutritivo de la semilla del maní está tanto en las proteínas, 25-30 % del peso, como en la grasa, que constituye del 45-50 %.

Variabilidad. La tendencia actual divide los cultivares de maní en dos subespecies: a) *hypogaea*, ramificación alterna; porte erecto o prostrado, inflorescencias sencillas, nunca en el eje central; dos a cuatro semillas por fruto, generalmente dos; testa comúnmente café, pero hay cultivares de testa roja, blanca o púrpura; follaje oscuro; latencia en las semillas. Pertenecen a este grupo: 'Virginia', 'Matevere', 'Georgia', 'Nambiquare', otros. b) *fastigiata*, ramificación secuencial; porte erecto, inflorescencias en el eje central; testa rojiza; follaje más claro; no hay latencia en las semillas. Cultivares: 'Valencia', 'Español', 'Manyema', y otros.

Hedisareas forrajeras (Fig. 18.18)

Varias Hedisareas de los géneros *Arachis*, *Desmodium* y *Stylosanthes* se utilizan como forrajeras. Su domesticación es reciente, y se trabaja en su mejoramiento genético, selección y manejo agronómico; se ha logrado ya establecer cultivares comerciales de algunas especies en Australia y Florida.

MANÍ FORRAJERO, *Arachis glabrata*

Arachis glabrata es una especie tetraploide, que crece desde Uruguay y Argentina hasta el noreste de Brasil. Tiene una raíz central, de la cual salen tallos rastreros, sólidos, con estípulas cortas y hojas con dos pares de folíolos glabros, ovados a elípticos, de 0.5-3 cm de largo. Las flores amarillas o anaranjadas, tienen el tubo del receptáculo muy fino y largo, hasta de 10 cm de longitud. En Florida se han seleccionado cultivares comerciales, destinados especialmente a la producción de heno.

MANÍ RASTRERO, *Arachis pintoi*

Un clon de esta especie diploide, originaria del noreste de Brasil, se ha expandido ampliamente por todos los trópicos en las últimas déca-

das. En áreas húmedas compite con éxito con gramíneas y se planta además como cultivo de cobertura y ornamental. Es una planta rastrera, con rizomas huecos, que enraizan profusamente en los nudos y que tienen estípulas largas y hojas con dos pares de folíolos obovados a elípticos, con pubescencia espaciada, de cerca de 2 cm de largo. Las flores amarillas tienen el tubo del receptáculo muy delgado, hasta de 10 cm de largo. Se propaga vegetativamente por siembra de estolones. Cultivares comerciales se han registrado en Colombia y Australia.

PEGA-PEGA, *Desmodium intortum*

De los trópicos americanos; perenne, trepador, de tallos cilíndricos y pubescentes; hojas con manchas café o rojizas en la cara superior; flores en racimos compactos, lila o rosadas; frutos en lomentos angostos, pegajosos; requiere de buena humedad para crecer y se asocia bien con gramí-

neas, poca resistencia a pastoreo, baja digestibilidad (Fig. 18.18A).

PEGA-PEGA, *Desmodium uncinatum*

De los trópicos americanos; perenne, trepador y de tallos cilíndricos o angulares cubiertos de pubescencia densa y pegajosa; hojas con folíolos verde oscuros que en la cara superior tienen una mancha clara, plateada, a lo largo del nervio central; flores grandes, rosadas al abrirse, azuladas después; lomento con cuatro a ocho segmentos, cubiertos con pelos curvos que los adhieren fácilmente (Fig. 18.18B). Crece rápido y combina bien con gramíneas; la digestibilidad es baja y el ganado tiene que acostumbrarse a comerlo. Otras especies de menor importancia son *D. heterophyllum*, de Nueva Guinea; *D. canum*, de América tropical; *D. heterocarpon* (*D. ovalifolium*), trópicos de Asia y África; *D. sandwicense*, de América tropical.

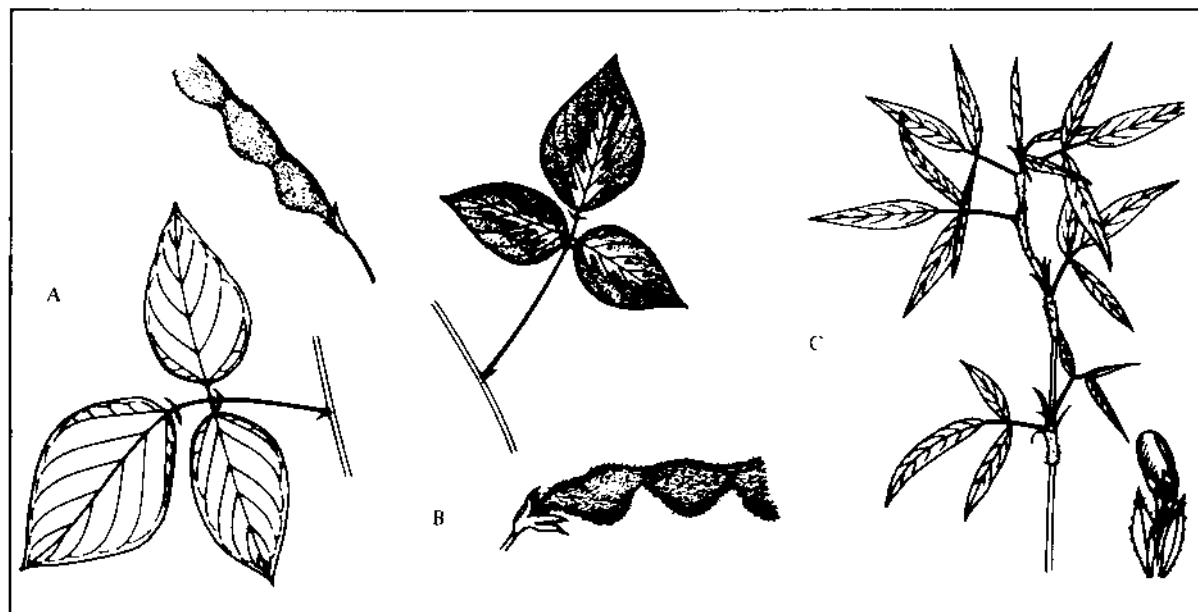


Fig. 18.18. A, *Desmodium intortum*. B, *Desmodium uncinatum*. C, *Stylosanthes guianensis*.

ESTILO, MELADINHO, *Stylosanthes guianensis* (*S. gracilis*)

De los trópicos americanos (Fig. 18.18C); perenne, de crecimiento erecto, tallos pilosos, hojuelas angostas y punteadas, algo succulentas, lisas o pilosas; flores en racimos densos, amarillas; lomento con una sola semilla, piloso, con ápice corto. Se ha seleccionado varios cultivares en Australia; es adaptable a suelos pobres y resistente a la sequía aunque no al pastoreo intensivo; bajo contenido proteico.

ESTILO, ALFALFA DE TOWNSVILLE, *Stylosanthes humilis*

De los trópicos americanos; hierba anual, erecta o postrada, con tallos hasta de un metro de largo; hojuelas muy angostas; flores amarillas en racimos terminales y compactos; lomento con una semilla, con ápice prolongado en un gancho largo. En Australia se ha seleccionado varios cultivares de importancia comercial; se le aprecia por su adaptabilidad a suelos pobres y por sembrarse naturalmente, aunque el rendimiento es bajo.

Otras especies cultivadas son: *Stylosanthes hamata*, de la región caribe, seleccionado en Australia, semierecta y muy ramificada, con lomento de dos semillas; *S. fruticosa*, de Africa y Asia; *S. montevidensis*, de la región templada de Suramérica. En la tribu de las Hedisareas se utiliza también como forrajeras *Aeschynomene falcata*, *Alysicarpus vaginalis*, *Arachis glabrata* y *A. monticola*.

Tribu c) Genisteas

FRIJOL ALADO, SEGADILLA, *Psophocarpus tetragonolobus*

La segadilla o frijol alado (Fig. 18.19) ha recibido recientemente mucha atención porque el

contenido de proteínas y aceites en las semillas secas es comparable a la soya. Considerada por algunos como la "soya de los trópicos", su cultivo no se ha extendido por las dificultades que presenta la recolección de las semillas y los problemas de aceptación como alimento. El uso tradicional en los trópicos del Viejo Mundo es el consumo de las raíces tuberosas, algo azucaradas; en menor escala, de los frutos tiernos, que se comen cocidos, y de las semillas secas que se tuestan o cocinan antes de comerlas; éstas requieren largo tiempo de cocción y el sabor no es tan agradable como el de otras leguminosas. En las vainas tiernas el valor proteínico es comparable al de los frijoles corrientes.

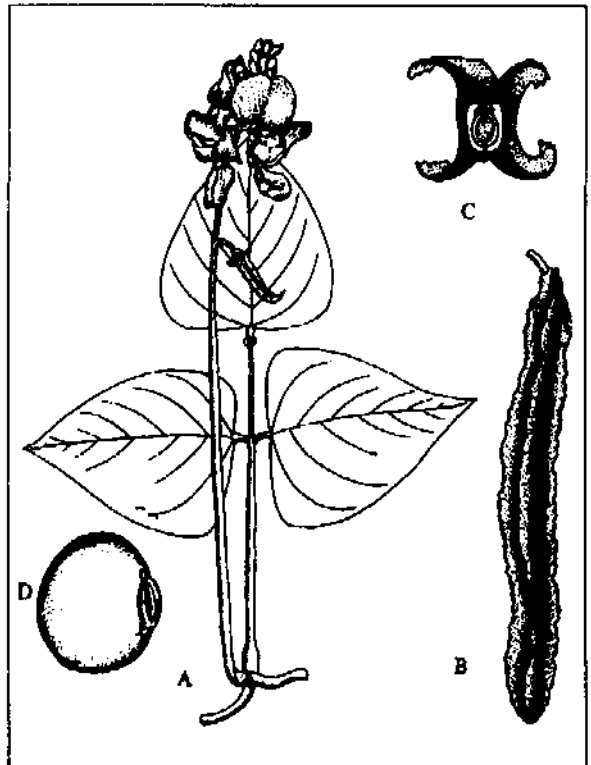


Fig. 18.19. *Psophocarpus tetragonolobus*. A, porte. B, fruto. C, corte transversal del fruto. D, semilla.

La mayor diversidad varietal de *Psophocarpus tetragonolobus* está localizada en el sureste de Asia y especialmente en Nueva Guinea. Otras

especies del género son africanas, y una de ellas, *P. palustris*, se consume en Africa Occidental, especialmente en tiempos de hambruna.

Psophocarpus tetragonolobus es una planta perenne o anual, de tallos trepadores de varios metros de longitud, con la parte subterránea en forma de raíz tuberosa, fusiforme. Las hojas trifolioladas, de pecíolos largos, tienen hojuelas ovales de ocho a 12 cm de largo por cuatro a 10 cm de ancho, con el ápice muy agudo. Las flores se agrupan en racimos al final de pedúnculos largos. La corola es blanca, azulada o purpúrea. Las vainas rectas, carnosas y verdes, miden de seis a 40 cm de largo por dos a cuatro de ancho.

Lo más característico en ellas son las cuatro alas longitudinales, prominentes y onduladas, de bordes recortados, que corresponden a las cuatro esquinas de la legumbre. Las semillas esféricas, de color castaño oscuro hasta blanco, están envueltas por la pulpa de la vaina.

CROTALARIAS, *Crotalaria* spp.

El género *Crotalaria*, nativo de los trópicos de ambos hemisferios, incluye especies utilizadas como abono verde, y una especie de India, *C. juncea*, por la fibra de los tallos. Son arbustos o hierbas, anuales o perennes, de hojas trifolioladas y flores amarillas en racimos largos. El fruto, que es una cápsula inflada, suena en la madurez como un crótalo, cuando las semillas están secas y sueltas.

Para abono verde se utilizan *C. micans*, *C. spectabilis*, *C. retusa*, *C. alata*, *C. paulina* y otras especies arbustivas de sistema radical profundo y follaje abundante que da una cobertura gruesa al suelo. Se ha intentado utilizarlas como forrajeras pero sustancias tóxicas en semillas y hojas causan envenenamiento en el ganado; en algunos lugares de Centroamérica se come las flores y hojas de *Crotalaria longirostrata*, cultivada con ese propósito.

Tribu d) Dalbergeas

BARBASCOS, CUBE, DERRIS, *Derris elliptica*

Se conoce varios géneros de Leguminosas que contienen en las raíces sustancias insecticidas. Los más importantes son *Lonchocarpus*, originario de América y *Derris* de Asia. Estos dos géneros son muy afines y, según algunos autores, inseparables; la tendencia actual es a considerarlos como géneros diferentes; dentro de ellos, el número de especies que contiene materias insecticidas es muy reducido. Las más importantes son en el primero, *Lonchocarpus nicou*, *L. utilis* y *L. urucu*; en el segundo, *Derris elliptica* y *D. malaccensis*.

El descubrimiento de las propiedades insecticidas de estas plantas se deriva de su uso más antiguo; para envenenar peces, por lo que en español se aplica a *Lonchocarpus* el nombre "barbasco", que es colectivo para todas aquellas plantas usadas como venenos en la pesca. Este uso primitivo fue descubierto independientemente en los trópicos asiáticos y americanos. Como en ambos géneros la producción de semillas es muy escasa, se propagaron vegetativamente, estableciendo siembras primitivas cerca de los ríos en que se le iba a usar. Así se pudo conservar numerosos clones que en las condiciones naturales habría sido difícil que sobrevivieran, pues estas especies no compiten con éxito en la selva del trópico.

En ambos casos sus propiedades insecticidas se descubrieron también en forma independiente; en *Derris* se conoce que su cultivo, o el mantenimiento de unas pocas plantas cerca de las habitaciones, estuvo asociado desde hace siglos con el cultivo de la pimienta en Malasia, pues se le emplea para combatir los insectos parásitos de ésta última. En Perú se utiliza tradicionalmente ciertas especies de *Lonchocarpus* para el control de parásitos en animales domésticos.



Fig. 18.20. *Derris elliptica*.

El uso moderno de la rotenona, nombre con que se conoce el insecticida obtenido de *Derris* y *Lonchocarpus*, se expandió en el cultivo de hortalizas, tabaco y otros, cuando se necesitó un producto tóxico a los insectos y nemátodos pero que no ofreciera peligro al hombre. Esto determinó que se estableciera en el sureste de Asia, África y América el cultivo de *Derris elliptica*, en menor

grado de algunos *Lonchocarpus*, y la explotación intensa de este último en los bosques del área amazónica.

Derris elliptica (Fig. 18.20) es una planta perenne, de tallos trepadores muy largos. Las hojas tienen de cuatro a seis pares de folíolos laterales y uno terminal. La forma de los folíolos varía en el ápice según el clon: en 'Sarawak creeping' por ejemplo, es acuminada; en 'Changi' es obtusa. Las flores aparecen en racimos axilares, el cáliz es cupular y verdoso, la corola purpúrea. Hay clones como 'Changi' que no se conoce si florecen; otros, aunque de florecencia abundante, no producen semillas.

La especie se propaga vegetativamente, sembrando estacas con o sin raíces, de leño maduro y de unos ocho milímetros de diámetro y 30 cm de largo. El sistema de raíces que se desarrolla en estas plantas es superficial y muy ramificado. Las raíces más ricas en rotenona son las más finas, cuyo diámetro varía entre uno y ocho milímetros.

TIMBO, CUBE, *Lonchocarpus nicou*

La identificación de *L. nicou*, *L. utilis* y *L. urucu* es muy difícil, pues florecen rara vez. Son lianas o arbustos trepadores de hojas pinnadas, con flores moradas en racimo densos. El fruto es una vaina aplanada, indehisciente, por lo común con una a dos semillas. Los *Lonchocarpus* se propagan vegetativamente sembrando estacas de uno a cuatro centímetros de diámetro, las que desarrollan unas pocas raíces superficiales y gruesas, que son las más ricas en rotenona. La planta es arrancada cuando tiene dos a tres años. Como en *Derris*, hay una variación muy amplia en el contenido de esa sustancia dentro de la misma especie. El centro de producción es la hoya amazónica, en el oriente de Perú y en los estados brasileños de Amazonas y Pará donde se obtiene la mayor parte de plantas silvestres.

TONKA, SARRAPIA, *Dipteryx odorata*

Árbol de la región norte de Suramérica y Trinidad, cuyas semillas contienen un aceite aromático, el aceite de tonka, utilizado en la manufactura de perfumes, como sustituto de vainilla y para aromatizar tabaco. La mayor parte del producto comercial aún proviene de árboles silvestres.

Dipteryx odorata (Fig. 18.21) es un árbol hasta de 20 m de altura, de hojas con tres pares de folíolos y flores pequeñas en racimos axilares. El fruto es una drupa elipsoidal, de 10 a 15 cm de largo, de cáscara dura. Cuando los frutos se recogen del árbol se dejan secar, se abren y las semillas se depositan en alcohol por varios días; al secarse aparecen en la superficie cristales finos de cumarina, sustancia que da el olor a la tonka. La elaboración de cumarina sintética ha ido desplazando el producto natural en las últimas décadas.

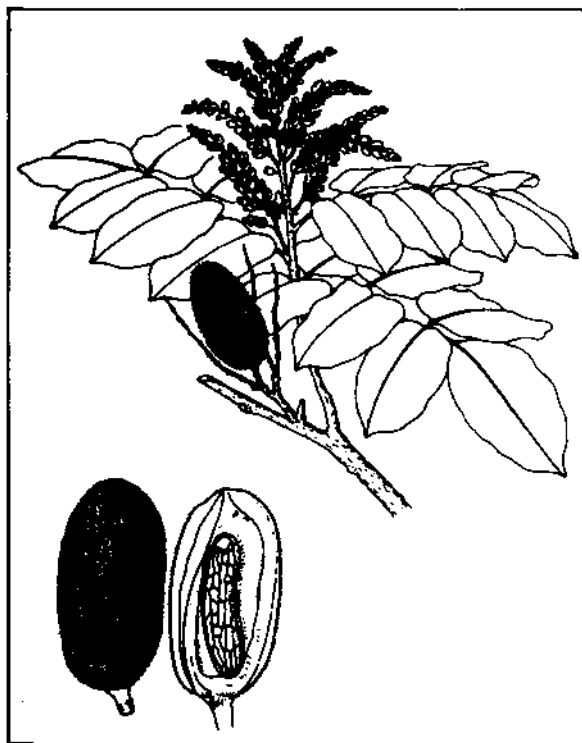


Fig. 18.21. *Dipteryx odorata*. Rama y fruto.

Tribu e) Galegeas

GUAR, *Cyamopsis tetragonoloba* (*C. psoraloides*)

El guar es posiblemente originario de África, donde crecen las otras especies de *Cyamopsis*, pero se domesticó en India, donde no se conoce en estado silvestre. Como hortaliza, por las vainas tiernas, se cultiva intensamente en India, y con ese propósito en mucho menos escala, en el SE de Asia y en África Oriental. En Estados Unidos, la producción intensiva se hace por la harina de las semillas, que contiene mucilagos de alta viscosidad, que se usan como estabilizadores en productos alimenticios (helados), en cosméticos, y en la industria de papel y telas.

Es una especie anual hasta de 1.2 m de alto, de sistema radical profundo, por lo que puede prosperar en áreas secas, y tallos erectos y ramificados. Las hojas tienen tres folíolos ovados, de margen dentado. Las flores pequeñas y rosadas, brotan en racimos compactos. Las vainas aparecen en grupos; son erectas y cilíndricas de ocho a 10 cm de largo, con rebordes longitudinales. Las semillas tienen la testa gris, blanca o negra, generalmente con manchas.

Se conoce numerosos cultivares y es posible que algunos de ellos se adapten a las condiciones de los trópicos.

ÍNDIGO, AÑIL, *Indigofera tinctoria*

Varias especies de *Indigofera* rastreras o arbustivas tuvieron gran importancia económica como productoras de añil, un tinte azul conocido desde la antigüedad. El tinte está concentrado en las hojas, que inmediatamente después de cortadas se sumergen en agua para lograr una fermentación rápida. El agua con el tinte disuelto se pasa a otro recipiente donde se somete a un proceso de aireación, el cual forma granos inso-

lubles del tinte; en un tercer recipiente el índigo se deja depositar al fondo y se decanta el agua. La introducción de tintes sintéticos al comercio, a fines del siglo anterior, terminó con la industria, que sólo en ciertas partes de India se mantiene aun en escala reducida.

Las especies cultivadas en Oriente, fueron primero, *I. tinctoria*, nativa, y luego *I. arrecta*, de origen africano. Después, dos especies americanas, cuya utilización se había descubierto independientemente en el Nuevo Mundo: *I. suffruticosa* e *I. guatemalensis*. Estas fueron desplazadas por *I. arrecta*, que era la más cultivada al terminarse la producción industrial. En el Nuevo Mundo se cultivaron las dos especies nativas ya mencionadas y se introdujo *I. tinctoria*; el cultivo del añil estuvo limitado a Mesoamérica y el norte de América del Sur.

Especies de crecimiento bajo y ramificación abundante, como los añiles rastreros, *I. endecaphylla*, forman una excelente cobertura del suelo. Han sido utilizados también como forrajeras, pero las semillas contienen principios venenosos y su uso para tal propósito ha disminuido recientemente.

TEFROSIA, *Tephrosia candida*

Plantas arbustivas, con hojas con folíolos numerosos, flores vistosas, blancas o violáceas; vainas grandes, pubescentes o lisas. Han sido utilizadas con dos propósitos: como barbasco para envenenar peces, pues las semillas y las raíces son muy venenosas, y como abono verde. Para el último fin se cultiva especies arbustivas hasta de dos metros de altura, originarias de los trópicos del Viejo Mundo: *T. candida*, de flores blancas y grandes; *T. purpurea*, de flores moradas; *T. vogelii*, de flores blancas y pequeñas. Son plantas que duran de dos a tres años, de raíces profundas, que pueden ser podadas varias veces, pues retoñan vigorosamente. Crecen en suelos

pobres y pueden utilizarse también como sombra temporal.

Tribu f) Cadieas

NUEZ DE TAHITÍ, *Inocarpus fagifer* (*I. edulis*)

Arbol de Polinesia cuyas semillas grandes, aplanadas, de cerca de cinco centímetros de diámetro, se comen cocinadas o asadas cuando aún no están maduras.

Esta especie (Fig. 18.22) tiene características muy diferentes de las otras Leguminosas. Las hojas son simples, lo cual es muy raro en esta familia, grandes y lustrosas. Las flores crecen en

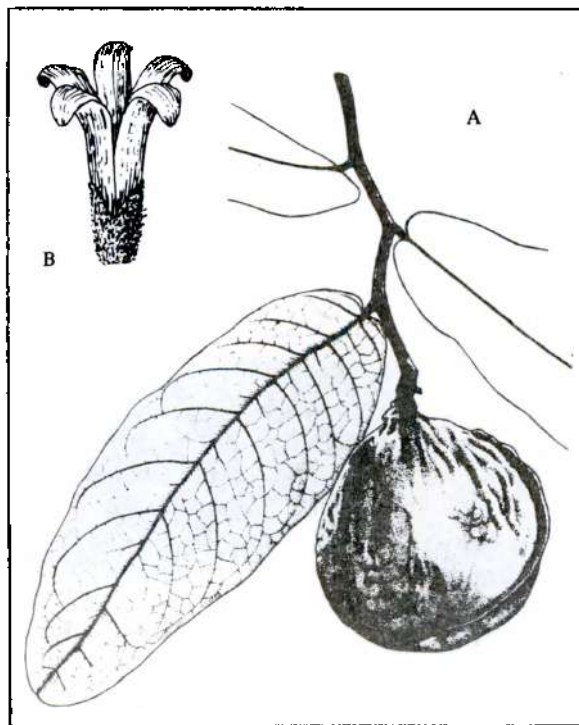


Fig. 18.22. *Inocarpus fagifer*. A, rama con hojas y fruto. B, flor.

racimos axilares; el cáliz es bipartido y la corola regular, no papilionada, con cinco pétalos blancuzcos iguales. El fruto es una nuez aplanada, amarilla en la madurez, de ocho a 10 cm de diámetro, con el pericarpio leñoso; contiene una sola semilla.

CESALPINIÁCEAS

TAMARINDO, *Tamarindus indica*

El cultivo del tamarindo se extendió de África, de donde es originario, a Asia en tiempos prehistóricos; en India ha alcanzado su mayor desarrollo. A América fue introducido en el siglo XVI y las plantas americanas difieren en ciertos caracteres de las asiáticas. Su uso principal en los trópicos americanos es la preparación de refrescos.

El tamarindo (Fig. 18.23) es un árbol de copa hemisférica, que alcanza hasta 25 m de altura. Las hojas bipinnadas tienen de 12 a 14 pares de folíolos. Las flores salen de ramillas cortas, en las ramas adultas; el cáliz se compone de cuatro sépalos; la corola de cinco pétalos, tres grandes y amarillos con venas rojas y dos menores y más angostas. Hay tres estambres unidos por la base. El ovario es alargado y termina en un estilo curvo; la vaina aplanada y recta en el dorso, ondulada en el lado ventral, mide de cinco a 12 cm de longitud, con dos a seis semillas en los árboles americanos. En India hay cultivares con frutos hasta de 20 cm de largo y una docena de semillas. La legumbre tiene cinco a seis suturas longitudinales y es de superficie lisa o escabrosa. El pericarpio es delgado y duro; se compone de una capa de células corchosas y otra de esclerenquima, un tejido fuerte que le da sostén. El mesocarpio o pulpa, utilizado especialmente para refrescos, es en el fruto maduro una masa de parénquima con pocas fibras y haces vasculares. La pulpa del tamarindo es una de las sustancias orgánicas más ácidas, tiene de ocho a 12% de áci-

do tartárico; contiene además de 30 a 40% de azúcares, tres por ciento de proteína y cantidades apreciables de vitamina B, hierro y calcio.

Las semillas, tostadas o hervidas, son comestibles una vez removida la testa.

COURBARIL, GUAPINOL, *Hymenaea courbaril*

Esta especie de los trópicos americanos es un árbol bajo y muy ramificado, de hermoso follaje. Las hojas tienen sólo un par de folíolos asimétricos, de cinco a 10 cm de largo. Las flores purpúreas aparecen en panículas terminales. El fruto oblongo y aplanado, de ocho a 10 cm de largo por tres a cuatro centímetros de ancho, es de pericarpio duro como madera. El mesocarpio es muy delgado y suave; en la madurez forma un polvo fino y amarillento, de olor peculiar, que rodea las semillas y el lado interno de las valvas.



Fig. 18.23. *Tamarindus indica*.

Esta sustancia es posiblemente el alimento más nutritivo conocido en los trópicos, aunque por su aspecto y olor es poco atrayente.

MIMOSÁCEAS

GUAMOS, *Inga* spp.

Los *Inga* son árboles de hojas pinnadas, flores en cabezuelas o espigas, con cáliz y corola tubulares dividido al ápice en cinco partes, numerosos estambres y pistilo simple. El fruto es una vaina indehisciente, con semillas grandes cubiertas por una sarcotesta succulenta, blanca y azucarada.

El uso de varias especies de *Inga* como sombra de café y cacao se ha extendido por todos los países intertropicales de América. Los árboles de *Inga* se plantan en filas en los cafetales o cacaotales; se poda su follaje, de modo que no compitan por agua durante la estación seca con los cultivos que sombrean y para que agreguen una cobertura de follaje seco al suelo. La sombra reduce los rendimientos pero tiende a conservar el suelo y a incrementar su fertilidad. En la tecnología moderna del cultivo de café, la sombra se ha eliminado en muchas regiones, pero subsiste entre los agricultores de pocos recursos.

Varias especies de *Inga* se utilizan por las frutas. La parte comestible es la sarcotesta que rodea las semillas, de las que se separa fácilmente. Por selección hecha por los indios, es mucho más gruesa en las plantas cultivadas que en las silvestres. *I. edulis* (Fig. 18.24) del Amazonas, tiene frutos cilíndricos, hasta de 2 metros de largo; *I. feuillei*, "pacaé", se cultiva en el litoral pacífico de América del Sur, de Colombia a Chile, tiene frutos cuadrangulares y semillas grandes; *I. cinnamomea*, del Amazonas, tiene semillas con pulpa muy gruesa, de sabor muy agradable; *I. jinicuil*, de Mesoamérica, con frutos anchos y semillas grandes, las cuales se comen cocinadas.

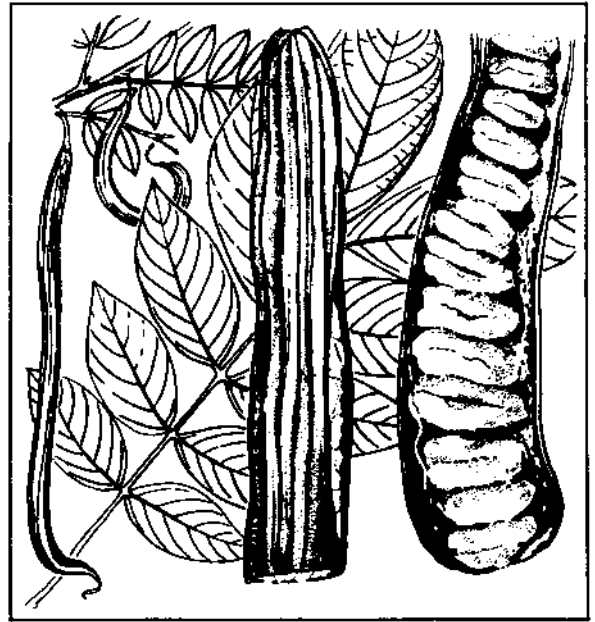


Fig. 18.24. *Inga edulis*.

GUAJE, *Leucaena leucocephala* (*L. glauca*)

Esta especie, nativa de los trópicos americanos, no tiene en su área de origen mayor importancia. En cambio en Hawai, Filipinas y el noreste de Asia es de valor como forrajera, en la rehabilitación de terrenos agotados o como fuente de combustible. Contiene de siete a ocho por ciento de proteína en las hojas y es capaz de rendir por área mayor cantidad que las leguminosas praterenses tropicales. Algunos tipos contienen cantidades tóxicas de mimosina que afectan al ganado, pero se ha seleccionado líneas prácticamente inocuas. Un uso menor es como alimento; las semillas tiernas se comen crudas o cocinadas en algunas regiones de México y en Indonesia.

Leucaena leucocephala (Fig. 18.25) árboles de hojas bipinnadas, con cuatro a ocho pares de pinnas cada una; las pinnas se forman de 10 a 15 pa-

res de foliolos de siete a 15 mm de largo por tres a cuatro milímetros de ancho. Las inflorescencias son esféricas y blancas, de dos a tres centímetros de diámetro, con 100 ó 200 flores diminutas. Las vainas planas y delgadas, de uno a dos centímetros de largo por 1.5 a dos centímetros de ancho, contienen varias semillas elípticas y aplanadas, de color marrón.

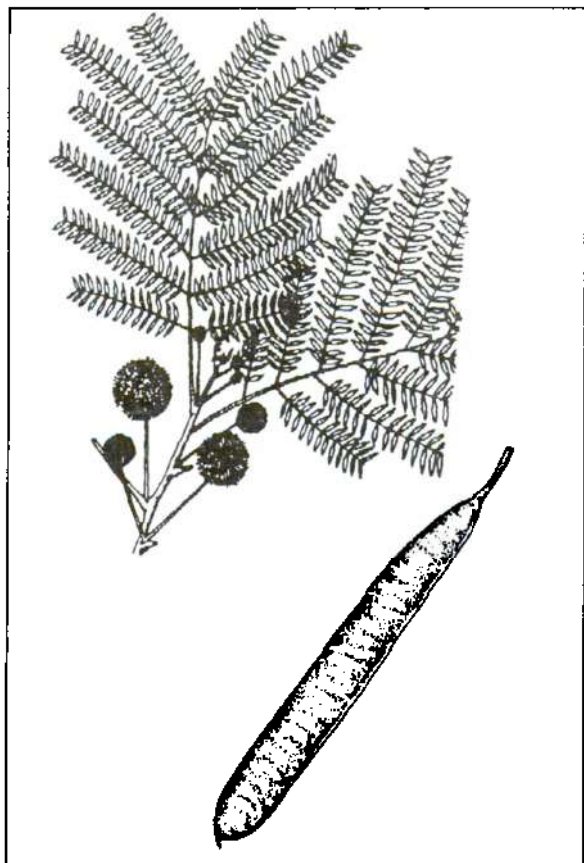


Fig. 18.25. *Leucaena leucocephala*. Rama florífera y vaina.

Se conoce tres grupos de cultivares: a) Hawaii, arbustivos, de floración continua, usado para protección del suelo, leña y carbón; b) Salvador, árboles hasta de 20 m de alto, que producen mucho follaje y que se usan por la madera; c) Perú, plantas bajas y ramificadas, forraje.

REFERENCIAS

- AMERICAN PEANUT RESEARCH AND EDUCATION SOCIETY. 1973. Peanut science and technology. Youkum, Texas.
- BERNAL, H.Y. & L.C. JIMÉNEZ. 1990. Haba criolla, *Canavalia ensiformis* (L.) DC. *Fabaceae Faboideae*. Bogotá, SECAB.
- DEBOUCK, D.G. & J. SMARTT. 1995. Beans, *Phaseolus* spp. (*Leguminosae-Papilionoideae*). In Smartt, J. & N.W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants. London, Longman (p. 287-294).
- DOKU, E.V. & S.K. KARIKARI. 1971. Bambara groundnut. *Economic Botany* 25:255-262.
- DUKE, J.A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. New York, Plenum Press.
- ENGLEMAN, E.M. ed. 1991. Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Chapingo, Colegio de Postgraduados.
- GEPTS, P. ed. 1988. Genetic resources of *Phaseolus* beans. Dordrecht, Kluwer.
- INDIAN COUNCIL OF AGRICULTURAL RESEARCH. 1970. Pulse crops of India. New Delhi. ICAR.
- KHAN, T.N. 1982. Winged bean production in the tropics. Roma, FAO.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1984. *Leucaena*: promising forage and tree crops for the tropics. Washington, National Academy Press.
- NENE, Y.L. et al. ed. 1990. The pigeon pea. Wallingford, CAB.

- PENNINGTON, T.D. 1997. The genus *Inga*. Botany. Kew, The Royal Botanic Gardens.
- SCHOONHOVEN, A. Von & O. VOYSEST ed. 1991. Common beans: research for crop improvement. Cali, CIAT.
- SCHULTZE KRAFT, R. & R.J. CLEMENTS, ed. 1990. Centrosema: biology, agronomy and utilization. Cali, CIAT.
- SINGH, S.R. & K.O. RACHIE. Ed. 1995. Cowpea research, production and utilization. New York, Academic Press.
- SMARTT, J. 1990. Grain legumes. Evolution and genetic resources. New York, Cambridge University Press.
- SORENSEN, M. 1996. Yam bean (*Pachyrhizus* DC.). Rome, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.
- STACE, H.M. & L.A. EDYE, ed. 1984. The biology and agronomy of *Stylosanthes*. Sydney, Academic Press.
- SUMMERFIELD, R.J. & E.H. ROBERTS, ed. 1985. Grain Legume crops. London.
- VIEIRA, C. 1967. O feijoeiro -commum. Cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, Universidade Rural.
- VOYSEST, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. Cali, CIAT.

19. PROTEALES

ELEAGNÁCEAS

LÍNGARO, *Eleagnus philippensis*

Nativo de Filipinas e introducido a Florida (Fig. 19.1). Arbusto trepador que cuando crece aislado forma una copa redonda, hasta de tres metros de alto y seis metros de diámetro. Las hojas elípticas, de tres a cinco centímetros de largo, tienen como en otras especies del género el lado superior liso y verde oscuro, el inferior cubierto de escamas blancuzcas. Las flores pequeñas y amarillentas, ligeramente perfumadas, tienen el perianto sencillo, en forma de urna, amplio en la base y cerrado arriba en el cuello y dividido en cuatro segmentos. Los estambres están adheridos al perianto por filamentos muy cortos; el pistilo es muy largo y curvo.

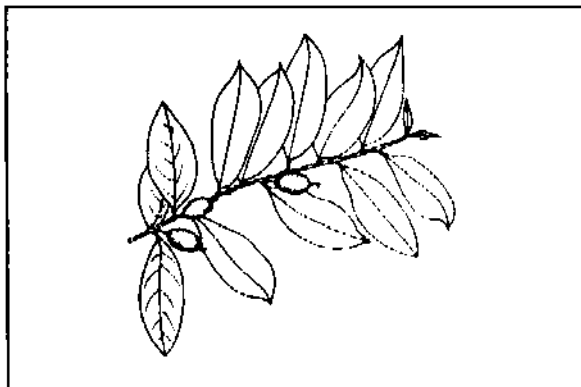


Fig. 19.1. *Eleagnus philippensis*, rama con frutos.

El fruto, una baya elipsoidal de uno a dos centímetros de largo, rojo opaco, lleva en el ápice los restos del perianto. La pulpa agrídulce ro-

dea una semilla grande. Los frutos se comen frescos o se les prepara en jaleas de color rojizo muy atractivo.

PROTEÁCEAS

Las Proteáceas crecen principalmente en el hemisferio sur: Africa, Asia, Malasia, América del Sur hasta México. Las *Grevillea* de Australia se plantan como árboles de sombra u ornamentales; *Protea* y géneros afines de Africa del Sur, por las flores de formas y colores muy llamativos. La Proteácea económicamente más importante es *Macadamia integrifolia*, que es cultivada por sus "nueces" de alta calidad.

MACADAMIA, *Macadamia integrifolia*

El uso de las nueces de *M. integrifolia* pudo ser conocido por los indígenas del Noreste de Australia y el cultivo, en forma incipiente, lo iniciaron los colonos ingleses a fines del siglo pasado. Introducida a Hawaii, la producción comercial se desarrolló hace unas pocas décadas y se extendió a California, América Central y Africa Oriental.

Porte y follaje. *Macadamia integrifolia* (Fig. 19.2) es un árbol hasta 15 m de alto, muy ramificado. Las hojas, con pecíolos bien desarrollados, brotan en grupos de tres; la forma varía de espatulada a oblonga y miden de 10 a 25 cm de largo por 3.5 cm de ancho. Los bordes son on-

dulados en las hojas jóvenes, en las que a veces aparecen espinas. El color es verde oscuro brillante y el follaje nuevo más claro, bronceado en algunos clones.

Inflorescencia. Las flores nacen en grupos de tres a cinco, en racimos pendientes que brotan de los nudos de las hojas (Fig. 19.2A), con frecuencia en ramas viejas ya desprovistas de follaje. Los racimos miden de 15 a 25 cm de largo y contienen de 100 a 300 flores. La flor individual, de pedúnculo corto, consiste de perianto de una sola pieza, que se interpreta como un cáliz petaloide de color blanco o ligeramente rosado. El perianto forma un tubo de 10 a 15 mm de largo y se divide en el ápice en cuatro partes, que en la antesis se curvan hacia afuera. Hay cuatro estambres adheridos a la parte superior del perianto por filamentos cortos. El pistilo sale de un disco basal; el ovario pubescente lleva dos óvulos y termina en un estilo cilíndrico, con estigma simple.

Biología floral. Las flores de un racimo se abren sucesivamente de la base al ápice. Al principio el perianto se mantiene cerrado y recto, mientras que crece el pistilo y las anteras emiten polen. El estilo se dobla luego en ángulo y presiona al perianto en la parte posterior formando una prominencia, terminando por abrirlo por una de las suturas que separan los sépalos (Fig. 19.2B). Una vez abierta la flor el polen escapa y es dispersado por los insectos o el viento; sin embargo, al abrirse ya hay polen en el estigma. En muchos árboles la autoincompatibilidad determina una baja formación de frutos, así que de los centenares de flores de un racimo, sólo se llegan a formar unos 20 frutos (Fig. 19.2C). De los dos óvulos del ovario normalmente solo uno se desarrolla. Después de la fertilización el perianto se desprende y en algunos cultivares los restos del estilo permanecen adheridos al ápice del fruto en las primeras etapas de su desarrollo.

Fruto y semilla. El fruto de macadamia es un folículo esférico, a menudo asimétrico, con el ápice bien desarrollado, que al madurar se des-

prende del árbol y se abre por una sutura ventral; mide de tres a cinco centímetros de largo (Fig. 19.2D). La cáscara o pericarpo coriáceo de tres a cuatro milímetros de espesor, se compone del epicarpo delgado, de parénquima lleno de clorofila, de modo que los frutos al madurar son de color verde; el mesocarpo ocupa el mayor volumen de la cáscara y además de parénquima contiene los haces vasculares. El endocarpo, más delgado y suave, se forma también de parénquima, con numerosas células cargadas de taninos.

El fruto contiene por lo general una sola semilla, llamada corrientemente "nuez". La testa o "concha" es dura y gruesa, de color café brillante por fuera, con los tejidos externos formados de fibras compactas de esclerénquima y los internos de parénquima más suave. La cara interna de la testa está dividida en dos zonas: la mitad basal es de color café, con células delgadas rellenas de taninos que le dan un matiz semejante al lado externo de la testa; la parte apical es de color marfil, con células de paredes gruesas (Fig. 19.2E). Uno de los problemas en la utilización de la macadamia es romper la testa sin afectar la semilla y han sido desarrolladas varias máquinas con ese propósito. En la cara externa de la testa hay una hendidura que va del hilo a la micrópila; es por esta superficie por donde se abre la testa al germinar el embrión y por donde se puede abrir más fácilmente empleando medios mecánicos.

La semilla esférica (Fig. 19.2F), lisa o con áreas ligeramente hundidas, de color amarillo claro y de ocho a 14 mm de diámetro, se compone principalmente de los cotiledones, pues la plúmula ocupa un lugar muy reducido, hacia el ápice. Como las semillas secas contienen 67% de aceite, cuatro por ciento de azúcares y nueve por ciento de proteína, son de alto valor nutritivo y además de sabor muy agradable.

Cultivares. En Hawai se ha seleccionado varios clones, que se propagan por injerto de púa, generalmente en patrones de *Macadamia tetraphylla*. Los más conocidos son: 'Kau', 'Keaau', 'Mauka' y 'Makai'.

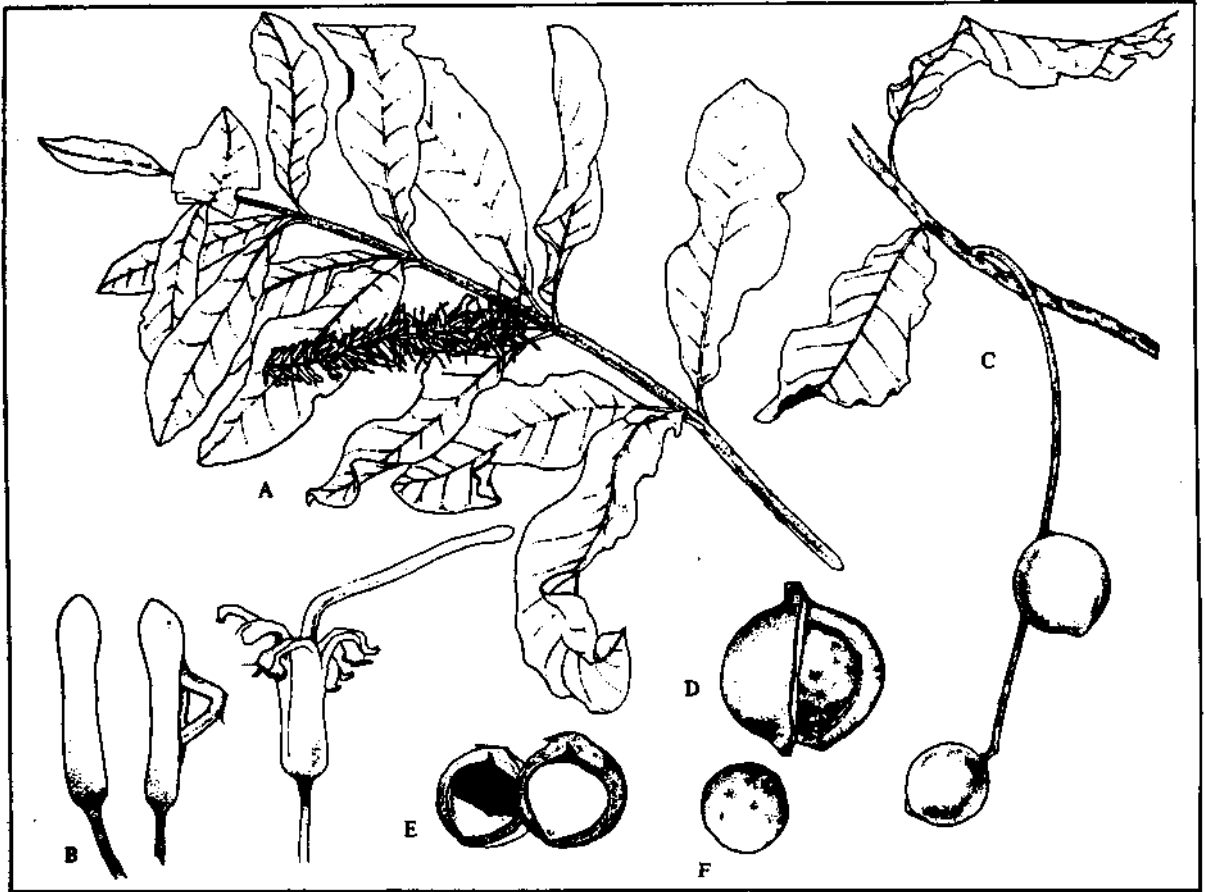


Fig. 19.2. *Macadamia integrifolia*. A, rama florífera. B, tres etapas en la apertura de las flores. C, rama con frutos. D, corte longitudinal del fruto mostrando la semilla. E, vista interior de la testa con una zona basal más oscura y corte del fruto y semilla. F, exterior de la semilla.

Macadamia tetraphylla

Originaria de Australia, se caracteriza por las hojas sésiles y duras, que nacen en grupos de cuatro, con los bordes muy recortados y provistos de espinas. El follaje nuevo varía de púrpura a bronceado o verde claro. Las flores, en racimos de 20 a 35 cm de largo, son rosadas, rara vez blancas.

La semilla o "nuez" tiene la superficie irregular y los cotiledones son más oscuros que en *M. integrifolia*, a veces con la porción superior de color grisáceo. Contienen más azúcar, entre seis u ocho por ciento, pero la calidad es más variable. A *M. tetraphylla* no se le cultiva por las nueces y se usa únicamente como patrón para injertar *M. integrifolia*. No han sido desarrollados clones comerciales; hay numerosos híbridos entre

las dos especies, los que no ofrecen características hortícolas favorables.

REFERENCIAS

HAMILTON, R.A. & E.T. FUKUNAGA. 1965. El cultivo de la nuez de macadamia en Hawaii. San José, Costa Rica. Banco Nacional.

HAMILTON, R.A., W. YEE. & P. ITO. 1980. Macadamia: Hawaii desert nut. Manoa, University of Hawaii Circular 485.

MOSQUEDA VÁZQUEZ, R. 1980. La macadamia. Chapingo, INIA.

20. MIRTALES

MIRTÁCEAS

Las Mirtáceas son árboles o arbustos de hojas opuestas, pequeñas y brillantes; el follaje nuevo es con frecuencia rosado y se torna luego verde oscuro. Las flores tienen perianto doble, con cáliz y corola de cuatro a cinco piezas cada uno; los sépalos son permanentes, los pétalos caedizos. Hay numerosos estambres, con frecuencia unidos en haces. El ovario ínfero está completamente unido al hipantio o receptáculo y al desarrollarse forma una estructura carnosa y azucarada, por lo que muchas especies de esta familia tienen valor como frutales.

Otra característica económica de las Mirtáceas es la presencia de glándulas de aceite en casi todos los tejidos, lo que determina su utilización como especias o fuentes de aceites esenciales.

Hay dos regiones en los trópicos especialmente ricas en frutas mirtáceas: el centro de Brasil y la región indomalaya. Los géneros principales son *Eugenia*, americano, con su contra-

parte asiática *Syzygium*, que algunos autores incluyen en el primero aunque actualmente se consideran diferentes; *Psidium*, *Myrciaria*, *Feijoa* y otros de los trópicos americanos. Hay especies silvestres cuyos frutos se recolectan pero no han sido sometidas al cultivo, como *Myrcia* spp.

Frutales

GUAYABO, *Psidium guajava*

La guayaba es la más conocida de las frutas mirtáceas. Es originaria de América tropical y se ha extendido ampliamente en los trópicos del Viejo Mundo. Su valor principal está en que es una fuente barata y altamente eficiente de vitamina C, la cual se conserva en los productos elaborados, como jaleas y mermeladas. Contiene además algo de vitamina A; es muy rica en hierro y de buen contenido en fósforo y calcio.

El guayabo (Fig. 20.1) es un árbol bajo y muy ramificado, de copa abierta o compacta, con las ramillas nuevas cuadrangulares, carácter que es

corriente en las Mirtáceas. En el tronco y ramas viejas hay felógenos activos que forman capas de corcho, las que se desprenden continuamente. Las hojas varían de elípticas a oblongas, de tres a 16 cm de largo por tres a seis centímetros de ancho; la cara superior es lisa y más oscura, la inferior con frecuencia pubescente y cubierta de puntos más claros y con nervios prominentes.

Las flores aparecen solitarias o raramente en grupos de tres en las ramillas nuevas. El pedúnculo mide de uno a dos centímetros y tiene varias brácteas agudas en la base. El receptáculo o hipantio, de cinco a 10 mm de largo, se angosta en el ápice para luego ensancharse en un cáliz de cuatro o cinco sépalos. Los pétalos blancos y cóncavos miden alrededor de un centímetro de largo. Hay numerosos estambres; el pistilo con ovario de cuatro celdas, termina en un estigma peltado.

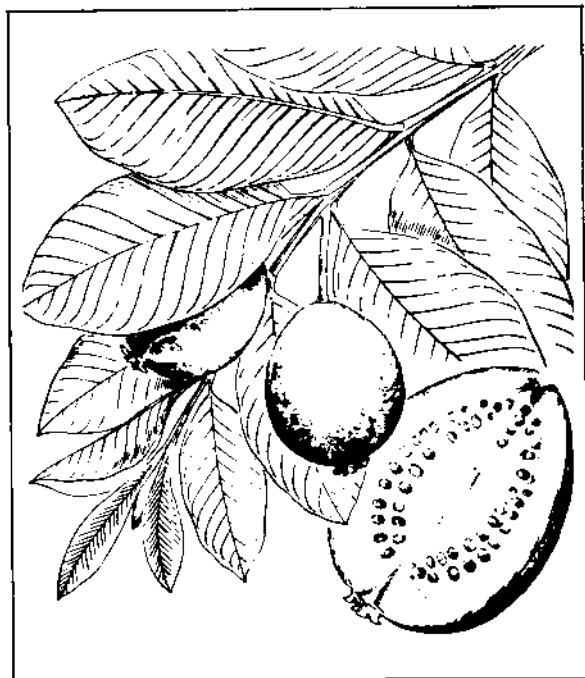


Fig. 20.1. *Psidium guajava*.

Los frutos son de formas distintas: esféricos, elipsoidales o piriformes. En tamaño varían de cuatro a 14 cm de largo por cuatro a siete centí-

metros de diámetro. Resultan del desarrollo conjunto de las paredes del receptáculo y los tejidos del ovario y conservan en el ápice los restos del cáliz y aun del pistilo. El epicarpo es una capa de parénquima, con abundantes estomas en la epidermis, debajo de la cual hay cavidades de aceites que aparecen externamente como puntos hundidos y más oscuros. El mesocarpo está constituido por parénquima, en el que se hallan células duras, esclereidas, solas o en grupos, que dan la consistencia arenosa característica de la guayaba. Los haces vasculares que recorren el mesocarpo son suaves y no contienen fibras. Los tejidos del ovario, de parénquima rico en agua, tienen pigmentos rosados o amarillos según la variedad. Por lo común hay cuatro lóculos, con abundantes semillas triangulares o reniformes, duras y blancas, de tres a cinco milímetros de longitud.

Psidium guajava es tan variable que se separaba antes en varias especies; no se conoce mucho de la polinización y hay indicaciones de que predominan los tipos autoincompatibles. En la descendencia de una planta se observa una variación muy amplia en rendimiento y hasta color del fruto, lo cual sugiere que la hibridación es corriente. También existen poblaciones de indudable origen híbrido que resultan de cruces con otras especies, particularmente con *P. guineense*.

En India y otros países se ha encontrado árboles que no producen semillas; son triploides y aunque tal característica aparentemente es ventajosa, en calidad del fruto y rendimiento son inferiores a los tipos normales. También se ha encontrado árboles en que el epicarpo es tan grueso que la cavidad que contiene las semillas queda muy reducida.

El contenido de ácido ascórbico, es mayor en las guayabas blancas que en las rosadas y en los tejidos del epicarpo que en el ovario. En India, Florida, Hawai y otras regiones han sido seleccionados cultivares híbridos superiores por su rendimiento, resistencia a insectos y enfermedades y otras características. Se ha recurrido a la propagación vegetativa para establecerlos clonalmente.

GUAYABA JAPONESA, ARAÇÁ VERMEILHO, *Psidium cattleianum* (*P. littorale*)

Especie originaria de Brasil, que crece bien en áreas subtropicales (Fig. 20.2). Es un arbusto de follaje compacto verde oscuro, con ramillas cilíndricas. Las hojas elípticas a obovadas, de cinco a ocho centímetros de largo, son lisas y brillantes. Las flores tienen los cuatro sépalos con bordes recortados irregularmente y cuatro pétalos blancos. El fruto esférico a obovoide, de 2.5 a 3.5 cm de largo, es externamente rojo púrpura, aunque se conoce un cultivar, 'Lucidum', de frutos amarillos. La pulpa delgada y blanca, dulce y aromática, es de sabor superior a la guayaba.

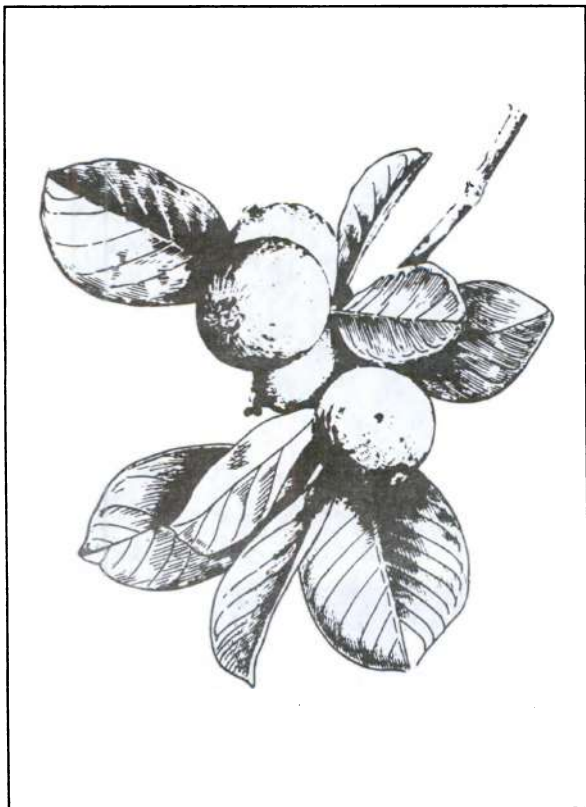


Fig. 20.2. *Psidium cattleianum*.

CAS, GUAYABA AGRIA, *Psidium friederichstahlianum*

De Centroamérica y Colombia, se caracteriza por ramillas cuadradas, a menudo con cuatro alas, hojas elípticas y lisas, de cinco a 10 cm de largo y flores de corola blanca. El fruto amarillo, esférico o achatado, de tres a cinco centímetros de diámetro, tiene el epicarpo delgado y abundantes semillas rodeadas de pulpa ácida con la que se prepara refrescos.

GUAYABO DE SABANA, *Psidium guineense* (*P. araca*, *P. molle*)

Común en todos los países tropicales americanos, especialmente en regiones de baja humedad; fue introducido a África. Es un árbol achaparrado de uno a dos metros de alto, con hojas elípticas a obovadas, de tres a 18 cm de largo, por lo común pubescentes. Las flores crecen solitarias o en grupos de tres, siendo las dos laterales pedunculadas, la terminal sésil. Los frutos son generalmente esféricos, de dos a cuatro centímetros de diámetro, amarilloverdoso en la madurez, con pulpa amarilla y ácida, más apropiada para refrescos o dulces que para consumo fresco. La especie es muy variable, posiblemente debido a hibridación con otros *Psidium*.

PITANGA, *Eugenia uniflora*

Originaria del sur de Brasil; arbusto hasta de nueve metros de alto, corrientemente de uno a dos metros de altura, de follaje compacto y verde oscuro (Fig. 20.3). Las hojas ovadas, de ápice acuminado y base decurrente en el pecíolo, miden de 1.5 a cuatro centímetros de largo. La inflorescencia es un racimo axilar, compuesto por uno o tres pares de flores opuestas, con pedúnculos que tienen numerosas brácteas. Las flores tienen pedicelos finos, de uno a dos centímetros de

largo, con bracteolas deciduas. El hipantio es muy corto, de uno a dos milímetros de largo, y termina en cuatro sépalos pequeños. Los cuatro pétalos obovados y blancos miden de seis a ocho milímetros de largo. Hay cerca de 60 estambres; el ovario es bilocular y el estilo en forma de aguja mide de cuatro a cinco milímetros de largo. La fruta, por lo general de forma esférica u oblada, de dos a cinco centímetros de diámetro, se caracteriza por tener seis a 10 costillas longitudinales prominentes y redondas. El color varía de amarillo claro cuando los frutos están verdes a rojo vino en la madurez. La cáscara es muy delgada; la pulpa rojiza y acuosa tiene sabor agrídulce, a veces resinoso y contiene cantidades apreciables de calcio y fósforo. Hay corrientemente sólo una semilla, grande y blanca; la pitanga se consume cruda, en jaleas y refrescos.



Fig. 20.3. *Eugenia uniflora*.

ARAZÁ-BOI, *Eugenia stipitata*

Especie frutal del alto Amazonas, recientemente introducida al cultivo. Es una planta baja y compacta que fructifica cuando tiene menos de un metro de alto (Fig. 20.4). Las hojas son casi sésiles, delgadas y fuertes, elípticas y con el ápice bien marcado. Las flores brotan en racimos de dos a cuatro flores pediceladas. Lo más notable de esta especie es el tamaño del fruto, especialmente si se compara con el porte de la planta. Las bayas globosas y deprimidas miden de ocho a 12 cm de diámetro, con la superficie amarillo-dorado en la madurez, cubierta de pubescencia fina. La pulpa amarilla, incluyendo el mesocarpo y los tejidos que rodean las semillas, es ácida y se prepara en refrescos y helados de sabor muy agradable. Los frutos rara vez aparecen parasitados con larvas de moscas. Es un frutal de valor, tanto por rendimiento y cosecha temprana como por su contenido de vitamina C.

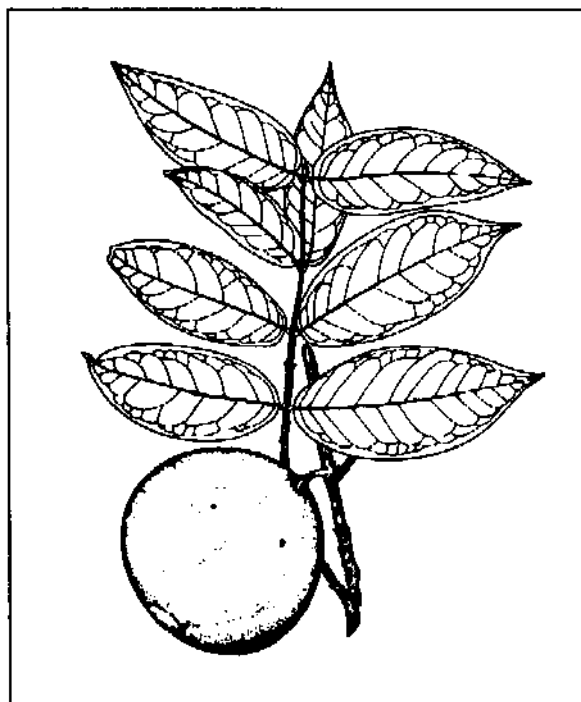


Fig. 20.4. *Eugenia stipitata*.

CIRUELA DE RÍO GRANDE, *Eugenia aggregata*

Árbol que se cultiva en el sur de Brasil, de donde es originario, y que se ha introducido a Florida y otras regiones subtropicales. De porte piramidal, alcanza hasta 10 m de alto; las hojas, duras y brillantes, miden de 7-10 cm de largo. Las flores brotan solitarias en las axilas de las hojas. El fruto obovado, de 2-2.5 cm de longitud, tiene el pedúnculo largo, dos brácteas basales acorazonadas y sépalos agudos y persistentes en el ápice. La cáscara es morada y lisa; la pulpa acuosa, de sabor muy agradable, se come fresca o se prepara en jaleas. Hay de 1-2 semillas pequeñas.

GRUMICHANA, *Eugenia dombeyi* (*E. brasiliensis*)

Posiblemente originaria del noreste de Brasil; árbol hasta de seis metros de alto, de ramificación abundante desde la base y porte compacto (Fig. 20.5A). Las hojas elíptico-ovadas a elíptico-oblongas, de cinco a 12 centímetros de largo, son gruesas y brillantes, de color verde oscuro. Las flores, blancas y pequeñas, aparecen solitarias o en grupos de tres, en pedúnculos largos. La planta florece, por períodos de pocos días, una o dos veces al año.

Los frutos esférico-aplanados miden de uno a 2.5 cm de diámetro; generalmente son rojo-oscuro a casi negro; se conoce un cultivar de frutos amarillo dorado. La pulpa agrídulce es delgada, de buen sabor y se come cruda o en jaleas. Hay una o dos semillas redondas, rara vez tres o más.

PERA DO CAMPO, *Eugenia klotzschiana*

Originaria del centro de Brasil (Fig. 20.5C), es una planta baja, de menos de 1.5 m de alto,

con hojas lanceoladas de siete a 10 cm de largo, duras y con pubescencia plateada en el lado inferior. Los frutos piriformes, pubescentes y amarillos, alcanzan cinco a 12 cm de largo y contienen pulpa suave, ácida y aromática, rodeando una a cuatro semillas.

PITOMBA, *Eugenia luschnathiana*

Originaria de Bahía, Brasil (Fig. 20.5B); árbol de ocho a 10 m de alto, con hojas lanceoladas de seis a ocho centímetros de largo, verde brillantes en la cara superior. Los frutos anaranjados, de dos o tres centímetros de longitud y obovados, llevan al ápice cuatro a cinco sépalos verdes. La pulpa es jugosa, acidula y aromática, y rodea una o cuatro semillas.

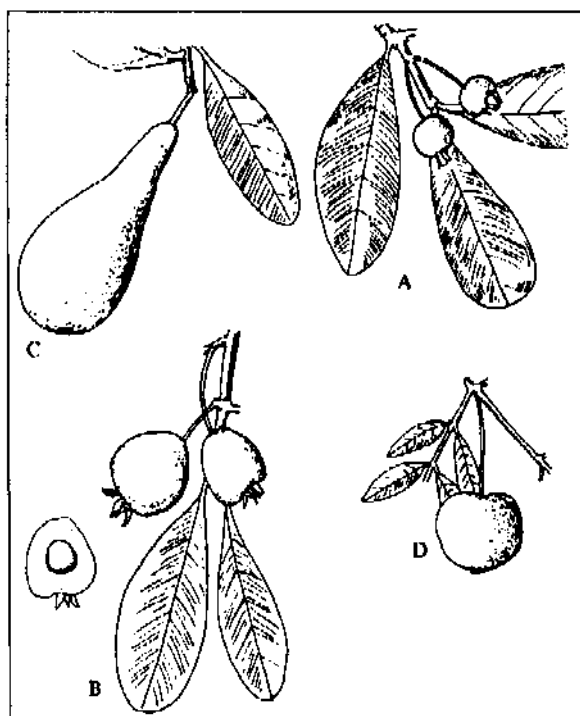


Fig. 20.5. A, *Eugenia dombeyi*. B, *E. luschnathiana*. C, *E. klotzschiana*. D, *E. uvalha*.

**UVALHA, *Eugenia uvalha*
(*E. pyriformis*)**

Del sur de Brasil, alcanza 15 m de alto (Fig. 20.5D); hojas oblongas de ápice obtuso; frutos esféricos a ovoides, de dos a 2.5 cm de diámetro y amarillos, pubescentes, con pulpa jugosa, acidula y aromática que se usa para refrescos. Se conoce varios cultivares.

**MANZANA ROSA, POMAROSA,
Syzygium jambos (*Eugenia jambos*)**

Syzygium y *Eugenia* han sido considerados como un sólo género, pero existen diferencias que justifican su separación. En el primero las flores son terminales, y si aparecen lateralmente entonces se hallan en las ramas viejas; en *Eugenia* son laterales y crecen en las ramillas nuevas. Una diferencia importante se encuentra en la flor; en *Syzygium* el hipantio se prolonga más allá del ovario, formando un tubo o cavidad de cuyo borde salen los estambres; en *Eugenia*, en cambio, el hipantio no sobrepasa mucho el ovario y el tubo es reemplazado por un disco plano, del que salen los estambres. *Syzygium* es un grupo originario del noreste de Asia; *Eugenia* es americana.

Syzygium jambos (Fig. 20.6), originaria de la región indomalaya, ha sido introducida en los trópicos americanos y africanos, donde se le utiliza por sus frutos, para tapaviento y como productora de leña y carbón vegetal. Es un árbol alto, hasta de 20 m, muy ramificado, de hojas lanceolado-oblongas, acuminadas, de 10 a 20 cm de largo por tres a cinco centímetros de ancho, de color verde oscuro en el lado superior, más claras en el inferior.

Las flores aparecen en las ramillas, solas o en grupos. El cáliz se forma de cuatro sépalos verdosos y cóncavos, de diferente tamaño. Los cua-

tro pétalos son orbiculares, blancos, de 1.5 cm de largo. El centro de la flor lo ocupa un gran número de estambres blancos, alrededor de 300, entre los que se destaca el pistilo, fino y verdoso. El hipantio es obcónico, de 1.5 cm de largo por un centímetro de ancho en la parte superior. Los frutos amarillos o rosados, esféricos o aplanados, miden de tres a cinco centímetros de diámetro y conservan los restos del cáliz en el ápice. La pulpa es delgada y blanca, dulce y aromática. El centro de la fruta lo ocupa una cavidad en que hay una sólo semilla, suelta, formada por varios embriones carnosos que se separan fácilmente. Estos son de origen nucelar y son los únicos que se desarrollan. *S. jambos* es un tetraploide que tiene dos cromosomas adicionales.

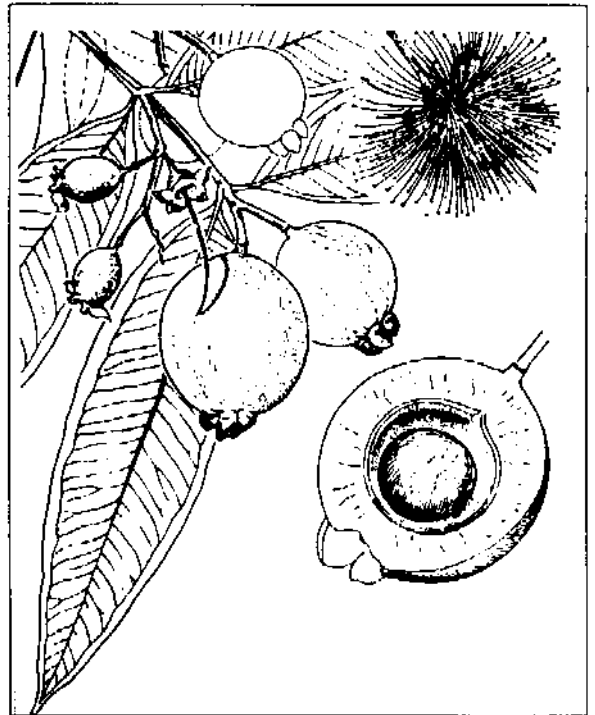


Fig. 20.6. *Syzygium jambos*. Rama con frutos y corte longitudinal de la fruta, mostrando la semilla.

MANZANA DE AGUA, MANZANA DE MALAYA, YAMBO, *Syzygium malaccense* (*Eugenia malaccensis*)

Syzygium malaccense (Fig. 20.7) es originaria del Sureste de Asia; introducida a los trópicos de Africa y América, se le aprecia más que las otras especies del género. Es un árbol hermoso y piramidal, con un tallo central del que salen ramas horizontales simétricas. Las hojas oblongo-elípticas y grandes, verde oscuras, suaves y brillantes, miden de 15 a 30 cm de largo por cinco a 15 cm de ancho. Las inflorescencias en racimos cortos brotan del tronco o de las ramas principales. Las flores son muy llamativas por el color de los pétalos y estambres, que caen pronto cubriendo el suelo bajo el árbol con una alfombra purpúrea.

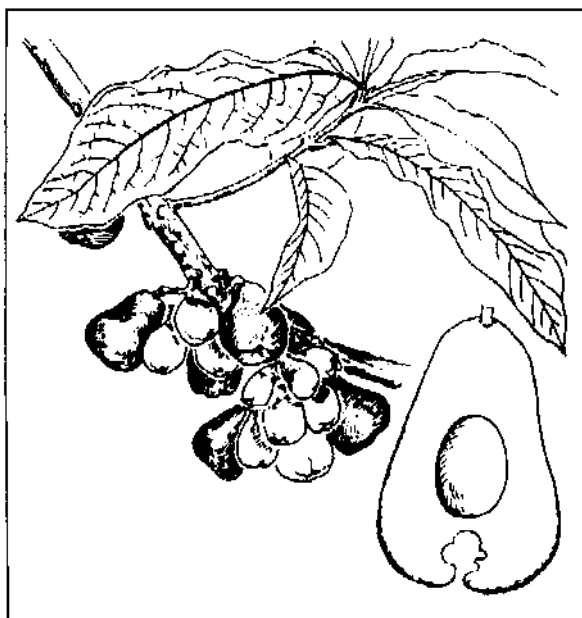


Fig. 20.7. *Syzygium malaccense*. Rama con frutos y corte longitudinal de una fruta.

Los cuatro sépalos cóncavos y anchos presentan una transición de color y tamaño, desde los externos verdosos y de cinco a siete milímetros de largo, hasta el más interno, blanco o con

manchas rosadas, de siete a 10 mm de longitud. Los cuatro pétalos son rojos o rosados, oblongos u obovados, con el borde ondulado o recortado, de 10 a 20 mm de largo, los estambres numerosos y rojos, de 10 a 30 mm de largo, son la parte más llamativa de la flor. Por entre ellos sobresale apenas el estilo rojo y fuerte; el hipantio es esférico, rojizo y termina en un disco cuadrangular del que salen los estambres.

El fruto globoso, elipsoidal o piriforme, de cinco a 12 cm de largo, en la madurez es rojo y con áreas irregulares blancuzcas. En el ápice hundido quedan los restos del disco y de los sépalos. La pulpa blanca y esponjosa, rica en agua, no tiene el olor aromático de *S. jambos*, pero es más agradable y refrescante. Hay una sola semilla, con varios embriones.

TAMBIS, *Syzygium aqueum*

Arbol bajo (Fig. 20.8A) de hojas oblongas a elípticas, sésiles, de 10 a 20 cm de largo y flores blancuzcas o amarillentas. Los frutos pequeños son muy diferentes de las otras especies de *Syzygium* ya descritas, pues tienen una base delgada y cónica que se expande luego en un ápice más ancho. El extremo apical es hundido, advirtiéndose los restos de los cuatro sépalos; el estilo es permanente. Los frutos miden de 1.5 a dos centímetros de largo por 2.5 a cuatro centímetros de ancho en la parte apical; son rojos o blancos con manchas rojizas, de pulpa blanca, esponjosa y fragante.

JAMBOLÁN, GUAYABO PESGUA, *Syzygium cumini*

Arbol de porte mediano, de hojas elípticas, oscuras y brillantes y flores pequeñas en panículas (Fig. 20.8B). Los frutos elipsoidales, a menudo curvos, miden de uno a dos centímetros de largo y son de color rojo oscuro a violeta

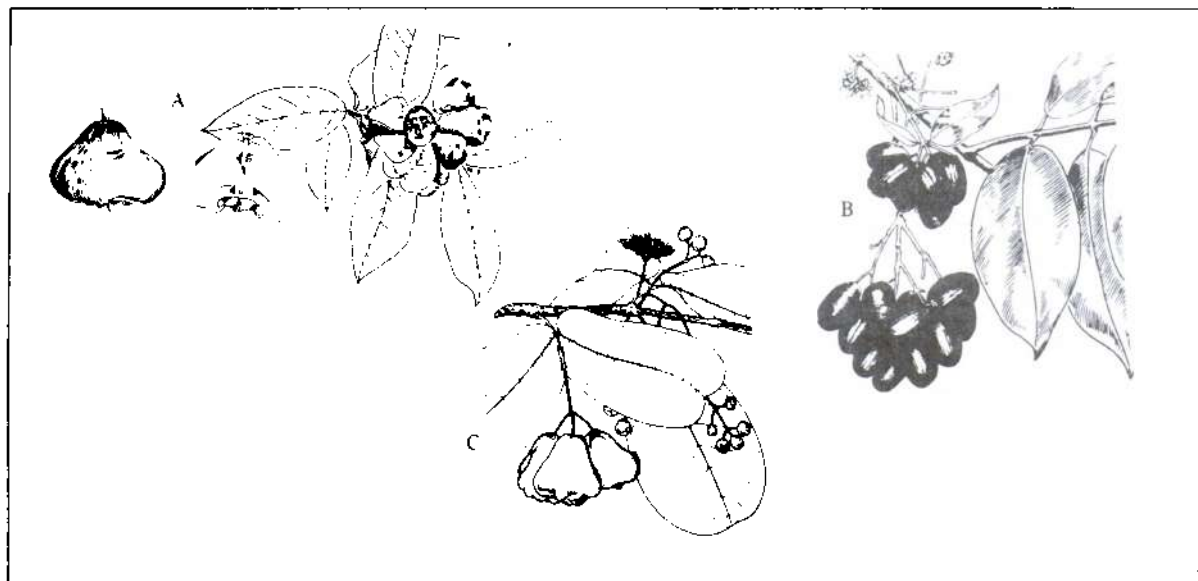


Fig. 20.8. A, *Syzygium aqueum*. B, *Syzygium cumini*. C, *Syzygium samarangense*.

según el cultivar y muy brillantes. La pulpa amarillenta o grisácea es delgada y jugosa, ácida pero a menudo astringente.

cultivares, algunos de ellos considerados superiores a los demás *Syzygium*. (Fig. 20.8C).

MAKOPA, *Syzygium samarangense* (*S. javanicum*)

Originario del Sureste de Asia, donde es común en cultivo pero poco conocido fuera de esa región, aunque algunos cultivares han sido introducidos a Florida. Se caracteriza por las hojas con peciolo cortos y ápices obtusos o redondeados y por las flores amarillentas. Los frutos obcónicos, de tres a cinco centímetros de largo por cuatro a cinco de diámetro, son lisos y brillantes, blanco-verdosos, rosados o rojos según el cultivar; el ápice es ancho, formado por los sépalos muy engrosados que dejan al centro una cavidad amplia. La pulpa es blanca, fragante, acidula, en algunos cultivares esponjosa, y se consume fresca o en dulces. Al centro hay una cavidad con una o dos semillas, aunque con frecuencia no se desarrollan. Se conoce numerosos

JABOTICABA, *Myrciaria cauliflora*

Varias especies brasileñas de *Myrciaria*, conocidas con el nombre de jaboticabas, son notables por llevar sus frutos en el tronco y las ramas viejas. Las jaboticabas (Fig. 20.9) son árboles bajos muy ramificados, de copa abierta y simétrica y hojas ovadas o lanceoladas, de dos a seis centímetros de largo, lisas y brillantes. Las flores aparecen en racimos cortos en el tronco y ramas principales, tienen cuatro sépalos largos y cuatro pétalos blancos y estambres rectos y numerosos. Las frutas esféricas, agrupadas en racimos, son de color rojo oscuro y maduran un mes después de la floración; miden cerca de dos centímetros de diámetro y llevan en el ápice los restos del cáliz en forma de un disco pequeño. La cáscara es dura y encierra una pulpa delgada, transparente y viscosa, que en la madurez se torna rosada, acidula y aromática. Comúnmente hay una sola semilla, en casos raros hasta cuatro.

Las jaboticabas crecen lentamente y producen las primeras flores aproximadamente a los 10 años. Las frutas se comen frescas, en jaleas o sirven para preparar vinos.

Las jaboticabas presentan en Brasil una variación apreciable y hay tres especies principales: JABOTICABA-TUBA, *M. jaboticaba*; JABOTICABA-SABASARA, *M. cauliflora*, la más corriente en cultivo; JABOTICABA DE CABINHO, *M. trunciflora*.

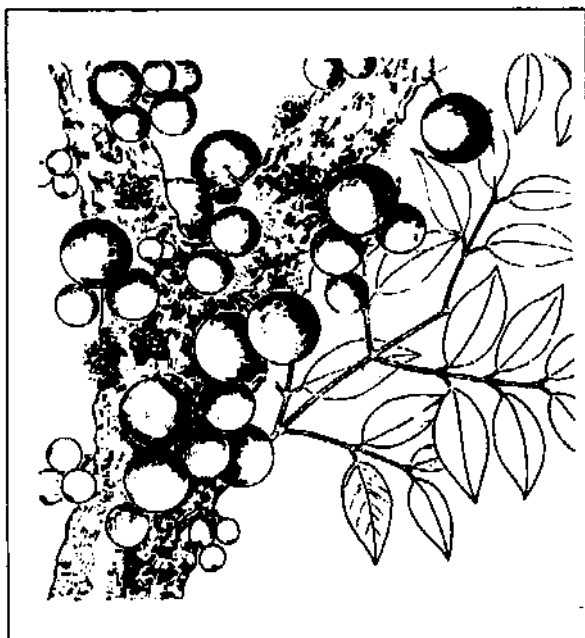


Fig. 20.9. Jaboticaba. *Myrciaria cauliflora*.

PALILLO, *Campomanesia lineatifolia*

Arbol de la cuenca amazónica (Brasil: "guabirabá"; Colombia: "michinche", "guayaba de leche"), hasta de 10 m de alto, cultivado especialmente en Perú, con hojas ovales, de 16-20 cm de largo, flores blancuzcas, axilares, en grupos de 2-4, y frutos esféricos, ligeramente achatados, de 7-8 cm de diámetro, con los restos del cáliz en

el ápice. La cáscara es delgada, amarilla y amarga; la pulpa tiene sabor agradable, ligeramente ácido.

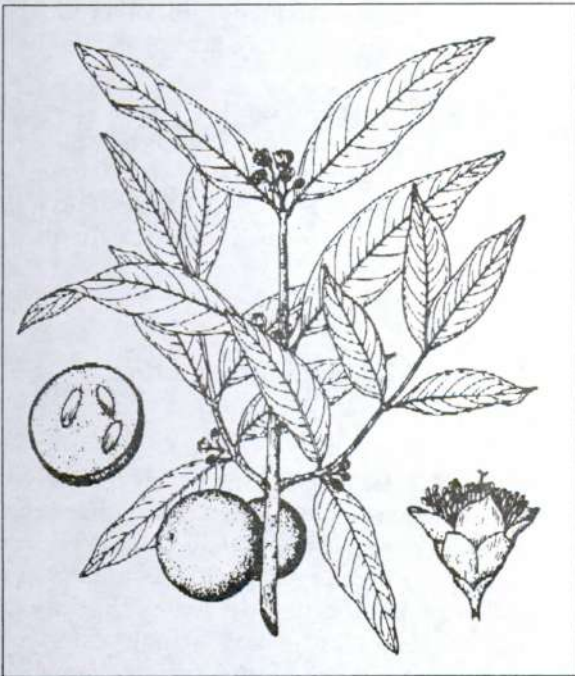
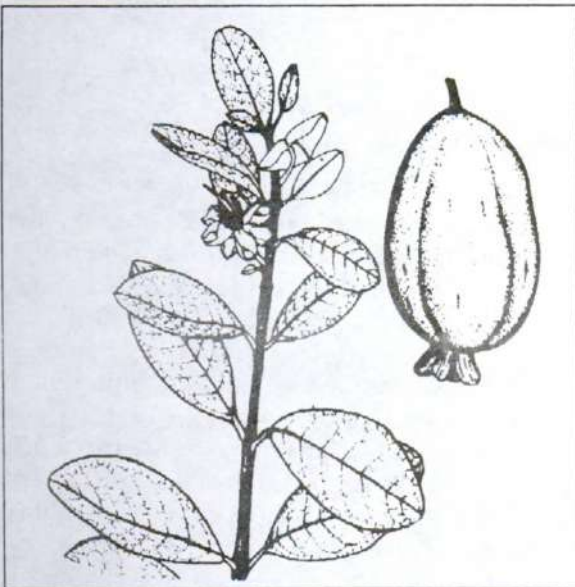
Una especie afin es la "arazá pera", *Campomanesia guazumiifolia* (*Britoa acida*, *B. sellowiana*, *Psidium acutangulum*), del este de Brasil y norte de América del Sur, con frutos esféricos o piriformes, de 6-8 cm de anchura, de buen sabor, ácido y aromático.

CAMU-CAMU, *Myrciaria dubia* (*M. paraensis*)

Crece silvestre en las márgenes de los ríos en el Amazonas y recientemente ha sido introducido al cultivo por su contenido de vitamina C, no superado por ninguna otra fruta. Es un arbusto bajo y muy ramificado, de hojas elípticas y coriáceas (Fig. 20.10). Las frutas esférico-aplanadas, de unos tres centímetros de diámetro, rojo-oscuro en la madurez, tienen una a tres semillas planas, rodeadas de pulpa acuosa de sabor ácido; las frutas rara vez se comen crudas, más corrientemente se preparan en refrescos.

FEIJOA, *Acca sellowiana* (*Feijoa sellowiana*)

Especie originaria del sur de Brasil y más adaptable a regiones subtropicales. Es un árbol bajo de hojas elípticas, verde oscuro en el lado superior, grisáceas en el inferior (Fig. 20.11). Las flores tienen pétalos grandes y abiertos, comestibles, rosados en el lado interno; los estambres son largos y rojizos. La fruta elipsoidal, semejante a una guayaba, de tres a ocho centímetros de largo, tiene la superficie verde con tonos blancuzcos o áreas rojizas. La pulpa es delgada y blancuzca y muy aromática; hay numerosas semillas.

Fig. 20.10. *Myrciaria dubia*.Fig. 20.11. *Acca sellowiana*.

Especies

CLAVO DE OLOR, *Syzygium aromaticum* (*Eugenia aromatica*)

Syzygium aromaticum es una de las especies de uso más amplio y antiguo. Es nativa de las Molucas y crece bien sólo en áreas ecuatoriales vecinas al mar, de humedad abundante y alta temperatura. Su cultivo se ha concentrado en dos islas del este de Africa: Zanzíbar y Pemba, las cuales ejercen prácticamente el monopolio del mercado; su producción, sin embargo, disminuye rápidamente debido a una enfermedad virosa. Los clavos de olor que alcanzan precios más altos son los de Penang y otras islas del archipiélago indomalayo. En América hay algunas siembras en las Antillas.

Syzygium aromaticum (Fig. 20.12) es un árbol generalmente bajo, de tres a seis metros de altura en cultivo. La corteza del tronco y de las ramas principales es grisácea y lisa. Las hojas decusadas, de ápice agudo y base decurrente en el pecíolo, rosadas y finas cuando nuevas, se tornan luego verdes y gruesas; miden de seis a 18 cm de largo por 2.5 a cuatro centímetros de ancho y son muy aromáticas.

Las flores aparecen en cimas de tres, en pedúnculos cortos y angulosos, una vez al año. El hipantio carnoso sobrepasa al ovario y lleva en el ápice cuatro sépalos, cuatro pétalos, numerosos estambres y un estilo agudo y corto. El hipantio y la parte superior de las flores miden cerca de cuatro centímetros de largo. El fruto elipsoidal, de dos a tres centímetros de largo, rojo y carnoso, conserva en el ápice los restos del cáliz, y tiene generalmente una sola semilla.

Los clavos que se venden en el comercio son los botones florales aún no abiertos; se componen de pedúnculo, hipantio y las partes florales cerradas. En el hipantio la epidermis está constituida por una capa de células con paredes externas engrosadas, interrumpidas por muchos

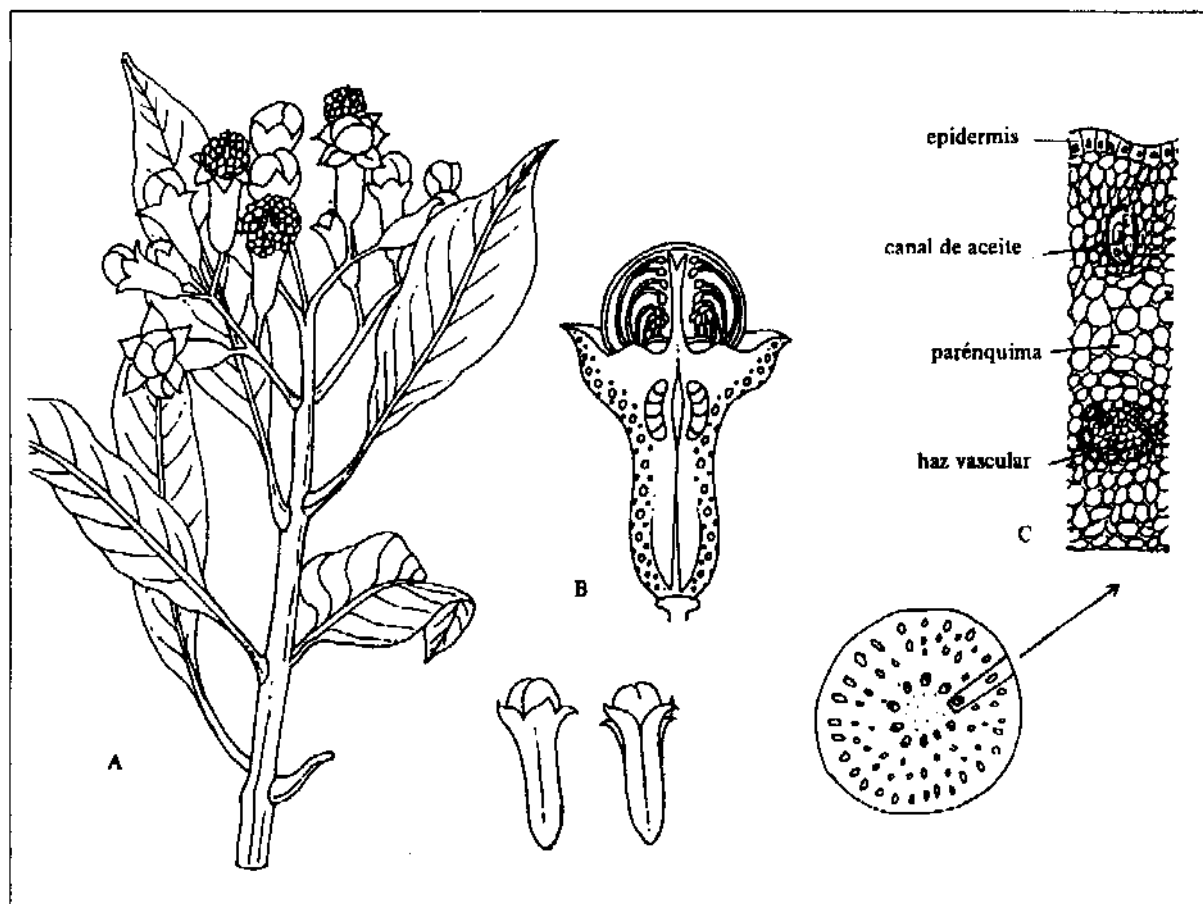


Fig. 20.12. *Syzygium aromaticum*. A, rama florida. B, botones florales. C, corte transversal del botón (clavo).

estomas. Debajo hay una zona glandular, con cavidades rellenas de eugenol, un aceite aromático de olor característico (aceite de clavo). Luego sigue una zona de parénquima que en los clavos secos aparece llena de almidón, seguida por una región vascular en la que son frecuentes las fibras rodeando los vasos. Hay otros estratos de parénquima, una zona central de haces vasculares y finalmente la médula, rellena de parénquima esponjoso, a menudo desintegrado.

Los clavos se recogen a mano, se secan y empaican; se consumen como especia particularmente en repostería y para dar sabor a las carnes. El eugenol que se extrae de los clavos, y que está

acompañado de otros principios aromáticos, se utiliza en perfumería y en menor grado con fines medicinales.

JAMAICA, PIMIENTA DE JAMAICA, *Pimenta dioica* (*P. officinalis*)

Una de las pocas especias de origen americano es la pimienta de Jamaica, que crece silvestre en las grandes Antillas y, en el continente, de México a Panamá.

Pimenta dioica (Fig. 20.13) es un árbol hermoso y notable por el aroma agradable que brota

de todas sus partes. Alcanza hasta 20 m de altura y la corteza grisácea o marrón se separa en capas, como en el guayabo. Las hojas angostas, ovadas o elípticas, de ocho a 20 cm de largo por tres a ocho centímetros de ancho, son agudas o acuminadas en el ápice, anchas en la base. El nervio central es muy prominente. El lado superior de la lámina es liso y verde oscuro; el inferior más claro y con puntos amarillentos, constituidos por las glándulas de aceite, el cual se

explota comercialmente por destilación de las hojas.

Las flores aparecen en panículas muy ramificadas; el cáliz está dividido en cuatro sépalos y la corola en cuatro pétalos blancos de cinco milímetros de largo; hay muchos estambres y un pistilo con ovario bilocular. Las flores son bisexuales pero existen casos que justifican el nombre de *P. dioica*, pues hay árboles con flores que tienen pocos estambres y cuyo polen no germina;

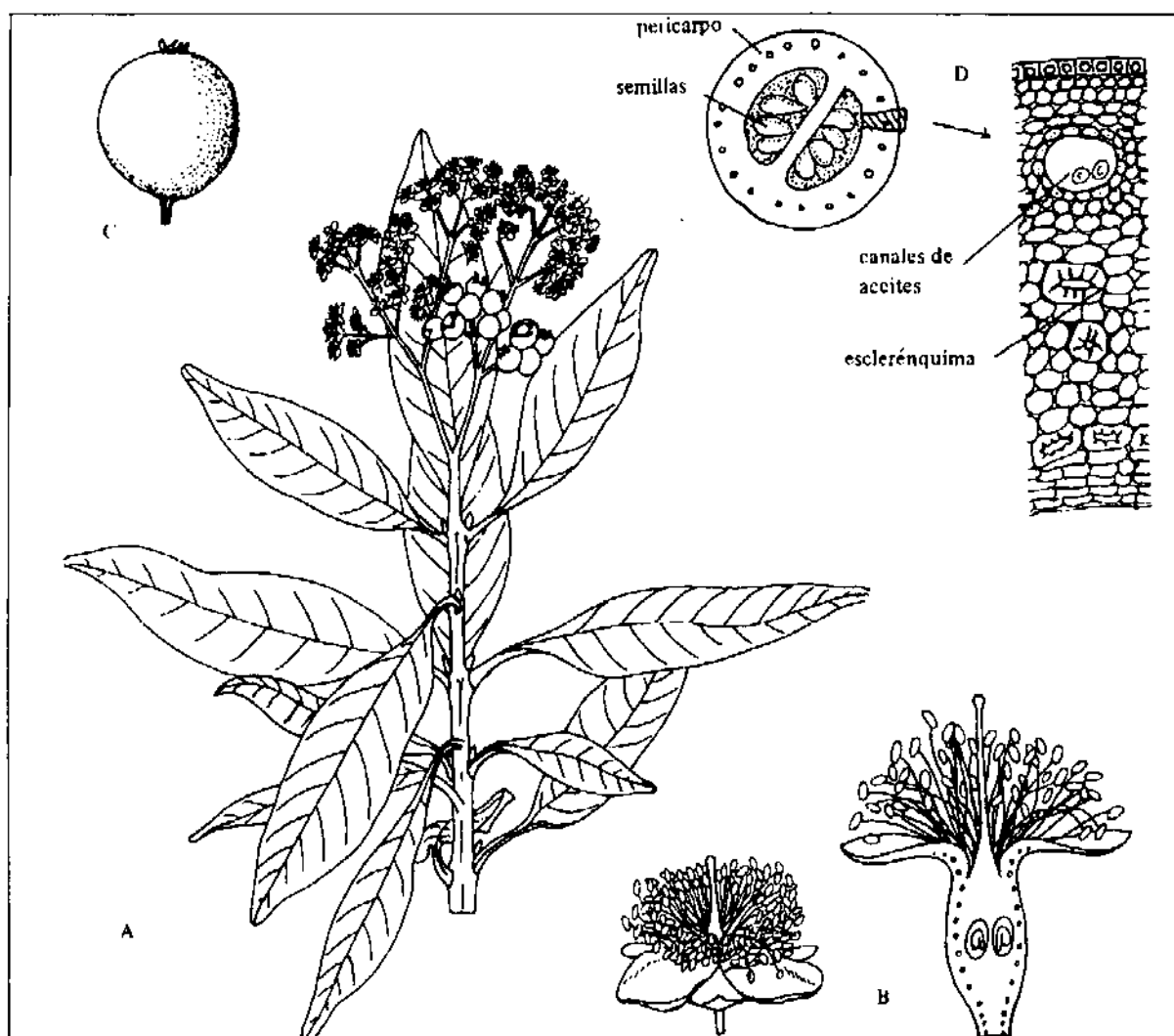


Fig. 20.13. *Pimenta dioica*. A, rama con flor. B, flores. C, fruto. D, corte transversal del fruto.

éstos son llamados femeninos y producen frutos. En cambio hay árboles masculinos, o sea con óvulos estériles o casi estériles, que no fructifican. Estos dos tipos difieren en la forma del hipantio, que es hundido alrededor del pistilo en los últimos y plano en los árboles fértiles. También en el contenido de aceite en las hojas, mayor en los árboles estériles. La proporción de árboles de los dos tipos es de 1:1.

El fruto es una baya esférica, de cuatro a ocho milímetros de diámetro, con superficie brillante, morado oscuro a negra en la madurez; en el ápice quedan los restos del cáliz y del pistilo. El mesocarpo delgado, mucilaginoso, tiene sabor dulce y picante. El centro del fruto está ocupado por dos celdas, cada una con una semilla.

El producto comercial es el fruto seco, incluyendo las semillas. Externamente el fruto presenta protuberancias finas que corresponden a cavidades de aceite situadas debajo de la epidermis. Estas cavidades se encuentran tanto en los tejidos externos del fruto como en las semillas. El aceite que contienen es parecido al del clavo, pero el aroma y sabor son diferentes. Los primeros viajeros ingleses llamaron a *P. dioica* "allspice", por creer que contenía los sabores del clavo, nuez moscada y canela juntos. En el mesocarpo, compuesto principalmente de parénquima en que son frecuentes cristales y granos de almidón, hay masas de células aisladas de esclerénquima; el endocarpo está constituido por varias capas de células aplanadas.

La producción comercial de *P. dioica* está restringida a Jamaica, México y Guatemala. Las plantas de Centroamérica tienen frutos un poco más grandes. En Jamaica hay pequeñas plantaciones hasta los 1000 m de altura.

MALAGUETA, BAYRUM, *Pimenta racemosa* (*P. acris*)

Las hojas de este árbol de las Antillas se emplean para obtener un aceite esencial usado

en la fabricación de jabones y alcoholes perfumados. *P. racemosa* es un árbol bajo y compacto, de hojas elípticas, duras y brillantes, de cinco a 12 cm de largo, y flores blancas de cinco sépalos y cinco pétalos. Los frutos son negros y esféricos, similares a los de la jamaica. El producto comercial son las hojas secas, de las que se destila un aceite rico en eugenol.

PUNICÁCEAS

GRANADO, *Punica granatum*

El granado es un frutal de los subtropicos, originario de Asia Menor, que en los trópicos se cultiva especialmente en las tierras altas (Fig. 20.14).

Se propaga corrientemente por estacas y forma un arbusto muy ramificado. Las flores rojas o amarillas tienen seis u ocho sépalos y pétalos y numerosos estambres. El ovario está



Fig. 20.14. *Punica granatum*.

unido al receptáculo floral y termina en un estilo sencillo.

El fruto es una baya esférica u oblada con el cáliz duro y persistente; está compuesto por varios grupos de carpelos separados por paredes delgadas, al principio axilares, pero que conforme crece el fruto se desplazan y en la maduración aparecen sobrepuestos y sin orden aparente. El tejido que envuelve las semillas, constituido por células enormes llenas de un líquido rojizo, es la parte comestible.

Se conoce muchos cultivares; algunos de ellos son plantados como ornamentales.

REFERENCIAS

- PINEDO, P.N., S. RAMIREZ & M. BLASCO. 1981. Notas preliminares sobre el arazá (*Eugenia stipitata*), frutal nativo de la Amazonia peruana. Lima, IICA, Publicación Miscelánea No. 229. mimeogr.
- POPENOE, W. 1914. The jaboticaba. *Journal of Heredity* 5:318-326.
- RABECHAULT, H. 1955. Sur l'anatomie du giroflor *Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry. *Agronomie Tropicale* 10:449-455.
- TIDBURY, G.E. 1949. The clove tree. London, Crosby Lockwood.
- WARD, J.F. 1961. Pimento. Kingston, The Government Printer.

21. CELASTRALES

AQUIFOLIÁCEAS

YERBA MATE, *Ilex paraguariensis*

Las hojas de yerba mate contienen de uno a dos por ciento de cafeína, y se usan en la preparación de una bebida estimulante semejante al té. Se cultiva en el norte de Argentina, Paraguay y el sur de Brasil, a ambos lados del trópico de Capricornio. Aunque el origen de su uso es prehispánico, fueron los jesuitas quienes iniciaron su cultivo formal hacia la mitad del siglo XVII.

La yerba mate es un árbol hasta de 18 m de alto, de porte compacto, que en cultivo se reduce por la poda a una planta baja, con pocas ramas principales. Las hojas alternas, obovadas, miden de 5-12 cm de largo y 2-8 de ancho; tienen el borde recortado y el ápice ancho. Los árboles son dioicos, y se cree que los estaminados son más productivos. Las flores nacen en grupos axilares, tienen cuatro o cinco sépalos y otros tantos pétalos. En *Ilex* es común que en las flores estaminadas hayan tantos estambres como pétalos, alternos, y un pistilo rudimentario; en las pistiladas hay estaminodios que no producen polen.

La especie es muy variable; una subespecie tiene hojas muy pubescentes y no se cultiva. Un carácter muy variable es la forma de las hojas. Se conocen numerosos cultivares primitivos con nombres locales. En Argentina se han seleccionado clones superiores por rendimiento.

ICACINÁCEAS

UMARÍ, *Poraqueiba sericea*

El umarí es originario de la región amazónica de Colombia a Brasil. Es un árbol hasta de 40 m de alto, con hojas simples, elíptico-ovadas, de 15-40 cm de largo, verde brillante en el lado superior, en el inferior con pubescencia brillante en las hojas jóvenes. Las flores crecen en racimos densos; tienen 5 sépalos, 5 pétalos amarillentos, 5 estambres y ovario súpero con estigma redondo. El fruto es una drupa elpsoidal, de 5-10 cm

de largo, amarilla, roja o casi negra. La pulpa comestible, de unos 5 mm de espesor, amarilla, contiene cerca de 20% de aceite, y aunque el sabor es agradable, para algunas personas no resulta atrayente. La pulpa se come fresca, mezclada con harina de yuca o cocinada con arroz, y se usa como mantequilla para untarla en el pan. La semilla grande contiene harina que se mezcla con almidón de yuca para preparar un pegamento. Una especie afin, *P. paraensis*, crece en el este de Brasil, y tiene usos parecidos.

REFERENCIAS

- GILBERTI, G.C. 1992. Yerba mate (*Ilex paraguariensis*). In Hernández Bermejo, E. & J. León. Cultivos marginados; otra perspectiva de 1492. Roma, FAO. p. 245-252
- PORTER, H.R. Mate-South American or Paraguay tea. *Economic Botany* 4:37-51.

22. EUFORBIALES

EUFORBIÁCEAS

Las Euforbiáceas incluyen plantas de porte muy diferente: árboles, lianas, arbustos, hierbas, en que la presencia de canales laticíferos es característica. Las flores son por lo común unisexuales, las pistiladas con ovario de tres lóculos. En la semilla es notable la presencia de una carúncula; los cotiledones, que ocupan la mayor parte de ella, son ricos en aceites.

Las Euforbiáceas constituyen una familia de gran importancia económica; por el látex: *Hevea brasiliensis* (jebe), *Manihot glaziovii* y varias *Euphorbia*; por el aceite de las semillas: *Aleurites* spp. (tung), *Ricinus* (higuerilla) y otras; por raíces comestibles: *Manihot esculenta* (yuca, mandioca); como frutales, *Baccaurea*, *Phyllanthus* y otros. Hay además muchas Euforbiáceas ornamentales y medicinales.

YUCA, MANDIOCA, *Manihot esculenta* (*M. utilissima*)

Manihot esculenta constituye un alimento energético de importancia primordial en los trópicos, especialmente en Africa Occidental y el norte de América del Sur. Suple más calorías por área o valor monetario que cualquier otro cultivo, sobrepasando considerablemente en ese aspecto a los cereales y otras raíces y tubérculos. La raíz comestible es muy deficiente en proteínas, que rara vez alcanzan el dos por ciento del peso fresco; contiene cantidades apreciables de vitamina B, fósforo y hierro y es de bajo contenido en calcio.

El consumo de las raíces se hace en forma muy variada. Cocidas o asadas es la forma más corriente, pero también se prepara con ellas un producto granulado llamado "farinha de mandioca" en Brasil, "gari" o "konkonta" en Africa, de uso diario en reemplazo del pan, o en pastas como el "casabe" de América del Sur. En los trópicos de América y Asia la harina de yuca constituye la base de salsas preparadas con condimentos o especias.

Las hojas tiernas se consumen cocidas, como verduras, en Africa Occidental y Brasil. Son de alto valor proteico y de esa manera compensan la deficiencia de las raíces.

El uso industrial es muy variado y se basa en la transformación del almidón de las raíces, para obtener dextrina usada en la preparación de gomas; alcohol, utilizado principalmente como carburante; "tapioca" para helados, postres y otros usos menores.

En alimentación animal los flóculos o "chips", son un producto de alto consumo en Europa Occidental. La harina obtenida al secar y moler los tallos tiernos es más rica en proteína que la harina de alfalfa.

A la variedad de usos hay que agregar ciertas características agronómicas que hacen de la producción de yuca una operación de pocos riesgos: alto rendimiento, resistencia a insectos, especialmente a la langosta migratoria, poca exi-

gencia en fertilidad del suelo, propagación vegetativa por partes de la planta que no se utilizan como alimento, posibilidades de demorar la cosecha al no arrancar las plantas y otras ventajas.

Origen y dispersión. Las especies de *Manihot*, cerca de un centenar, se extienden desde Arizona hasta la cuenca del Plata. Hay dos áreas de concentración de especies: una en México y otra en el noreste de Brasil; las especies taxonómicamente más afines a *M. esculenta* se encuentran en la segunda. Como no se ha encontrado poblaciones silvestres de yuca, y la evidencia arqueológica e histórica es sumamente escasa, no puede definirse si hubo uno o más centros de domesticación ni su posible localización. Se ha sugerido la cuenca del Paraná y el Noreste de Brasil como áreas originales de domesticación. La cuenca Orinoco-Amazonas es la más rica en cultivares y donde los usos son más variados, con el consiguiente desarrollo de técnicas e instrumentos para preparar las raíces como alimento. Las pruebas arqueológicas son muy pobres en esa área; en Colombia y Venezuela se ha encontrado utensilios de piedra, de hace unos 3000 a 7000 años, que se supone eran usados en la preparación de las raíces. Los restos arqueológicos más antiguos provienen de la costa del Perú, donde evidentemente fue introducida, y datan de unos 3000 años.

De su posible área de domesticación en el norte de América del Sur el cultivo de *Manihot esculenta* se extendió por las Antillas y América Central hasta México. Fue llevada a Africa por los portugueses hacia la mitad del siglo XVII, a la costa de Congo o Zaire y de allí se expandió rápidamente al centro del continente, pues tuvo una aceptación inmediata. Ninguna otra planta alimenticia es más importante en Africa Occidental. A la costa de Africa Oriental fue llevada también por los portugueses, cerca de un siglo más tarde, y se expandió hacia la región de los grandes lagos. A India se introdujo aproximadamente al mismo tiempo que a Africa Oriental, y en Indonesia se difundió rápidamente; es posible que a Filipinas se introdujera procedente de México.

Porte y ramificación. El porte de *M. esculenta* es extremadamente variable y depende del tipo de ramificación. Plantas crecidas de semillas tienen por lo común un solo tallo, largo y simple, con escasa ramificación en el ápice. En la mayoría de las plantas propagadas vegetativamente el tronco se divide, a cierta altura, en dos o tres ramas, las que se subdividen en otras tantas sucesivamente, dando a la planta la forma de parasol. El ángulo en que las ramas brotan del tronco y su crecimiento recto o curvo son característicos de cada cultivar. Hay clones en que los tallos se ramifican en dos o tres ramas cada vez pero no llegan a formar una planta simétrica.

En plantas propagadas por estacas las raíces comienzan a crecer una semana después de la siembra. El primer período de crecimiento de la planta, que dura seis a ocho meses según el clon, consiste en la formación de partes aéreas; por peso tiene 50% de follaje, 40% de tronco y ramas y sólo un 10% de raíces. En el segundo período, que dura unos tres meses, las raíces aumentan considerablemente mientras que el follaje se mantiene estable. Al final hay de nuevo formación de hojas y la relación entre partes subterráneas y aéreas se estabiliza antes de la cosecha.

El tronco y las ramas tienen nudos formados por las bases de las hojas, que son caedizas (Fig. 22.1A). El nudo es una estructura prominente, cuya forma y tamaño son característicos de cada cultivar; se compone de la base de la hoja, con una yema axilar en el lado superior que casi nunca se desarrolla, y dos estípulas laterales, grandes o cortas, lisas o dentadas, según el cultivar. La distancia que separa los nudos (Fig. 22.1A) es otra característica varietal, la cual sin embargo, es afectada por las condiciones ambientales. Por lo común la distancia entre nudos en el tronco disminuye de abajo hacia arriba; en las ramas es mayor en la parte inferior, menor en el centro y de nuevo se incrementa en la porción terminal.

Los nudos determinan también la forma del tallo; éste es comúnmente cilíndrico en la parte inferior y su diámetro varía de dos a seis centí-

metros. En la parte superior tiende a ser prismático, pues de los nudos salen hacia abajo prominencias longitudinales; la anchura de tallo y ramas es también una característica varietal.

El color del tallo es típico del clon y varía con la edad de la planta. En las partes nuevas puede ser blancuzco, verde de varios matices, pardo, rojo claro a oscuro. Conforme avanza en edad aparecen manchas de diferentes tonos, que también son características de cada clon.

Hojas. Las hojas son caedizas y duran de uno a dos meses. Los pecíolos largos y finos, de 20 a 40 cm de largo, son rectos o curvos según el cultivar. El color del pecíolo es otra característica varietal; puede ser púrpura, rojo o verde, uniforme o manchado. La lámina es palmeada, por lo común con cinco a siete lobos, en algunos clones hasta 11. El número es menor en las hojas inferiores y no es raro encontrar hojas enteras hacia la base del tronco. Además cambian según la estación, pues las hojas formadas en la época lluviosa tienen generalmente menos lobos. La forma de los lobos es un carácter más estable para cada clon, aunque los dos laterales son diferentes de los tres a cinco centrales, que son similares en forma y tamaño.

Los lobos centrales (Fig. 22.1B) puede ser lineares, rómbicos u oblanceolados. El factor que determina angostos es dominante sobre anchos, pero su expresión varía con las condiciones ambientales. Hay otra variante en la forma: en muchos cultivares se presenta un ensanchamiento del lobo que puede estar en la base, al medio o hacia la parte terminal según el clon. El color de los nervios, verde, amarillo o rojo, es otra característica varietal y puede ser igual o diferente en los dos lados de la hoja. No hay relación constante entre el color del pecíolo y el de los nervios. Las hojas son marcadamente bifaciales, con el lado superior verde brillante, de tono claros u oscuros según el cultivar; el inferior varía de gris a azul. No hay relación en la intensidad del color entre una y otra cara.

Inflorescencia. Las inflorescencias aparecen en los extremos de las ramillas o en las axilas de

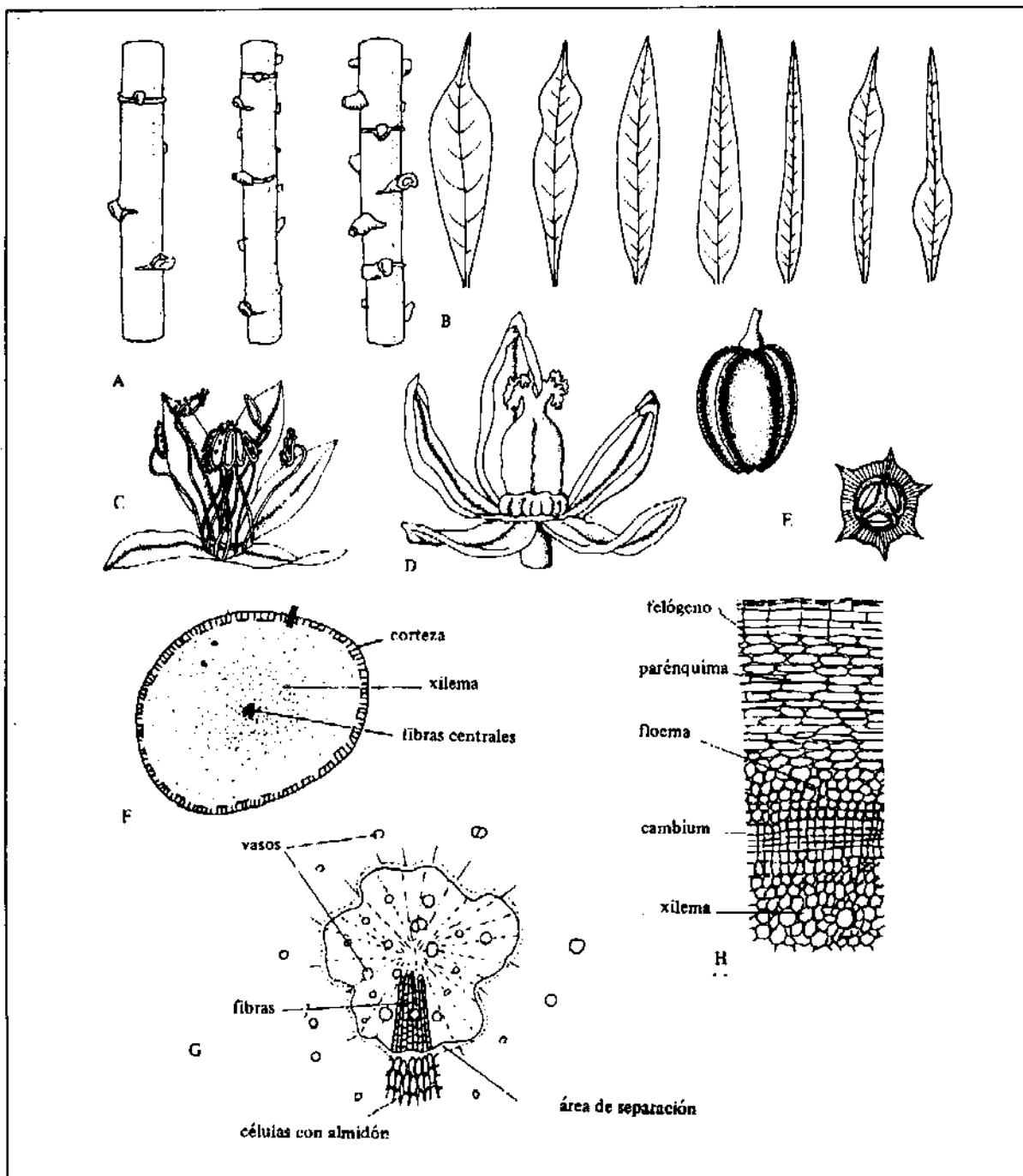


Fig. 22.1. *Manihot esculenta*. A, tipo de tallos. B, diferentes tipos de hojas (lomo central). C, flor estaminada. D, flor pistilada. E, fruto y corte transversal. F, raíz, corte transversal. G, fibra de la raíz. H, estructura de la corteza.

las hojas. Son panículas de cinco a 15 cm de largo provistas de brácteas basales angostas y agudas; contienen alrededor de 50 flores estaminadas y seis pistiladas, éstas últimas en la parte inferior. En algunos clones se presenta flores hermafroditas en abundancia y no es raro que una inflorescencia contenga sólo flores estaminadas.

La flor individual estaminada (Fig. 22.1C) tiene el pedicelo recto y corto, de uno a dos milímetros de largo. El perianto se forma sólo del cáliz cupular, de seis a ocho milímetros de largo, dividido hasta la mitad en cinco dientes anchos. El color del cáliz tiende en general a ser una característica clonal; puede ser uniforme o con franjas en el centro y los bordes de los dientes. El matiz básico es verdoso o amarillento y las franjas moradas o rojas. La distribución del color, sin embargo, puede variar en los sépalos de la misma flor. En el centro de ésta hay un disco con nectarios, en el que se insertan 10 estambres en dos ciclos de cinco, los externos considerablemente más largos. Al centro de la flor hay un ovario rudimentario.

La flor pistilada (Fig. 22.1D) tiene el pedicelo curvo y largo, de cuatro a seis milímetros de longitud. El cáliz es similar al de la flor estaminada pero más grande, de 10 a 12 mm de largo, con los dientes cortados hasta la base. El color predominante es verde amarillento o rojo, liso o con franjas angostas bien definidas de tono purpúreo en los bordes de los sépalos. Al centro de la flor hay un disco bien desarrollado, amarillo o rojizo, sobre el cual está sentado el ovario elipsoidal, el que tiene seis aristas longitudinales bien marcadas; el estigma es grueso y carnoso. El ovario tiene tres celdas, cada una con un óvulo.

Todas las partes de la flor, especialmente los sépalos, contienen canales de látex asociados al floema.

Biología floral. En ciertos cultivares las flores aparecen unas pocas semanas después de sembradas las estacas; en otros al año, y en ciertos clones después de dos años. Hay condiciones ambientales que favorecen la floración; en los trópicos se facilitan los trabajos de hibridación si

las plantas crecen a alturas mayores de 1000 m, en donde florecen y fructifican mejor que en las tierras bajas.

La protoginia es normal en *M. esculenta*, es decir que las flores pistiladas son receptivas cuando los estambres aun no producen polen. Por lo común las flores pistiladas se abren de seis a 10 días antes que las estaminadas y cuando éstas comienzan a soltar el polen ya las primeras están marchitas. En condiciones favorables de temperatura las flores se abren por pocas horas al medio día y continúan abriéndose por ocho a 10 días consecutivos.

La polinización cruzada es entonces normal y es realizada tanto por el viento como por los insectos. Aunque las flores no son llamativas, contienen néctar en abundancia; moscas y otros insectos las visitan con frecuencia y algunos de ellos depositan sus huevos en las flores, destruyendo así muchas de éstas, especialmente las estaminadas. El número de flores que forman fruto es siempre muy bajo.

Fruto y semilla. El fruto (Fig. 22.1E) es una cápsula ovoidea y verde, de uno a 1.5 cm de largo, con seis aristas longitudinales prominentes, onduladas y a menudo de color diferente del resto del fruto. Contiene normalmente tres celdas, con una semilla cada una. El fruto tarda unos cinco meses en madurar; luego se abre y expulsa las semillas.

La semilla es aplanada y de perfil elíptico por el frente, de 10 mm de largo por cinco milímetros de ancho con testá dura y brillante cubierta de manchas oscuras. Al ápice está la carúncula, blanca y carnosa; el embrión está rodeado de una masa gruesa de endosperma.

Raíces. En las plántulas derivadas de semilla hay una raíz primaria, de cuya parte superior brotan cuatro o más raíces de segundo orden. En las plantas propagadas por estacas el número de raíces es variable; salen en primer término de los bordes de la superficie de cicatrización de la estaca, en la cual se forma un callo y también brotan raíces de las yemas y estípulas de los nudos superiores. Estas raicillas, que aparecen una se-

mana después de la siembra, al contrario de las primeras, se desarrollan rápido pero no duran mucho tiempo. En una estaca se forman de una a 10 raíces tuberosas, cuya distribución alrededor de la estaca y su profundidad son características clonales. También difieren varietalmente en la forma de la parte basal de la raíz, que en ciertos cultivares es angosta y en otros tan ancha que parece que las raíces fueran parte del tronco. El tamaño y la forma general de la raíz son también características clonales, aunque varían según las condiciones del suelo en que crecen y de la posición y profundidad a que se siembra la estaca. Pueden ser fusiformes, cilíndricas o ramificadas.

La raíz de *M. esculenta* no ofrece en su estructura ninguna característica extraordinaria y se compone básicamente de dos partes: la corteza, en la que están incluidos los tejidos corticales y el floema, y el xilema que es la parte comestible.

En las raíces adultas (Fig. 22.1F) la epidermis desaparece y es reemplazada por capas superficiales derivadas de un felógeno, que permanece activo durante toda la vida de la planta; este felógeno forma estratos de parénquima, de células muy alargadas en sentido tangencial, las más externas de las cuales se desprenden y secan y son reemplazadas por nuevas capas. Según el color y textura de la raíz, se clasifican en claras, si aquella es blancuzca y lisa, o en oscuras cuando son de tono rojizo o castaño y de textura áspera; este último carácter es determinado por un factor dominante. En la mayoría de los clones se ha observado que existe relación entre el color de la raíz y el del tallo; en las yucas claras éste es verdoso o grisáceo, en las oscuras es de tonos que varían de amarillo oscuro a rojo o castaño.

La región cortical (Fig. 22.1G) se reduce bastante en las raíces adultas y se forma principalmente de parénquima. El periciclo y la endodermis están bien desarrollados en las raíces nuevas pero muy comprimidos por el floema y los tejidos externos en las raíces viejas. El floema que compone la mayor parte de la cáscara contiene los elementos corrientes: tubos cribosos y células anexas, parénquima en abundancia y fibras; es-

tas últimas son poco numerosas y se presentan en forma de esclereidas. Son frecuentes los canales lactíferos, especialmente en las raíces jóvenes.

El cambium es muy activo y forma grupos de células muy finas, que permiten separar la cáscara del resto de la raíz. El xilema, o sea la parte comestible, es una masa sólida que se compone principalmente de tejido secundario derivado del cambium. El xilema primario, compuesto originalmente de cuatro a cinco grupos de vasos, no ocupa espacio apreciable en la raíz desarrollada. En ésta, gran parte de la sección externa del xilema es parénquima, cuyas células contienen almidón en abundancia, formado de granos redondos, de tamaño muy desigual, de 10 a 20 micras de ancho. Sólo se encuentran en esta área unos pocos vasos aislados, pero conforme se avanza hacia la parte central de la raíz son cada vez más frecuentes. Por último, al centro hay filas de vasos duros de xilema, separados por radios angostos de parénquima, que forman el hilo o fibra central de la raíz (Fig. 22.1H); la dureza de ésta, su longitud y anchura, son características varietales.

El color del xilema puede ser blanco, amarillo y aún rosado, según el clon. Las características del almidón también varían mucho, así como las cualidades culinarias de la raíz. Hay desde duras y amargas, que dejan un sabor picante en la lengua, hasta otras como "Valenca", de raíces suaves y esponjosas, blancas y de sabor muy agradable.

Toxicidad. Todos los cultivares de *M. esculenta* contienen cantidades variables de ácido prúsico o cianhídrico (HCN), altamente venenoso, que resulta de la hidrólisis de glucósidos cianogénicos, principalmente limanarina, por la acción de la enzima limanarasa. Ambas sustancias se encuentran por aparte, en todos los tejidos de la planta, y sólo faltan en las semillas. Cuando las células que las contienen se rompen mecánicamente, se marchitan o deterioran, el glucósido y la enzima producen por hidrólisis la formación de HCN. La presencia de sustancias cianogéni-

cas es una defensa de la planta contra los ataques de insectos, mamíferos y otros animales. Sin embargo, en el caso de insectos, algunas especies han desarrollado mecanismos de detoxificación que les permiten consumir hojas y raíces sin mayor daño. Por otra parte, no hay evidencia firme de que las variedades de *M. esculenta* con mayor contenido de HCN en las raíces, sean menos atacadas que las de bajo contenido de esa sustancia.

En la alimentación humana se asume que de 50 a 100 mg de HCN/Kilo de raíz fresca sin cáscara son moderadamente venenosas y sobre 100 mg peligrosos para una persona adulta.

Para la utilización de las raíces ha sido imprescindible desarrollar procesos que reduzcan su toxicidad; en primer lugar esto se consigue pelando las raíces, ya que la proporción de glucósido contenido en la cáscara y en la parte comestible es de 5-10:1, respectivamente. El corte o raspado de las raíces sin cáscara, la cocción, secado y fermentación, reducen la toxicidad al producir hidrólisis con la volatilización consiguiente del ácido cianhídrico. Para citar un caso: por cocción solamente, se redujo el HCN de 332 mg por kilo a 10 mg; sin embargo, las sustancias tóxicas pueden acumularse en el organismo cuando se consume grandes cantidades y están mal preparadas. A ese efecto acumulativo se atribuye la frecuencia del bocio, trastornos mentales, lesiones cutáneas y otros, que se presentan especialmente en Africa, en regiones en que *M. esculenta* es el alimento predominante.

Diversidad. Se conocen centenares de variedades de yuca (Fig. 22.1), que se diferencian por la ramificación; corteza de la raíz, áspera o lisa; color de los sépalos y el disco; forma y coloración del pecíolo; color del follaje nuevo; forma y tamaño de la base de las hojas; color del periderma de las raíces; forma de los lobos centrales de las hojas; contenido de HCN; período de desarrollo de las raíces, y otros.

La diversidad tan amplia de esta especie se explica por su naturaleza, un alotetraploide muy heterocigoto, de cultivo antiguo y extenso, en el cual la protoginia favorece la hibridación entre

cultivares y con especies afines del género *Manihot*. Ciertas prácticas de pueblos indígenas favorecen el aumento de la diversidad: las plántulas de semilla que aparecen en los campos de cultivo son observadas y cuidadas, y si tienen raíces de características aceptables, se multiplican vegetativamente, y de esa manera se generan nuevos clones. Hay también programas de mejoramiento genético, en América tropical, Africa y Asia, destinados principalmente a obtener clones resistentes a enfermedades como el mosaico africano.

La clasificación tradicional divide los cultivares de yuca en "amargos" y "dulces", los primeros con más de 100 ppm de HCN, los segundos con menor cantidad. Las variedades amargas se prefieren por su rendimiento ligeramente más alto, y por su sabor, aunque la preparación como alimento sea más larga y costosa. Las dulces se plantan en cultivos extensos, especialmente para exportación y consumo como alimento. Los dos grupos tenían originalmente áreas distintas de distribución. La amargas se cultivaban en la cuenca Amazonas-Orinoco, y de allí fueron llevadas a las Antillas y el Viejo Mundo; las dulces se extendían desde el noroeste de Argentina hasta México. El valle del Magdalena, en Colombia, se ha propuesto como el límite entre los dos grupos de variedades.

JEBE, SERINGUEIRA, CAUCHO, *Hevea brasiliensis*

El caucho obtenido de *Hevea brasiliensis* es uno de los principales artículos de comercio de los trópicos. Su producción industrial se desarrolló primero en Indonesia y Malasia, luego en Africa Ecuatorial. En América se ha continuado la explotación de árboles silvestres y más recientemente han sido establecidas plantaciones modernas. Sin embargo, a la producción mundial de cerca de un millón de toneladas métricas, América tropical y en especial Brasil sólo aportan el cuatro por ciento.

En su área de origen el cultivo de *Hevea* está limitado seriamente por las enfermedades foliares. En los trópicos húmedos de Oriente no existe ese factor limitante y el cultivo se ha tecnificado en tal forma que le permite competir con la producción sintética.

Origen. El uso del caucho para impermeabilizar diferentes objetos, como adherente, para fabricar pelotas elásticas o calafatear embarcaciones, era conocido en épocas prehispánicas en Centroamérica, donde se obtenía de varias especies del género *Castilla* (Moráceas), y en Suramérica de especies de *Hevea*, *Manihot* y otros.

El caucho constituía, por sus propiedades elásticas, un objeto más bien de curiosidad en Europa hasta el siglo XIX. A principios de ese siglo se inició su uso industrial en pequeña escala, como impermeabilizante o en la fabricación de tubos y otros objetos pequeños. El descubrimiento de la vulcanización, que le dio solidez y resistencia, permitió el uso del caucho en las ruedas de vehículos motorizados e inició así su utilización industrial. El cultivo de especies laticíferas para suplir las necesidades del mercado se intensificó en la última mitad del siglo pasado. Se ensayaron *Castilla elástica*, el hule de México y Centroamérica; caucho de Ceará, *Manihot glaziovii*; caucho de India, *Ficus elastica*, y otros. *Hevea brasiliensis* se impuso sobre todas ellas por el rendimiento y alta calidad del látex.

El género *Hevea* consiste de diez especies distribuidas en la cuenca amazónica, entre las cuales no parece haber barreras de cruzamiento; se conoce poblaciones híbridas o introgresivas entre diferentes especies cuya distribución geográfica está en gran parte relacionada con las condiciones del suelo. *Hevea brasiliensis* crece de preferencia en suelos bien drenados, en áreas con precipitación arriba de 2000 mm y a alturas de 0-600 m. Se halla en las regiones vecinas al Amazonas, especialmente al sur, y en las cuencas de los grandes ríos tributarios.

Hevea brasiliensis no fue cultivado por los indios, quienes, como se dijo antes, si conocían las propiedades del caucho. Las semillas de ésta y

otros *Hevea* son comidas por los indios esporádicamente, después de una preparación cuidadosa, pues frescas contienen sustancias tóxicas.

La explotación de plantas silvestres de la cuenca amazónica suplió las primeras necesidades de caucho en los mercados europeos y americanos, pero cesó cuando se establecieron las plantaciones en el Sureste de Asia. En América el factor limitante es la enfermedad suramericana de la hoja, *Microcyclus* (*Dothiedella*) *ulei*, que no existe en el Sureste de Asia. Los avances en el mejoramiento genético, el uso de cepas cuyo follaje es resistente como el de *H. benthamiana*, la aplicación de agentes químicos que aumentan la secreción de látex, y en especial el incremento de precio de productos de petróleo para la producción de caucho sintético, son factores favorables a la producción moderna de caucho natural.

Porte. Los árboles de *Hevea brasiliensis* son de porte y altura muy variables; en el cultivo comercial se ha dado importancia especial a la forma de la copa, que depende del espaciamiento de las ramas en el tronco central y del ángulo a que salen de éste. Así hay árboles de copa cónica o piramidal, cuando las ramas están espaciadas regularmente y disminuyen progresivamente de longitud hacia el ápice. En cambio la copa es esférica si las ramas salen de un espacio corto en el tronco; hay muchas otras formas y este carácter hereditario sirve para tipificar los cultivares. Las características del follaje son de interés en la producción comercial: árboles de copa angosta, por ejemplo, son preferibles para una siembra densa; de copa abierta y follaje ralo, cuando el *Hevea* se siembra interplantado con otros cultivos. El tipo de copa es escogido también por su resistencia al viento.

Las hojas (Fig. 22.2A) son trifolioladas, con peciolos que miden de 15 a 25 cm de longitud y peciolulos de 10 a 16 mm de largo; hay un par de glándulas o nectarios en la inserción de los peciolulos. Las láminas son oblanceolada u obovadas, agudas en el ápice y la base, de 10 a 15 cm de longitud por cinco a nueve centímetros de ancho. El lado superior es verde-oscuro y brillante, el infe-

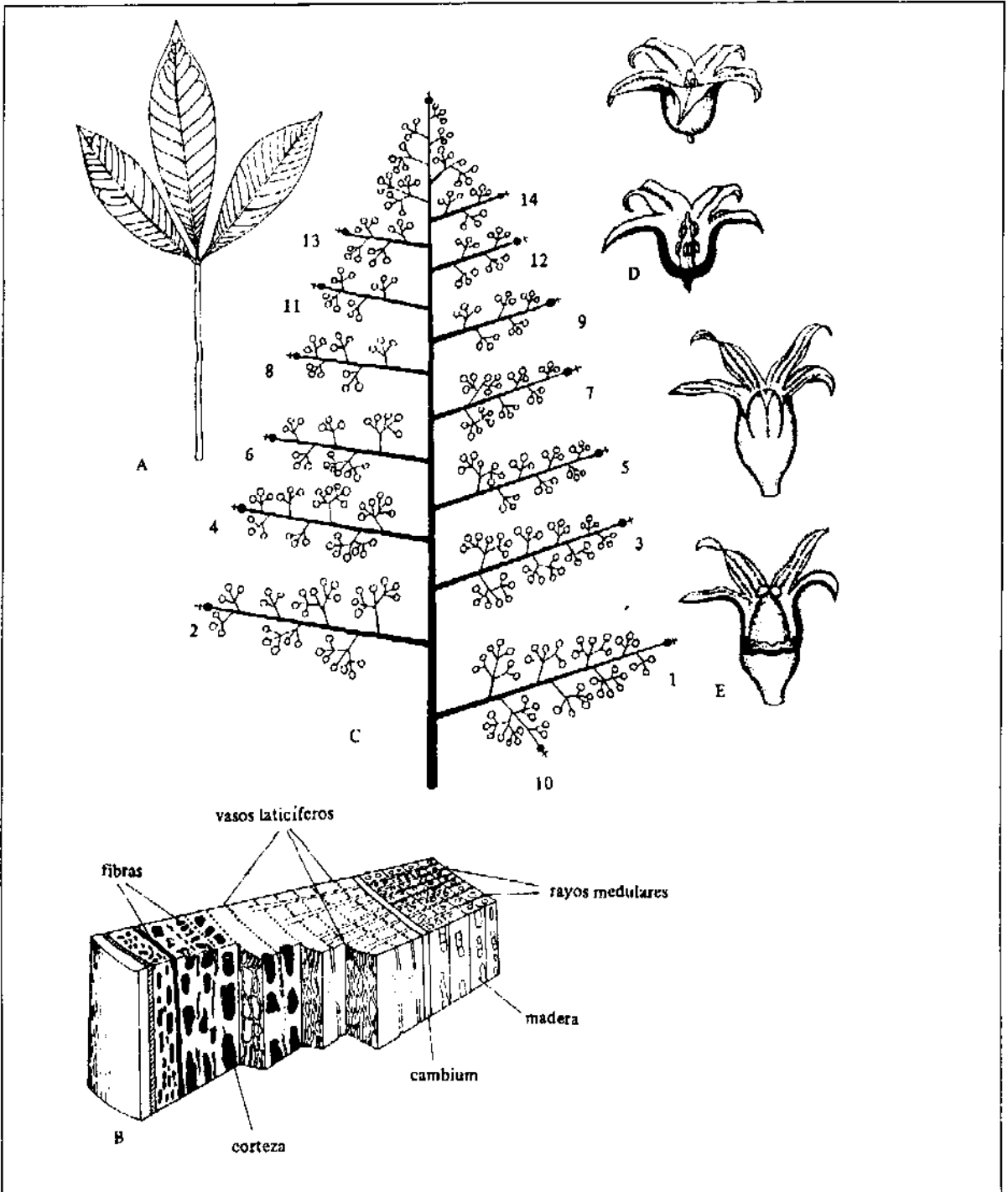


Fig. 22.2. *Hevea brasiliensis*. A, hoja. B, corteza. C, inflorescencia. D, flor estaminada. E, flor pistilada.

rior más claro y opaco; la forma, coloración y posición de las hojas son características varietales. *Hevea brasiliensis* se despoja del follaje una vez al año; al renovarlo por completo, las hojas nuevas tienen un matiz cobrizo muy atractivo.

Sistema laticífero. En *Hevea* hay látex en todas las partes de la planta y apenas se inicia la germinación ya se forman pequeños vasos laticíferos en las primeras hojas.

El látex es un producto de tejidos vivos. Su base es un líquido transparente en que flotan pequeñas masas de caucho, generalmente esféricas y de diverso tamaño, constituidas por resinas. Su densidad varía según las condiciones ambientales y comúnmente se presenta como un líquido blanco, espeso, pegajoso, de reacción ácida. Su función biológica no está definida y se le considera, por ejemplo, como un producto de desecho de las actividades metabólicas de la planta. Se ha definido también como un sistema de protección contra las perforaciones de insectos, las que el látex soldaría impidiendo la entrada de organismos patógenos. Es de notar que plantas laticíferas son más abundantes en los trópicos, donde es mayor el ataque de insectos. También se cree que por su alto contenido de agua actúe como una reserva para la planta; sin embargo, el látex es muy pobre en almidones y contiene principalmente resinas y otras sustancias inertes.

El látex de *Hevea* se deriva de procesos de secreción de células vivas. Los tejidos laticíferos más importantes (Fig. 22.2B) se presentan en bandas concéntricas en la corteza del tronco y ramas principales. Se derivan del cambium secundario, el cual origina hacia el exterior la corteza, que se compone de los tejidos corrientes de floema: tubos cribosos, células anexas y parénquima acompañante, y de otras dos clases diferentes de tejidos: masas de fibras y capas laticíferas. Los tejidos normales del floema, así como los bloques de fibras y capas laticíferas, son el resultado de la actividad periódica del cambium. No se forman simultáneamente sino en capas alternas y por lo tanto no existe comunicación entre las capas laticíferas.

Al derivarse del cambium el tejido laticífero se presenta primero como una masa angosta de parénquima, dentro de la cual ciertas células se diferencian por la formación de látex. Estas células se comunican entre sí al disolverse las paredes que las separan, y por la disolución de éstas en sentido longitudinal forman un tubo continuo que a menudo emite prolongaciones laterales que se introducen entre las paredes de las células vecinas. El sistema laticífero resulta por último en una red de vasos interconectados que se extienden a lo largo del tronco, cuyos tubos están separados por tejidos corrientes de parénquima.

En la explotación comercial del *Hevea* se extrae el látex haciendo cortes en una porción del tronco con una herramienta especial, desde cierta distancia de la inserción de las ramas hasta unos decímetros del suelo. La corteza se corta sólo de un lado, cubriendo la mitad del tronco y dejando la otra intacta para no afectar seriamente la translocación de agua y nutrimentos en la planta. El corte debe llegar hasta unos pocos milímetros del cambium, el cual debe permanecer intacto. Los cortes se hacen sucesivamente de arriba a abajo e inclinados, de modo que el látex puede fluir y ser recogido en un recipiente colocado en la base del árbol. En un sistema desarrollado recientemente se obtiene más látex cuando el tronco se "pica" de abajo hacia arriba.

El corte de la cáscara produce en los tubos laticíferos descenso rápido de la turgencia y contracción drástica que expulsa el látex y promueve el flujo de éste desde los tejidos vecinos al área cortada. El látex continúa fluyendo después de establecerse el equilibrio con el aire, aun cuando los tubos se hayan contraído y hayan formado tapones. El látex cesa de fluir unas horas después del corte, y éste debe renovarse al día siguiente cortando unos milímetros de corteza, a fin de exponer de nuevo al aire los canales laticíferos. Una vez terminada la obtención de látex en un lado del tronco, éste se regenera si el cambium no ha sido afectado. Se forma una nueva corteza, la cual se podrá "picar" de nuevo en pocos años, después de haber sido explotada la otra

mitad del tronco. Conforme avanza la edad del árbol los tubos de las capas más externas van siendo menos numerosos y su actividad disminuye considerablemente.

El rendimiento de látex en *Hevea* está determinado, en primer lugar, por factores hereditarios; hay cierta periodicidad en la formación de las capas laticíferas, lo que sugiere la acción de dichos factores, pues en el desarrollo de la corteza nueva, después de haber sido cortada para la recolección de látex, se repite la estructura de la corteza original. El rendimiento es también afectado considerablemente por condiciones ambientales, como sequía, fertilidad del suelo y otras.

Inflorescencia. Las inflorescencias aparecen en el extremo de ramillas nuevas o en la axila de las hojas. En el primer caso el árbol se cubre de flores simultáneamente antes de que se desarrolle el nuevo follaje, y en el segundo las inflorescencias van apareciendo durante varios meses. La inflorescencia es un dicasio cónico (Fig. 22.2C) con un eje central que lleva numerosas ramillas laterales primarias, que a su vez se ramifican en secundarias y aún en terciarias.

Las flores son unisexuales. Las pistiladas aparecen solitarias en el extremo de las ramillas primarias; las estaminadas en racimos, de varias flores, en las secundarias y terciarias.

Las flores de uno u otro sexo tienen el perianto constituido solamente por un cáliz de cinco dientes. Las estaminadas (Fig. 22.2D) son un poco más pequeñas que las pistiladas; miden de ocho a 10 mm de largo. Al centro de la flor está la columna estaminal, en que hay 10 estambres en dos ciclos de cinco en posición alterna. A veces el ápice de la columna se divide en tres partes, que asemejan un estigma trífidio.

La flor pistilada (Fig. 22.2E) es más grande, de 10 a 12 mm de largo. El ovario ocupa el centro y es ovoide, de base ancha, formado de tres carpelos unidos, cada uno con un solo óvulo. El estigma se divide en tres ramas aplanadas.

Biología floral. En una inflorescencia se abren primero las flores estaminadas, comenzan-

do por las basales. Transcurren unos 15 días entre el inicio de la floración y la apertura de las últimas flores estaminadas, en el ápice de la inflorescencia. Hacia la mitad de ese período se comienzan a abrir las flores pistiladas en el mismo orden, o sea primero la situada al extremo de la ramilla primaria más baja y así sucesivamente hasta la que ocupa el vértice de la inflorescencia. El período que abarca esta floración es de cuatro a cinco días.

Las flores pistiladas o estaminadas se abren en las primeras horas de la tarde y no se cierran. Las estaminadas caen dos o tres días después, y muchas de ellas no pasan del estado de botón. Las pistiladas duran en receptividad de cuatro a cinco días y con frecuencia el cáliz se desprende antes.

Los agentes polinizantes son el viento y los insectos, y la polinización cruzada es la regla. *H. brasiliensis* es una especie de fructificación muy baja; se estima que para producir un fruto maduro debe haber más de 70 flores pistiladas y 4300 estaminadas. Como puede observarse, la relación entre ambos tipos de flores es de uno a 60 aproximadamente.

Fruto y semilla. El fruto de *Hevea* es una cápsula de tres celdas, con una semilla en cada una. Los tejidos que forman la pared del fruto son tres capas fibrosas con las fibras dirigidas en sentido opuesto, de tal modo que al secarse el fruto hanean en direcciones diferentes y lo hacen estallar en tres o seis partes siguiendo las superficies de unión de los carpelos. La fuerza del estallido, que produce un ruido característico, lanza las semillas hasta 15 m de distancia.

Las semillas tienen la epidermis compacta, en la que hay grupos de células con pigmentos oscuros que se destacan sobre los tejidos inferiores más claros; dichas manchas son características de cada árbol y han sido usadas para reconocer los clones. Debajo de la epidermis hay un tejido esponjoso que permite flotar a las semillas cuando son arrastradas por las corrientes de los ríos. Como, al mismo tiempo, la epidermis compacta impide la penetración de agua, las semillas

de *Hevea* pueden lograr una amplia dispersión natural. El perisperma forma la mayor parte de la semilla y contiene almidón y aceites; el endosperma en cambio está reducido a una capa muy delgada y apenas visible, adherida al perisperma. El embrión de posición central ocupa casi toda la longitud de la semilla.

Variabilidad. En su habitat natural, la selva amazónica, *Hevea brasiliensis* está formado por poblaciones híbridas cuyas diferencias son marcadas. Se ha reconocido también híbridos naturales entre *Hevea brasiliensis*, *H. spruceana*, *H. pauciflora*, *H. guianensis* y otras. Como los tipos híbridos han podido retrocruzarse con sus especies parentales, la riqueza en formas diferentes es muy alta; esto se observa tanto en los aspectos morfológicos como en otras características, por ejemplo la resistencia a enfermedades.

Las primeras siembras hechas en Oriente se establecieron con semillas procedentes del Amazonas, evidentemente de origen híbrido. Se escogió árboles destacados por su rendimiento o resistencia a enfermedades, los que se propagaron por semilla o por vía vegetativa. A pesar del comportamiento poco uniforme, las líneas obtenidas en el primer caso dieron mejores cosechas que los clones en suelos de baja fertilidad. Por selección clonal de las poblaciones híbridas primeramente establecidas se obtuvo clones de alto rendimiento, que dieron tres o cuatro veces más látex que aquellas. Esta etapa de selección en *Hevea* ha sido reemplazada por la formación de híbridos entre clones.

También se recurre a la hibridación interespecífica; los híbridos de *H. brasiliensis* x *benthiana* han mostrado la resistencia a enfermedades del follaje que caracteriza a la última especie, aunque esta resistencia no se mantiene en las generaciones siguientes. La resistencia de *H. benthamiana* a enfermedades foliares se aprovecha también injertando cepas de esta especie en troncos de *H. brasiliensis*.

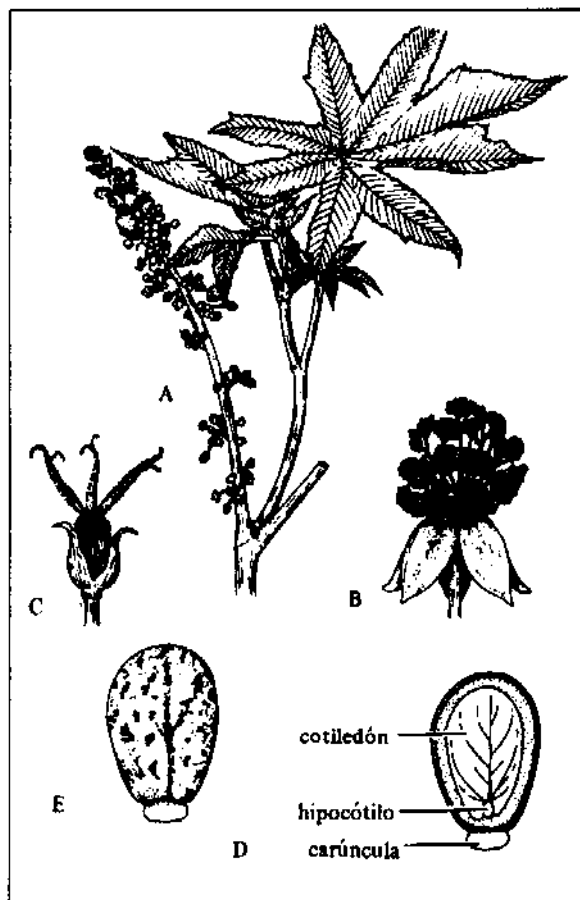


Fig. 223. *Ricinus communis*. A, rama florífera. B, flor estaminada. C, flor pistilada. D, semilla. E, corte longitudinal de la semilla.

Oleaginosas

RICINO, HIGUERILLA, *Ricinus communis*

Ricinus communis se cultiva en los trópicos y zonas templadas por el aceite de sus semillas, que tiene múltiples usos industriales en la preparación de pinturas, lubricantes, plásticos, linó-

leos, aislantes eléctricos y muchos más. Su aplicación en medicina, como aceite de castor, ha disminuido mucho. Las áreas de mayor producción actual son Brasil, Rusia, India, China, Estados Unidos de América.

Ricinus communis es originaria de África y de cultivo muy antiguo. En los trópicos es una planta que dura dos o más años, alcanzando un porte arbóreo hasta de ocho metros de altura; en las siembras industriales en zonas templadas crece y madura en pocos meses.

El tallo cilíndrico, sólido en las plantas nuevas y hueco en las viejas, está dividido en entrenudos marcados por la inserción de las hojas. Los pecíolos son largos y fuertes, huecos y más anchos en la base, donde se halla dos o más nectarios. Las láminas muy grandes y palmeadas tienen de cinco a 11 lobos profundos. Antes de abrirse forman una masa compacta, cubierta por dos estípulas grandes y caducas. Se abren primero en forma de embudo y luego se extienden en un solo plano, conservando siempre una parte cóncava en la base. El tamaño y forma de las láminas es muy variable; en color predominan matices verdes o bronceados.

Las flores unisexuales aparecen en panículas erectas que salen tanto en posición terminal como en las axilas de las ramas principales. Las estaminadas se hallan en la parte inferior de la panícula, las pistiladas arriba. Las flores estaminadas (Fig. 22.3B) brotan en glomérulos; el perianto se compone de cinco partes que al abrirse toman una posición horizontal; los estambres son muchos, en forma de un árbol diminuto de múltiples ramillas, cada uno con numerosos filamentos terminados en anteras esféricas. Las pistiladas (Fig. 22.3C) nacen en glomérulos de pocas flores y en grupos de tres, desarrollándose primero la central. La flor tiene el cáliz cupular con tres a cinco dientes agudos y el ovario grande, cubierto de espinas suaves y verdosas. Hay tres estilos, cada uno dividido en dos ramillas estigmáticas cubiertas de papilas succulentas y rojizas. Se conoce tipos en que las flores pistiladas están

mezcladas con las estaminadas y en que predominan las pistiladas o en que hay unas pocas flores hermafroditas.

El fruto es una cápsula de tres lóculos, cubierto exteriormente de espinas suaves y curvas. En la mayoría de los cultivares las cápsulas se abren en la madurez y arrojan lejos las semillas; en algunas variedades nuevas se ha conseguido obtener cápsulas indehiscentes.

Las semillas son aplanadas, con la carúncula blanca y carnosa; en los cultivares primitivos la carúncula está bien desarrollada; en algunos seleccionados es muy reducida o llega a faltar del todo. El tamaño y la coloración externa son característicos de cada cultivar. La envoltura de la semilla se forma de varios tegumentos; el más externo, de células alargadas en sentido longitudinal, contiene masas de pigmentos que dan el color a la semilla. Debajo hay sucesivamente un estrato de células alargadas en sentido radial, masas de parénquima comprimido y por último una capa de esclereidas, que le da solidez a la envoltura. La semilla propiamente dicha se forma principalmente de endosperma, rico en aceite y aleurona. El embrión tiene dos cotiledones centrales y angostos y el hipocotilo basal. La semilla de *Ricinus communis* contiene principios venenosos muy activos que, al extraerse el aceite, permanecen en la torta y de la cual tienen que eliminarse.

Se conoce muchos cultivares comerciales de higuierilla, seleccionados por el porte bajo para facilitar el cultivo y la recolección mecanizada; por el contenido de aceite, que varía en forma inversa al tamaño de la semilla y que es afectado profundamente por los factores ambientales; por tener cápsulas indehiscentes o dehiscentes, el primer caso más favorable a una recolección mecánica pero con exigencia de trabajo adicional; por maduración temprana o tardía, esta última asociada a una mayor concentración de aceite; por resistencia a hongos y otras características.

La mayoría de los cultivares modernos es de origen híbrido. Aunque en la higuierilla hay simultáneamente polen en grandes cantidades y

cierto número de pistilos receptivos, el porcentaje de polinización cruzada es muy alto; la formación de semilla híbrida depende de una buena escogencia de los cultivares parentales, pues hay cierta incompatibilidad entre grupos de cultivares.

TUNG, *Aleurites montana*

Varias especies del género *Aleurites* (Fig. 22.4) se utilizan por el aceite de las semillas, que contiene ácido elaeostérico empleado especialmente en la preparación de pinturas. *Aleurites fordii*, la más importante, es originaria de China y se cultiva en áreas americanas de clima templado, sobre todo en el Sur de Estados Unidos, Brasil, Argentina y Paraguay. Esta especie no crece bien en los trópicos pues requiere un período de frío para una buena floración.

Aleurites montana, originaria del Sur de China, ha sido introducida a países tropicales sin mayor éxito. Hay algunas plantaciones en producción en Malawi (Africa). Aunque es más tropical que *A. fordii*, sólo puede crecer satisfactoriamente en lugares altos, sobre 1200 m. En su área de origen es un árbol de copa regular que alcan-

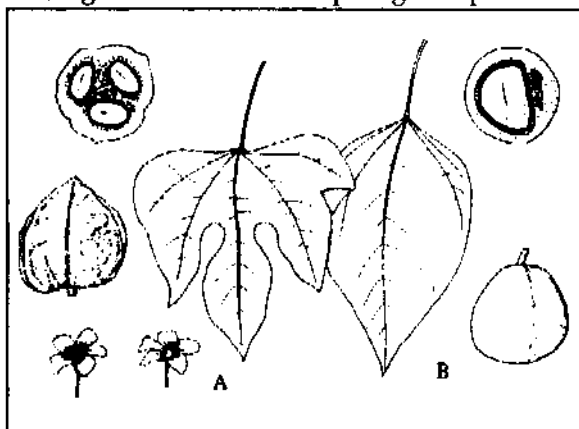


Fig. 22.4. A, *Aleurites montana*, hoja; flores; fruto, entero y en corte transversal. B, *Aleurites moluccana*, hoja; fruto, entero y en corte transversal.

za hasta 10 m de altura. Las hojas, de unos 15 cm de largo, son de forma variable y cordiformes, con tres a cinco lobos pequeños y agudos (Fig. 22.4A). Las flores unisexuales aparecen en grandes racimos en las ramillas nuevas de crecimiento anual.

Las drupas son verdosas y más o menos esféricas, de cuatro a cinco centímetros de diámetro por cinco a seis centímetros de largo con los rebordes longitudinales prominentes. Las semillas están cubiertas por un endocarpo duro y miden de dos a tres centímetros de largo; el porcentaje de aceite fluctúa entre 50 y 70%.

En *Aleurites montana* hay una tendencia marcada al dioicismo, pues muchas plantas producen sólo flores de un mismo sexo o con un bajo porcentaje del otro; esto es económicamente importante pues en las plantaciones comerciales puede haber de 30 a 40% de los árboles con solo flores estaminadas.

Trabajos de selección en *Aleurites montana* fueron iniciados en Indonesia, con el propósito de obtener plantas con aceite de calidad superior semejante al de tung y de más alto rendimiento. Se observó una variabilidad muy amplia en la producción por área y se seleccionó y reprodujo líneas descendientes de árboles madres de alto rendimiento; también se hizo propagación vegetativa para establecer clones superiores.

LUMBANG, *Aleurites moluccana*

Especie tropical (Fig. 22.4B) utilizada en Malasia y otras regiones del Pacífico por el aceite, inferior al de tung, que no contiene ácido elaeostérico. *A. moluccana* es un árbol alto de ramificación abierta; las hojas ovado a ovado-lanceoladas a menudo presentan algunos lobos laterales. La base es acorazonada o redonda y el ápice muy agudo. Los peciolos miden de cinco a 15 cm de largo, y las láminas de 10 a 30 cm de largo por seis a 15 cm de ancho.

Las plantas tienen flores de ambos sexos en la misma inflorescencia, rara vez unisexuales. La flor se forma del cáliz con dos a tres dientes y corola de cinco pétalos blancos y libres, de seis a 10 mm de largo. En las flores estaminadas hay un receptáculo del que salen de 14 a 21 estambres y cinco a ocho estaminodios. En las pistiladas el ovario tiene dos a cinco celdas.

El fruto es esférico con cuatro rebordes longitudinales poco marcados y la base y el ápice hundidos. Mide de cuatro a seis centímetros de diámetro y en la madurez adquiere un color castaño oscuro. En cada fruto hay uno o dos semillas, de dos a tres centímetros de largo por 1.5 a 2.5 cm de ancho, cubiertas por el endocarpo, duro y difícil de remover. El interior de la semilla es una masa blanca de endosperma cuyo contenido de aceite llega al 60% de su peso; el embrión basal es muy pequeño.

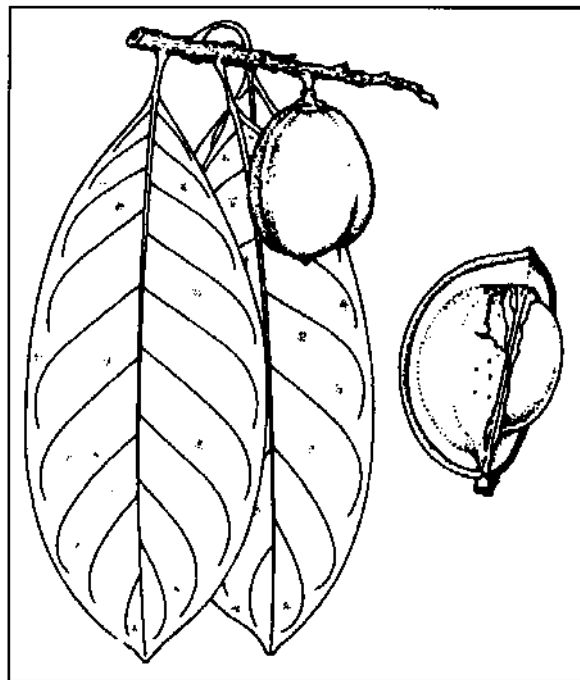


Fig. 22.5. *Caryodendron orinocense*. Rama con fruto y corte longitudinal del fruto.

TACAY, INCHI,

Caryodendron orinocense

Originario del Amazonas-Orinoco, donde se le cultiva incipientemente o se recoge las semillas de los árboles silvestres, las que contienen aceite comestible de alta calidad; las semillas se comen frescas, como nueces, tostadas o hervidas.

Caryodendron orinocense (Fig. 22.5) es un árbol dioico que alcanza más de 30 m de alto en la selva. Las hojas crecen concentradas en las ramillas terminales y son elípticas, de 20 a 30 cm de largo por seis a 10 cm de ancho, siendo notables las glándulas epidérmicas cerca de los bordes. Las flores estaminadas tienen sólo cáliz, de tres sépalos y cuatro estambres de filamentos largos y finos. Las pistiladas, en espigas terminales, tienen cinco a seis sépalos y pistilo corto, trilobular. El fruto es una baya dehiscente, normalmente con tres semillas grisáceas, de 2.5 a tres centímetros de largo, formadas de endosperma con alto contenido en aceite linoleico.

TEMPATE, PIÑÓN, *Jathropa curcas*

El cultivo de este árbol se ha intensificado en los últimos años en África Central y Mesoamérica, especialmente por la utilización del aceite de las semillas como combustible en máquinas diesel estáticas, en el control de garrapatas y moluscos, y otros usos. Las semillas, de sabor agradable, contienen sustancias venenosas, por lo cual se comen tostadas o cocinadas. Aparentemente los árboles de Yucatán y regiones vecinas tienen un contenido más bajo de sustancias tóxicas.

Jathropa curcas crece en áreas secas en las Antillas y Mesoamérica, y se planta como seto vivo en África tropical y el SE. de Asia. Es un árbol bajo y ramificado, con látex en todas sus partes. Las hojas tienen pecíolos largos y láminas ovadas a ovado-trianguulares, de siete a 25 cm de largo por seis a 20 cm de ancho; los bordes son ligeramen-

te lobulados. La inflorescencia solitaria, terminal o axilar, hasta de 25 cm de largo, tiene numerosas flores pequeñas y verdosas, generalmente unisexuales. El fruto es ovoide, con tres prominencias longitudinales apenas marcadas; contiene tres semillas gruesas, de cotiledones blancos.

Frutales

GROSELLA, *Phyllanthus acidus* (*P. distichus*)

Los nombres españoles de "grosella", "guinda", "manzana-estrella", "pimienta", se aplican en los trópicos americanos a un frutal asiático, de amplia distribución pero de cultivo poco intenso. *Phyllanthus acidus* (Fig. 22.6) es un árbol bajo, hasta de ocho metros de alto, de copa densa. Las ramillas nudosas llevan hojas alternas y elípticas de cuatro a seis centímetros de largo, caedizas, que dan la apariencia de una hoja compuesta. Las inflorescencias salen en las partes defoliadas de las ramas gruesas, rara vez en las axilas de las hojas; son racimos de flores unisexuales, rojas,



Fig. 22.6. *Phyllanthus acidus*.

muy pequeñas, con perianto de cuatro partes. Las estaminadas tienen cuatro estambres; las pistiladas un ovario esférico terminado en seis ramas estigmáticas, finas y agudas.

Los frutos aplanados, con el ápice hundido, de uno a dos centímetros de diámetro, muestran seis prominencias longitudinales; en la madurez son de color verde-pálido o amarillo claro y contienen un mesocarpo ácido y acuoso. El endocarpo es duro, con seis surcos longitudinales marcados y con tres celdas con dos semillas en cada una.

Por lo general la grosella se come cocinada, en conservas o dulces, rara vez cruda, una vez que la pulpa se ha separado del endocarpo, si se cocina con azúcar, la pulpa y el jugo adquieren un color rojo rubí.

NELI, *Phyllanthus emblica*

Esta especie asiática (Fig. 22.7) es menos conocida que la anterior. Sus hojas son muy peque-

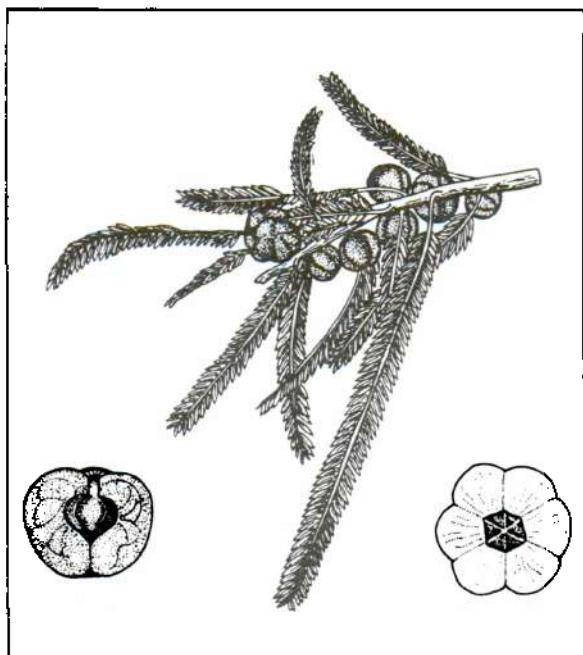


Fig. 22.7. *Phyllanthus emblica*. Rama con frutos y corte longitudinal y transversal de éste.

ñas y angostas y brotan de ramillas deciduas; se alinean en dos filas a lo largo del eje de la ramilla, que se parece mucho a una hoja pinnada. Las hojas son lineares y pequeñas, de seis a 12 mm de largo por dos a tres milímetros de ancho. Las flores aparecen en racimos compactos en las axilas inferiores de las hojas; tienen el cáliz verdoso y dividido en tres sépalos. Por lo común el árbol es monoico, con las flores estaminadas en la parte inferior de las inflorescencias; también se conoce árboles dioicos.

El fruto es redondo a oblado, liso o con seis prominencias poco definidas, de dos a tres centímetros de diámetro, amarillento en la madurez. El epicarpo es duro, liso y translúcido. El mesocarpo contiene pulpa carnosa, transparente y dura, con bandas de fibras radiales en la parte interna. El centro del fruto lo ocupa una nuez en la que hay seis semillas.

Los frutos son utilizados en el SE de Asia en diversas formas: crudos para calmar la sed y como condimento; maduros en jaleas, dulces y encurtidos. Son una buena fuente de vitamina C, y tienen, además en esa región, muchos usos medicinales.

BIGNAI, *Antidesma bunius*

El bignai es originario de los trópicos de Malasia y se le cultiva principalmente para utilizar sus frutos en jaleas y mermeladas.

Es un árbol bajo y ramificado (Fig. 22.8) de corteza rojiza que se desprende en láminas delgadas. Las hojas oblongas o lanceoladas de 15 a 20 cm de largo por cinco a ocho centímetros de ancho, son de color verde brillante por encima, lo que da un aspecto muy atrayente al árbol. El bignai es dioico. Las inflorescencias estaminadas aparecen en espigas ramificadas, poco densas. Las flores de cáliz verdoso, pubescente y cupular, tienen tres o cuatro estambres largos con anteras rojizas; al centro de la flor hay un ovario rudimentario. Las flores pistiladas brotan en racimos y tienen pedicelos fuertes; el cáliz es cupular y piloso, el ovario ovoide tiene una contrac-

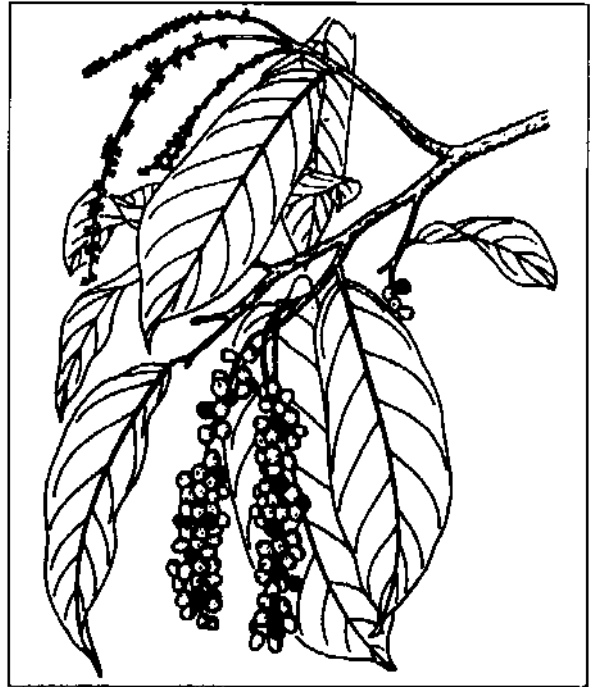


Fig. 22.8. *Antidesma bunius*. Rama con inflorescencias y frutos en diferentes estados de madurez.

ción en el ápice y termina en tres a cinco ramas estigmáticas.

Los frutos esféricos, de cerca de un centímetro de diámetro, crecen en racimos compactos y pendientes, hasta de 15 cm de largo. En el mismo racimo se encuentran frutos en diferentes estado de madurez: verdes, rojos o morados, por lo que son muy atractivos. El epicarpo es delgado y flexible; la pulpa o mesocarpo, acuosa, verdusca y ácida, es muy delgada y rodea una semilla grande de superficie rugosa.

Por ser muy ácido, el bignai no se come crudo; se agrega a las jaleas de otras frutas por su riqueza en pectina.

RAMBAI, *Baccaurea motleyana*

Varias especies de *Baccaurea* dan frutos que son muy populares en el Sureste de Asia. El ram-

bai o murung, *B. motleyana* (Fig. 22.9) nativo de Malaya y Sumatra, es un árbol muy atrayente por el porte simétrico y las inflorescencias, que penden en racimos numerosos del tronco y las ramas principales. Las hojas grandes, de 20 a 35 cm de largo, obovadas o elípticas, tienen el lado superior liso y brillante, el inferior con pubescencia densa y corta.

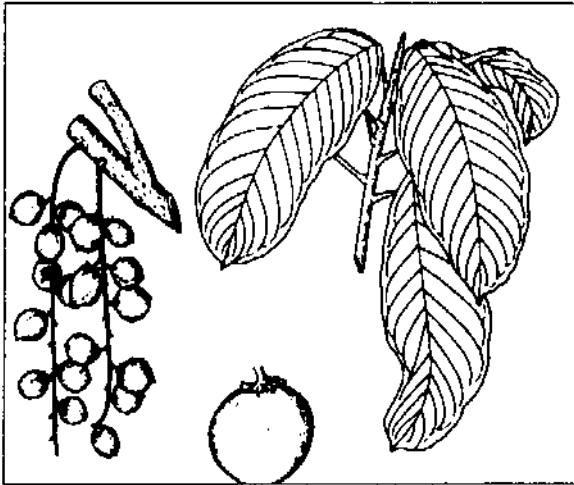


Fig. 22.9. *Baccaurea motleyana*. Rama con frutos; follaje; fruto.

B. motleyana es unisexual. Las inflorescencias en árboles estaminados miden de 13 a 20 cm de largo, en los pistilados de 25 a 60 cm de largo. Las flores tienen de cuatro a seis sépalos, las estaminadas con cuatro a ocho estambres y ovario rudimentario, las pistiladas con ovario pubescente y tres a cinco ramas estigmáticas. Los frutos del rambai crecen en racimos pendientes, de 12 a 20 en cada racimo. El fruto es casi esférico, de dos a cuatro centímetros de diámetro, con el cáliz persistente en la base y una protuberancia pequeña en el ápice, que es el resto del estigma. La cáscara delgada y amarillenta está cubierta de pubescencia aterciopelada; la parte comestible es la pulpa translúcida, ácida o dulce según la variedad, que rodea las semillas. En el fruto hay

tres a cuatro semillas, alrededor del eje central, blanco y suave.

KAPUNDUNG, *Baccaurea racemosa*

Originaria de Indonesia (Fig. 22.10) se distingue de la anterior por los frutos más pequeños, de dos a 2.5 cm de diámetro, de pulpa blanca o rosada según la variedad.

Otras especies menos conocidas son LATKA, *B. ramiflora*, del sur de China e India, con frutos de dos a cinco centímetros de diámetro, de cáscara amarilla o roja en la madurez, y pulpa blanca y opaca; TJUPA, *B. dulcis* de Indonesia, especie monoica con frutos amarillos de tres a cuatro centímetros de diámetro, y otras.

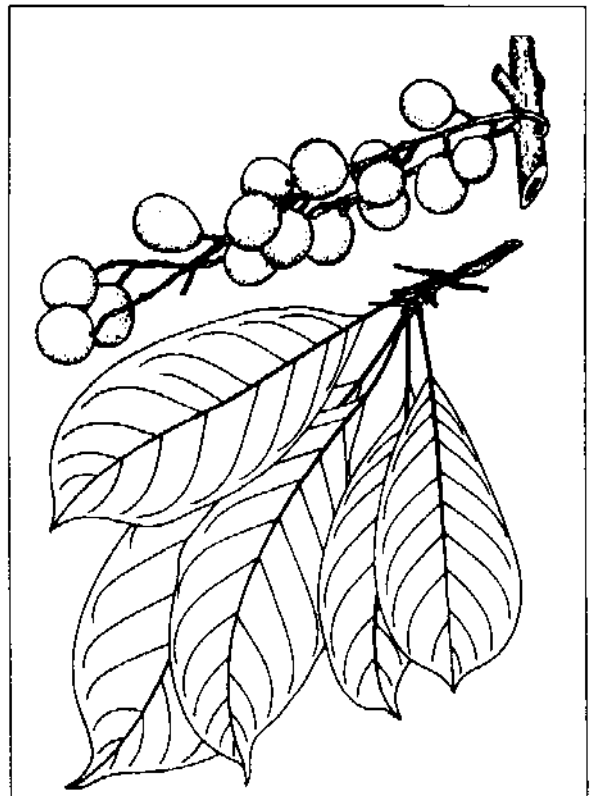


Fig. 22.10. *Baccaurea racemosa*. Rama con frutos; follaje.

Hortalizas

KATUK, *Sauropus androgynus*

Un uso interesante de algunas Euforbiáceas es el consumo de los retoños, que se comen crudos o cocinados, como hortalizas.

Sauropus androgynus (Fig. 22.11) se cultiva en Oriente con ese propósito. Es un arbusto bajo al

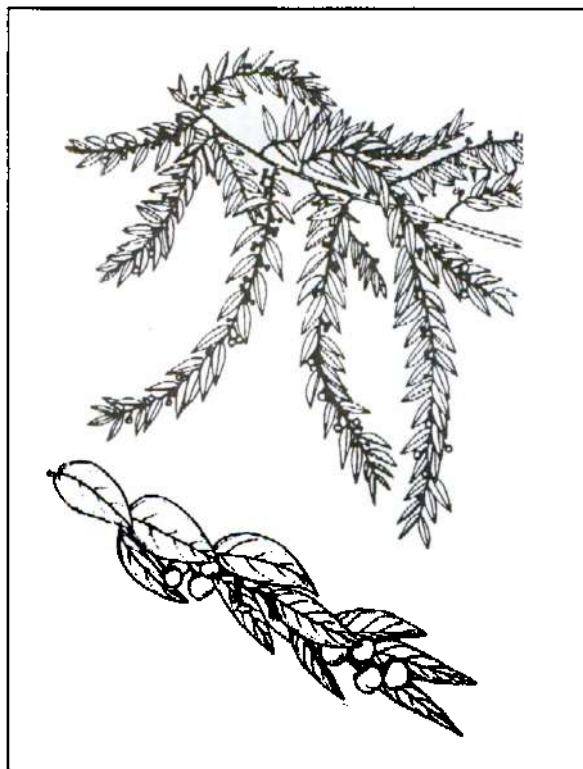


Fig. 22.11. *Sauropus androgynus*. Rama con flores y frutos (detalle).

que se poda continuamente. Las hojas alternas salen de dos filas de ramillas largas y colgantes; son ovadas a oblongas, de tres a siete centímetros de largo por uno a tres centímetros de ancho. Las flores rojas nacen en racimos axilares cortos, el cáliz está dividido en seis partes y mide cerca de un centímetro de diámetro. Las flores estaminadas son ligeramente más grandes y llevan tres estambres, las pistiladas tienen el ovario verdoso

dividido en tres celdas. El fruto es esférico o aplastado, de poco más de un centímetro de diámetro, con el cáliz rojo y el resto blanco o con manchas rosadas. El katuk se propaga por estacas o semillas.

CHAYA, *Cnidoscolus chayamansa*

Cultivada en Yucatán y Guatemala e introducida a otras áreas tropicales. Se utiliza las hojas, especialmente tiernas, que se comen cocidas; son de alto contenido en proteína, caroteno, calcio y hierro. Es un arbusto de propagación vegetativa, hasta de tres metros de alto, de follaje verde oscuro; hojas palmeadas, hasta de 22 cm de ancho, con pelos irritantes en los bordes, que son escasos o faltan del todo en los clones seleccionados. Las inflorescencias cimosas, con pedúnculos largos, llevan flores blancas, unisexuales. La chaya fructifica rara vez.

REFERENCIAS

- CIAT. 1976-1996. Programa de yuca. Informes anuales.
- IMLE, E.P. 1978. *Hevea rubber: past and present*. Economic Botany 32.
- JENNINGS, D.L. 1970. Cassava in Africa. Field Crop Abstracts 23:271-278.
- JIMENEZ, L.C. & BERNAL, H.Y. 1989. El inchi (*Caryodendron orinocense* Karst.). Bogotá, SECAB.
- MORTON, J. 1960. The emblic (*Phyllanthus emblica*). Economic Botany 14:119-128.
- ROGERS, D.J. & H.S. FLEMMING. 1973. A monograph of *Manihot esculenta* with an explanation of the taximetric methods used. Economic Botany 27:1-113.

- SCHULTES, R.E. 1956. The Amazon Indian and evolution of *Hevea* and related genera. *Journal of the Arnold Arboretum* 37.
- SETHURAJ, M.R. & N.M. MATHEW. 1992. Natural rubber: biology, cultivation and technology. Amsterdam, Elsevier.
- SOEJARTO, D.D. 1965. *Baccaurea* and its uses. Botanical Museum Leaflets 21. Harvard University.
- VIEGAS, A.P. 1976. Estudos sobre a mandioca. Campinas, IAC/Brascan Nordeste.
- WEBSTER, C.C. & W.J. BAULKWILL. ed. 1989. Rubber. London, Longman & Wiley.
- WIT, F. 1969. Tung trees. In *Outlines of perennial crop breeding*. Ferwerda, F.P. & F. Wit (ed.) Wageningen.
- WYCHERLEY, P.R. 1969. Breeding of *Hevea*. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaya* 21:38-55.

23. RAMNALES

RAMNÁCEAS

BER, YUYUBE, APRIN, *Ziziphus mauritiana*

Originario de regiones secas de India y el sureste de Asia, el cultivo de este frutal es muy antiguo, especialmente en India, donde se conoce muchos cultivares de propagación vegetativa. De porte muy ramificado e irregular, alcanza hasta 10 m de altura (Fig. 23.1). Las ramas delgadas y colgantes llevan hojas alternas en cuyas bases hay espinas simples o bifurcadas. Las láminas elípticas a ovales, de tres a seis centímetros de largo, de color verde oscuro y con tres nervios longitudinales bien marcados en la cara superior, se caracterizan por tener en el reverso pubescencia fina y densa de tono claro. En cambio en *Z. jujube*, frutal de regiones templadas, las hojas son glabras.

Las flores pequeñas, de cinco milímetros de diámetro, aparecen en grupos en las axilas de las

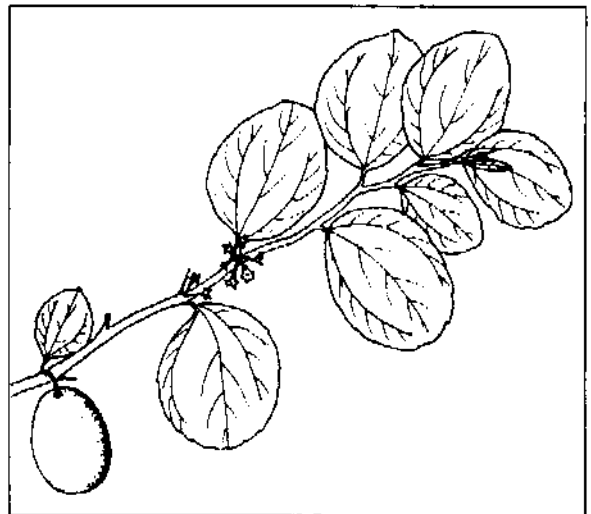


Fig. 23.1. *Ziziphus mauritiana*, rama con flores y fruto.

hojas. Tienen pedúnculos largos y finos; cinco sépalos y cinco pétalos verduscos; cinco estambres y un disco muy bien desarrollado, por cuyo centro sale un estigma bifido. El fruto es una

drupa esférica, elipsoidal a ovoidea, según el cultivar, que mide de uno a cuatro centímetros de largo, amarilla a rojiza en la madurez de cáscara fina y mesocarpo carnosos y firme, con mucílago rico en vitaminas C, A y B. El endocarpo es duro, de esclerénquima, agudo en el ápice y rodea una cavidad con dos semillas, de las que corrientemente se desarrolla sólo una. Los frutos son recogidos antes de la madurez y se consumen secos, como dátiles, o se les prepara en jaleas y mermeladas.

JOAZEIRO, *Ziziphus joazeiro*

Del Noreste de Brasil, es un árbol alto de hasta 15 metros y de porte regular, con ramas torcidas, espinas cortas y hojas finamente aserradas. Los frutos esféricos, agudos en el ápice y de sabor agrídulce, constituyen uno de los pocos alimentos disponibles en los periodos de sequía.

REFERENCIA

TEOATIA, S.S. & R.S. CHAUHAN. 1964. Flowering, pollination, fruit set and fruit drop in ber (*Ziziphus mauritiana* Lam.). Indian Journal of Horticulture 21:40-45.

24. LINALES

ERITROXILÁCEAS

Las Eritroxiláceas son plantas arbustivas o arbóreas, de hojas enteras, provistas de estípulas. Las flores actinomorfas tienen cinco sépalos y cinco pétalos, los segundos con apéndices en el lado interno. Hay 10 estambres, generalmente de longitud diferente, unidos por la base. El ovario tiene de tres a cuatro carpelos, de los cuales sólo uno se desarrolla. El fruto es una drupa. Entre ellas la única especie de valor económico es la coca.

COCA, *Erythroxylum coca*, *E. novogranatense*

Las hojas de coca han sido utilizadas como masticatorio, por sus propiedades estimulantes,

en Suramérica desde épocas prehistóricas. Este uso, limitado a ciertas castas durante la dominación indígena, se extendió considerablemente desde la colonia, llegando a constituir actualmente un serio problema social. La coca mascada con cal alivia el hambre y el cansancio, lo que puede llevar a un consumo bajo de alimentos y a un exceso de desgaste físico. El uso de la coca no crea hábito ni parece en sí tener efectos nocivos, pero al reemplazar a los alimentos conduce a niveles nutritivos deficientes.

A fines del siglo pasado se extrajo de las hojas de coca un alcaloide, cocaína, que fue muy usado como analgésico. La cocaína tiene otras aplicaciones en medicina y su uso como narcótico está muy extendido.

La coca es un producto importante en Perú y Bolivia, en las áreas húmedas de la vertiente

amazónica, entre los 300 y los 1000 m de altura; en menor grado se produce en Ecuador y Colombia. Fuera del área de origen sólo se ha producido comercialmente en Java, donde su cultivo ha venido a menos después de la última guerra mundial.

La coca ha sido clasificada por algunos autores en una sola especie, *Erythroxylum coca*, y por otros en dos, *E. coca*, coca de Huánuco o de Bolivia, y *E. novogranatense*, coca de Trujillo o de Java, y la tendencia actual es a considerarlas como especies distintas. Ninguna de las dos especies se conoce en estado silvestre; su área actual de expansión va desde el Norte de Colombia hasta el Noreste de Argentina, y se ha sugerido que la domesticación pudo ocurrir en Colombia, es decir fuera del área en que actualmente es más intenso su cultivo. En épocas más recientes el uso de la coca se ha extendido a los indios de las cabeceras del Amazonas.

Las cocas (Fig. 24.1) son arbustos bajos y muy ramificados. En *E. coca* las hojas varían de elípticas a ampliamente elípticas, las estípulas son persistentes las ramillas floríferas no tienen follaje y las hojas son de color verde oscuro. En *E. novogranatense* las hojas son oblongo-elípticas a estrechamente elípticas, las estípulas caedizas, las ramillas floríferas tienen follaje y el color de las hojas varía de verde claro a verde amarillento. Las hojas, lisas y brillantes, miden de cuatro a 10 cm de largo por dos a cinco centímetros de ancho, siendo por lo general más grandes en *E. coca*.

Las hojas presentan una nervadura falsa, más notable en el lado inferior de la hoja; consiste en un par de rebordes muy delgados, paralelos al nervio central (Fig. 24.1B); estos rebordes resultan de la forma en que las hojas están arrolladas en la yema.

La estructura de la hoja (Fig. 24.1C) no presenta características notables. Debajo de la epidermis superior, formada por una capa de células de paredes exteriores cutinizadas, hay un estrato de parénquima en empalizada de células

muy alargadas con cristales de oxalato de calcio. El parénquima esponjoso contiene mucha clorofila; en ambos se encuentran los alcaloides; en *E. novogranatense* hay además aceites y sustancias astringentes. La epidermis inferior es de paredes más gruesas e irregulares que la superior.

Las flores (Fig. 24.1D) en *E. coca* tienen el cáliz cónico, de tubo muy delgado con cinco dientes. La corola de cinco pétalos libres y blancos es más o menos cerrada. En *E. novogranatense* el cáliz es corto y los cinco pétalos más abiertos, casi de posición horizontal. En ambos tipos hay dos clases de flores, unas con los 10 estambres de diferente longitud y los cinco estilos más largos, o con los estambres de igual longitud y los estilos más cortos. El fruto (Fig. 24.1E) es una drupa elipsoidal, de siete a ocho milímetros de largo en *E. coca*, y de seis a 10 mm en *E. novogranatense*, roja y con una sola semilla, pues no desarrolla más de un óvulo de los tres que tiene el ovario.

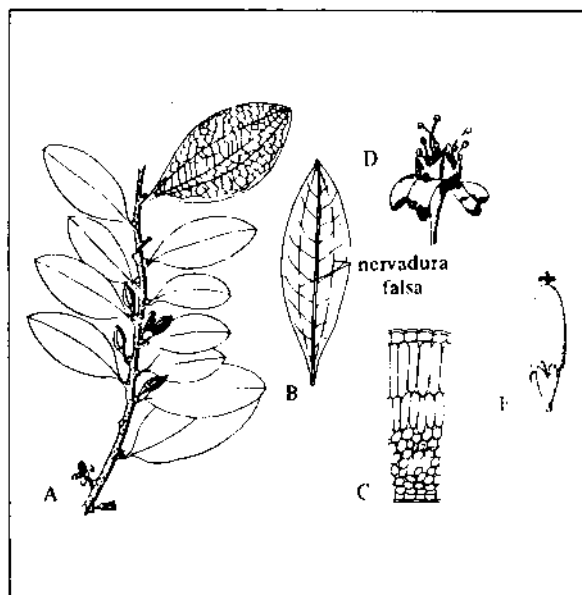


Fig. 24.1. *Erythroxylum coca*. A, porte. B, hoja. C, corte transversal de la hoja. D, flor. E, fruto.

REFERENCIAS

- BUES, C. 1935. La coca en el Perú. Boletín de la División de Agricultura y Ganadería (Perú) 5:3-73.
- GUTIERREZ-NORIEGA, C. & V.W. von HAGEN. 1951. Coca, the mainstay of an arduous native life in the Andes. Economic Botany 5:145-152.

La coca. 1946. Actas Ciba (Argentina) 4:1-120.

- PLOWMAN, T. 1984. The origin, evolution and diffusion of coca, *Erythroxylum* spp. in South and Central America. Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology 76:125-163.

25. POLIGALALES

MALPIGIÁCEAS

Esta pequeña familia tropical incluye algunos frutales de escasa importancia. Las Malpigiáceas son árboles o lianas, cuyas flores tienen cinco sépalos pequeños provistos de glándulas y corola con frecuencia asimétrica, amarilla, morada o blanca, con cinco pétalos de base angosta unguiculada y con la parte superior ancha y bordes bien recortados. Las frutas en las especies útiles son bayas carnosas.

ACEROLA DE LAS ANTILLAS, SEMERUCO, BARBADOS CHERRY, *Malpighia glabra* (*M. puniceifolia*, *M. emarginata*)

Esta especie ha sido detenidamente estudiada por el alto contenido de vitamina C de sus frutos. La acerola (Fig. 25.1) es un árbol bajo con ramillas de dos clases: unas terminales, de 15 a 30 cm de largo, de entrenudos largos y con hojas grandes que miden de cinco a 10 cm de longitud; otras laterales y cortas con hojas pequeñas. La

planta puede ser de ramificación compacta o espaciada, según el cultivar. Las hojas elípticas, ovales u obovadas, de dos a 10 cm de largo por uno a seis centímetros de ancho, con el ápice obtuso marginado, son verde-oscuro y brillantes arriba, más claras en la parte inferior y están cubiertas por un vello fino cuando jóvenes.

La inflorescencia es una cima pedunculada con dos a ocho flores en las ramillas largas o en cimas sésiles o cortopediceladas en las laterales. El cáliz tiene cinco sépalos blancos y erectos, de dos a tres milímetros de largo; hay de seis a 10 glándulas rodeando la parte inferior y externa de los sépalos. De los cinco pétalos unguiculados, de seis a 10 mm de largo, cuatro son iguales, el quinto más grande y levantado; su color varía según el clon, entre rosado, violeta o blanco. Hay 10 estambres unidos por la base, dos de ellos más largos. El pistilo tiene tres carpelos, dos más gruesos y termina en un estilo simple.

El fruto es una drupa globosa, algo aplastada por el eje central, de uno a tres centímetros de ancho, con tres salientes longitudinales curvos y poco marcados. El pericarpo es delgado y frágil, anaranjado a violeta oscuro; el mesocarpo carnoso y dulce contiene de 1000 a 4000 mg de ácido ascórbico por 100 g de jugo. Al centro hay tres nueces, con crestas o proyecciones rugosas.

En Puerto Rico y Florida han sido identificadas plantas de buen tamaño de fruta y alto contenido de vitamina C, que se han propagado clonalmente. Las frutas se consumen frescas, en jaleas, jugos enlatados, helados y conservas; en estas últimas no se pierde el contenido vitamínico.



Fig. 25.1. *Malpighia glabra*.

superior, blancuzcas y pilosas en la inferior. Las inflorescencias son racimos de 15 a 20 cm de largo con muchas flores; los pétalos de un centímetro de largo, amarillos al principio se tornan después rojos.



Fig. 25.2. *Byrsonima crassifolia*. Rama florífera y rama con frutos.

NANCE, *Byrsonima crassifolia*

Esta especie se halla en estado de semicultivo en las tierras bajas y secas desde México al norte de Sur América; tipos superiores han sido escogidos y cultivados por sus frutos, especialmente en Centroamérica.

Byrsonima crassifolia (Fig. 25.2) es un árbol de dos a 15 m de altura, de hojas ovadas a elípticas, de ocho a 16 cm de largo por cuatro a ocho centímetros de ancho, verdes y opacas en la cara

El fruto es una drupa esférica de ocho a 15 mm de diámetro, amarilla, rosada o rojiza. La pulpa es delgada y blancuzca, azucarada, de sabor y olor peculiares; el centro lo ocupa una semilla grande y esférica. Las frutas del nance se comen crudas o en refrescos y son muy abundantes en los mercados de Centroamérica.

Otras especies suramericanas, brasileñas especialmente, utilizadas por sus frutos son el MURICI o GANGICA, *B. sericea*, *B. intermedia* y otras. Con los frutos del MARICAO, *B. spicata*, que son muy ácidos al comerlos crudos, se prepara jaleas y conservas.

REFERENCIAS

- MIYASHITA, R.K., H.Y. NAKASONE & C.H. LAMOREUX. 1964. Reproductive morphology of acerola (*Malpighia glabra*). Hawaii Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin no. 63.
- MOSCOSO, C.G. 1950. West Indian cherries and the production of ascorbic acid. Puerto Rico Agricultural Experiment Station. Miscellaneous Publication No. 2.
- OSTENDORE, F.W. 1963. The West Indian cherry. Tropical Abstracts 18:145-150.

26. SAPINDALES

SAPINDÁCEAS

Las Sapindáceas son árboles o lianas de hojas compuestas y flores generalmente unisexuales. El cáliz y la corola constan de cuatro o cinco partes; entre los pétalos y los estambres hay un disco bien desarrollado. Los frutos son cápsulas, bayas o drupas.

Varias Sapindáceas tropicales desarrollan en la parte externa de la semilla un arilo carnoso, con frecuencia rico en azúcares, de color y gusto agradables, por lo cual son muy apreciadas como frutales. El arilo en el fruto maduro es una masa acuosa situada entre la semilla y la cáscara. Se origina de los tejidos que rodean a la primera, a la cual cubre parcial o totalmente. En el lichi, pulasán, mamoncillo y otros, es de alto contenido en azúcar y las paredes de las células se han desintegrado, o son muy suaves, y contienen sustancias azucaradas o acidulas. En el aki o seso vegetal el arilo no cubre totalmente las semillas; es amargo y de alto contenido en sustancias ve-

nenosas cuando está crudo, pero comestible si se le cocina cuidadosamente.

Otra Sapindácea, la guaraná de Brasil, se utiliza por las propiedades estimulantes de las semillas.

RAMBUTÁN, *Nephelium lappaceum*

En el género *Nephelium*, que se extiende en el Sureste de Asia desde Filipinas y Malasia hasta las islas del Pacífico, hay varias especies frutales; las más conocidas son el rambután, *N. lappaceum* y el pulasán, *N. ramboutan-ake*, que han sido introducidas en cultivo en los trópicos de África y América. Las dos especies cultivadas están representadas aún por poblaciones silvestres que crecen en los bosques de Malasia y Filipinas, respectivamente; entre los tipos seleccionados algunos se han multiplicado por propagación vegetativa.

Nephelium lappaceum (Fig. 26.1), crece en los trópicos bajos y de humedad constante. Es un árbol bajo con tronco recto cubierto de cáscara rugosa) grisácea o rojiza. La copa puede ser compacta o abierta, según el cultivar. Las hojas llevan de dos a cuatro pares de folíolos alternos o casi opuestos, elípticos a oblongos, verde oscuro brillante en la cara superior, más claros y opacos en la inferior, y de cinco a 20 cm de largo por dos a 10 cm de ancho. En el rambután el crecimiento nuevo se inicia, como en la mayoría de las Sapindáceas, después de la fructificación. Las ramillas nuevas que se desarrollan en el ápice de las ramas fructíferas no florecen en el año; en cambio son las ramillas axilares las que llegan a florecer y a fructificar. En un árbol hay ramillas que han producido frutos y otras que han permanecido en estado vegetativo. Las primeras detienen su crecimiento terminal y producen brotes laterales, que cerca del 20% florecen y fructifican en el año siguiente. Las que estaban en estado vegetativo, continúan el crecimiento apical, y forman brotes laterales de los cuales aproximadamente el 50% florece y fructifica en la estación siguiente.

El rambután es dioico; hay árboles con sólo flores estaminadas que por lo consiguiente no dan cosecha y otros que tienen flores hermafroditas de dos tipos: en el primero las anteras no se abren y la flor funciona como si fuera pistilada; en el segundo los estambres producen polen en abundancia pero los estigmas no se abren. En este último caso la flor funciona como si fuera estaminada. Hay variedades con sólo flores del primer tipo; en otras hay de los dos, pero con tan pocas flores estaminadas que en ambos casos se requiere la presencia cercana de árboles estaminados para obtener una cosecha normal.

La flor individual tiene el perianto formado sólo por el cáliz, que consiste en cuatro a seis lobos verdosos, ferrugíneos en el lado externo, de uno a dos milímetros de largo. En las flores estaminadas hay un disco poligonal al centro, del cual salen de cinco a ocho estambres de tres a cuatro milímetros de largo, con anteras pubes-

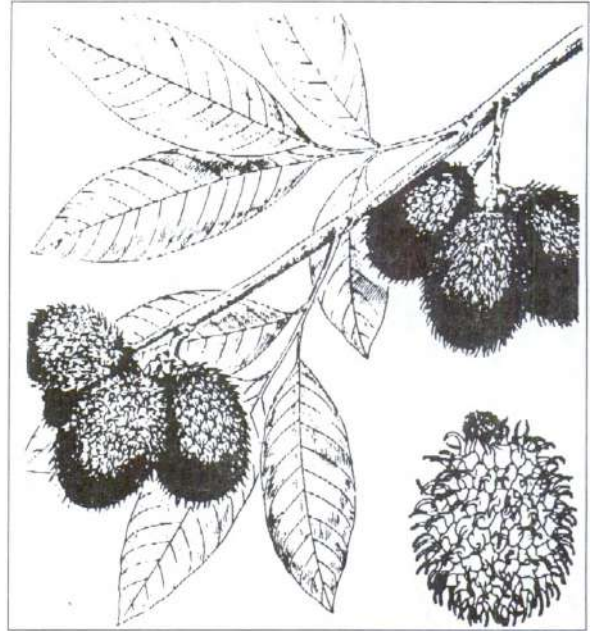


Fig. 26.1. *Nephelium lappaceum*, rambután.

centes que sueltan polen en abundancia. En las hermafroditas que funcionan como estaminadas, los estambres son de forma y tamaño como en el caso anterior, pero hay un pistilo cuyas ramas estigmáticas no se abren y por lo tanto no hay fertilización. En las flores hermafroditas que funcionan como pistiladas, en cambio, los estambres son muy cortos y no emiten polen; el pistilo se forma de un ovario con dos carpelos separados en la base, esféricos y cubiertos de prominencias agudas, cada uno con un óvulo. El estilo cilíndrico y pubescente termina en un estigma bífido cuyas ramas se abren hacia afuera. Por lo común sólo un carpelo se desarrolla y forma un fruto; el otro, verde y diminuto, permanece adherido en la base del primero.

Los frutos esféricos u ovoides, de tres a ocho centímetros de largo por dos a cinco centímetros de ancho, se agrupan en racimos más o menos compactos. El pedúnculo es muy corto y lleva adherido en la base un tubérculo verdoso o sea el carpelo que no se desarrolló. El pericarpo, grueso y suave, está formado en el lado externo por

protuberancias en forma de espinas, de cinco a 20 mm de largo, cuyo ápice agudo se marchita pronto. El color externo del fruto, amarillo o rojo, y la forma y tamaño de las protuberancias, varían según el cultivar. La parte comestible del fruto, en ésta y otras Sapindáceas, es el arilo o una estructura similar que rodea la semilla. En el rambután es un tejido succulento y translúcido, de dos a cuatro milímetros de espesor, formado por células alargadas tangencialmente, a menudo muy grandes y de paredes gruesas; contienen un jugo azucarado de sabor muy agradable. El arilo está adherido firmemente a la semilla, aunque en algunos cultivares se separa con facilidad. La semilla grande y elipsoidal, hasta de 25 mm de largo, contiene un alto porcentaje de aceite.

En Oriente se conoce muchos cultivares de rambután, que se distinguen por el color y tamaño de los frutos, calidad y grado de adherencia del arilo, forma del árbol y otros caracteres. Como en ésta y otras especies frutales de Sapindáceas, los árboles son unisexuales, el alto número de híbridos es el factor determinante de una variabilidad muy amplia. Tradicionalmente en el Sureste de Asia, un variante notable se propaga vegetativamente, por acodo aéreo o injerto.

PULASÁN, *Nephelium ramboutan-ake* (*N. mutabile*)

Originario de Filipinas, se ha introducido en los trópicos de América y África, en regiones bajas de humedad alta y permanente. Aunque menos conocido que el rambután, los especialistas consideran al pulasán como superior por el sabor de la fruta y la mayor facilidad con que el arilo comestible se separa de la semilla.

El árbol, de menos de 10 m de alto, es de copa esférica y muy ornamental, especialmente en los primeros años (Fig. 26.2). Las hojas pinnadas, de siete a 25 cm de largo, llevan tres o cuatro pares de folíolos oblongos o elípticos, de base ancha o aguda y ápice mucronado, verde oscuro y

brillante en la cara superior, grisáceos en la inferior.

Las inflorescencias aparecen en el ápice o en las axilas de las ramillas. Como en la especie anterior, hay árboles que sólo llevan flores estaminadas, formadas de cáliz de cuatro a cinco lobos cubiertos de pubescencia ferruginosa y de seis a ocho estambres insertados en un disco central. Los estambres a menudo son de diferente longitud, más o menos tres veces más largos que los sépalos. En las hemafroditas hay, como en el rambután, dos clases: en la primera, que funciona como flor pistilada, los estambres son un poco más largos que el cáliz y sus anteras no se abren, mientras que el pistilo abre las dos valvas estigmáticas y puede ser fertilizado; en la segunda clase los estambres producen polen fértil pero el estigma no se abre. El ovario se forma de dos o tres carpelos, esféricos, al principio pilosos y luego cubiertos de tubérculos finos. Por lo general sólo un carpelo llega a madurar y el otro permanece como un cuerpo pequeño y verde, adherido a la base del primero.

Los frutos en racimos compactos o poco densos tiene el pedúnculo muy corto y grueso. El fruto maduro, esférico o elipsoidal, de cinco a seis centímetros de largo y tres a 3.5 cm de diámetro, está cubierto de tubérculos cortos, piramidales o cónicos, rectos, de cinco a ocho milímetros de largo. El color, según el cultivar, varía de rojo oscuro a amarillo; el tamaño y forma del fruto son también características varietales. El epicarpo grueso, blanco interiormente, rodea una sola semilla. Como en otras Sapindáceas, el arilo es la parte comestible; en el pulasán es blanco o amarillento, jugoso y dulce, de seis a ocho milímetros de espesor y en ciertos cultivares se separa fácilmente de la semilla. Esta característica indica los tipos más deseables para el cultivo y posiblemente los que han sido preferidos para la domesticación. La semilla ovoide, de tres a cinco centímetros de largo, es rica en aceite. No es raro encontrar frutos sin semilla.

Nephelium lappaceum y *N. ramboutan-ake* presentan variaciones paralelas en el tamaño y for-

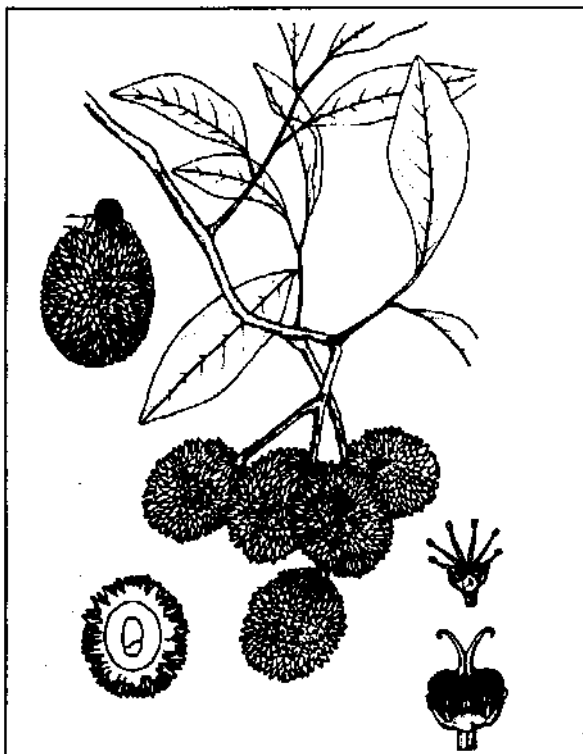


Fig. 26.2. *Nephelium ramboutan-ake*, rama fructífera, fruto normal y sin desarrollar y corte transversal; flor estaminada y flor hermafrodita.

ma de los árboles; color del fruto: rojo o amarillo; arilo suelto o adherido a la semilla y en sus características organolépticas que van desde ácido y astringente hasta dulce y aromático. En el Sureste de Asia tradicionalmente los árboles superiores de *Nephelium* se propagan por acodo aéreo, sistema que es poco eficiente pues las plantas formadas enraizan difícilmente; el injerto por aproximación da mejores resultados. Por la producción alta, las dos especies de *Nephelium* debieran propagarse más en los trópicos introduciendo material vegetativo de tipos superiores. En pulasán, cultivares de Indonesia con frutos hasta de ocho centímetros de largo y arilo de un centímetro de espesor son comparables, para consumo crudo o enlatado, con los mejores lichis.

LICHI, *Litchi chinensis*

El cultivo del lichi se originó en las áreas subtropicales del sur de China y en Vietnam, donde aún se encuentra silvestre. En Filipinas crece silvestre la variedad *philippensis*, de frutos no comestibles. En los trópicos se le cultiva esporádicamente, por lo tardío de su primera cosecha y su producción errática. Sin embargo, en Centroamérica y en lugares entre 900 a 1500 m, con estación seca marcada, algunos cultivos producen cosechas abundantes y de buena calidad.

Litchi chinensis (Fig. 26.3) es un árbol bajo, de ramificación regular, con la corteza áspera y grisácea. Las hojas nuevas brotan uno o dos veces al año; son rosadas o amarillentas, según el cultivar, tienen de dos a cuatro pares de folíolos oblongos o lanceolados, de cuatro a 12 cm de largo por dos a cinco centímetros de ancho, duros y agudos en el ápice, verde-oscuro brillante en la cara superior, blancuzcos en el reverso. Las flores aparecen en panículas terminales o axilares en el crecimiento viejo; son pequeñas, con el cáliz de cuatro a cinco sépalos amarillos y carecen de corola. Se reconoce tres tipos de flores: estaminadas, con ocho estambres y un disco central que representa el pistilo; hermafroditas que funcionan como estaminadas, en que el estigma no se abre y las anteras producen polen. En este último grupo hay diferencias notables en la longitud de los estambres. Los tres tipos de flores descritos pueden aparecer en la misma inflorescencia en etapas sucesivas, aunque el orden en que se abren parece variar con la localidad, cultivar y aún de un árbol a otro.

El fruto proviene de un ovario trilobular en que normalmente sólo un carpelo llega a desarrollarse. Crecen en grupos y en la madurez son ovoides, de tres a cuatro centímetros de longitud, con la cáscara dura y delgada, quebradiza y cubierta de tubérculos poco prominentes a manera de escamas poligonales. El color varía, según el cultivar, de rojo vivo a amarillo. El arilo es blanco o translúcido; azucarado de sabor y

aroma muy agradables. La semilla grande, café oscuro brillante en el exterior, se separa fácilmente del arilo.



Fig. 26.3. *Litchi chinensis*, lichi.

Se conoce cerca de 100 cultivares de lichi en el sur de China, de los cuales unos 12 han sido introducidos a áreas subtropicales, especialmente a Florida. Selecciones de árboles individuales se propagan vegetativamente, siguiendo métodos especiales de acodo aéreo o injerto.

LONGÁN, *Dimocarpus longan* (*Euphoria longana*)

Poblaciones nativas de *Dimocarpus longan* se extienden desde el centro de China, por Vietnam, Tailandia, oeste de India hasta Sri Lanka y Malasia. Se han introducido a Indonesia y a los trópicos de América. En China el área sembrada de longan es mucho mayor que la de lichi.

En los trópicos *D. longan* (Fig. 26.4) llega a ser un árbol corpulento; las hojas compuestas, con tres a cinco pares de folíolos elípticos o lanceolados, miden de ocho a 16 cm de largo por cuatro a seis centímetros de ancho. Son notables por el color verde brillante de su lado superior. Las inflorescencias axilares o terminales llevan muchas flores amarillentas, de perianto doble, con cinco sépalos verdosos y cinco pétalos muy cortos y blancuzcos. La mayoría de las flores es bisexual.

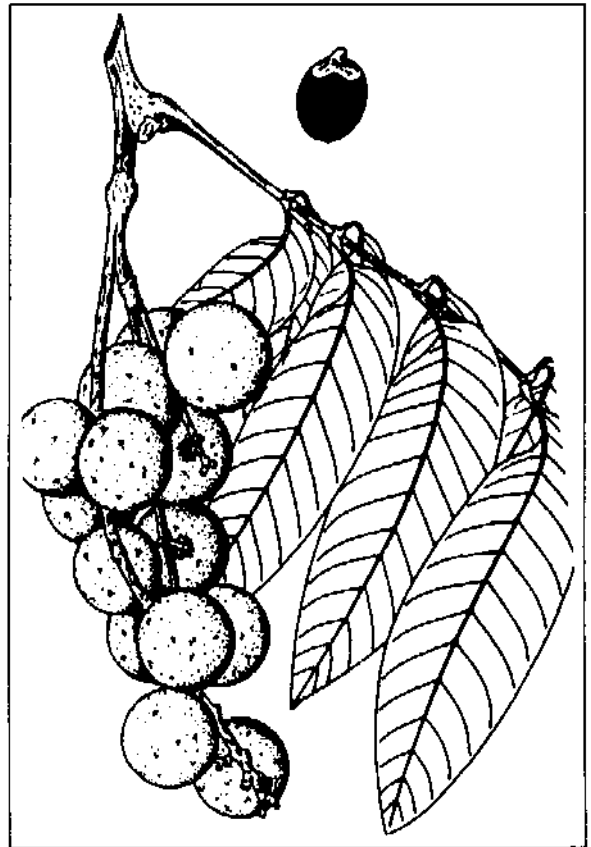


Fig. 26.4. *Dimocarpus longan*.

El fruto, una drupa esférica de dos a tres centímetros de diámetro, rojiza o amarillenta, está cubierta de tubérculos aplanados como en el lichi, que apenas sobresalen de la superficie. El arilo, amarillo y agri dulce, rodea una semilla

grande, de superficie brillante, café oscuro; el longan es poliembriónico. Por la calidad de los frutos y su producción menos errática, el longan está desplazando al lichi en las áreas subtropicales. Para los trópicos, los cultivares de Tailandia de frutos grandes con cáscara café y pulpa gruesa de sabor muy agradable, son los más prometedores. Pueden propagarse por semilla si provienen de plantas poliembriónicas o en otro caso por vía vegetativa.

MAMONCILLO, MAMÓN, *Melicoccus bijugatus*

El "mamoncillo", o "mamón común" en la región del Caribe, es un árbol corpulento de hasta 25 m de altura, de copa regular y follaje abundante (Fig. 26.5). Las hojas de raquis alado llevan dos pares de folíolos, el superior de ocho a 12 cm de largo, el inferior de tres a seis centí-

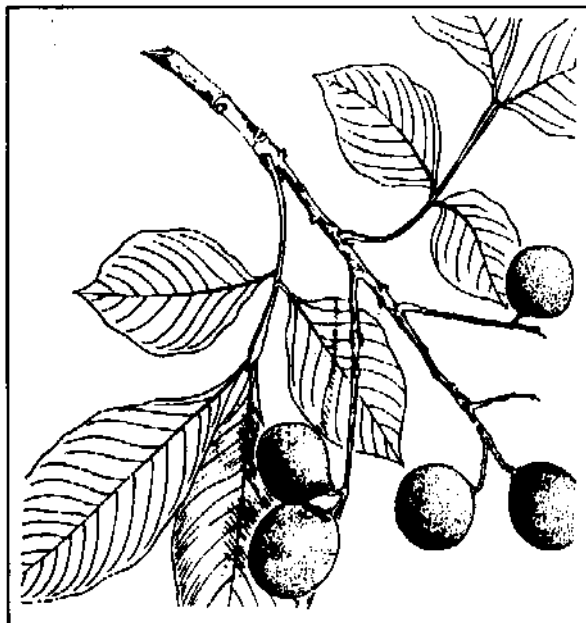


Fig. 26.5. *Melicoccus bijugatus*, mamón.

tros. La lámina es elíptica a ovado-oblonga, verde oscura, brillante, con el ápice fino y curvo.

Las inflorescencias aparecen una vez al año en racimos terminales. Hay plantas con inflorescencias muy ramificadas, que llevan sólo flores estaminadas; en otras los racimos simples tienen flores hermafroditas, en las que por lo común no se forma polen fértil.

Los flores son verdosas, con cuatro sépalos casi libres, de uno a dos milímetros de largo, triangulares y cóncavos. Los pétalos unguiculados, oblongos y pilosos en los bordes, miden unos tres milímetros de largo. En el centro de la flor hay un disco y ocho a nueve estambres en las flores estaminadas o un pistilo de ovario de color salmón con el estigma blanco y bifido. Sólo un porcentaje muy bajo de las flores forma frutos, los que tardan seis meses en su desarrollo y aparecen en grandes racimos; son esféricos, de 2.5 a cuatro centímetros de diámetro, verdosos o amarillentos, con la cáscara delgada y quebradiza. El arilo anaranjado y jugoso, dulce con un sabor ácido marcado, es rico en hierro y otros minerales. La semilla, de dos a tres centímetros de diámetro, se come tostada o cocida.

Se conoce algunos cultivares superiores, originarios de las Antillas, que muestran grandes diferencias en el tamaño y acidez del fruto. *M. bijugatus* se propaga principalmente por semilla; la propagación clonal se ha hecho por injerto de aproximación.

COTOPERIZ, GUAYO, *Talisia olivaeformis*

Se conoce en estado silvestre en América tropical y tipos superiores por el tamaño y calidad de los frutos se cultivan desde México hasta Venezuela, seleccionados de poblaciones silvestres. Es uno de los frutales que parece estar asociado con los antiguos Mayas, pues aún crece en mayor concentración cerca de las ruinas en Petén y Yucatán.

Talisia olivaeformis es un árbol de hasta 20 m de alto, de copa densa y redondeada (Fig. 26.6). Las hojas tienen el raquis cilíndrico y llevan dos o tres pares de folíolos, elípticos a lanceolado-oblongos de seis a 12 cm de largo.

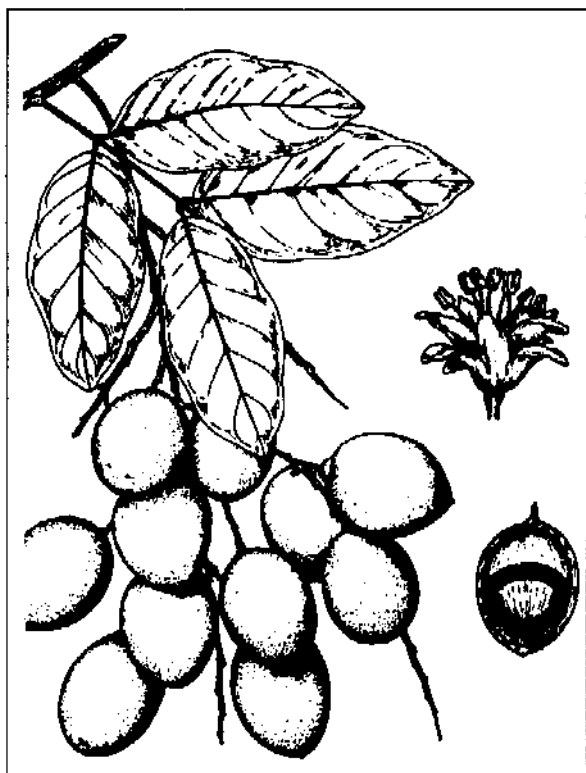


Fig. 26.6. *Talisia olivaeformis*, rama fructífera, flor y corte longitudinal del fruto.

Esta especie es polígamo dioica; las inflorescencias en panículas axilares, pubescentes, llevan flores con cuatro a cinco pétalos blancuzcos, en las estaminadas con ocho estambres; la hermafroditas con pistilo trilobular terminado en un estigma lobulado y ocho estambres más cortos y a menudo infértiles.

Los frutos aparecen en racimos; son elipsoidales de 2.5 a cinco centímetros de largo, con el ápice marcadamente agudo, amarillo-verdosos

en la madurez, con la cáscara cubierta de pubescencia fina y blancuzca; el arilo anaranjado es de sabor dulce y agradable; por lo general sólo hay una semilla.

PITOMBA, *Talisia esculenta*

Se cultiva esporádicamente por sus frutos en Pará (Brasil), y también se recoge de árboles silvestres. Las hojas tienen de dos a cinco pares de folíolos; frutos elipsoidales, hasta de tres centímetros de largo, amarillo-verdosos, con la pulpa blanca y agridulce.

AKÍ, SESO VEGETAL, *Blighia sapida*

El akí o seso vegetal, originario de la costa de Guinea, fue traído a América por esclavos africanos.

Blighia sapida (Fig. 26.7) es un árbol hermoso que alcanza hasta 20 m de alto, con la copa simétrica y compacta. Las hojas tienen de cuatro a diez pares de folíolos, los inferiores mucho más pequeños, obovados a oblongos, de cuatro a 12 cm de largo y dos a seis centímetros de ancho.

En *B. sapida* hay plantas hermafroditas y estaminadas. Las flores que brotan de racimos axilares se componen de cáliz y corola de cinco partes, verdes y pubescentes. En el centro de la flor hay un disco bien desarrollado y de ocho a diez estambres, en las hermafroditas un pistilo tricarpelar.

El fruto del akí es una cápsula amarilla o roja, de siete a nueve centímetros de largo, formada por las tres celdas del ovario. Al llegar a la madurez se abre por el ápice, dejando al descubierto las semillas. Hay una semilla en cada celda, negra y brillante, cubierta parcialmente por un arilo carnoso, firme y amarillento, con surcos que le dan una lejana apariencia con el cerebro humano. De esta característica se deriva el nombre español de "seso vegetal".

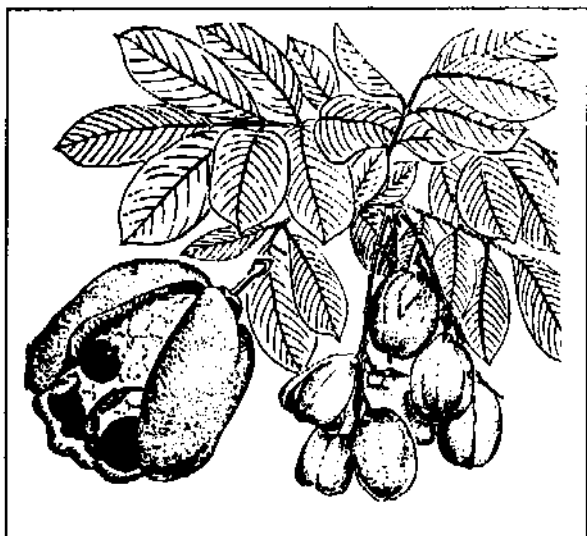


Fig. 26.7. *Blighia sapida*.

El arilo es la parte comestible. Los arilos frescos y firmes, de frutos normalmente abiertos, se comen cocinados y constituyen un alimento rico y agradable, pero se han registrado casos de envenenamiento, con frecuencia mortales, al comer arilos crudos, no maduros o en mala condición. El principio tóxico, una hipoglucina, es más abundante antes de la maduración.

GUARANÁ, CUPANA, *Paullinia cupana*

El guaraná es una de las plantas de mayor contenido de cafeína que se conocen. Esta sustancia y alcaloides similares están concentradas en la semilla, que contiene más del cinco por ciento de cafeína, mientras que en el té ese porcentaje llega a 2.2%, a 0.8% en el café tostado y 2.2% en el verde, y a 1.1% en el cacao. Las propiedades estimulantes del guaraná fueron descubiertas por los Indios de Brasil y Venezuela, y su uso principal es la preparación de bebidas frías o

calientes, deliciosas y estimulantes, cuyo consumo se ha expandido por Brasil y países vecinos; el uso como tónico médico ha sido de menor importancia.

El guaraná sólo se cultiva comercialmente en la Amazonía brasileña. Antes se concentraba en dos regiones separadas: el alto Orinoco hasta las cabeceras del río Negro y la región central de Amazonía. En la primera ha desaparecido; en la segunda se mantiene y expande. Hay diferencias de nivel subespecífico entre las poblaciones de las dos regiones. Aparentemente el guaraná no existe en estado silvestre, aún cuando se ha reportado que crece espontáneo en algunos sitios de la Amazonía.

Paullinia cupana (Fig. 26.8) es una trepadora arbustiva que en cultivo alcanza de tres a cinco metros de alto, de tallos con cuatro a cinco aristas bien marcadas y provistos de zarcillos. Las hojas están compuestas de cinco folíolos, uno terminal y cuatro en pares, coriáceos, elípticos, y con el borde dentado de la mitad hasta el ápice.

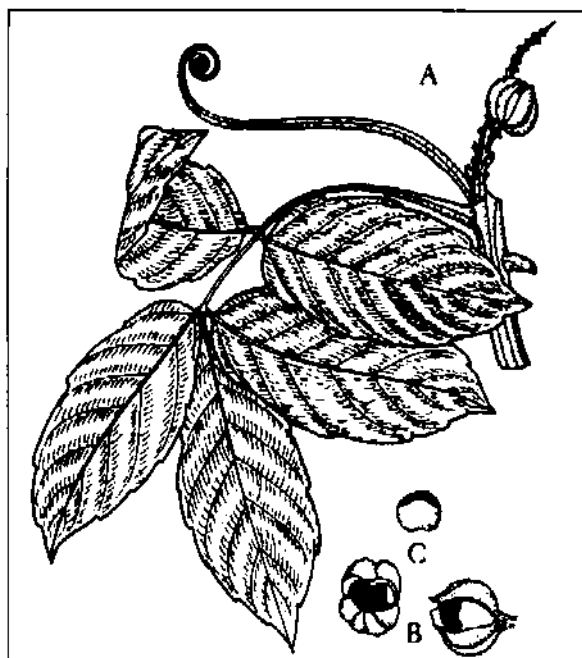


Fig. 26.8. *Paullinia cupana*. A, Rama con zarcillo, inflorescencia y hoja. B, fruto abierto. C, semilla.

La inflorescencia brota de la axila formada por uno o dos zarcillos en las ramillas terminales; del eje central, que mide seis a 15 cm de largo, surgen muchas flores, funcionalmente unisexuales. El perianto se compone de cuatro sépalos, dos unidos y dos libres, de diferente forma y tamaño, con corola de cuatro pétalos blancuzcos y libres, de unos cinco milímetros de largo y con un apéndice en la parte frontal. Hay un disco bien desarrollado; ocho estambres, a veces nueve, y pistilo largo con tres ramas estigmáticas. Los estambres en ciertas flores no tienen anteras funcionales; en otras el ovario es rudimentario y el estilo no se desarrolla normalmente.

Las inflorescencias son racimos hasta de 30 cm de largo, que brotan en el crecimiento nuevo de las ramas al inicio de la estación lluviosa, y continúan apareciendo durante un período de varias semanas. Hay centenares de flores unisexuales en cada racimo; las que se abren simultáneamente en todos los racimos de una rama, son del mismo sexo. Al mismo tiempo, en otras ramas, se abren flores del otro sexo. La antesis se inicia en las primeras horas de la mañana y en las estaminadas a mediodía ya no hay salida de polen; las pistiladas son receptivas sólo un día. La polinización se hace por insectos.

El fruto es una cápsula elipsoidal o esférica, con seis a nueve surcos bien marcados, sostenido por un pedúnculo fuerte y terminado en un ápice agudo. En la madurez toma un color rojo amarillento y se abre por lo general en dos valvas de diferente tamaño. De los tres óvulos normalmente se desarrolla sólo uno, rara vez dos. La semilla resultante, esférica y de 10 a 12 mm de diámetro, tiene la testa dura, negro brillante en la parte apical, y está cubierta en la base por el arilo blanco y fuerte; esto da la apariencia de un ojo humano, en que la córnea está representada por la semilla y el globo del ojo por el arilo.

La semilla tiene la parte basal más clara y opaca. El tegumento fuerte rodea el embrión; no hay endosperma. Los cotiledones que ocupan la casi totalidad de la semilla contienen almidón, grasas, proteínas y principios estimulantes, espe-

cialmente cafeína. Después de remover la cáscara por torrefacción, el resto de la semilla se muele con un poco de agua y la pasta resultante se forma en cilindros o "bastones"; a menudo los indios hacen con la pasta figuras pequeñas y artísticas con representación de animales o plantas.

BURSERÁCEAS

Las Burseráceas son árboles o arbustos de hojas pinnadas o trifolioladas y flores en panículas, por lo común unisexuales. Es característica de esta familia la presencia de canales de resinas o bálsamos, sobre todo en la corteza del tronco, de los cuales exudan gomas, como la mirra y el elemi.

Dos especies tropicales del Viejo Mundo, del género *Canarium*, dan frutos y nueces muy apreciadas: la nuez pili y las almendras de Java. En los trópicos, en que las nueces son escasas, estas especies pueden constituir por su riqueza en aceites y proteínas, un elemento muy valioso en la alimentación.

Una tercera especie de Oriente, *C. album*, se consume sólo por el pericarpo carnoso y abundante; como en la aceituna, a la cual se asemeja, la semilla es dura y no se aprovecha.

NUEZ PILI, *Canarium ovatum*

Especie originaria de Filipinas, donde tiene importancia comercial y desde donde se exportó en grandes cantidades hace algunos años. Se introdujo a los trópicos americanos y crece bien a alturas menores de 500 metros.

El pili (Fig. 26.9A) es un árbol alto, de 12 a 20 m, de crecimiento rápido. Las hojas tienen de tres a cinco pares de folíolos opuestos y uno terminal; nuevas son de color rosado muy llamativo. En la base de los pecíolos y a cierta distancia de la inserción de las ramillas hay dos estipulas

grandes y permanentes, triangulares, hasta de dos centímetros de largo. Los folíolos, de 12 a 18 cm de largo por cuatro a ocho centímetros de ancho, tienen los nervios hundidos, lo que da a la hoja una apariencia corrugada, típica de esta especie. Las inflorescencias aparecen en el extremo de las ramas nuevas. Son panículas muy ramificadas, con flores unisexuales y amarillentas, de un centímetro de largo. Aunque normalmente se encuentra flores de ambos sexos en la misma inflorescencia, parece haber una tendencia marcada a la unisexualidad y muchos árboles no producen frutos.

Las flores estaminadas (Fig. 26.9B) tienen el cáliz corto, terminado en tres dientes anchos y corola de tres pétalos; llevan por lo común tres estambres. Las pistiladas (Fig. 26.9C) son más grandes, con cáliz y corola de tres partes cada

una; tienen varios estaminodios y un pistilo constituido por el ovario ovoide terminado en un estilo en forma de maza. El fruto es una drupa elipsoidal, de cinco a siete centímetros de largo, con epicarpo coriáceo, negro en la madurez; el mesocarpo es carnoso y rico en aceite; el endocarpo duro rodea por lo general una sola semilla. En esta especie el ovario tiene tres celdas, cada una con dos óvulos, pero la mayoría de éstos aborta y sólo una semilla se desarrolla. En corte transversal (Fig. 26.9D) la nuez es triangular y está constituida por la cubierta dura del endocarpo y la semilla propiamente dicha; ésta mide de tres a cuatro centímetros de largo y contiene cerca del 75% de aceite y 10 a 15% de proteína, el resto está constituido por fibras, carbohidratos y agua.

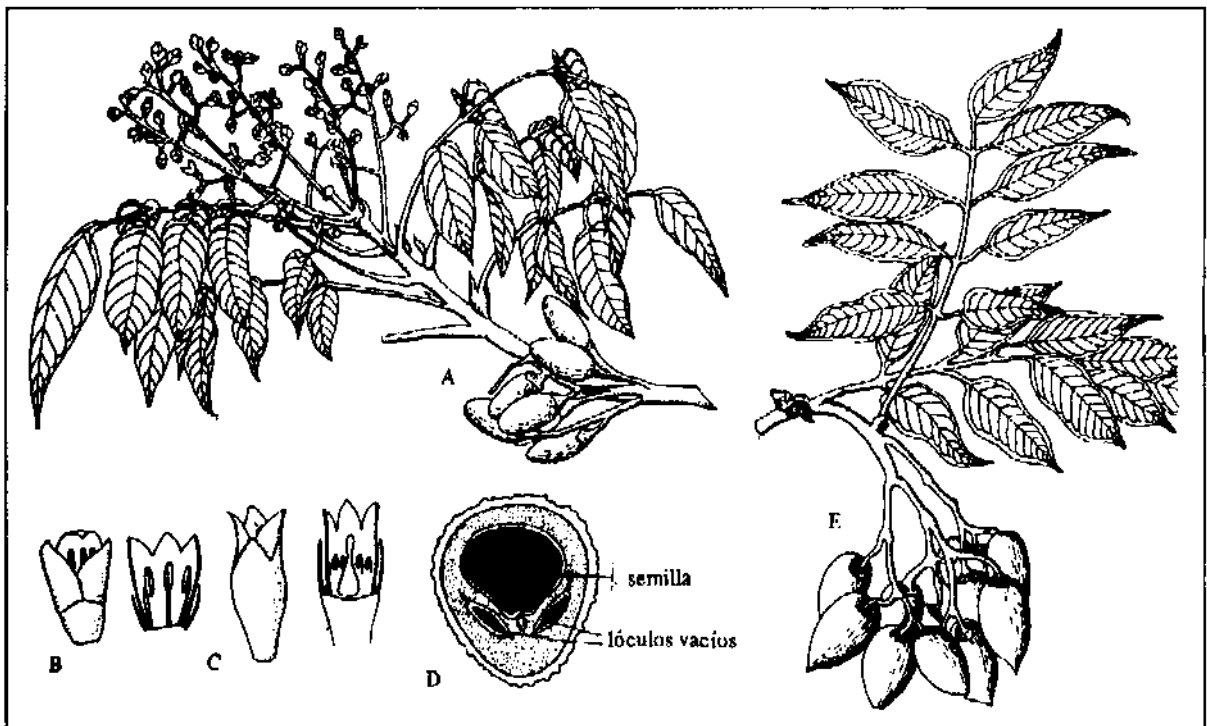


Fig. 26.9. *Canarium ovatum*, pili. A, rama. B, flor estaminada. C, flor pistilada. D, fruto, corte transversal. E, *Canarium indicum*.

Para remover la cobertura externa se acostumbra echar los frutos en agua caliente, aunque en este proceso ocurre con frecuencia que las nueces se cocinen y pierdan su sabor y contenido alimenticio. El endocarpo se quiebra luego y la nuez se tuesta, adquiriendo un sabor superior al de las almendras.

En Filipinas se conoce numerosas variedades de pili que se propagan por semilla.

Canarium luzonicum, de Filipinas, más conocido por la resina, elemi, que se obtiene de árboles silvestres, produce nueces comestibles llamadas localmente también "pili".

CANARI, ALMENDRA DE JAVA, *Canarium indicum* (*C. vulgare*)

Canarium indicum (Fig. 26.9E), originario de Malesia se cultiva en los trópicos de ambos hemisferios por las semillas llamadas "almendras de Java". Árbol de porte muy alto, hojas con estípulas oblongas hasta de 1.5 cm de largo en la unión con los pecíolos, con cuatro a cinco pares de folíolos laterales y uno terminal, ovados a oblongos, ligeramente cóncavos. Las inflorescencias salen en el extremo de las ramillas. El fruto ovoide, esférico o ligeramente triangular, mide tres a cinco centímetros de largo por 1.5 a tres cm de ancho; contiene de una a tres semillas. Como en la especie anterior, son ricas en aceites y muy alimenticias; se conoce numerosas variedades.

ANACARDIÁCEAS

Las Anacardiáceas contienen numerosas especies frutales y algunas de ellas, como el mango y el marañón, son de gran importancia económica. Es una familia de plantas arbóreas, rica en especies tropicales. En todas ellas se encuentran canales de resina en la corteza del tronco y las ramas; hojas simples o pinnadas; flores actinomorfas, frecuentemente unisexuales, con verticilos de cinco partes.

MANGO, *Mangifera indica*

Origen y dispersión. Hay 14 especies de *Mangifera* con frutos comestibles, todas originarias de la región indomalaya. Poblaciones silvestres de *M. indica* se encuentran en India y Burma; en esa misma región se halla la especie más vecina, *M. sylvatica*; es también donde hay más variedades, cerca de mil, y un cultivo muy antiguo, de más de 4000 años. La expansión del cultivo del mango hacia el este, desde India, pudo ocurrir antes de la época cristiana; hacia Africa es más reciente y su distribución mundial data de los viajes de los portugueses, que lo llevaron a Africa Occidental y luego a Brasil y de los españoles que lo introdujeron a México de Filipinas.

Porte. La norma de ramificación en *M. indica* depende de si el árbol proviene de injerto o de semilla y del sistema de poda que se aplique. En árboles de semillas la ramificación es abundante, el porte irregular y la altura puede llegar a más de 40 metros. En árboles injertados y podados, en cambio, la armazón consiste de pocas ramas que llevan al final las ramillas floríferas y su forma es simétrica, con la copa más o menos hemisférica.

El crecimiento vegetativo en *M. indica* se forma por brotaciones sucesivas que ocurren en ciertas épocas del año. Por lo común se presentan en todos los árboles de una región simultáneamente, pero en un árbol están restringidas a ciertas ramas. Consisten en la elongación rápida de ramillas axilares o terminales y del desarrollo de follaje nuevo cuya masa se distingue del resto por su color rosado o verde-pálido. Por lo común la primera brotación en árboles en producción se desarrolla en ramillas terminales formadas el año anterior y que no florecieron. Las brotaciones siguientes salen de yemas laterales en ramillas que tienen inflorescencias terminales con pocas flores o cuya cosecha ya pasó. Las últimas brotaciones anuales se forman en yemas axilares de ramillas débiles, por haber tenido una cosecha abundante el año precedente. Los facto-

res que determinan el vigor de una brotación serán discutidos más adelante.

El mango es una de las especies tropicales que alcanza mayor desarrollo radical. Las raíces principales penetran hasta seis u ocho metros, mientras que las superficiales se extienden en un radio de 10 m del tronco. Esta distribución le permite resistir las condiciones de baja humedad.

Hojas. Las hojas aparecen al final de las ramillas en filotaxia de 3/8. Su distanciamiento en las ramillas es muy irregular y lo determinan los períodos de crecimiento; al iniciarse éstos las hojas aparecen muy juntas, al final más espaciadas. Los pecíolos hinchados en la base, tienen un canal en el lado superior y miden de cinco a 25 mm de largo. La lámina es por lo general oblonga o lanceolada, con la base y el ápice agudos, rara vez elípticos. Su tamaño varía de cinco a 35 cm de largo por dos a 10 cm de ancho; los bordes son por lo común ondulados. El nervio central y los 15 a 30 nervios laterales son muy prominentes, y la cara superior es dura y brillante, de color verde oscuro, mientras que la inferior es amarillo-verdosa. Las hojas del mango contienen canales de resina localizados en el floema de las venas.

Inflorescencia. La inflorescencia es una panícula que brota normalmente al final de una ramilla; en ciertos casos pueden aparecer inflorescencias laterales. El eje central mide de cinco a 40 cm de largo y de él salen ramas de primer orden, rectas y mucho más largas en la base de la inflorescencia, que llevan ramillas de segundo y tercer orden. En estas últimas aparecen las cimas de flores. El color, forma y tamaño del eje central y sus ramificaciones dependen en gran parte de factores hereditarios; puede ser amarillo, liso o con manchas purpúreas, pubescente o completamente glabro.

El número de flores en una panícula pasa por lo general de 1000 y llega a veces hasta 5000. Las flores son de dos clases: estaminadas y hermafroditas. La distribución de los dos tipos en la panícula es un carácter varietal; por lo común el

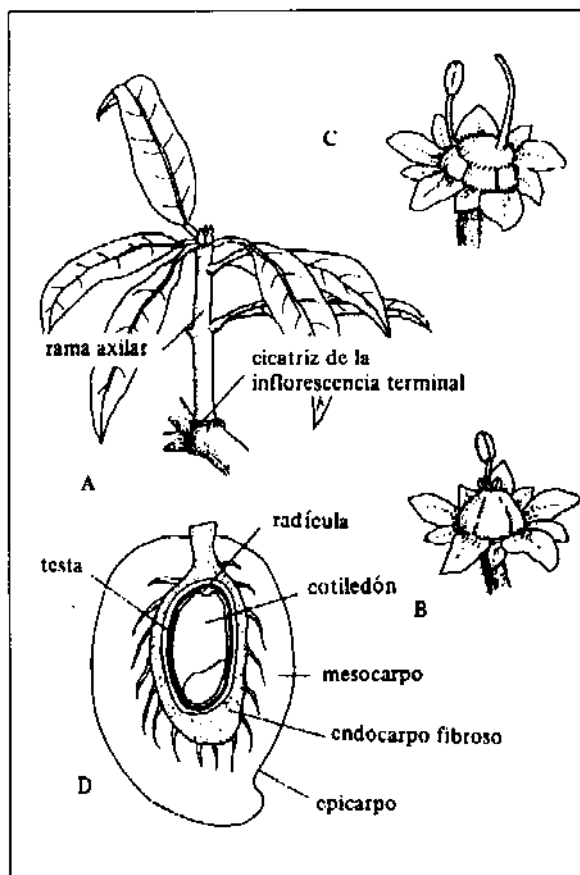


Fig. 26.10. *Mangifera indica*. Mango. A, rama. B, flor estaminada. C, flor pistilada. D, fruto.

número de flores hermafroditas disminuye de la parte inferior de la inflorescencia hacia el ápice, aunque el porcentaje, o sea la relación entre el total de flores y el número de flores hermafroditas, aumenta en ese sentido.

Las flores tienen un pedúnculo muy corto. El cáliz se forma de cinco sépalos libres, verdosos y pubescentes en la cara externa, de dos a cuatro milímetros de largo y uno a dos milímetros de ancho. Los cinco pétalos, también libres, caedizos y amarillentos con líneas o manchas oscuras, ovales, miden de tres a seis milímetros de largo por uno a dos milímetros de ancho, y tienen el ápice agudo y curvo. El centro de la flor lo ocupa el disco, estructura carnosa, anular o con cua-

tro o cinco lados, amarillento o blanco. En las flores hermafroditas (Fig. 26.10C) hay cinco estambres, de los que sólo uno o dos son funcionales; miden uno a dos milímetros de largo y terminan en anteras rosadas. Los otros son estaminodios, mucho más cortos. El gineceo se compone del ovario de una sola celda, sentado directamente en el disco, y de un pistilo curvo que sale lateralmente y mide de uno a dos milímetros de largo. Es frecuente encontrar flores hermafroditas anormales que no forman frutos. En las flores estaminadas (Fig. 26.10B) el perianto es igual que en las hermafroditas; el centro lo ocupan cinco estambres de los cuales sólo uno, el más largo, es funcional.

Biología floral. En un árbol de mango hay un gran número de ramas floríferas y cada una de éstas lleva miles de flores. La antesis ocurre en la noche o en las primeras horas de la mañana. Las anteras se abren poco después del perianto y se tornan azuladas por el polen; para su apertura se requiere tiempo brillante y caluroso. El estigma puede ser receptivo aún antes de abrirse la flor y continúa siéndolo por dos días. La polinización se hace quizás en forma exclusiva por insectos, que son atraídos por el néctar que exuda el disco y trasladan los granos de polen a otras flores. La autoincompatibilidad es predominante pero se conoce variedades auto-compatibles.

Fruto. El fruto del mango es una drupa aplanada cuya forma, tamaño y color varían mucho según el cultivar (Fig. 26.10D). La base en ciertos cultivares tiene un lado comprimido; el cuerpo del fruto es desigual de perfil, con el lado dorsal convexo y el ventral con una concavidad hacia el ápice, en la que se halla una prominencia cónica o "pico". Este puede ser muy desarrollado en ciertos cultivares y poco en otros, en cuyo caso lo reemplaza una mancha clara. El "pico" representa el punto de inserción, siempre asimétrico, del estilo en el ovario.

El color del fruto, además de ser un carácter varietal depende de las condiciones ambientales. El matiz básico es amarillo en la fruta madura,

uniforme o con áreas rojas o verdes. El color uniforme es interrumpido por círculos pequeños más claros, llamados glándulas. El epicarpo se forma de varias capas de células isodiamétricas de paredes duras. Debajo hay un estrato de células más grandes en que abundan los canales de resinas, que son más numerosos en ciertos cultivares a los que dan un típico sabor a trementina. El mesocarpo o parte comestible es un tejido de parénquima suave, rico en azúcar y cromatóforos, atravesado por las fibras del endocarpo. El color del mesocarpo varía de blanco a amarillo oscuro, según el cultivar. El endocarpo es un tejido duro que en su lado externo se prolonga en fibras numerosas, mientras que es liso en el interno. La cantidad y longitud de las fibras es un carácter varietal, de importancia en el valor comercial de la cosecha.

La semilla es aplanada, cubierta por la testa y el tegumento y constituida en su mayor parte por los cotiledones; no contiene endosperma.

Producción bienal. El mango muestra una tendencia definida a la producción bienal, es decir que a un año de alta cosecha sigue uno de producción baja. Un árbol cargado de frutos tiene pocas reservas para producir brotes y flores en el mismo año; por lo tanto el año siguiente habrá pocas flores y frutos. Ese mismo año, sin embargo, se formarán desde el principio brotes nuevos, sea por elongación de yemas terminales que se desarrollan en ramillas nuevas, o de yemas axilares que brotan de las ramas que tuvieron fruto el año anterior. Este crecimiento nuevo generará las flores que 10 o 12 meses después darán la cosecha y el ciclo tenderá a repetirse.

En cultivos de producción bienal la mayoría de las plantas en una población sigue la tendencia predominante, sea de alta o baja cosecha. Sin embargo, un porcentaje bajo muestra la tendencia contraria y algunas plantas no parecen seguir ninguna norma. En ciertos casos las tendencias opuestas pueden presentarse el mismo año, aun en ramas diferentes de una misma planta.

La producción bienal está afectada por otros factores: edad de la planta, pues la tendencia no

es tan definida en árboles de menos de 10 o 12 años; condiciones climáticas; prácticas culturales, pues la alternación es menos clara en árboles poco cuidados; enfermedades y pestes, como la antracnosis que en ciertos años puede destruir la floración, y, particularmente factores varietales. Estos últimos son de especial importancia porque en general los cultivares de mayor rendimiento son los que muestran tendencia más marcada a la producción bienal. En las últimas décadas se han generalizado las prácticas de inducir artificialmente floraciones controladas en mango, usando nitrato de potasio y otros reguladores de crecimiento.

Poliembrionia. En *Mangifera indica* hay cultivares monoembrionicos y poliembrionicos. En los últimos, además del embrión normal que se desarrolla del óvulo fecundado, crecen varios otros adventicios derivados de tejidos de la nucela. Es corriente que el embrión sexual sea destruido por los adventicios; en 'Carabao' y 'Cambodia' la degeneración del óvulo determina que todas las plántulas sean nucelares. Las plántulas que se originan de embriones normales son por lo general más vigorosas, aunque en ciertos cultivares, como 'Pico', es difícil distinguir las de las plántulas nucelares.

Hay cierta regularidad geográfica en la distribución de la poliembrionia. En India, con más de 1000 cultivares, todos son monoembrionicos con la excepción de unos 12 del sur del país. En Filipinas, en cambio, la mayoría es poliembrionica. Se conoce casos de reversión: cuando un cultivar que es monoembrionico en su área de origen se muestra poliembrionico en áreas en que se introduce. Se ha sugerido que esto puede deberse a polinización con cultivares poliembrionicos.

Cultivares. La mayoría son clones que se han establecido de una planta excepcional, posiblemente híbrida, por su rendimiento o calidad. Se conoce muy pocos cultivares atribuibles a mutación o resultantes de mejoramiento genético. De los dos grupos mencionados se deriva la mayoría de los cultivares: a) India, frutos de color

rojo, baja resistencia a antracnosis: 'Alphonse', 'Khasul-Khas', 'Himsagar'; de introducciones en Florida se han seleccionado: 'Haden', 'Keitt', 'Tommy Atkins', etc. b) Filipinas-Indochina, frutos amarillos, con cierta resistencia a antracnosis y bajo contenido de fibra: 'Saigon', 'Carabao', 'Pico', etc.; de introducciones se han seleccionado: 'Julie', en Trinidad, 'Manila' en México. 'Itamaraca' en Brasil, y otros.

En los trópicos indomalayos se cultiva unas 15 especies de *Mangifera*, ninguna de ellas comparable al mango en la calidad de los frutos. Las tres más comunes son *M. caesia*, *M. odorata*, *M. foetida*; menos corrientes son *M. longipetiolata*, *M. microphylla*, *M. pentandra*, *M. quadrifida* y otras. En todas ellas los frutos jóvenes contienen sustancias venenosas o irritantes; algunas han sido usadas como patrones para injertar *M. indica*.

BAUNO, BINJÁI, *Mangifera caesia*

Arbol alto con el follaje concentrado al final de las ramillas; flores moradas. Frutos obovados a elipsoidales, de 10 a 18 cm de largo, amarillentos a café claro, con una capa superficial áspera y pulpa casi blanca, jugosa y amarga, con fuerte olor a trementina; solamente se come cuando están completamente maduros o se preparan en chutney.

BACHANG, *Mangifera foetida*

Alcanza hasta 25 m de alto, con copa muy densa; flores rosadas o rojas; fruto de 8-10 cm de largo, elipsoidal y asimétrico con una prominencia cónica de un lado, verde o amarillento con puntos oscuros, pulpa fibrosa, amarilla o anaranjada, con fuerte olor a trementina. Aunque se puede comer los frutos completamente maduros, su uso principal está en la elaboración de encurtidos o chutney.

KAWENI, *Mangifera odorata*

Arbol hasta de 25 m de alto, de copa abierta; flores blancas con manchas rosadas o amarillentas; fruto elipsoidal, simétrico, de 3.5 a ocho centímetros de largo, amarillo, pulpa amarilla o anaranjada, jugosa, amarga o dulce según el cultivar, con olor a trementina. Hay mucha variación en la calidad de los frutos, que se utilizan en la preparación de jaleas y chutney.

MARAÑÓN, CAJÚ, MEREY, *Anacardium occidentale*

Origen y dispersión. La mayoría de las especies de *Anacardium* es originaria del Noreste de Brasil. Además de *A. occidentale*, otros como *A. giganteum* y *A. microcarpum*, se utilizan por sus "frutos" y nueces, que se recogen de árboles silvestres o se cultivan esporádicamente.

Anacardium occidentale era recolectado o cultivado muy primitivamente en el Noreste de Brasil a la llegada de los europeos, a mediados del siglo XVI. Su cultivo se expandió después por el norte de América del Sur, Antillas y América Central, y los portugueses lo llevaron a África Occidental e India. A Filipinas llegó posiblemente de México.

El cultivo y la industrialización de la nuez han sido desarrollados principalmente en India, Mozambique y Angola, que son los principales exportadores de nueces y aceites de marañón.

Porte y follaje. *Anacardium occidentale* (Fig. 26.11) es por lo común un árbol bajo, generalmente de menos de 15 m de altura, de tronco corto con ramificación escasa y torcida. Como en otras Anacardiáceas, tiene en la corteza del tronco y de las ramas numerosos canales resiníferos. El crecimiento de las ramillas es periódico; de las más viejas, gruesas y casi sin follaje, salen lateralmente los brotes nuevos, con numerosas hojas entre las que se desarrollan las inflorescencias. Una vez que éstas han fructificado y caído, apa-

recen de nuevo otros brotes de las yemas laterales; por eso las ramas del marañón crecen aparentemente en zigzag. En el mismo árbol puede hallarse tanto ramillas con inflorescencias desarrolladas como en latencia y el marañón no presenta, como el mango, las alternaciones bienales de producción.

Las hojas nuevas agrupadas en los brotes jóvenes son de tono rosado o verde claro. Cuando se desarrollan son duras y planas, con el pecíolo corto; las láminas abovado-oblongas miden de cinco a 20 cm de largo y tres a 15 cm de ancho. Son lisas y brillantes, verde oscuro arriba, más claras en el reverso.

Inflorescencia. Las inflorescencias andromóicas brotan de ramillas terminales o axilares del mismo año. Son panículas, con flores hermafroditas o estaminadas (Fig. 26.11B y C) en proporción que varía de 1:4-10. Las flores estaminadas se producen durante un período de varios meses y hacia la mitad de ese período se inicia la aparición de las flores hermafroditas, generalmente cerca del ápice de la panícula. Las flores son erectas, con el pedúnculo corto y grueso, de un milímetro de largo. Los sépalos, generalmente cinco, variando de cuatro a siete, agudos, verdosos y pubescentes, miden de tres a cuatro milímetros de largo, están unidos en la base y en posición alterna con los pétalos. Generalmente la corola se forma de cinco pétalos, variando su número entre cuatro y nueve; angostos y blancos al abrirse la flor, se vuelven rosados al día siguiente de la antesis. Los pétalos son ligeramente más anchos en las flores hermafroditas. En las flores estaminadas hay de siete a 10 estambres unidos en la base por un anillo elíptico; de ellos sólo uno sobresale de la corola, midiendo de 10 a 12 mm de largo. Las anteras son redondas, rosadas el primer día, grisáceas después. Las flores hermafroditas tienen también siete a 10 estambres, uno más largo que la corola. El ovario es unicelular, al comienzo blanco con una mancha rosada en la inserción del pistilo, luego completamente rosado. El pistilo es tan largo como el

estambre mayor. Ocasionalmente hay pistilos rudimentarios en las flores estaminadas y otras con estambres muy reducidos. A veces se encuentran flores pistiladas y neutras. Las flores hermafroditas son receptivas únicamente el primer día, entre nueve y 12 de la mañana. Los estambres emiten polen durante todo el día y los insectos parecen ser los agentes de polinización más importantes. Aún cuando la estructura y la biología de las flores parecieran favorecer la autopolinización, hay evidencia que sugiere un alto grado de alogamia.

Fruto. El "fruto" (Fig. 26.11D) se forma del hipocarpo, pedúnculo o receptáculo engrosado y jugoso, de color amarillo o rojo, y del fruto propiamente dicho: una nuez en forma de riñón, gris y dura. El pedúnculo, que es la parte utilizable como fruta fresca, es un cuerpo en forma de pera o esférico, de cuatro a ocho centímetros de largo, amarillo o rojo. Se forma principalmente de parénquima que contiene un líquido azucarado y astringente, el cual se toma fresco o se prepara en vino; es de alto contenido en vitamina C y riboflavina. El parénquima está atravesado por canales de resinas y haces vasculares. La nuez, de 2 a 3 cm. de largo, tiene el pericarpo liso y brillante. En el mesocarpo hay una estructura especial, las cámaras, espacios cúbicos o rectangulares que contienen masas de aceites o gomas. El componente principal de éstos es cardol, sustancia muy cáustica y venenosa que se evapora al calentar las nueces. En algunos lugares de América esa sustancia se emplea como insecticida y en Africa es de explotación industrial. Tiene usos muy variados: preparación de barnices, pinturas, lacas y aisladores, y en el tratamiento de maderas.

La semilla ocupa al principio una parte reducida de la cavidad interna del fruto; al final forma una masa en forma de riñón (Fig. 26.11E), compuesta de dos cotiledones y el hipocotilo. En su composición hay de 50 a 60% de aceite, 18% de proteína y algunos azúcares, lo que indica un buen valor nutritivo. El fruto, pedúnculo y nuez,

tarda unos 60 días en madurar. La semilla se desarrolla en 35 o 40 días.

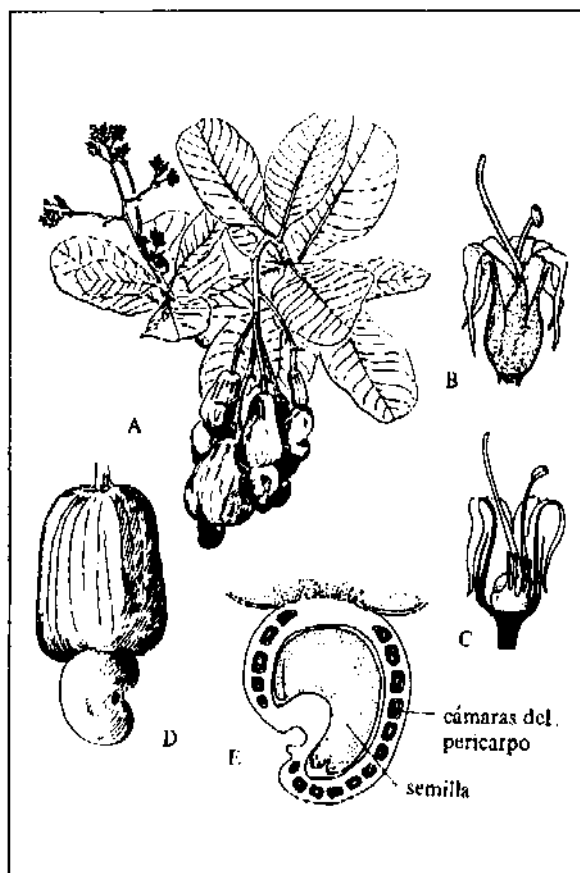


Fig. 26.11. *Anacardium occidentale*, marañón, cajú. A, porte. B y C, flores. D, fruto. E, corte longitudinal del fruto.

En el área de origen -las regiones cálidas y secas del noreste de Brasil- se conoce muchas variedades. Para fines comerciales se distingue dos grupos de cultivares: a) *americanum*, caracterizado por frutos de pedúnculos largos y jugosos, como el 'Cajubanana', b) *indicum* cuyos frutos de pedúnculos cortos se utilizan especialmente por la nuez. En India y Africa Oriental *Anacardium occidentale* se propaga clonalmente por injerto o acodo, raramente por estacas enraizadas.

JOCOTE, CIRUELO, *Spondias purpurea*

Especie originaria de Centroamérica y de propagación exclusivamente vegetativa; se le llama "jocote" de México a Costa Rica; "ciruela roja" en Suramérica; "cajazeiro" en Brasil.

Spondias purpurea (Fig. 26.12) es un árbol alto y muy ramificado, de tronco con corteza gruesa y rugosa, rica en gomas. Las hojas pinnadas tienen de 10 a 20 pares de folíolos alternos y elípticos, de tres a seis centímetros de largo. Las flores aparecen en panículas axilares, a veces directamente de las ramas viejas. Cada flor tiene una o varias brácteas. El perianto rojizo se forma de cuatro a cinco sépalos y otros tantos pétalos. Hay 10 estambres unidos por la base en un disco, opuestos a las paredes del perianto; los que están frente a los sépalos son los más largos. El ovario sésil tiene de tres a cinco celdas.

El fruto es una drupa elipsoidal, de tres a cinco centímetros de largo, lisa y brillante, purpúrea, rojo vino o amarilla, con el epicarpo firme.



Fig. 26.12. *Spondias purpurea*.

El mesocarpo carnoso y amarillo, de cinco a siete milímetros de grosor, es dulce, acidulo, de sabor muy agradable. El endocarpo ocupa la mayor parte del fruto: es un cuerpo duro como madera, constituido por fibras entre las cuales se hallan los restos de semillas malformadas en forma de escamas.

En *Spondias purpurea* no hay propagación sexual, por no formarse polen fértil. Se multiplica por estacas y es uno de los árboles más comúnmente usados para setos vivos. Hay dos grupos de variedades que difieren en la época de fructificación.

JOBÓ, TAPAREBÁ, *Spondias mombin* (*S. lutea*)

Nativo de América tropical (Fig. 26.13) se le cultiva esporádicamente o sus frutos se recogen

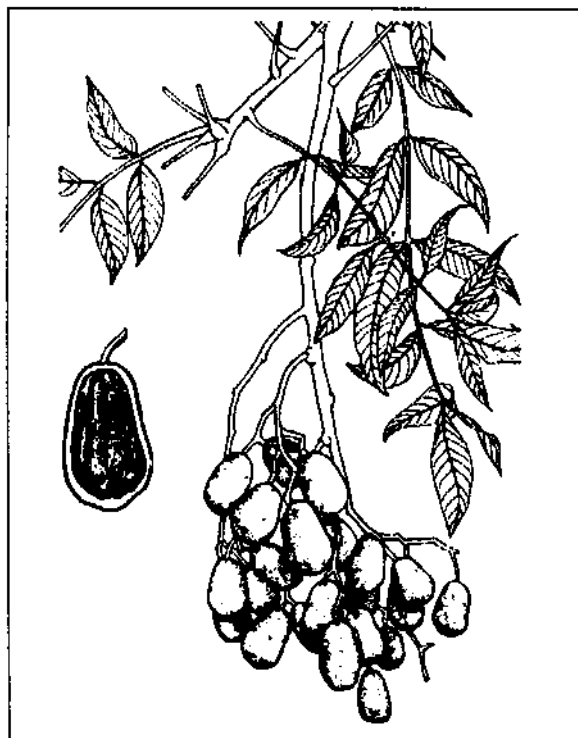


Fig. 26.13. *Spondias mombin*, rama con frutos y corte longitudinal del fruto.

de árboles silvestres. Difiere de *S. purpurea* por tener la cáscara del tronco más gruesa y corchosa y por los racimos más sueltos y ramificados, frutos con pedúnculos más largos y hojas marcadamente acuminadas. Los frutos elipsoidales, amarillos, de 2.5 a 3.5 cm de largo, a menudo de superficie rugosa, contienen una pulpa delgada y acuosa, amarillenta y ligeramente ácida. Como en las otras especies de *Spondias* se consume mucho las frutas verdes. En *S. mombin* las semillas se forman normalmente.

AMBARELA, CAJA-MANGO, *Spondias cytherea* (*S. dulcis*)

La "ambarela", "manzana de Tahiti" "jocote judío", frutal originario de Polinesia y cultivado en todos los trópicos (Fig. 26.14), es un árbol hasta de 20 m de alto, de tronco recto y liso con ramificación simétrica. Las hojas pinnadas crecen agrupadas en el extremo de las ramillas y el árbol pasa cierta parte del año con poco follaje; hay de cuatro a 12 pares de folíolos opuestos o casi opuestos y uno terminal. Los folíolos oblongos, ligeramente asimétricos, más grandes en la parte central de la hoja, de cinco a 16 cm de largo, tienen el borde aserrado y el ápice agudo. Los nervios laterales más claros resaltan en el verde brillante de las hojas; son rectos y se unen a un nervio submarginal paralelo al borde del folíolo.

Las inflorescencias son panículas terminales, ramificadas y con muchas flores, hasta de 50 cm de largo. Las flores bisexuales, pistiladas o estaminadas, pequeñas, crecen en grupos; el cáliz se compone de cinco sépalos unidos en la base y la corola de cinco pétalos amarillentos de dos a tres milímetros de largo. Del disco central salen 10 estambres muy cortos y un pistilo de cinco celdas y cinco estilos que se mantienen juntos y se separan después de la polinización.

El fruto elipsoidal, liso o con surcos longitudinales redondeados y poco profundos, amarillo en la madurez, mide de seis a 10 cm de largo por cuatro a seis centímetros de ancho. El epicarpo coriáceo está cubierto a menudo de lenticelas o

puntos oscuros; el mesocarpo o pulpa es grueso y amarillo, aromático y de sabor agradable, aunque en algunas variedades tiene olor marcado a trementina. El endocarpo es un cuerpo duro con prominencias longitudinales de las que salen fibras espinosas, curvas y duras que penetran en el mesocarpo. Las cinco semillas están contenidas en otras tantas celdas cuyas cavidades se ensanchan hacia el ápice del fruto.

Los frutos se consumen maduros y frescos o se preparan en jaleas; se comen también verdes por su sabor acidulo y, como en otras *Spondias*, se preparan en encurtidos y salsas.

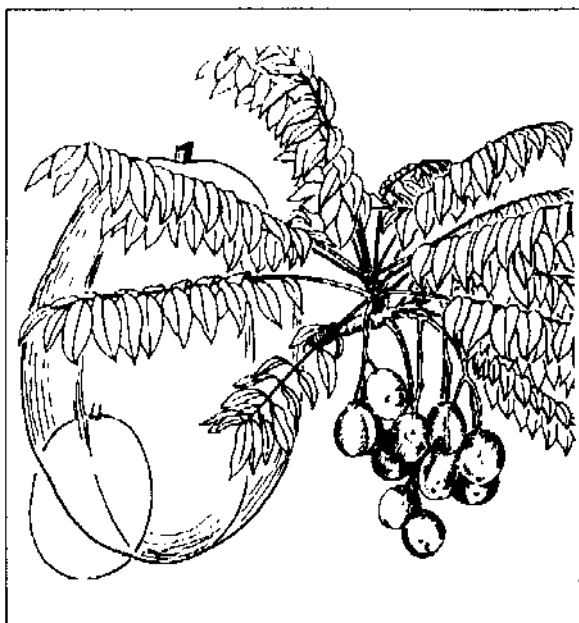


Fig. 26.14. *Spondias cytherea*, ambarela.

IMBÚ, *Spondias tuberosa*

Crece silvestre en áreas secas del Noreste de Brasil y se le cultiva poco. Es un árbol bajo y de copa muy extendida, con raíces tuberosas succulentas y comestibles. Las hojas llevan de cinco a nueve folíolos, en pares y una terminal, oblongos

y con el margen entero o aserrado. Las flores pequeñas crecen en panículas, con el perianto de cuatro a cinco piezas, ocho o 10 estambres y tres a cinco pistilos. Los frutos ovoides, de 2.5 a 3 centímetros de largo, de cáscara amarilla y dura, contienen una pulpa acuosa de sabor muy agradable.

AMRA, *Spondias pinnata* (*S. mangifera*)

Originaria de India y cultivada en el Sureste de Asia, da frutos amarillos de tres a 3.5 cm de largo, de calidad inferior a las otras especies del género; hay variedades de pulpa amarga y otras de sabor más agradable.

GANDARIA, *Bouea macrophylla* (*B. gandaria*)

Frutal de la región indomalaya, hasta de 20 m de alto, de copa esférica y compacta y con ramas arqueadas y follaje verde oscuro (Fig. 26.15). El tronco corto y recto, grisáceo, así como las otras partes de la planta, exudan una resina transparente. Las hojas pendientes y simples, opuestas, oblongo-lanceoladas, miden de 10 a 30 cm de largo por cinco a 10 cm de ancho. Las inflorescencias andromonoicas, en panículas axilares, están formadas por muchas flores diminutas; las estaminadas en pedúnculos cortos tienen de tres a cinco sépalos amarillos, otros tantos pétalos de uno a dos milímetros de largo y de tres a cinco estambres. En las flores bisexuales el ovario es pequeño, con el pistilo muy corto y el estigma ligeramente lobulado. Los frutos cuelgan en racimos; son drupas elipsoidales, amarillas o anaranjadas, de tres a cinco centímetros de largo por dos a cuatro centímetros de ancho. La cáscara es suave en la madurez, delgada, y la pulpa o mesocarpo gruesa y jugosa, amarilla, dulce o amarga según el cultivar y con olor a trementina. El endocarpo es delgado, con fibras co-

mo en el mango. La semilla grande, esférica, de uno a tres centímetros de largo, tiene los cotiledones de color violeta muy llamativo.

Bouea macrophylla es muy apreciada en el Sureste de Asia, en donde se conoce muchos cultivares; aún se le encuentra silvestre en los bosques de Malaya. Se consume los frutos crudos, que en las variedades superiores pueden ser muy dulces y agradables pero fibrosos. Se usan también cocinados para encurtidos y en la preparación de platos típicos.

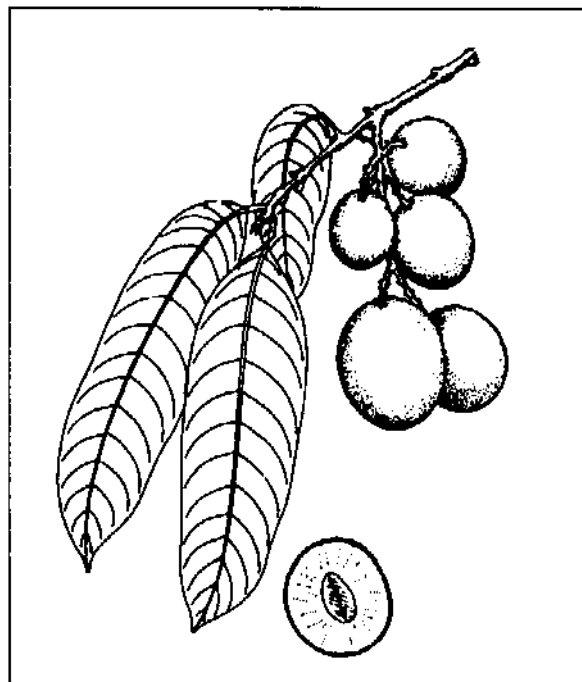


Fig. 26.15. *Bouea macrophylla* (*B. gandaria*). Rama con fruto y corte transversal del fruto.

SIMARUBÁCEAS

Las Simarubáceas son arbustos o árboles de hojas pinnadas, sin glándulas de aceite, con principios amargos en la cáscara y madera; sus flores pequeñas y regulares son generalmente unisexuales.

En los trópicos, donde son muy abundantes, las Simarubáceas tienen algunas especies utilizadas por los principios amargos y medicinales, tales son *Quassia amara* y *Picrasma excelsa*. Un árbol de Centroamérica, el aceituno, *Simarouba glauca*, se cultiva por el aceite de las semillas.

ACEITUNO, *Quassia simarouba* (*Simarouba glauca*)

Quassia simarouba (Fig. 26.16) crece naturalmente desde Florida a Costa Rica y en las Antillas Mayores. Es un árbol de copa esférica y hermoso follaje por el color verde oscuro y la superficie brillante de las hojas. Estas se componen de 10 a 20 folíolos elípticos, asimétricos, de seis a nueve centímetros de largo por dos centímetros de ancho. Esta especie es poligamodioica, habiendo árboles con sólo flores pistiladas; otros con sólo flores estaminadas y, en tercer lugar, andromonoicos, o sea con flores hermafroditas y estaminadas en diferentes inflorescencias de la misma planta.

Las inflorescencias son panículas de muchas flores pequeñas, con cuatro a seis pétalos, aunque por lo común sólo hay cinco. En las flores estaminadas hay 10 estambres; en las pistiladas un estilo de cinco partes que aparecen bien definidas en otras tantas ramas estigmáticas. En las hermafroditas hay 10 estambres y el pistilo es corto y poco ramificado.

El fruto es semejante al del olivo, de donde se deriva su nombre común. Es una drupa elipsoidal, de dos a 2.5 cm de largo, verde o morada en la madurez, con la pulpa o mesocarpo delgado y el endocarpo fino y quebradizo. La semilla de 15 mm de largo por siete milímetros de diámetro, contiene alrededor del 60% de aceite, el que es utilizado tanto en la alimentación humana como en la industria, y la torta como fuente de proteína en la alimentación animal. Las semillas crudas son muy venenosas.

El aceituno ha sido cultivado formalmente en El Salvador, donde se ha seleccionado árboles

superiores por su rendimiento, los cuales se han propagado vegetativamente.



Fig. 26.16. *Quassia simarouba*.

MELIÁCEAS

En las Meliáceas predominan los árboles o arbustos de hojas pinnadas y flores en panículas. El cáliz y la corola son regulares, actinomorfos y compuestos de un número variable de cinco a ocho piezas. La característica floral distintiva es la unión de los filamentos de los estambres formando un tubo del que salen las anteras; los frutos son cápsulas, bayas o drupas.

En esta familia se incluye algunas de las maderas más apreciadas de los trópicos, como las caobas que se obtienen de varias especies de *Swietenia*; los cedros, *Cedrela* spp. y otras en que la presencia de canales oleíferos les da un aroma y resistencia característicos.

En los trópicos asiáticos hay varias especies frutales; la más importante es el lansón, origina-

rio de los trópicos indomalayos, introducido a América tropical y donde crece muy bien.

LANSÓN, LANGSAT, DUKU, *Lansium domesticum*

El lansón es originario de Malasia, donde aún se encuentra en estado silvestre; es un frutal de importancia en Filipinas, Malasia y Java.

El lansón (Fig. 26.17) alcanza de 12 a 20 m de alto; el follaje es compacto y hermoso. Las hojas compuestas con tres a cinco pares de folíolos alternos, miden de 25 a 50 cm de largo. Los folíolos elípticos u obovados, a veces casi circulares, de 12 a 24 cm de largo por seis a 12 cm de ancho, son verde brillante en la cara superior, más claros en la inferior.

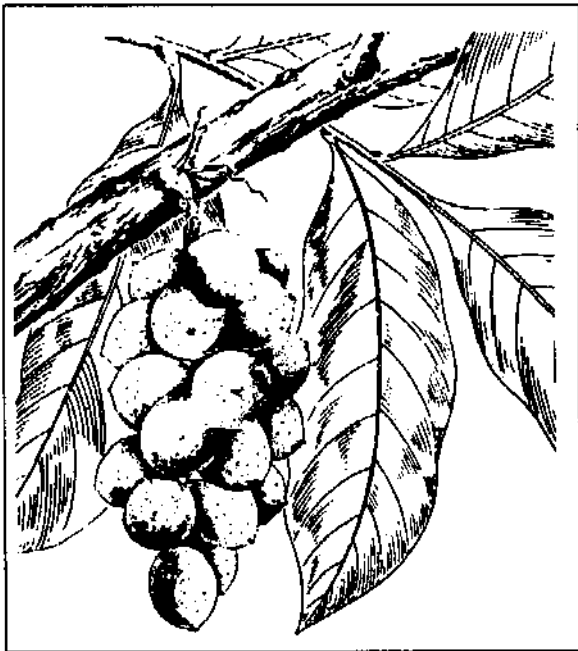


Fig. 26.17. *Lansium domesticum*.

Es característica de esta especie que las inflorescencias nazcan en el tronco o en las ramas más

gruesas. Los racimos son por lo común sencillos, de un solo eje, rara vez se ramifican y son erectos cuando están en flor. Las flores hermafroditas, muy pequeñas, miden de tres a cinco milímetros de largo. El cáliz corto y verdoso tiene cinco partes; la corola amarillenta, cinco pétalos cóncavos. Los estambres forman un tubo carnoso, con 10 anteras pequeñas; el pistilo es grueso y termina en un estigma plano.

Los frutos de lansón forman racimos compactos y pendientes; el fruto es una baya de forma muy diferente según la variedad, elipsoide o esférico, de tres a cinco centímetros de largo por dos a tres centímetros de ancho. La cáscara dura y delgada, amarillenta en la madurez, exuda un líquido lechoso y amargo. El fruto contiene cinco celdas, cada una rellena por un arilo transluciente adherido a la semilla, de sabor muy agradable en los tipos cultivados, amargo en los silvestres. De las cinco celdas sólo una o dos tienen semillas, de 1.5 cm de largo por un centímetro de ancho; las restantes presentan sólo restos de ellas y no es raro encontrar frutos totalmente sin semillas. En lansón los frutos son generalmente partenocárpicos y las semillas apomícticas.

Se conoce numerosos cultivares; en Malasia se distingue dos: 'Langsat' de copa abierta, con follaje esparcido, frutos elipsoidales hasta de 2.5 cm de ancho, con látex, en racimos compactos de unos 20 frutos de pulpa dulce a amarga, y 'Duku', de copa esférica y compacta, frutos más o menos esféricos hasta de tres centímetros de diámetro, con cáscara gruesa y pulpa dulce, en la mayoría de los casos sin semillas.

Esta especie crece bien en los trópicos bajos y húmedos, a menos de 500 m. Como las otras Meliáceas fructifica una o dos veces al año, en períodos relativamente cortos; su introducción y cultivo merecen extenderse a todas las regiones tropicales.

SANTOL, *Sandoricum koetjape*

Frutal originario del Sureste de Asia y Malasia, donde se le cultiva esporádicamente o se

aprovecha los frutos de árboles silvestres. El santol (Fig. 26.18) es deciduo, hasta de 30 m de alto; el tronco columnar da madera dura y rojiza. Las hojas tienen tres folíolos; un par basal, opuestos, con el peciolo de cerca de un centímetro de largo, el terminal con el peciolo de cuatro a seis centímetros de largo. Los folíolos ovales a elípticos, verde claro, tienen el ápice corto y agudo.

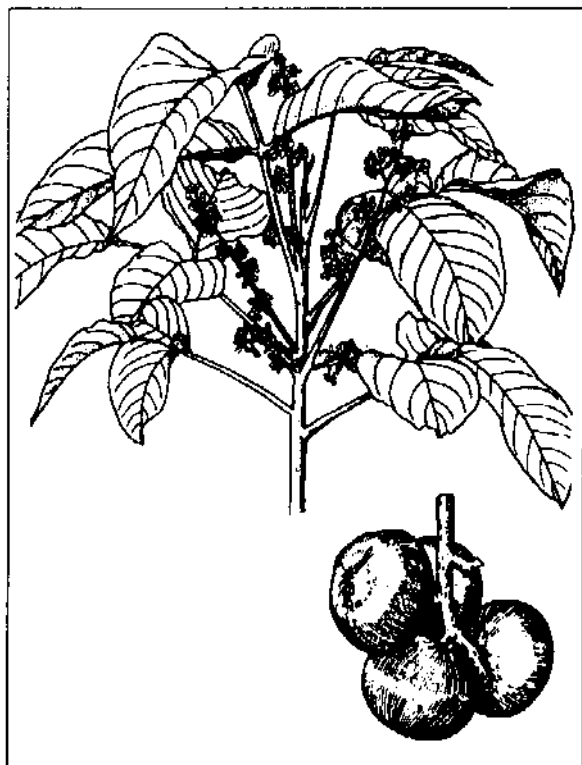


Fig. 26.18. *Sandoricum koetjape*.

Las inflorescencias axilares son panículas de 12 a 15 cm de largo, con las ramas inferiores espaciadas y las terminales más juntas. Cada rama lleva varias flores pequeñas, de cáliz cupular dividido en cinco lobos y corola de cinco pétalos separados, amarillentos, de seis a 10 mm de largo. Los 10 estambres forman un tubo en la base, un poco más largo que la corola; el ovario de cin-

co celdas termina en un pistilo cilíndrico con el estigma dividido en cinco lobos.

Los frutos crecen en grupos, sueltos o compactos; son drupas esféricas, de cinco a seis centímetros de diámetro, la superficie amarillo-opaco y aterciopelada, con surcos finos longitudinales hacia el ápice. La cáscara exuda látex al cortarla; la pulpa blanca, trasluciente y jugosa, dulce o amarga; hay de tres a cinco semillas.

Se distingue dos grupos de cultivares: 'Santol' o 'Sentul', de folíolos hasta de 15 cm de largo, flores rosado-amarillentas, frutos con cáscara delgada con la pulpa de cinco a 15 mm de espesor, dulce; 'Ketchopi' o 'Kechopi', con folíolos hasta de 30 cm de largo, flores verdes o crema, frutos de cáscara gruesa, pulpa de seis a 12 mm de espesor, acidula-dulce.

RUTÁCEAS

La familia de las Rutáceas incluye especies arbóreas de hojas simples o compuestas, flores con cuatro o cinco sépalos y pétalos, numerosos estambres y pistilo con ovario de muchas celdas. Es característica la presencia de glándulas de aceite en el follaje, flores y frutos, las que en las hojas se advierten a trasluz como puntos más claros.

La utilidad principal de esta familia está en las especies frutales, particularmente del género *Citrus* y sus afines como *Aegle* y *Clausena*, del Viejo Mundo, y en un género americano, *Casimiroa*.

CÍTRICOS, *Citrus* spp.

Los cítricos están entre los frutales de mayor valor económico en el comercio mundial. El consumo principal es la fruta fresca, seguido por sus derivados: jugos, concentrados, extractos secos.

Las cáscaras de las frutas se utilizan en la producción de aceites aromáticos, -que se extraen también de hojas y flores-, en la producción de pectina y en alimentación animal.

Origen y expansión. El área original del género *Citrus* es el Sureste de Asia, sur y centro de China, Filipinas y el archipiélago indomalayo hasta Nueva Guinea. Dentro de esa región es de especial interés, por la concentración de especies importantes, la faja que se extiende desde la vertiente oriental del Himalaya por Assam, Laos y Vietnam hasta el sur de China. Sin embargo, las principales especies de *Citrus* no se encuentran en estado silvestre pues son el producto de una larga selección por el hombre, dirigida principalmente a obtener plantas con pulpa abundante y azucarada y cáscara más fina y aromática.

Al traer del bosque y plantar cerca de las viviendas diferentes tipos de cítricos, el hombre primitivo indujo la formación de nuevos híbridos; esta hibridación temprana es uno de los factores que hace más difícil la delimitación taxonómica de los *Citrus* cultivados.

Estudios de taxonomía numérica así como análisis de isoenzimas y DNA nuclear, han mostrado que hay sólo tres entidades distintas en los *Citrus* cultivados; son el pomelo (*C. maxima*), el cidro (*C. medica*) y la mandarina (*C. reticulata*). Los demás se derivarían de estas tres especies básicas por hibridación e introgresión, que pudieron ocurrir varias veces, favorecidas por las condiciones primitivas en que se plantaban en el Sureste de Asia.

Del Sureste de Asia la especie que llegó primero al Occidente fue el cidro, que los soldados de Alejandro encontraron en Persia y que se extendió por Europa en el siglo I después de Cristo. La naranja agria y el limón fueron diseminados por los árabes, que los llevaron de India al Cercano Oriente y después por el Mediterráneo hasta España, en los siglos IV a VI. Los genoveses y portugueses introdujeron a Europa la naranja dulce y otros cítricos en los siglos XV y XVI. Las especies de introducción más reciente, mandarinas y pomelos, fueron traídos de Oriente a fi-

nes del siglo XVIII o comienzos del XIX. Los cítricos llegaron a América tropical en el segundo viaje de Colón y los portugueses posiblemente trajeron algunos directamente de India a Brasil.

Factores de variabilidad

Mutaciones de yema. El ejemplo clásico es la naranja 'Bahía' o 'Washington Navel', sin semillas y con ombligo, que se originó como una rama distinta de un árbol de naranjo dulce corriente, en Bahía, Brasil, a fines del siglo XIX. Por propagación vegetativa se ha multiplicado en millones de árboles pero ya dentro del clon se ha podido reconocer otros mutantes que difieren del original en mayor productividad, cosecha más temprana y aun en la carencia del ombligo característico. Algunos de estos nuevos mutantes reciben nombres especiales y se han propagado comercialmente.

Las mutaciones de yema, como la citada, debidas a cambios en los genes de las células de meristemas, son factibles de propagar en los cítricos por injerto u otros métodos vegetativos, o por semilla sexual o apomíctica. Son una fuente constante de nuevos cultivares, aunque la mayoría de ellos no tiene valor hortícola.

Quimeras. El cultivar 'Golden Buckeye' es una quimera que apareció en la 'Bahía' o 'Washington Navel' y difiere de ésta en que la superficie de la fruta es más amarilla y lisa, aunque a veces hay bandas de color y textura similares a la 'Washington Navel'; además, las frutas tienden a ser más alargadas y de pulpa más fina y dulce. En árboles de este clon aparecen a veces frutas indistinguibles de la variedad original.

La variedad 'Thompson' de la grapefruit, notable por el color rosado de la pulpa, se considera que es una quimera periclinal.

Otras quimeras son más notables por su apariencia: la naranja 'Bizarria', que apareció en Italia, se caracteriza por frutas que presentan bandas longitudinales hundidas, de color y textura diferentes del resto de la fruta. También son frecuentes los casos de variegación en frutos y ho-

jas, en que capas de células sin clorofila alternan con capas normales. Esto da una apariencia mar-mórea, con áreas verdes, blancas o intermedias. Como sucede en otras quimeras, en la propagación vegetativa pueden aparecer plantas normales.

Hibridación. Es notable en *Citrus* la falta de barreras de esterilidad entre especies de ese género o de géneros afines, lo que ha permitido formar numerosos híbridos interespecíficos o intergenéricos, algunos de importancia comercial. Tal es el caso de los tangelos, *C. reticulata* x *paradisi*; tangor, *C. reticulata* x *sinensis*; citranges, *Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*. Se conoce cruces triples, como el citrangedín, *citrangae* x *Fortunella* x *Citrus*. Con cruces artificiales se busca aumentar la resistencia a enfermedades o plagas, u obtener tipos nuevos con frutos de sabor y textura diferentes. La descendencia de estos cruces muestra en las plántulas zigóticas una diversidad tan amplia o mayor que la que se encuentra entre los diferentes cultivares de las especies parentales, aunque la mayoría de los individuos tiende a parecerse a uno de los padres.

Como se dijo anteriormente, la hibridación pudo ser un factor de variación en el cultivo primitivo de los cítricos cuando se plantaban juntas variedades de la misma especie pero de orígenes diferentes. La propagación apomíctica de los cruces perpetúa estas nuevas variantes.

Embriogenia nucelar. En muchas especies de *Citrus* se desarrollan, además del embrión resultante de la fertilización, otros que se derivan de células somáticas de la nucela, a los que se llama embriones nucleares. Como se derivan por división de las células de la nucela, en que el polen no actúa directamente, los embriones nucleares y las plantas que se desarrollan de ellos heredan sólo la carga genética de la planta madre y son idénticos a ella. La presencia de más de un embrión por semilla, poliembriónia, es compleja en *Citrus*; en unos pocos casos hay división de la ovocélula fecundada y los embriones zigóticos son idénticos. En la mayoría de los casos, sin embargo, la poliembriónia es nucelar y si aborta el

embrión cigótico, como ocurre a menudo, todas las plántulas que se derivan de una semilla son nucleares.

Generalmente cuando hay varios embriones estos difieren en tamaño y por lo común sólo uno o unos pocos alcanzan el desarrollo completo. La poliembriónia puede ser afectada por factores ambientales y variar de un año al otro en la misma planta. El número de embriones por semilla varía también en el mismo árbol. La mayoría de los cítricos son poliembriónicos; las excepciones son los pomelos y el cidro.

El efecto de la embriogenia nucelar determina que por semilla se puedan perpetuar ciertos genotipos, sin que se pierda la posibilidad de que por vía sexual aparezcan en la misma especie segregantes o híbridos nuevos.

Clasificación. La delimitación de especies en *Citrus* es muy difícil debido a que no existen barreras de cruzamiento entre sus especies y a que los híbridos son fértiles. Si se aplicara a las especies de *Citrus* el criterio corriente para otros géneros, que indica que si dos especies se cruzan y dan descendencia fértil no pueden considerarse como distintas, probablemente no habría más que una especie de *Citrus*. Un segundo factor es la apomixis facultativa que se presenta en muchos cítricos. Esto implica, como ya se vió antes, que una misma planta puede tener descendencia apomíctica o sexual. Un tercer factor es el proceso, históricamente muy largo, del cultivo de los cítricos en Asia, en el que la selección ha permitido mantener una gama muy amplia de diversidad genética.

Estos factores explican parcialmente porqué en la taxonomía de *Citrus* no hay acuerdo entre los especialistas. Hay dos sistemas principales: el de W.T. Swingle y su grupo admite 16 especies y numerosos híbridos, y considera la hibridación como el factor preponderante de variabilidad. Siguiendo este criterio, si un cítrico se asemeja a una de las "especies" reconocidas, es posiblemente un híbrido que debe asignarse a ella. En este sistema todas las mandarinas y tipos afines se incluyen en una sola especie; en cambio el na-

ranjo dulce y el agrio, los pomelos y grapefruits, se consideran como especies separadas.

Una segunda clasificación, debida a T. Tanaka, indica que hay 144 "especies" en *Citrus*, asumiendo como tales muchas de las formas hortícolas y reconociendo tanto las mutaciones como la hibridación como los factores de diversidad. Se ha hecho algunos intentos de conciliar estos dos sistemas y particularmente de reconocer especies de menor importancia económica -los limones dulces y la lima dulce- como especies válidas. En todos los sistemas, sin embargo, se reconoce como especies seis cítricos principales: naranjo dulce, *Citrus sinensis*; naranjo agrio, *C. aurantium*; limón, *C. limon*; limón o lima agria, *C. aurantifolia*; pomelo, *C. maxima*; grapefruit,

C. paradisi. Las mandarinas, según el sistema de Swingle, forman una sola especie; *C. reticulata*; según Tanaka, seis especies: *C. reticulata*, *C. nobilis*, *C. unshiu*, *C. deliciosa*, *C. tangerina* y *C. restini*. En las clasificaciones intermedias se acepta dos: *C. reticulata* y *C. nobilis*.

Entre las especies de menor importancia se acepta como tal, en todos los sistemas, el cidro, *C. medica*. La lima dulce, *C. limetta*, es aceptada como especie por algunos especialistas, así como el limón dulce, *C. limetoides*; el limón rugoso, *C. jambhiri*, y rangpur, *C. limonia*, los dos últimos usados como patrones para injerto. Finalmente, hay *Citrus* de uso limitado a su área de origen, especialmente en India, de menor interés general.

DIFERENCIAS ENTRE LAS OCHO ESPECIES PRINCIPALES DE CITRUS

- a. Hojas con pecíolos alados.
- b. Estambres cuatro veces el número de pétalos; flores bisexuales.
- c. Frutos con la cáscara adherida a la pulpa; semillas blancas interiormente.
- d. Frutos medianos a pequeños de cuatro a 10 cm de diámetro.
- e. Frutos subglobosos, de cinco a 10 cm de diámetro.
 - f. Frutos de cáscara anaranjada, pulpa dulce, pecíolos con alas angostas *C. sinensis*
 - ff. Frutos de cáscara rojiza, pulpa ácida a amarga, pecíolos con alas anchas *C. aurantium*
- ee. Frutos ovoides, cuatro a seis centímetros de diámetro, amarillos, pulpa verdosa y muy ácida *C. aurantifolia*
- dd. Frutos grandes, nueve a 20 cm de diámetro.
 - g. Frutos de 10 a 20 cm de diámetro, vesículas separadas; semillas ásperas, amarillentas, monoembrionicas, frutos generalmente solitarios *C. paradisi*
 - gg. Frutos de nueve a 12 cm de diámetro; vesículas compactas; semillas lisas, blancas, poliembrionicas; frutos en racimos *C. maxima*
- cc. Frutos con cáscara suelta, semillas verdosas interiormente. *C. reticulata*
- bb. Estambres en número mayor de cuatro veces el número de pétalos, flores bisexuales o estaminadas *C. limon*
- aa. Hojas sin pecíolos alados *C. medica*

NARANJO DULCE, *Citrus sinensis*

El naranjo dulce (*Citrus sinensis*), es la especie más importante entre los cítricos cultivados. No se conoce en estado silvestre, y se presume que se originó de la hibridación del pomelo (*C. maxima*) y la mandarina (*C. reticulata*).

El área de domesticación del naranjo dulce fue posiblemente la franja que bordea el trópico de Cáncer, de Burma al valle superior del Yangtze en el sur de China. Por fuentes literarias se conoce que se cultivaba en China al inicio de la era cristiana y que de India se introdujo a Europa por genoveses y portugueses en los siglos XV y XVI; de India también pasó, en épocas anteriores, a la costa oriental de África. A América llegó después del Descubrimiento, procedente de la península ibérica, y a Brasil posiblemente por vía directa desde India.

Porte. Las especies comerciales de *Citrus* tienen aspecto morfológico y estructura anatómica muy similar. En el naranjo dulce (Fig. 26.19) el tronco central es cilíndrico y se ramifica desde la parte inferior. En los *Citrus* las ramas son con frecuencia aplanadas en vez de cilíndricas; esto se observa claramente en las ramillas verdes pero es corriente encontrar aún ramas viejas cuyo corte transversal no es circular sino excéntrico, con el mayor crecimiento hacia la parte inferior.

Estructura del tronco y ramas. En las ramillas jóvenes la epidermis se forma de una capa de células engrosadas en su lado externo. Conforme crece la rama se forma una epidermis compuesta de varias capas de células corchosas, muertas, que se originan de un felógeno. Las primeras áreas en cambiar de color verde a grisáceo son las lenticelas que rodean a los estomas, las que se levantan y forman tejidos secos de tono más claro; luego se suberiza toda la superficie de la ramilla.

Los tejidos corticales se forman de parénquima que contiene en los estratos externos gran cantidad de células verdes, ricas en cloroplastos, y aún en ramas viejas es frecuente encontrar tejidos verdes en los estratos profundos de la cáscara.

También son frecuentes en la corteza de los *Citrus* células con masas grandes de oxalato de calcio. El periciclo contiene fibras aisladas en las ramas jóvenes y formando un cilindro continuo en las viejas. El floema en los tallos o ramas desarrolladas se compone de capas circulares de fibras de tono más oscuro, que alternan con bandas más claras de parénquima con tubos cribosos y células anexas. El cambium es con frecuencia excéntrico, es decir que una rama produce más crecimiento hacia la parte inferior, por lo que resulta aplanada en sentido vertical. El xilema o madera es blanco y compacto, anillado o uniforme en los tallos y ramas viejas. Se compone principalmente de fibras; en el corte transversal las tráqueas o tubos conductores se presentan como poros que se distribuyen uniformemente. Los rayos que salen del centro y llegan hasta el cambium son muy delgados y espaciados.

Espinas. Casi todos los cítricos tienen espinas, más abundantes y de mayor tamaño en el crecimiento nuevo, que salen de las axilas de las hojas. Son en realidad ramas laterales que no se desarrollan, lo que se observa en el caso de algunas espinas vigorosas que llegan a formar hojas e incluso flores. A la par de las espinas están las yemas, de las que crecen después las verdaderas ramillas laterales.

Hojas. Las hojas del naranjo son simples, con el pecíolo alado. Esto se interpreta como una reducción de una hoja trifoliada a un solo folíolo terminal; en varios géneros vecinos, como en *Poncirus*, las hojas son folioladas. La lámina es oval o elíptica, de cinco a 15 cm de largo por tres a nueve centímetros de ancho. El ápice puede ser agudo o recortado; el borde irregular y más claro. La epidermis superior, de paredes externas gruesas y duras, da a la lámina el aspecto brillante característico. El mesofilo se compone de dos capas de células en empalizada entre las cuales, especialmente en la superior, hay células mayores que contienen cristales de oxalato de calcio suspendidos de las paredes. Lo más importante en esta área es la formación de cavidades llenas de aceites, que resultan de la secreción de varias

células cuyas paredes finalmente se disuelven y forman una sola cavidad; estos depósitos de aceites se pueden ver a simple vista como puntos más claros sobre el fondo verde del lado interior de la hoja. Los aceites de las hojas de ciertos *Citrus* pueden extraerse mecánicamente y constituyen un producto de importancia comercial.

Flores. Las flores de los *Citrus* aparecen en gran abundancia en racimos axilares o terminales. En la flor individual (Fig. 26.19A, B) el cáliz tiene forma de copa en la base y termina en cinco sépalos erectos y verdosos cuya cara externa está cubierta de numerosas glándulas de aceite, semejantes a las que se hallan en las hojas. El resto de la flor emerge de un receptáculo carnoso, del cual salen de tres a cinco pétalos blancos, rectos en la parte inferior, curvos hacia afuera en la superior; como en los sépalos, hay glándulas de aceite en la cara externa, mientras que en la interior los tejidos superficiales son suaves y cubiertos de pelos carnosos.

Los estambres, de 20 a 25 en cuatro o cinco series, salen de un disco común; los filamentos son delgados y terminan en anteras de cuatro sacos. Es común en cultivares de naranja dulce que haya malformación de polen o que éste no se forme del todo. El ovario elipsoidal contiene al principio unas 10 celdas, cada una con muchos óvulos. El estilo es grueso, cilíndrico, y termina en un estigma globoso; en éste se abren canales que recorren el estilo y lo comunican con cada una de las celdas del ovario.

Fruto. El fruto de los cítricos es un tipo especial de baya, el hesperidio (Fig. 26.19 A, C). En la cáscara se distingue dos zonas: una externa coloreada y más compacta, el flavedo, y otra interna, blanca y esponjosa, el albedo (Fig. 26.19D). El flavedo está constituido por el epicarpo propiamente dicho, que se forma de epidermis, con paredes externas muy gruesas que tienen numerosos estomas, e hipodermis, compuesta de clorénquima, con células ricas en cloroplastos amarillos y una gruesa capa de parénquima acuoso. Lo más notable en el flavedo son las glándulas de aceite muy desarrolladas que aparecen en la su-

perficie de la fruta como puntos redondos, más oscuros y hundidos. Estas glándulas tienen un origen y estructura semejantes a las que se encuentran en las hojas.

El albedo está constituido por células de paredes delgadas, que dejan entre ellas muchos espacios vacíos. Los tejidos blancos y esponjosos del albedo se prolongan hacia el interior de la fruta y forman los tabiques que separan los carpelos o gajos de la naranja y que se unen en el centro de la fruta con el eje vascular que parte del pedúnculo. Los tabiques en el naranja son delgados y firmes; en la mandarina llegan casi a desaparecer por completo y dejan los carpelos fácilmente separables; en los pomelos y grapefruit son gruesos y permanentes. En cada gajo (Fig. 26.19E) hay haces vasculares internos, conectados con los tejidos del centro del fruto, y externos que recorren la parte del mesocarpo que se adhiere a los gajos. Entre los externos hay dos principales, uno que recorre longitudinalmente la parte dorsal de cada gajo en su área más prominente, otro en la depresión que separa cada gajo del próximo. Estos dos haces se ramifican profusamente, tanto en las paredes de los gajos como hacia la cáscara de la fruta.

El endocarpo o pulpa se compone de unos 10 carpelos o gajos, cada uno con su pared propia, llenos de vesículas transparentes fusiformes y fijadas a las paredes por una base delgada y fuerte (Fig. 26.19F). Estas vesículas las constituyen muchas células de paredes finas, llenas de jugo azucarado y cromatóforos amarillos o rojos que les dan color; al centro de cada vesícula hay una glándula llena de aceite.

Una anomalía en algunos naranjos es el desarrollo de una segunda serie de carpelos, que forman una naranjita en la parte apical de la fruta y que aparece al exterior como un ombligo. Tal caso ocurre regularmente en la 'Washington Navel' o 'Bahía' y en otros cultivares.

Fecundación y poliembrionía. Los insectos que visitan las flores en busca de néctar, atraídos por el color de los pétalos o el aroma, son los agentes de polinización en el naranja y otros cí-

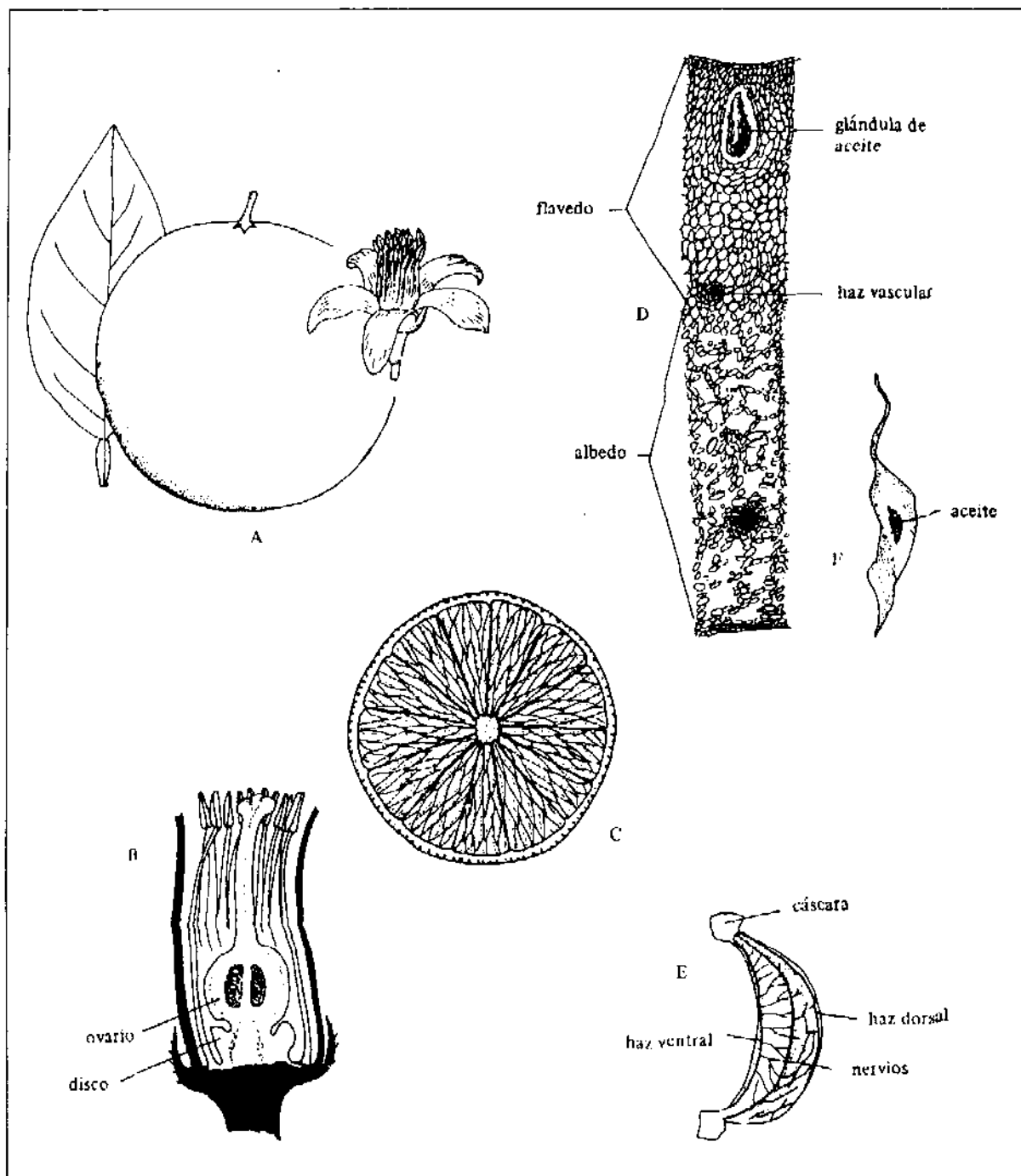


Fig. 26.19. *Citrus sinensis*, naranjo dulce. A, hoja, flor y fruto. B, corte longitudinal de la flor. C, corte transversal del fruto. D, estructura del pericarpio. E, distribución de los haces vasculares en un gajo. F, vesícula.

tricos. Aunque la polinización cruzada es normal, en el naranja dulce el pistilo es receptivo cuando el polen está maduro, y las flores pueden fertilizarse sin la intervención de insectos.

Semillas. La forma y tamaño de las semillas en *Citrus sinensis* varían según el cultivar. Por lo común son elipsoidales y aplanadas, con un extremo terminado en un pico irregular; la testa es blanca, dura y surcada longitudinalmente. Debajo de la testa hay una membrana fina que rodea los embriones; en estos los cotiledones son por lo común de diferente tamaño.

Esterilidad. La carencia de semillas en las frutas de varios cultivares de naranja dulce y otros *Citrus* es un carácter de mucho valor comercial, determinado en primer lugar por factores hereditarios y, en menor grado, por fuerzas ambientales. Puede deberse, como en la 'Washington Navel', a la mala formación de polen; en otros cultivares a degeneración del óvulo. Por lo común la esterilidad no es absoluta y un cultivar estéril puede producir semillas de vez en cuando.

Además de ser una característica favorable del punto de vista del consumo, la esterilidad obliga a reproducir vegetativamente un cultivar y mantenerlo así uniforme, pero al mismo tiempo limita la posibilidad de utilizar la hibridación en su mejoramiento.

Variabilidad. Se conoce numerosos cultivares en el naranja dulce; con frecuencia el mismo cultivar recibe nombres diferentes. 'Valencia' es el más importante en producción, calidad, rango de adaptación y otras características. Es una población que aparentemente apareció en Portugal y se expandió por Estados Unidos de América, África del Sur y América tropical. Hay muchas variedades comerciales: 'Navel', 'Temple', 'Parson Brown', 'Hamlin', 'Pineapple', etc. En Europa son de cierta importancia las "naranjas de sangre", de jugo rojo.

NARANJO AGRIO, *Citrus aurantium*

Muy afín a la especie anterior, pudo derivarse también por hibridación introgresiva del pomelo y la mandarina.

El naranja agrio, posiblemente domesticado en India o el Sureste de Asia, se expandió con la conquista árabe por Europa en el siglo XI y se le cultivó como ornamental y por las propiedades culinarias o medicinales del jugo. En Europa se desarrolló después en perfumería el uso del aceite de los pétalos, y de la cáscara de la fruta en la preparación de medicinas. Se utilizó mucho como patrón para injertar otros cítricos, por su resistencia a la gomosis, pero su susceptibilidad a "tristeza" ha restringido su empleo a áreas libres de esta enfermedad. De las hojas se extrae, por

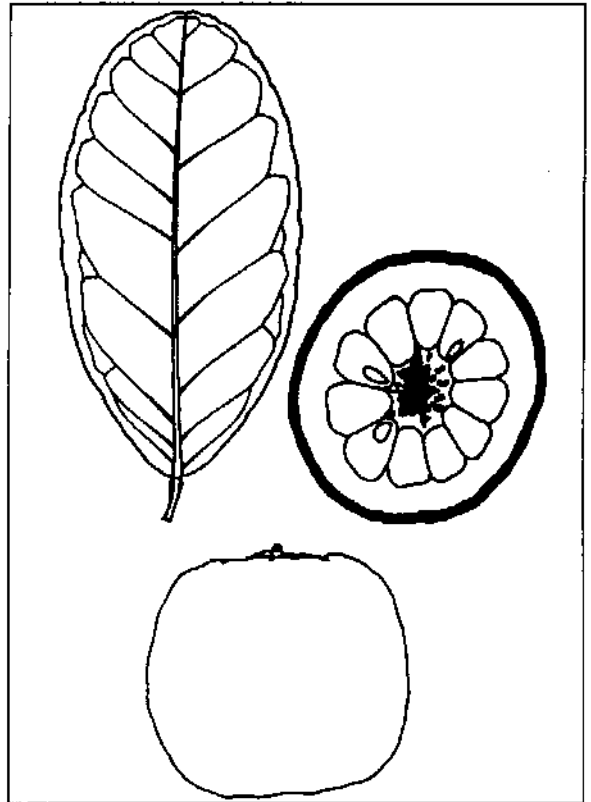


Fig. 26.20. *Citrus aurantium*. Fruto en perfil y corte transversal; hoja.

destilación, el aceite de *petit-grain*, cuya producción industrial es importante en Paraguay y otros países de América del Sur.

Es un árbol (Fig.26.20) de porte mediano, hasta de 10 m de alto, de copa esférica. Las ramas jóvenes angulosas están provistas de espinas delgadas y fuertes.

Hojas ovales, hasta de 12 cm de largo, verdes cuando jóvenes, con los bordes a menudo ondulados, el pecíolo con alas hasta de un centímetro de ancho; las hojas tienen un olor característico, fuerte y aromático. Flores axilares, grandes y blancas, hermafroditas o con cinco a 12% de estaminadas; estambres 20-25; ovario con 10-12 células. De las flores se extrae el aceite de neroli. Fruto subgloboso, deprimido en la base y el ápice; cáscara dura, de superficie rugosa, con glándulas en el fondo de las depresiones; color amarillo brillante a rojizo en la madurez; lóculos 10 a 12, con pulpa amarilla y ácida, el centro generalmente vacío; semillas numerosas, poliembriónicas, con alta proporción de embriones nucelares.

LIMÓN AGRIO, *Citrus aurantifolia*

El limón agrío crece espontáneamente en el archipiélago indomalayo, de donde su cultivo se expandió a Asia, especialmente a India. Se asume que de este país fue llevado a España en el siglo XVII y de allí se extendió luego a América tropical (Fig. 26.21). En esta región se le atribuyen propiedades medicinales y nutritivas que son más propias de *C. limón*.

Árbol de porte bajo e irregular, con espinas cortas y duras; hojas elípticas a oblongo-ovales, con el borde crenulado, de cinco a siete centímetros de largo, el pecíolo con alas muy angostas. Las flores blancas aparecen comúnmente en racimos de dos a siete; el cáliz de cuatro a cinco partes; los pétalos de ocho a 12 mm de largo; estambres 20-25; ovario esférico, con nueve a 12 lóculos, separados marcadamente del estilo. Los frutos esféricos a ovoides, hasta de cinco centíme-

tros de largo, con una protuberancia apical, son de color amarillo-verdoso en la madurez; la cáscara es delgada, cubierta de glándulas; pulpa verdosa, muy ácida; semillas pequeñas, blancas interiormente y poliembriónicas. Los frutos se desprenden del árbol cuando han alcanzado la maduración completa.

Variabilidad. La propagación por semilla da descendencia muy uniforme debido a la poliembriónia, muy frecuente en esta especie. La población más corriente en América tropical, llamada 'Mexicano' o 'West Indian', produce casi todo el año. El cultivar 'Tahití' o 'Persa', de origen desconocido, carece normalmente de semillas; es un triploide de posible origen híbrido, del cual se cultiva unos pocos clones.

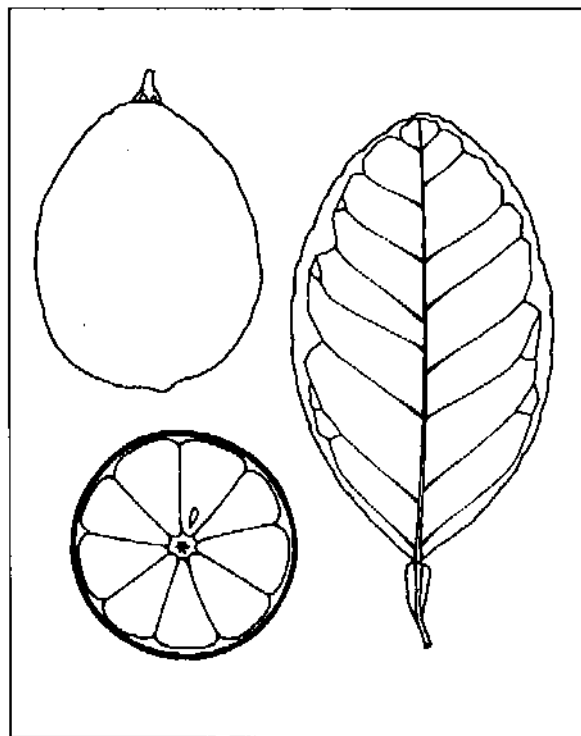


Fig. 26.21. *Citrus aurantifolia*. Fruto en perfil y corte transversal; hoja.

POMELO, *Citrus maxima* (*C. grandis*)

El cultivo del pomelo pudo iniciarse en el Sureste de Asia; era conocido en China al inicio de la era cristiana y en India pudo ser aún más antiguo. Al Cercano Oriente y al sur de Europa llegó entre los siglos IX a XI, pero su expansión fue muy reducida. Se cultivaba en las Antillas (Jamaica) hacia la mitad del siglo XVII, posiblemente introducido de India (Fig. 26.22).

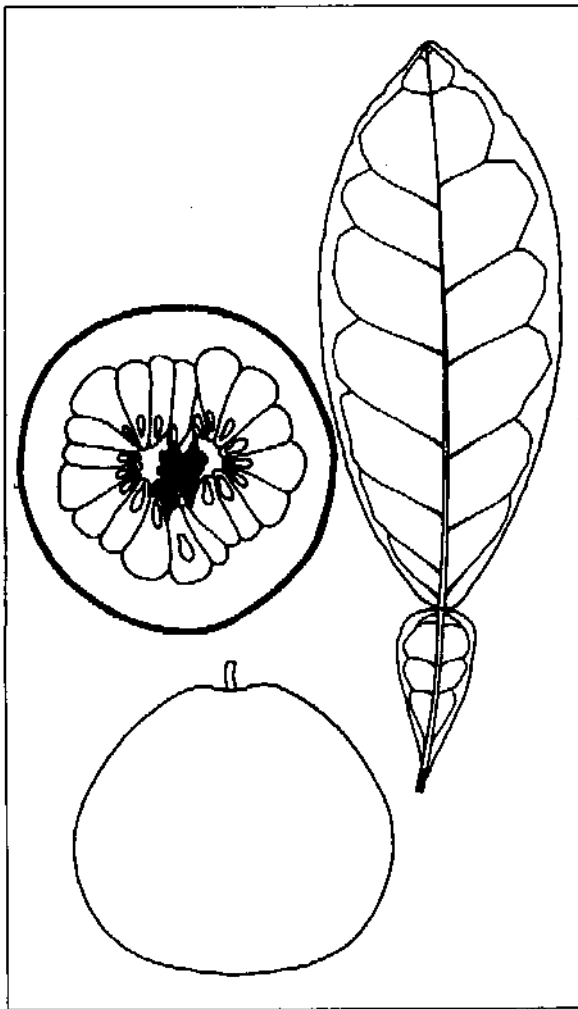


Fig. 26.22. *Citrus maxima*. Fruto en perfil y corte transversal; hoja.

El pomelo alcanza hasta 15 m de alto; el tronco se divide cerca de la base en unas pocas ramas primarias, muy gruesas. Las ramillas son angulares y a menudo pubescentes. Las hojas elípticas miden hasta 20 cm de largo, con la base obtusa o redondeada y el ápice ancho o poco acuminado; pecíolo alado, de forma acorazonada. Los nervios de la cara inferior de la hoja son a menudo pubescentes. Flores grandes, solitarias o en racimos, axilares o subterminales; cinco sépalos; cinco pétalos; 20 a 25 estambres, en grupos de tres a cinco; ovario esférico, claramente delimitado del pistilo, dividido en 11 a 16 lóculos. Frutos grandes, subglobosos o subpiriformes, de 10 a 30 cm de diámetro y aun mayores, amarillo claro en la madurez, con puntos verdosos que forman las glándulas de aceite; cáscara gruesa y suave, blanca o rosada, hasta de tres centímetros de espesor; pulpa blanca a roja, compacta; semillas grandes, rugosas y blancas interiormente, monoembriónicas.

Variabilidad. La mayoría de los pomelos son autoestériles o producen muy pocas semillas. Cuando se cruzan, las plántulas cigóticas son bien uniformes en apariencia pero al desarrollarse se notan diferencias a veces notables; las descendencias por semilla generalmente no tienen las mismas características de la variedad original. La propagación vegetativa de árboles superiores se hace en Oriente por acodo aéreo.

Una diferencia notable es el color de la pulpa, determinado por licopeno, un carotenoide que colorea las frutas de rosado a rojo oscuro. Hay también mucha variación en el grado de acidez y en el grosor de la cáscara.

Las variedades de pomelo han sido clasificadas por su origen geográfico: de Tailandia, como 'Siamés', pulpa poco ácida y amarilla; 'Kao Panne', temprano, dulce o poco ácido; 'Thong Dee', de pulpa rosada; 'Chandler' y otros. El grupo de China está más adaptado a las condiciones subtropicales. Los pomelos de Indonesia se adaptan a los trópicos húmedos; entre ellos son notables 'Webber', de pulpa rosada y buena calidad; 'Shaddock', de pulpa roja, temprano.

GRAPEFRUIT, TORONJA, *Citrus x paradisi*

La grapefruit o toronja puede ser un híbrido de pomelo con naranjo dulce, que se asume que ocurrió en Barbados en el siglo XVIII. No se conoce en estado silvestre y su historia comienza en las Antillas al principio del siglo XIX. Aunque tiene diferencias claras con el pomelo, es dudoso

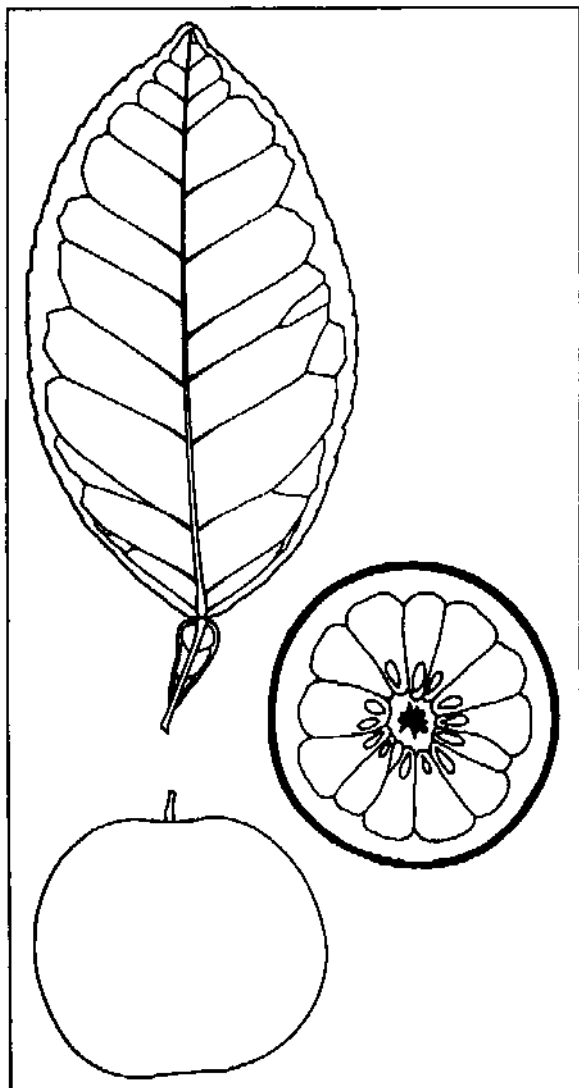


Fig. 26.23. *Citrus x paradisi*. Hoja; fruto en perfil y corte transversal.

que sean suficientes, en el caso de los cítricos, para considerarlas como especies distintas (Fig. 26.23).

Porte alto, con copa esférica y follaje denso; ramillas lisas, con espinas largas y fuertes que no faltan en los cultivares seleccionados. Hojas elípticas, de mayor tamaño que en el pomelo, más angostas en el ápice, no pubescentes; pecíolo alado. Flores solitarias o en grupos, axilares, grandes, con cinco sépalos y cinco pétalos; estambres de 20 a 25, a menudo libres, ovario esférico y netamente delimitado del estilo, con 12 a 14 lóculos. Fruto en grupos, subgloboso, oblado o subpiriforme, ocho a 15 cm de diámetro, cáscara delgada; pulpa amarilla o rosada, de sabor ligeramente amargo por el contenido de un glucósido, naringina, que también se encuentra en el pomelo; semillas de cotiledones blancos, poliembriónicas.

Variabilidad. La diversidad en *C. x paradisi* es el resultado de una selección intensa, especialmente en Florida, E.U.A. Los cultivares se dividen en "corrientes", que no tienen pigmentación, y en "pigmentados". Entre los primeros los más conocidos son: 'Duncan', 'Marsh', sin semillas; 'Triunfo', de sabor muy agradable. Entre los que tienen pigmento: 'Thompson', de pulpa rosada, apareció como una mutación de rama en un árbol de 'Marsh'; 'Rubi', de pulpa roja, resultado de una mutación de rama de 'Thompson', es la variedad pigmentada de cultivo más extenso. La pigmentación en *C. x paradisi* ha sido explicada como una quimera periclinal.

MANDARINA, *Citrus reticulata*

El área de domesticación de las mandarinas pudo ser la misma de los naranjos, a los cuales son muy afines: del Noreste de India a China meridional; la presencia en Asam de una mandarina silvestre, *Citrus indica*, viene en soporte de esta hipótesis. Las mandarinas se cultivaban en China ya al inicio de la era cristiana y se extendieron a Japón, Filipinas e Indonesia. De India se

llevaron a Europa a comienzos del siglo XIX y se expandieron por el Mediterráneo, de donde fueron introducidos al Nuevo Mundo a mediados del mismo siglo (Fig.26.24).

Arboles bajos, muy ramificados y compactos, de ramas espinosas; ramas jóvenes angulosas. Hojas de formas distintas según el grupo de cultivares, ovoides a lanceoladas, crenuladas, glabras, verde brillante en el lado superior, con aroma fuerte característico; pecíolos sin alas o con alas muy angostas. Flores por lo común solitarias o en grupos de tres a cuatro axilares o terminales, pequeñas, cinco sépalos, cinco pétalos blancos; estambres 18 a 23, libres o en grupos de dos a tres. Frutos de forma muy diversa, generalmente con la cáscara suelta, delgada y verde, amarilla o rojiza, cubierta de depresiones glandulares y muy fragante; segmentos de 10 a 15, sueltos y con vesículas anaranjadas, fragantes, subácidos, el centro del fruto generalmente vacío; semillas duras y con cotiledones verdes, poliembriónicas.

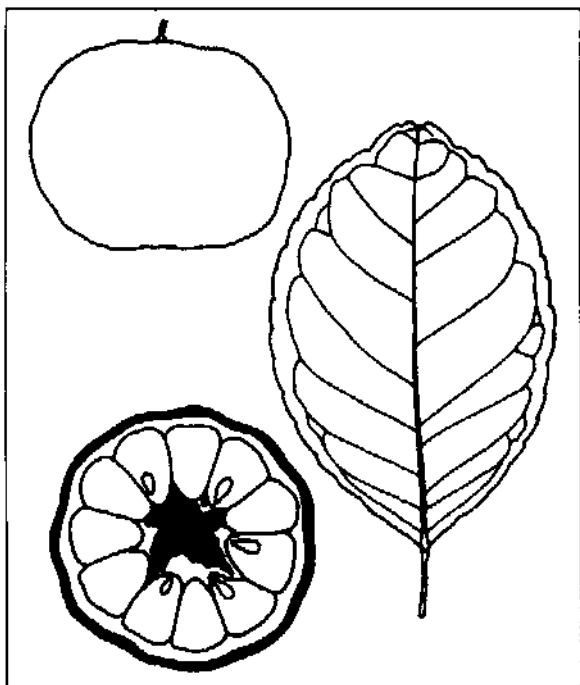


Fig. 26.24. *Citrus reticulata*. Fruto en perfil y corte transversal; hoja.

Variabilidad. En la taxonomía de los *Citrus* cultivados la clasificación en especies de las mandarinas es un punto en desacuerdo. El grupo es especialmente variable, debido en parte a que su rango de adaptación es el más amplio entre los cítricos. Ciertos cultivares de mandarina son los *Citrus* más resistentes al frío y otros en cambio, crecen bien en los trópicos húmedos. En la clasificación de Swingle todas las mandarinas se agrupan en una especie; en la de Tanaka se reconoce 36. En una de las clasificaciones intermedias se identifica cuatro especies: satsuma, *Citrus unshiu*; king, *C. nobilis*; mandarina del Mediterráneo, *C. deliciosa*; mandarina corriente, *C. reticulata*. En otras de las clasificaciones intermedias sólo dos: *C. nobilis* y *C. reticulata*. La tendencia actual es a considerarlas todas como una sola especie, *C. reticulata*.

Los grupos de cultivares se diferencian por caracteres morfológicos, adaptabilidad y posibles áreas de origen: a) Mandarinas (*reticulata*), posiblemente originarias del sur de China, resistentes al frío, cultivadas especialmente en Filipinas e India; árboles pequeños, de copa irregular y casi sin espinas; hojas lanceoladas, con el pecíolo de alas angostas; frutos medianos y esféricos o con la base y el ápice deprimidos, los segmentos se separan fácilmente; semillas con cotiledones verdes. Cultivares principales: 'Clementina', 'Carvo', 'Dancy', 'Ortanique', 'Ponkan'. Es un grupo distinto, con un alto grado de poliembriónia. b) 'King' (*nobilis*), su área de origen es posiblemente Indochina y pudiera ser un híbrido con naranjo dulce. En follaje y porte se asemejan al naranjo dulce, así como en el tamaño del fruto, pero en 'King' la cáscara es rugosa como en la mandarina aunque más gruesa; las semillas tienen cotiledones de color blanco o amarillento. c) Satsumas (*unshiu*), incluidas generalmente en *C. reticulata*, de origen japonés, poliembriónicas; árboles pequeños, sin espinas, hojas medianas y agudas en el ápice, con el nervio central prominente en el lado superior; frutos medianos y comprimidos; cotiledones verdes. Es la mandarina más resistente al frío. d) Mandarina del Mediterráneo (*deliciosa*), que se caracteriza por el

porte asimétrico con ramas pendientes y hojas pequeñas y angostas, de color verde claro; fruto muy comprimido, con aroma y sabor característicos; cotiledones verdes.

LIMÓN, *Citrus limon*

El origen del limón es desconocido. Se supone que pudo originarse en el sureste de Asia, entre Burma y el sur de China, aunque en esa zona actualmente se cultiva poco. Es vecino del cidro y se ha sugerido que puede ser un híbrido entre esta especie y algún otro cítrico, como *C. aurantiifolia*, pues en India hay varias formas intermedias del limón y el cidro. Se expandió en el Cercano Oriente en el siglo XIII y luego por el Mediterráneo, al mismo tiempo que el naranjo agrio; su uso principal fue como medicina. Actualmente es un cítrico de importancia económica en el Mediterráneo, Florida, California y otras áreas subtropicales (Fig. 26.25).

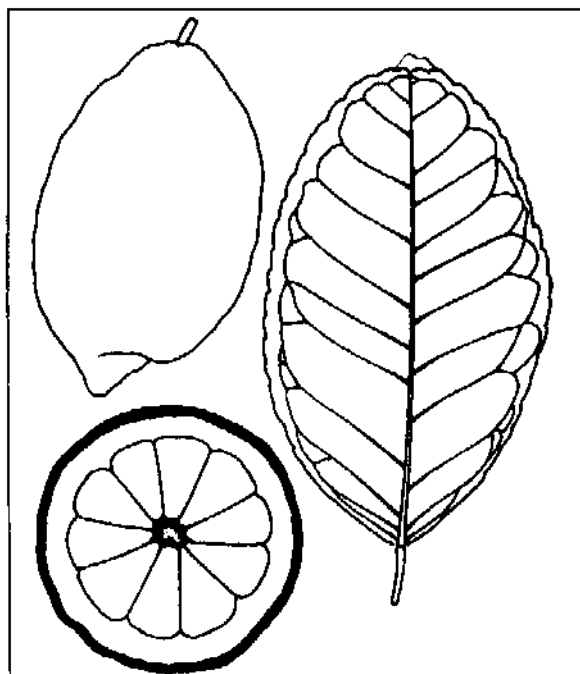


Fig. 26.25. *Citrus limon*. Fruto en perfil y corte transversal; hoja.

Porte bajo e irregular, ramas con espinas cortas y duras; hojas nuevas rojizas, en la madurez verde pálido, elípticas agudas en la base y el ápice, crenuladas, hasta de 10 cm de largo. Flores todo el año, solitarias o en grupos; pétalos rojizos en el lado externo, blancos en el interno, 1.5 cm de largo; estambres de 20 a 40; ovario subcilíndrico que se prolonga en el estilo. Frutos de forma muy variada, aun en la misma planta y estación, más o menos elipsoidal, con ápice mamiforme, divididos en ocho a 10 lóculos; cáscara gruesa, con glándulas, amarilla externamente; pulpa amarilla, ácida; semillas blancas, poliembriónicas con 10 a 15% de embriones nucelares.

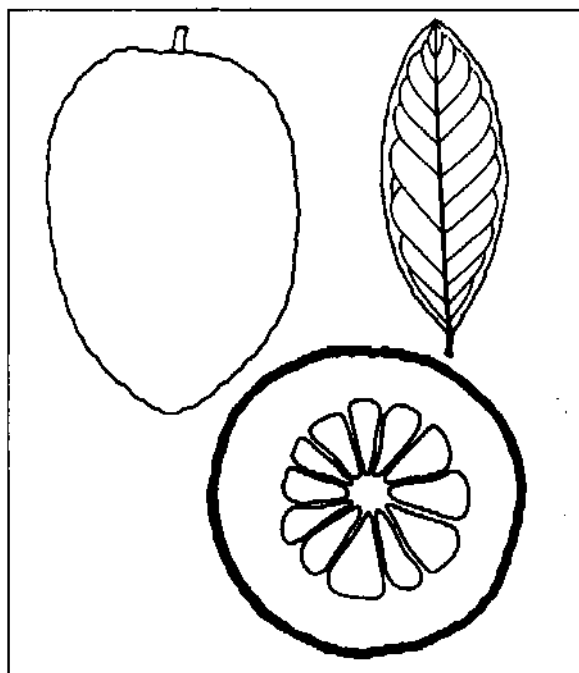


Fig. 26.26. *Citrus medica*. Fruto en perfil y corte transversal; hoja.

Variabilidad. Se conoce numerosas variedades comerciales, como 'Berna', 'Eureka', 'Lisboa', 'Meyer', 'Mesiná', 'Villafranca', 'Dorshapo'. Hay otros cultivares de importancia local, especialmente en los países del Mediterráneo y en California.

CIDRO, *Citrus medica*

Originario de India, se cultivaba en Palestina varios siglos antes de Cristo y fue conocido por griegos y romanos. Su uso más importante es la preparación de dulces, para lo cual se utiliza la cáscara de la fruta, que se exporta a menudo en salmuera (Fig. 26.26).

Arbol bajo, de tronco grueso y espinoso; hojas grandes, ovales a oblongas, onduladas y de margen dentado; pecíolos cortos, sin alas. Flores grandes con pétalos de tonos purpúreos en el lado externo, perfectas o estaminadas por aborto del pistilo. Frutos grandes, de forma variable, generalmente elipsoidales, con la sección apical terminada en una mamela y a menudo con el estilo persistente; la cáscara, amarillo claro externamente, de superficie irregular, contiene un aceite aromático; el albedo es muy grueso y caroso, penetra entre los segmentos y la cáscara no puede separarse de la pulpa; los segmentos, amarillo claro, casi no tienen jugo y ocupan una parte reducida del fruto; las semillas monoembrónicas tienen el ápice doblado y cotiledones blancos.

Variabilidad. Se conoce variedades dulces y ácidas en los países que bordean el Mediterráneo. Entre los cítricos afines al cidro, que pueden ser la misma especie, hay dos corrientes en cultivo en los trópicos: las "toronjas", de frutos grandes, esféricos o piriformes, utilizadas por la cáscara que se prepara en dulces, y el llamado "limón ponderosa", que se planta como ornamental, posiblemente un híbrido entre cidro y limón.

LIMÓN DULCE, *Citrus limettoides*

La posición taxonómica de los limones dulces no es definida. Algunos autores los consideran como formas dulces del limón agrio, *C. aurantifolia*, otros como una especie distinta, *C. limettoides* (Fig. 26.27).

Arboles bajos y espinosos, de porte irregular, hojas medianas y ovales, de ápice agudo, con una lámina hundida o arrollada, el pecíolo mar-

ginado. Frutos generalmente esféricos, lisos o algunas veces con rebordes suaves, ápice ligeramente hundido; cáscara delgada, amarilla o amarillo-verdosa, con aroma característico; segmentos ocho a 10, con pulpa abundante amarillo paja, dulce pero deja un sabor amargo después; semillas escasas y poliembrónicas. Se supone originario de India; es corriente en América Latina sin que alcance en ninguna parte nivel comercial.

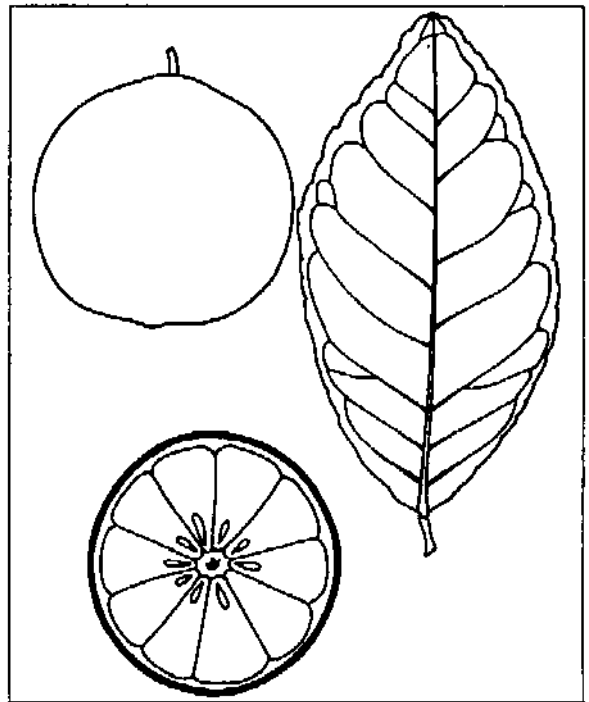


Fig. 26.27. *Citrus limettoides*. Fruto en perfil y corte transversal; hoja.

LIMA, *Citrus limetta*

Se cultiva en menor escala que otros cítricos. Arbol bajo y de porte irregular; hojas ovales y aserradas, gruesas y lustrosas, flores blancas y pequeñas. Fruto mediano, casi esférico, con rebordes suaves y hundido en la base, en el ápice

con un pezón bien desarrollado; cáscara gruesa amarillo claro, aromática; pulpa verdoso-amarillenta, sin ácido; semillas numerosas, a menudo poliembriónicas.

LIMÓN RUGOSO, *Citrus jambhiri*

El limón rugoso se utiliza como patrón para injertar otros cítricos. Es un árbol alto y muy ramificado, provisto de abundantes espinas. Los frutos elipsoidales tienen cáscara dura y rugosa, amarilla, y pulpa escasa y ácida. Posiblemente es originario de India; algunos suponen que sea un híbrido entre limón y cidro.

Híbridos interespecíficos de *Citrus*

Hay numerosos híbridos interespecíficos en *Citrus*, naturales o artificiales: a) Tangelos, *C. reticulata* x *C. paradisi*, frutos del tamaño de naranja dulce, de sabor muy agradable; se obtuvieron en Estados Unidos de América mediante polinizaciones controladas y también aparecieron en Oriente como resultado de cruces accidentales. b) Tangor, *C. x nobilis*, es un híbrido artificial entre naranjo dulce y mandarina, hecho en Estados Unidos; se supone que la naranja 'King', considerada por algunos como una mandarina, tenga el mismo origen parental. c) Rangpur, *C. aurantiifolia* x *C. reticulata*, cultivar que da frutos agrios que se usan como los limones. d) Lemandarinas, *C. limon* x *C. reticulata*, obtenidos en Estados Unidos y escasamente cultivadas.

Otros géneros

NAGAMI, *Fortunella margarita*

El género *Fortunella* es muy afín a *Citrus*. Los frutos de estas especies son pequeños y se les come enteros, sin quitarles la cáscara, frescos o preparados en dulces. *Fortunella margarita* da frutos ovoides, de tres a cinco centímetros de largo y

dos a 2.5 cm de diámetro, de cáscara anaranjada, delgada, y pulpa amarilla y acidula.

Se conoce varios híbridos entre *Citrus* y *Fortunella*: LIMEQUAT, derivado del cruce *Citrus aurantifolia* x *Fortunella japonica*; CITRANGEQUAT, híbridos trigenéricos: *Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis* x *Fortunella margarita*, plantas vigorosas, frutos de sabor agradable. Hay otros híbridos trigenéricos, diferentes según los cultivares de las tres especies utilizadas en los cruces. Las Calamondinas se supone que sean híbridos entre mandarina y un kumquat, posiblemente *F. margarita*; son de frutos ácidos y se les usa principalmente como patrones para injertos.

NARANJO TRIFOLIADO, *Poncirus trifoliata*

Especie originaria de China, que se distingue por tener hojas con tres folíolos. Los frutos esféricos o piriformes, de tres a cinco centímetros de diámetro y cáscara gruesa, se usan para preparar dulces. En patrones de esta especie se injertan las satsumas de Japón. Se ha cruzado con naranjo dulce dando híbridos llamados CITRANGES, de hojas trifoliadas y frutos más parecidos a naranjas.

UAMPI, *Clausena lansium*

Clausena lansium es un frutal de escasa importancia, originario de China y poco conocido en los trópicos. Es un árbol bajo (Fig. 26.28), de hojas de cinco a 11 folíolos delgados y asimétricos. Las flores pequeñas aparecen en racimos terminales y tienen cinco sépalos, cinco pétalos y 10 estambres.

Los frutos esféricos o ligeramente elipsoidales, de 1.5 a 2.5 cm de largo, son de cáscara delgada, amarillo-verdosa, con numerosos puntos salientes más oscuros y cinco líneas longitudinales más claras. La pulpa es amarillenta, acuosa y acidula.

Se conoce tanto variedades de frutos ácidos como dulces; las primeras son las más frecuentes en América tropical.

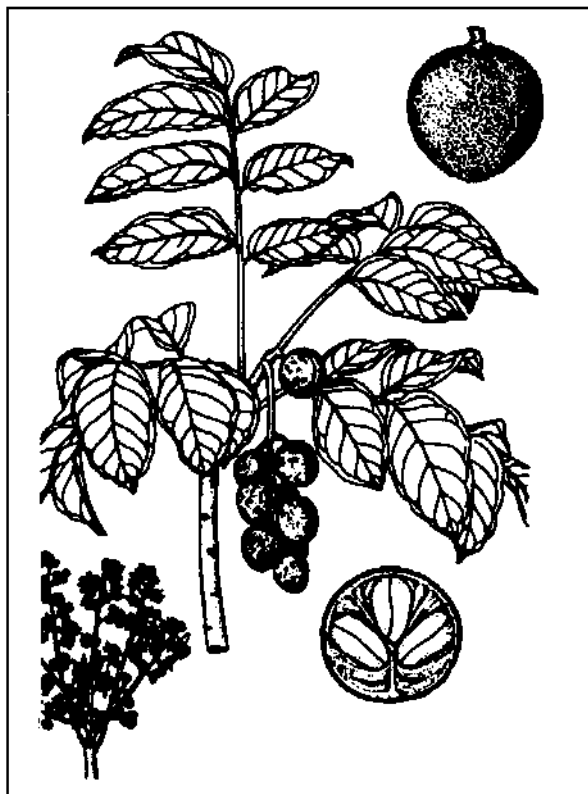


Fig. 26.28. *Clausena lansium*. Rama con frutos; inflorescencia; fruto y corte transversal.

BAEL, *Aegle marmelos*

Frutal originario de India, donde se le cultiva ampliamente. Es un árbol bajo, sin espinas en la mayoría de las variedades cultivadas, con hojas trifolioladas. Las flores tienen un cáliz pequeño, cuatro pétalos blancos, numerosos estambres y ovario cónico terminado en un estigma redondo.

El fruto es ovoide, de ocho a 10 cm de largo, liso y verdoso, de cáscara dura. Contiene de 10 a 12 gajos que forman una pulpa dulce y aromática; se come crudo o en jalea.

MATASANO, *Casimiroa edulis*

En el género *Casimiroa*, de México y América Central han sido descritas varias especies frutales, *C. edulis*, *C. sapota*, *C. tetrameria*, cuya definición es muy imprecisa y que posiblemente forman una misma especie de amplia variabilidad.

C. edulis (Fig. 26.29) crece de México a Costa Rica, desde 600-2800 m; se le cultiva en Florida, California, Argentina y otras áreas subtropicales. El árbol es de porte muy variable y alcanza hasta 20 m de altura. Las hojas digitadas se componen de tres a cinco, rara vez siete folíolos, con peciolulos que miden de cinco a 30 mm de largo. La forma del folíolo varía de oval a elíptica, con el ápice agudo o redondeado. En algunas poblaciones son glabras, en otras pubescentes, especialmente en el lado inferior; su longitud va de nueve a 18 cm y el color de verde brillante a grisáceo.

Las flores nacen en panículas cortas y son pequeñas, de cuatro a cinco milímetros de diámetro, verdosas y fragantes, cáliz y corola de cinco partes, cinco estambres que sobresalen de la corola, pistilo más corto de cinco celdas. En pocos casos hay flores unisexuales, por falta de desarrollo del pistilo.

El fruto es una drupa grande, oblada a elipsoidal o fusiforme, a menudo con depresiones longitudinales poco marcadas, de seis a 10 cm de largo. La superficie es verdoso-amarillenta, opaca por la presencia de muchas lenticelas. La cutícula gruesa está reforzada por los tejidos adyacentes que contienen numerosas esclereidas, solas o en grupos. El mesocarpo o pulpa es firme, amarilla o blanca, uniforme, formada de parénquima cargado de granos amarillos, con pocos haces vasculares y en algunos cultivares con canales de resina. La pulpa es de sabor agradable y azucarada, de buen contenido en vitamina C y proteínas. Se dice que si se come en abundancia produce sueño. Las semillas, rara vez cinco, pues algunas no se desarrollan, tienen la testa blanca y muy dura, recorrida por haces fibrosos, con el reborde prominente en el lado interno,

curvas en el lado externo. La mayor parte de la semilla la ocupan los cotiledones, cuyas propiedades tóxicas eran conocidas ya en tiempos prehispánicos. Las semillas, y en menor proporción las hojas y frutos, contienen un glucósido de propiedades sedativas.



Fig. 26.29. *Casimiroa edulis*.

REFERENCIAS

- ARMOUR, R.P. 1959. Investigation on *Simarouba glauca* DC. in El Salvador. *Economic Botany* 13:41-66.
- ALMEIDA, N. & F.W. MARTIN. 1977. Cultivation of neglected fruits with promise. Part 4. The lanson. U.S.D.A. ARS-S-171.
- BARRETT, H.C. & A.M. RHODES, 1976. A numerical taxonomic study of affinity relationship in cultivated *Citrus* and its close relatives. *Systematic Botany* 1:105-136.
- BARTHOLOMEW, E.T. & W.B. SINCLAIR, 1951. *The lemon fruit*. Berkeley, University of California Press.
- CAMPBELL, R.J. 1992. *A guide to mangoes in Florida*. Miami, Fairchild Tropical Garden.
- CHAPOT, H. 1975. The citrus plant. In *Citrus*, Ciba-Geigy Agrochemicals Technical Monograph no. 4, Basilea.
- GROVE, W.R. 1950. *The lychee in Florida*. Florida Department of Agriculture Bulletin.
- HODGSON, R.W. 1965. Taxonomy and nomenclature in the *Citrus* fruits. In *Advance in Agricultural Sciences*, S. Krishnamurti, ed.
- JACKSON, G.C. 1967. Promising selections of the honeyberry (*Melicococus bijugatus* L.) from Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 51:66-70.
- JOHNSON, D. 1973. The botany, origin and spread of the cashew. *Journal of Plantation Crops* 1:1-7.
- MARTIN, F.W. & W.C. COOPER. 1977. Cultivation of neglected tropical fruits with promise. 3. The Pommelo. U.S.D.A. ARS-5-157.
- MARTINEZ, M. 1957. Las Casimiroas de México y Centroamérica. *Anales del Instituto de Biología de México* 21:35-81.
- MILSUM, J.N. 1960. The rambutan (*Nephelium lappaceum*). *World Crops* 12:254-255.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1951. Nuevas introducciones de plantas útiles a Costa Rica. 1. Pulasán (*Nephelium mutabile*). Suelo Tico 5:117-118.
- MITCHELL, J.D. & S.A. MORI. 1987. The cashew nut and its relatives. New York, New York Botanical Garden.
- MORTON, J.F. 1962. The drug aspects of the white zapote. *Economic Botany* 16:288-294.
- MUSTANG, M.J., S. LIU & R.O. NELSON, 1953. Observations of floral biology and fruit setting in lychee varieties. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 66:212-220.
- OHLER, J.G. 1979. Cashew. Amsterdam, Royal Tropical Institute.
- PIRES, J.M. 1949. Guaraná e cupana. *Revista de Sociedade de Agronomia e Veterinaria do Pará (Brasil)* 3:9-20.
- PLIMMER, J.R. & C.E. SEAFORTH. 1963. The ackee: a review. *Tropical Science* 5:137-142.
- REECE, P.C. 1969. Classification of *Citrus*. In *Proceedings First International Citrus Symposium* 1:429-433. Berkeley and Los Angeles, University of California Press.
- ROOSE, M.L., R.K. SOOST & J.W. CAMERON. 1995. Citrus. In Smartt, J. & N.W. Simmonds ed. *Evolution of crop plants*. London, Longman.
- SCHULTES, R.E. 1945. El guaraná: su historia y su uso. *Agricultura tropical (Colombia)* 11:131-140.
- SINGH, L.B. 1960. The mango, botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill.
- SINGH, R. & N. NATHAN. 1969. Practical approach to the classification of *Citrus*. In *Proceedings First International Citrus Symposium* 1:435-440. Berkeley and Los Angeles, University of California Press.
- SOUZA, A.F. & L.C. ALMEIDA. 1976. Cultura do guaraná. In *Simposio Internacional sobre plantas de interés económico de la flora amazónica*. IICA, Informe de conferencias, cursos y reuniones No. 93, Turrialba.
- SWINGLE, W.T. & P.C. REECE. 1967. The botany of *Citrus* and its wild relatives of the orange subfamily (Family Rutaceae, subfamily Aurantioideae). In *The citrus industry*, rev. ed., W. Reuther, ed. Berkeley and Los Angeles, University of California Press.
- TANAKA, T. 1954. Species problem in *Citrus*. Tokio, Society for the Promotion of Science.
- TANAKA, T. 1969. Taxonomic problem of *Citrus* fruits in the Orient. Misunderstanding with regards *Citrus* classification and nomenclature. *Bulletin of the University of Osaka Prefecture* 21:133-145.
- WHITEHEAD, C. 1959. The rambutan, a description of the characteristics and potential of the most important varieties. *Malayan Agricultural Journal* 42:53-75.

27. GERANIALES

OXALIDÁCEAS

La mayoría de las Oxalidáceas está constituida por hierbas de tallos carnosos y hojas trifolioladas o pinnadas, con flores de cáliz y corola pentámeros y numerosos estambres concrecentes en la base. Se desarrollan tanto en zonas templadas como tropicales; algunas de ellas se cultivan como hortalizas u ornamentales.

Incluye también dos especies arbóreas del género *Averrhoa*, utilizadas como frutales.

OCA, CUBIO, *Oxalis tuberosa*

Se cultiva en los Andes, de Venezuela a Chile, y ha sido introducida a México y Nueva Zelanda. *O. tuberosa* (Fig. 27.1) forma macollas bajas, de 20-30 cm de alto, compactas, con tallos suculentos. Las hojas trifoliadas muestran un plano de abscisión en el peciolo, cuya base permanece adherida al tallo. Las inflorescencias brotan en las axilas superiores de los tallos y emergen arriba del follaje. La parte más visible son los cinco pétalos amarillos; los estambres aparecen en dos grupos de cinco y hay una heterostilia marcada, según el clon; rara vez se forman semillas.

La parte útil son los tubérculos de cinco a 15 cm de largo, de forma muy variada: cilíndricos a ovoides, y de color llamativo: blanco, morados a casi negro, rosados o amarillos, a menudo con áreas enteras de distinto color, uniforme o punteado. Las yemas tienen tamaño, profundidad y

color diferentes según el clon y a menudo son de distinto color. Los tubérculos tienen un ligero sabor azucarado y se les consume crudos, cocidos o secos.

En el área de origen se conoce muchos cultivares, todos de propagación vegetativa.

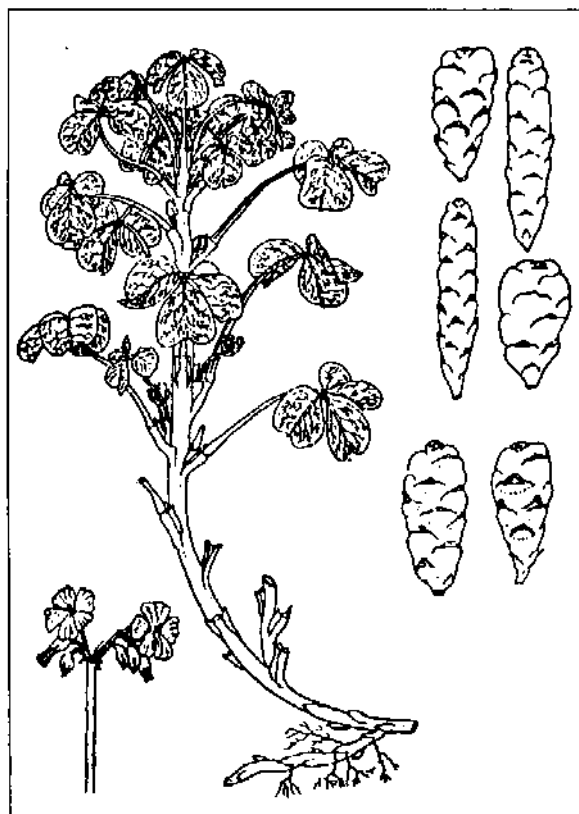


Fig 27.1. *Oxalis tuberosa*. Porte y tubérculos.

CARAMBOLA, *Averrhoa carambola*

Este frutal (Fig. 27.2), originario de los trópicos de Asia, es un árbol de porte bajo y muy ramificado, cuyas hojas compuestas llevan de dos a cinco hojuelas a cada lado; los folíolos son ovados a ovado-lanceolados, de dos a nueve centímetros de largo por uno a cinco centímetros de ancho, y su tamaño aumenta de la base al ápice de la hoja. El follaje es al principio rojo bronceado y se torna luego verde claro, casi blancuzco en la parte inferior de las hojuelas. Las flores aparecen en panículas cortas de raquis rojizo y pubescente, opuestas a las hojas en las ramillas o en ramas viejas y defoliadas. Tienen cinco sépalos rojos, de tres a cuatro milímetros de largo y cinco pétalos oblongos, blancos o amarillentos, con manchas rojas en los bordes; llevan 10 estambres, cinco fértiles y cinco convertidos en estaminodios. Hay dos tipos de flor según la longitud del pistilo, el cual está constituido por un ovario piloso y cinco estilos que miden cerca de dos milímetros en las flores de estilos largos y menos de un milímetro en las de estilos cortos.

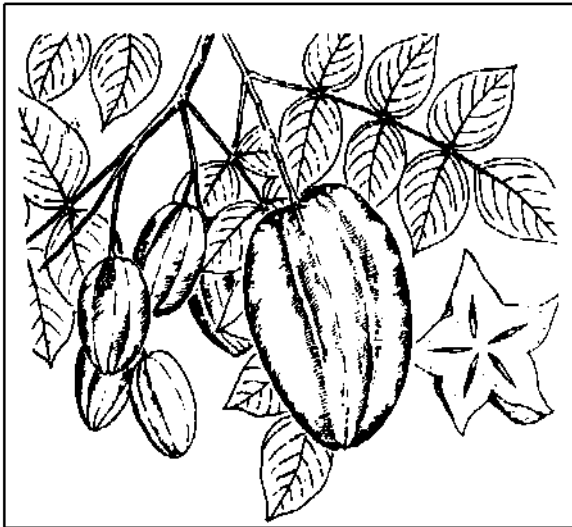


Fig. 27.2. *Averrhoa carambola*.

Los frutos, llamados "carambolas", son elipsoidales u ovoides, con cinco costillas o promi-

nencias longitudinales; en corte transversal aparecen como una estrella de cinco picos. A cada costilla o prominencia corresponde un lóculo con dos semillas planas. Los frutos miden de seis a 12 cm de largo por tres a seis centímetros de ancho. El epicarpo es amarillo, duro y brillante; el mesocarpo amarillo, carnoso, dulce o ácido.

El carambolo crece bien en los trópicos bajos. Los frutos se preparan en conservas o jaleas y se comen crudos o en ensaladas. Hay cultivares de bajo contenido en ácido oxálico, con frutos dulces y agradables; la carambola tiene buen contenido de vitaminas A y C.

TIRIGURO, BILIMBI, GROSELLA, *Averrhoa bilimbi*

El nombre español de grosella que se da a varias especies de *Ribes* se aplica en América Latina al bilimbi (Fig. 27.3), frutal originario de los trópicos indomalayos. Es un árbol hasta de 10 m de altura, de hojas alternas, compuestas por cinco a 16 pares de hojuelas oblongas, agudas al ápice.

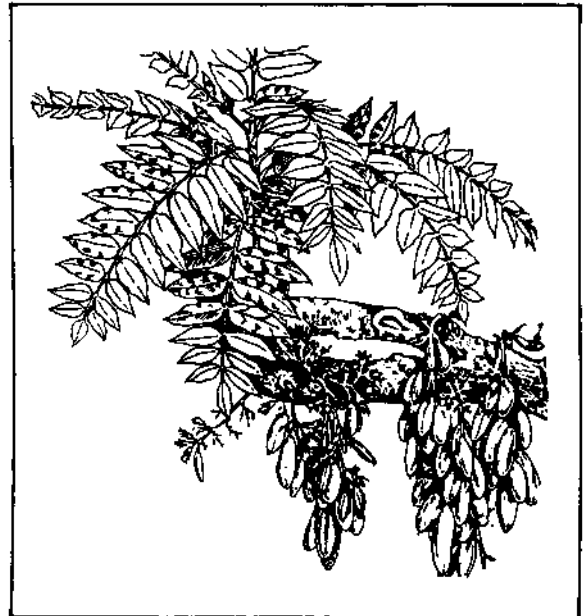


Fig. 27.3. *Averrhoa bilimbi*.

ce, de cuatro a 12 cm de largo, cuyo tamaño, como en el carambolo, aumenta de la base al ápice de la hoja. Las flores aparecen en panículas, tienen cinco sépalos y cinco pétalos rojizos, 10 estambres fértiles en dos grupos de diferente longitud y pistilo constituido por un ovario elíptico y pubescente y cinco estilos cortos.

El fruto es una baya elipsoidal, de cuatro a seis centímetros de largo, verde y a menudo con costillas apenas marcadas. Hay cultivares poco ácidos, cuyos frutos se puede comer crudos, pero lo común es que el bilimbi se prepare en jaleas o conservas azucaradas.

28. APIALES

APIÁCEAS (UMBELÍFERAS)

En las zonas templadas la familia de las Umbelíferas incluye numerosas especies de valor económico, como zanahoria, perifollo, hinojo, perejil, utilizadas por sus raíces comestibles o por el follaje, rico en aceites, que hacen de ellas buenos condimentos. En los trópicos, en cambio, las Umbelíferas tienen poca importancia comercial.

ARRACACHA, MANDOQUINHA

Arracacia xanthorrhiza

Su área original de dispersión son las cordilleras andinas, desde Venezuela a Bolivia; es posible que su domesticación ocurriera en Colombia. En cultivo se ha extendido a las tierras altas de Centroamérica, Antillas, África y Sri Lanka y a la región subtropical de Brasil.

Arracacia xanthorrhiza (Fig. 28.1) se propaga vegetativamente. La planta consiste de un tronco cilíndrico y corto, hasta de 10 cm de alto y ocho

REFERENCIAS

- TAPIA, M. 1990. Cultivos andinos subexplotados. Santiago de Chile, FAO.
- WILSON, C.W. 1990. Carambola and bilimbi. In Nagy, S., P.E. Shaw & W.F. Wardowsky, ed. Fruits of tropical and subtropical origin. Lake Alfred, Florida Science Source.

a 10 cm de diámetro, que lleva en la parte superior numerosos brotes. Cada uno de estos se forma de hojas de peciolo largo, divididas en tres a siete folíolos, a su vez muy recortados. Por el tamaño y color, éste último verde o bronceado según la variedad, el follaje de *A. xanthorrhiza* es muy atractivo.

Del tallo salen dos clases de raíces: finas y largas o tuberosas y fusiformes. Estas últimas, que son la parte utilizable, se consumen después de cocinadas en diferentes formas, tienen un sabor y olor muy especial y agradable. Las raíces tuberosas miden de cinco a 25 cm de largo y hasta ocho centímetros de diámetro; dos o más raíces se fusionan con frecuencia y forman un cuerpo irregular. Están cubiertas por una capa delgada y corchosa, de color blanco o violáceo, según la variedad.

En el corte transversal de la raíz madura, el cambium aparece como una franja más clara. El floema ocupa el mayor volumen de la raíz, y está recorrido por canales de resina que exudan una goma amarillenta y aromática, con olor a apio, que le da a la arracacha el sabor y olor carac-

terísticos. Los canales de resina son menos numerosos y más finos en el xilema. En éste como en el floema, el tejido básico es parénquima que contiene almidón de granos muy finos. En algunas variedades hay inmediato al cambium, un anillo de células que contienen pigmentos morados.

Arracacia xanthorrhiza se recolecta antes del año de sembrada. Si se deja por más tiempo brotan de la base del tallo los vástagos floríferos. Las inflorescencias son umbelas compuestas, que llevan muchas flores pequeñas, de color purpúreo intenso, hermafroditas o estaminadas. Las

primeras predominan en el lado externo de la inflorescencia. Como en el resto de la familia, se componen de cáliz y corola de cinco piezas diminutas, en la corola encorvados hacia adentro hay cinco estambres. El ovario ínfero se desarrolla en un fruto seco de dos carpelos, cada uno terminado en su parte superior en un apéndice delgado.

Se conoce numerosos cultivares, que se diferencian sobre todo por el color externo de la raíz; los blancos son los preferidos por su sabor y apariencia.

CULANTRO DE MONTE, *Eryngium foetidum*

Se cultiva en las huertas de los trópicos bajos de América, en pequeña escala, por las hojas que dan un sabor aromático y ligeramente picante a las comidas. *E. foetidum* es una hierba baja, con raíz pivotante y hojas en roseta hasta de 25 cm de largo, oblanceoladas, con bordes espinosos o aserrados. Los tallos floríferos, con brácteas dentadas, llevan inflorescencias cilíndricas hasta de dos centímetros de largo, con muchas flores. Esta especie reemplaza al culantro, *Coriandrum sativum*, de Europa y África del Norte, que se cultiva sólo en las tierras altas de América tropical.

REFERENCIAS

- HODGE, W.H. 1949. La arracacha comestible. (Medellín). Revista de la Facultad de Agronomía 10:232-254.
- HERMANN, M. & J. HELLER. ed. 1997. Andean roots and tubers: ahípa, arracacha, maca and jacon. Roma, IPGRI.
- LEON, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. IICA. Boletín técnico no 6.

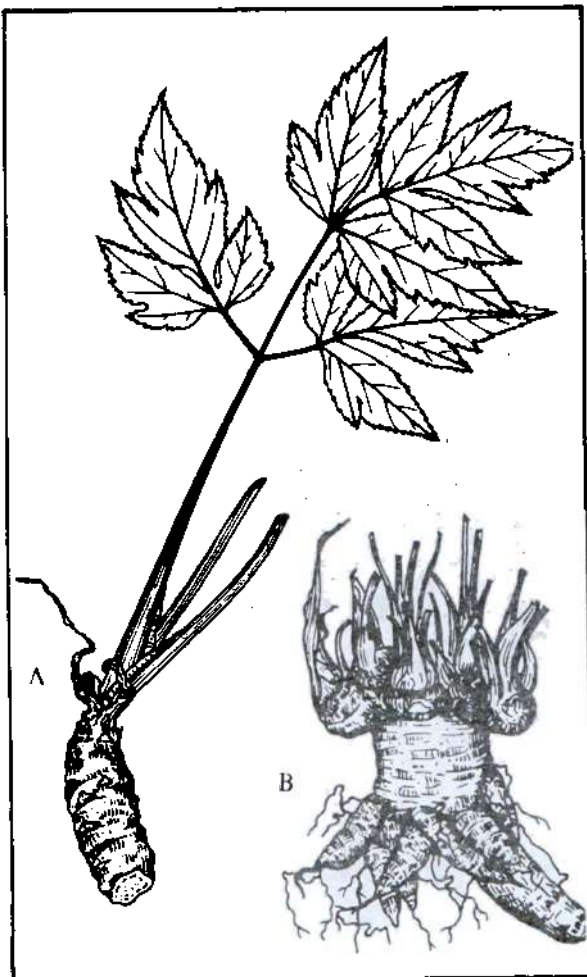


Fig. 28.1. *Arracacia xanthorrhiza*. A, rama. B, tallo.

29. GENTIANALES

APOCINÁCEAS

Las Apocináceas son hierbas, arbustos o árboles de hojas opuestas o decusadas, verticiladas o alternas; las flores tienen cáliz y corola generalmente con cinco partes soldadas, imbricadas en el botón floral, con tantos estambres como partes tiene la corola; el ovario súpero, con una a dos celdas, termina en un solo estilo que lleva un estigma grueso o clavícula. Las Apocináceas contienen látex en todas sus partes.

Esta familia incluye varias especies frutales de importancia secundaria, originarias del Viejo Mundo. En América se obtienen frutos de especies autóctonas, silvestres o en cultivo incipiente. Hay también Apocináceas que se explotan por el látex. Varias especies de *Rauwolfia* contienen alcaloides de uso medicinal; se cultivan en pequeña escala o se explotan de árboles silvestres en África.

CIRUELA DE NATAL, *Carissa grandiflora* (*C. macrocarpa*)

El género *Carissa*, originario de áreas secas de África a Malasia, incluye varias especies frutales utilizadas también para setos vivos por la ramificación compacta y el color atrayente del follaje, flores y frutos. Han sido introducidos a los trópicos y subtropicos americanos.

Carissa grandiflora (Fig. 29.1) es nativa de África del Sur; de porte compacto y muy ramificado, alcanza hasta tres metros de alto. Las ramas tienen espinas bifurcadas en las axilas de

las hojas son más abundantes en las ramas viejas. Las hojas ovadas, lisas y brillantes, miden de tres a cuatro centímetros de largo. Las flores aparecen solitarias en las partes terminales de las ramas; la corola blanca, tubular en la base, se abre en cinco o seis pétalos y mide de dos a cinco centímetros de diámetro. Por el tono oscuro del follaje y el color y tamaño de las flores, *Carissa grandiflora* es un arbusto muy ornamental y, por el crecimiento bajo y compacto, una planta muy valiosa para setos.



Fig. 29.1. *Carissa grandiflora*.

Los frutos elipsoidales, de dos a cinco centímetros de largo, son de color rojo oscuro en la madurez y contienen una pulpa firme y rojiza que al cortarla exuda gotas blancas de látex. Son de sabor agradable y alto contenido de ácido ascórbico; se comen frescos o se preparan en jaleas. Las semillas son pequeñas y numerosas.

KARONDA, *Carissa carandas* (*C. congesta*)

Originaria de India; arbusto hasta de seis metros de alto, de tallos retorcidos, con espinas duras y axilares, simples o a veces ramificadas, y hojas ovadas a elípticas. Las flores blancas y fragantes nacen en grupos de dos y tres y miden de 2.5 a tres centímetros de largo. Los frutos esféricos morados en la madurez, de dos a tres centímetros de diámetro, contienen dos a ocho semillas pequeñas. La pulpa rojiza es agradable y se come fresca. En India los frutos jóvenes se utilizan en la preparación de chutney y encurtidos.

AMANTUGULU, *Carissa bispinosa* (*C. arduina*)

De Africa de Sur, se caracteriza por espinas largas hasta de cinco centímetros y frutos elipsoidales de uno a 1.5 cm de largo. Se cultiva fuera del área de origen, más como planta de seto que como frutal.

MANGABEIRA, *Hancornia speciosa*

Hancornia speciosa (Fig. 29.2) se cultiva como frutal en Brasil, en la hoya amazónica, y ha sido introducido recientemente a otras regiones tropicales. Es una especie muy polimorfa de la que han sido descritas numerosas variedades que

difieren especialmente en caracteres de la hoja. Las poblaciones más corrientes son árboles bajos, de cuatro a seis metros de alto, aunque se conoce ejemplares hasta de 15 m; las ramas, delgadas y pendientes, llevan hojas elípticas y caedizas, lisas o pubescentes, con muchos nervios secundarios paralelos. Las inflorescencias son cimas terminales con cuatro o seis flores. La corola, tubular en la base, se abre en forma de urna en la parte media, que termina en una constricción, después de la cual se divide en cinco pétalos, blancos al inicio de la antesis, luego amarillentos. Los cinco estambres nacen en la parte ancha de la corola. El fruto elipsoidal o esférico, de cinco a seis centímetros de largo, amarillento en la madurez con áreas o puntos rojos, tiene la pulpa amarilla y aromática, muy agradable, con una a seis semillas. Se come sólo cuando está completamente maduro, estado en que se desprende fácilmente del árbol; se consume fresco o en mermeladas y bebidas.

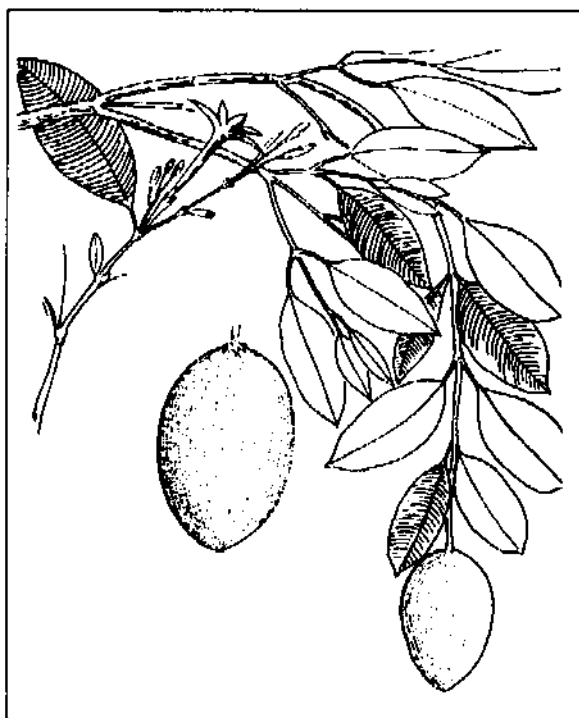


Fig. 29.2. *Hancornia speciosa*.

Hancornia speciosa se utiliza también por el látex, "goma de mangabeira", que se obtiene de plantas silvestres en Brasil.

COUMA, *Couma utilis*

Esta y otros congéneres de la región amazónica dan frutos comestibles de buena calidad. Las *Couma* son árboles altos, de 20 a 30 m, con hojas elípticas y verticiladas de ocho a 12 cm de largo por seis a ocho centímetros de ancho, duras y lustrosas. Las flores tienen el cáliz verdoso, de cinco sépalos cortos. La corola se forma de un tubo basal de ocho a 10 mm de largo, que se divide en cinco pétalos de seis a ocho milímetros de longitud. Hay cinco estambres y el ovario esférico termina en un estilo cilíndrico.

El fruto es una baya esférica, amarillo pálido en la madurez, de cinco a ocho centímetros de diámetro. El epicarpo es delgado, el mesocarpo blanco y dulce, con numerosas semillas planas.

Los árboles silvestres se explotan tanto por sus frutos como por las resinas, empleadas en la fabricación de chicle; constituyen un artículo importante de exportación de la selva amazónica, con el nombre de "leche caspi" en Perú, "sorva" en Brasil y "juansoco" en Colombia.

Rauvolfia spp.

Las raíces de *Rauvolfia* tienen propiedades tranquilizantes conocidas en India desde hace

muchos siglos; en las últimas décadas la utilización de estos principios en medicina ha tomado gran impulso.

Las *Rauvolfia* se hallan en las regiones tropicales de Africa, Asia y América. *R. serpentina*, de India, fue la primera en utilizarse y ha sido objeto de algún cultivo; luego han sido aprovechadas las especies silvestres africanas, en particular *R. vomitoria*, con las cuales también se ha hecho pequeñas plantaciones. Las especies americanas son muy pobres en principios medicinales.

Las *Rauvolfia* son arbustos o árboles de hojas verticiladas, de color verde oscuro y brillantes; las flores pequeñas tienen el cáliz diminuto y verde, y la corola blanca, tubular en la base y abierta arriba en cuatro a cinco pétalos. Los frutos son bayas esféricas, rojas; se propagan por semilla o estacas de tallo o raíz.

REFERENCIAS

- FALCAO, M.A. & E. LLERAS. 1981. Aspectos fenológicos, ecológicos e de productividad da sorva (*Couma utilis* Mell. Arg.). Acta Amazonica 11:729-741.
- NARAIN, M. 1990. Mangaba. In Nagy, S., P.E. Shaw & W.F. Wardowsky, ed. Fruits of tropical and subtropical origin. Lake Alfred, Florida Science Source.

30. SOLANALES

SOLANÁCEAS

La mayoría de las especies de valor económico en la familia de las Solanáceas, papas, tomate, chiles, tabaco, es originaria de los trópicos americanos, pero su cultivo y mejoramiento se han desarrollado en regiones templadas de Europa o Norteamérica.

Entre las especies tropicales la utilización del fruto es de primordial importancia en la tribu de las Solaneas, la cual incluye el tomate, *Lycopersicon esculentum*; berenjena, *Solanum melongena*; naranjilla, *Solanum quitoense* y especies vecinas; tomate de árbol, *Cyphomandra betacea*; varias especies de *Physalis* y otras. A la misma tribu pertenecen los ajíes o chiles, *Capsicum* spp.

En la tribu de las Cestreas se incluye los tabacos, *Nicotiana tabacum* y *N. rustica*, la primera de gran importancia económica.

Hay muchas Solanáceas ornamentales, la mayoría originaria de los trópicos americanos, como *Petunia*, *Datura*, *Nicandra* y otras, así como numerosas especies medicinales y narcóticas.

Tribu a) Solaneas

TOMATE, *Lycopersicon esculentum*

El tomate (Fig. 30.1) es una de las plantas de los trópicos americanos que ha alcanzado su mayor importancia y desarrollo fuera de su área de origen y fuera de los trópicos. En las últimas décadas la introducción a América tropical de los cultivares mejorados en Estados Unidos y Europa, en particular de los tipos híbridos, ha ido eli-

minando los cultivares nativos, de calidad inferior.

Origen. En el origen del tomate la información biológica y la histórica son contradictorias. Las especies del género *Lycopersicon* tienen una distribución natural restringida a las áreas costeras y secas del Pacífico de América del Sur, de Ecuador a Chile, incluyendo las Galápagos. En ellas crece silvestre *L. pimpinellifolium* (Fig. 30.1A), que es genéticamente la más afín al tomate y otras especies vecinas de *Lycopersicon* y *Solanum*. Sin embargo, no hay pruebas históricas o arqueológicas que indiquen que el tomate se cultivara en esa región antes de la llegada de los europeos. En cambio existe evidencia histórica de que se cultivaba en México antes de la conquista, aunque era un producto de importancia secundaria. El nombre nahuatl, "tomate", se aplicaba y aún se aplica en México a *Physalis philadelphica*, que era un cultivo más importante y "jitomate" a *Lycopersicon esculentum*. Según los primeros cronistas que vieron el tomate en México, su tamaño, forma y color eran comparables a los de la manzana europea. Los tomates silvestres suramericanos son mucho más pequeños y, con la excepción de *L. pimpinellifolium*, de color verde al madurar.

Otro factor que complica el problema es la variedad *cerasiforme* de *L. esculentum* (Fig. 30.1B). Esta es una forma que los especialistas consideran ancestral del tomate cultivado. Aparece espontáneamente en todas las áreas en que éste se cultiva y se tolera y aún cuida por sus frutos de sabor muy agradable, que son pequeños, de dos lóculos; *cerasiforme* se podría considerar más como una forma derivada que ancestral si no fuera que experimentalmente se ha logrado for-

mar tomates corrientes por mutaciones y selección partiendo de esa variedad. Tanto el tomate corriente como la variedad *cerasiforme* y *L. pimpinellifolium* contienen un alcaloide, tomatina, que se encuentra concentrado en hojas y frutos y que desaparece al madurar éstos.

El tomate llevado de México a Europa se asoció con otras Solanáceas consideradas venenosas, o pudiera suceder que algunos de los linajes tuvieran más tomatina que los actuales, ya que se le consideró al principio como una planta venenosa. Su expansión en cultivo fue difícil y es relativamente reciente, de los dos últimos siglos; se extendió a las regiones templadas primero de Europa y luego a Norteamérica, favorecida por el cambio en el sistema de polinización. Los cultivares primitivos muestran un alto grado de alogamia, los estilos sobresalen de la flor y la fecundación se hace por insectos. Los tipos en cultivo son autógamos y de estilos cortos, lo que favorece la autopolinización. Se asume que este carácter no existía en los tomates originales y que al aparecer por mutación hizo factible el cultivo en regiones en que no existen los polinizadores naturales.

Porte. *Lycopersicon esculentum* contiene cultivares de porte erecto o rastrero, a menudo reducido en cultivo a un solo tallo; en los tipos primitivos la ramificación es escasa y se presenta especialmente en la parte inferior del tallo. El eje central de la planta y sus ramas son de crecimiento monopodial y llevan en el ápice una yema vegetativa, de modo que crecen indeterminadamente. En el tallo y las ramas, de las yemas axilares brotan hojas e inflorescencias; la norma es que entre dos inflorescencias haya generalmente tres hojas. En algunos casos una ramilla florífera se continúa en el ápice y forma hojas.

Una norma de crecimiento distinta a la anterior se debe a un gene recesivo que afecta el crecimiento del tallo y las ramas al emitir una inflorescencia terminal, o sea que el crecimiento es determinado y hay un número menor de hojas entre dos inflorescencias. La incorporación de ese gene en cultivares avanzados permite obte-

ner plantas más compactas y simétricas, lo que facilita las operaciones mecanizadas en el cultivo y la cosecha.

Raíz. El sistema radical consiste en una raíz principal de la que salen raíces laterales y fibrosas, formando un conjunto que puede tener un radio hasta de 1.5 m. En el cultivo, sin embargo, las labores de transplante destruyen la raíz principal y lo más común es que presente una masa irregular de raíces fibrosas. Es muy frecuente la formación de raíces adventicias en los nudos inferiores de las ramas principales.

Tallo. El tallo del tomate es herbáceo, aunque tiende a lignificarse en las plantas viejas. En corte transversal aparece más o menos circular, con ángulos o esquinas; en las ramas jóvenes es triangular. La epidermis se forma de una capa de células, las que a menudo tienen pelos largos. Debajo hay una zona de colénquima, de dos a cinco células de espesor, que es más gruesa en las esquinas y que constituye el mayor sostén del tallo. Sigue luego la región cortical, con cinco a 10 capas de parénquima, de células grandes con muchos espacios intercelulares. Finalmente, el cilindro vascular se compone, de afuera hacia adentro, de floema, en bandas aisladas o unidas por conexiones delgadas, y xilema que forma un tejido continuo. La médula, que ocupa gran parte del tallo, tiene hacia la parte externa cordones aislados de fibras del periciclo interior.

Hojas. La forma de las hojas del tomate es muy variable y depende en gran parte de condiciones ambientales. La lámina está dividida en dos a 12 pares de segmentos o folíolos, de diferente tamaño; con frecuencia entre dos pares de folíolos grandes hay de uno a tres pares más pequeños, y en todos ellos los bordes son muy recortados. Al ápice hay un segmento más grande, de lóbulos irregulares, y en las hojas, como en los tallos jóvenes, hay abundante pubescencia. Los pelos pueden ser largos y agudos o de base corta terminada en una esferita de varias células.

Las hojas del tomate son suaves y carnosas. Debajo de la epidermis superior hay sólo una capa de células en empalizada y luego numerosos

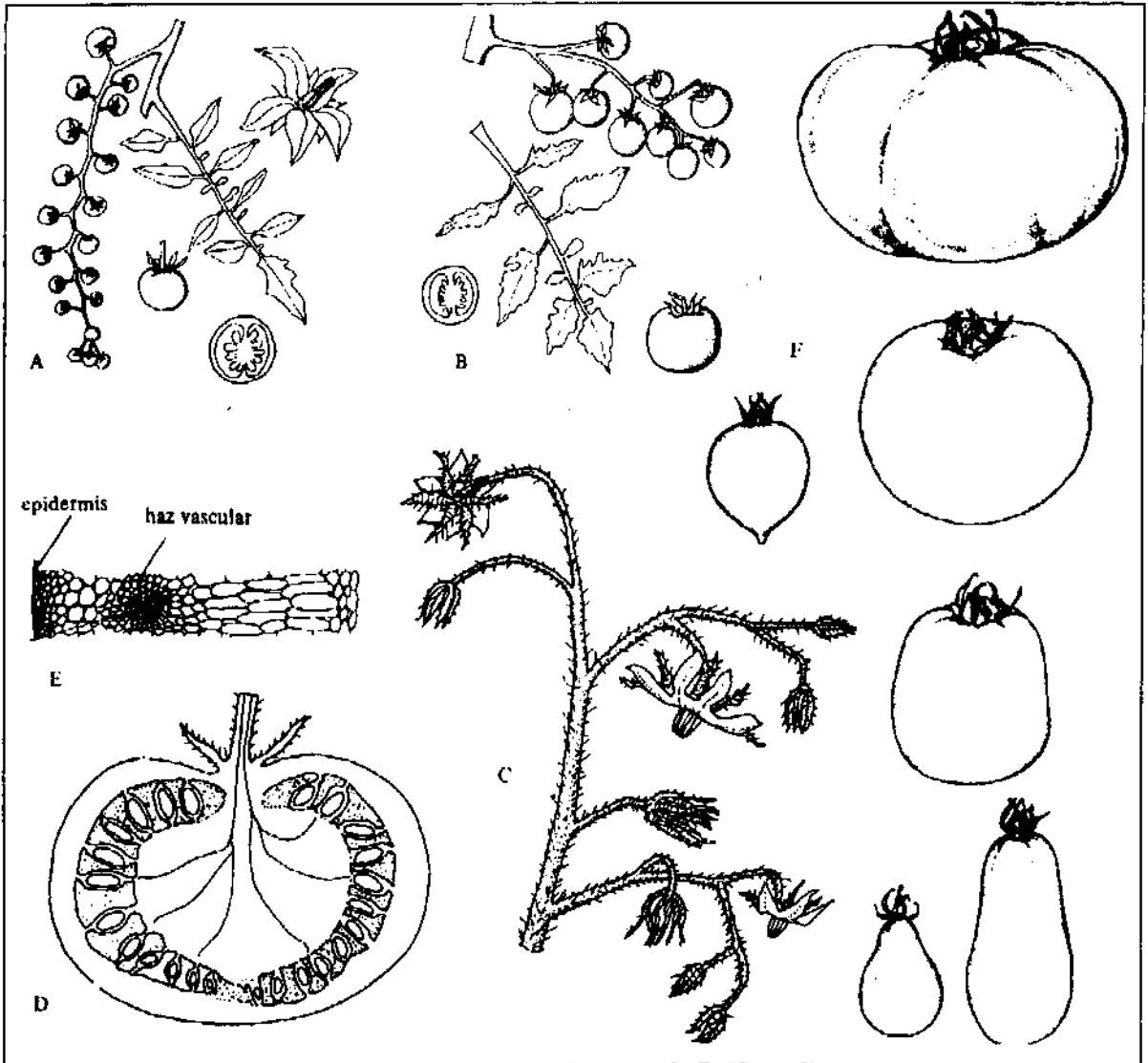


Fig. 30.1. Tomate. A, *Lycopersicon pimpinellifolium*. B, *L. esculentum* var. *cerasiforme*. C, *L. esculentum*, rama florífera. D, corte longitudinal del fruto. E, estructura del fruto. F, frutos de distintos cultivares de *L. esculentum*.

estratos de parénquima lacunoso, con abundantes espacios aéreos.

Inflorescencia. La inflorescencia más corriente en el tomate es una cima racemosa, generalmente simple en la parte inferior de la planta y más ramificada en la superior (Fig. 30.1C). Las flores se abren sucesivamente, de modo que en la misma inflorescencia puede haber tanto flores

como frutos en diferentes etapas de desarrollo. Las flores tienen el pedúnculo corto y curvo hacia abajo, por lo que asumen una posición pendiente. El pedúnculo presenta al centro un engrosamiento que corresponde a la superficie de abscisión y es muy corriente en esta especie que un gran número de flores caiga prematuramente.

El cáliz verde y persistente, se forma de un disco corto, terminado en cinco a 10 sépalos agudos, verdes, muy pubescentes en el lado externo. La corola amarillo verdosa tiene cinco o más pétalos, seis por lo común en los cultivares comerciales, que forman un tubo corto en la base y se abren en un sólo plano, con el ápice doblado hacia afuera cuando la flor está completamente abierta. Los estambres, cinco a 10 en cada flor, forman una columna irregular, con las anteras verticales y unidas, de unos cinco milímetros de largo. El pistilo está constituido por un ovario de varias celdas y un estilo largo, que sobresale apenas de las anteras y termina en un estigma achatado.

Polinización. Las flores en un racimo o cima no se abren simultáneamente, de modo que siempre hay botones, flores y frutos en la misma ramilla. La antesis ocurre por lo común en las mañanas y 24 horas después se inicia la salida del polen. Este aparece en el lado interno de las anteras y, por la posición pendiente de la flor, cae directamente sobre la superficie de los estigmas. La autopolinización es la norma en los tomates cultivados. La polinización cruzada debido a insectos ocurre en un cinco por ciento, aproximadamente; en el habitat natural del género en Suramérica, la polinización cruzada es la más frecuente.

Fruto. El fruto es una baya de forma muy variada (Fig. 30.1F). En los principales cultivares comerciales es oblada (aplanada) con rebordes longitudinales o lisa; hay también elipsoidales y piriformes. En los tomates-malezas predominan los frutos esféricos. El número de celdas en los frutos de los tomates silvestres es de dos. En los cultivares comerciales, seleccionados por el mayor número de tabiques y su grosor, es corriente encontrar de cinco a 10 celdas.

La epidermis es una capa de células de paredes externas engrosadas por la cutícula (Fig. 30.1E). Es frecuente la presencia de pelos o glándulas que desaparecen conforme madura el

fruto. Debajo hay tres o cuatro estratos de colénquima que junto con la epidermis forman una cáscara fina y resistente. En ella hay pigmentos amarillos o rojos, según la variedad. El resto del fruto se forma de parénquima cargado de pigmentos rojos y amarillos que aparecen como cristales suspendidos en el líquido que rellena las células. Las paredes de las celdas son también de parénquima, interrumpido por cordones aislados de haces vasculares. Los tejidos de la placenta, sobre los que están las semillas, contienen una mayor cantidad de haces, lo que les da un color más claro. Las capas de células que rodean las semillas se disuelven en la madurez, formando una masa gelatinosa rica en granos de almidón.

Las semillas, planas y ovaladas, miden de dos a cinco milímetros de largo y están cubiertas de pelos finos. El embrión ocupa la mayor parte y se encuentra arrollado cerca de la superficie.

Variabilidad. La genética del tomate se conoce casi tan bien como la del maíz y constituye un instrumento fundamental en el mejoramiento. La selección se ha dirigido especialmente hacia la obtención de frutos con características favorables para el transporte o enlatado. Por lo común el rendimiento es estable, esto es que si una planta tiene frutos muy grandes sólo puede mantener un número bajo. Se le selecciona también por el color, el que depende de los pigmentos, amarillo y rojo, dados por carotina y licopersina. En los tejidos externos el color está determinado por varios genes que favorecen o impiden la formación de carotina, mientras que el de la pulpa es debido a un factor dominante para rojo.

Otros genes determinan la forma aovada, incompletamente dominante; oblada, de dominancia incompleta, u ovoide que es recesiva. Se ha hecho numerosos cruces interespecíficos o intervarietales, especialmente para incorporar resistencia; muchos de los cultivares son híbridos intervarietales de alto rendimiento.

NARANJILLA, LULO, *Solanum quitoense*

Los frutos de la naranjilla sirven para preparar jugos y refrescos, a los que da un saber ácido-lulo muy agradable y un aroma especial.

Solanum quitoense se conoce sólo en cultivo; es originario de las tierras altas (1500-2800 m) de los Andes, desde Venezuela a Perú. Ha sido introducida a América Central, India y a zonas subtropicales en América del Norte y Nueva Zelanda.

La naranjilla (Fig. 30.2) dura en cultivo unos pocos años. De porte arbustivo, ramificado desde la base, con tallos lisos o espinudos, alcanza de uno a dos metros de alto. El follaje está compuesto de pocas hojas, grandes y espaciadas, oblongas a ovadas, de 30 a 40 cm de largo y 20 a 35 cm de ancho; el borde sinuoso se forma de lóbulos espaciados, triangulares y poco salientes; la base es cordada y envolvente en el peciolo. Ambos lados de la hoja; así como los tallos jóvenes, están cubiertos de pubescencia fina y densa, formada por dos clases de pelos: estrellados y blancos, o simples (a veces con ramificaciones en la base) y rellenos de líquido morado. Estos últimos son más frecuentes en la cara inferior de las hojas y especialmente en el follaje nuevo, dándoles el color morado característico. El lado superior de la hoja es verde oscuro, el inferior más claro. Los nervios prominentes, especialmente en el reverso de la hoja, tienen a veces espinas rectas y agudas.

Las flores nacen en cimas laterales, de pedúnculos muy cortos; hay de una a seis por inflorescencia. El pedúnculo de la flor, de unos 15 mm de largo, está cubierto por pubescencia densa y morada. El cáliz se forma de cinco segmentos duros y triangulares, densamente pubescentes en el lado externo, glabros en el interno. La corola blanca y dura, de cuatro a cinco centímetros de diámetro, pubescente en el lado infe-

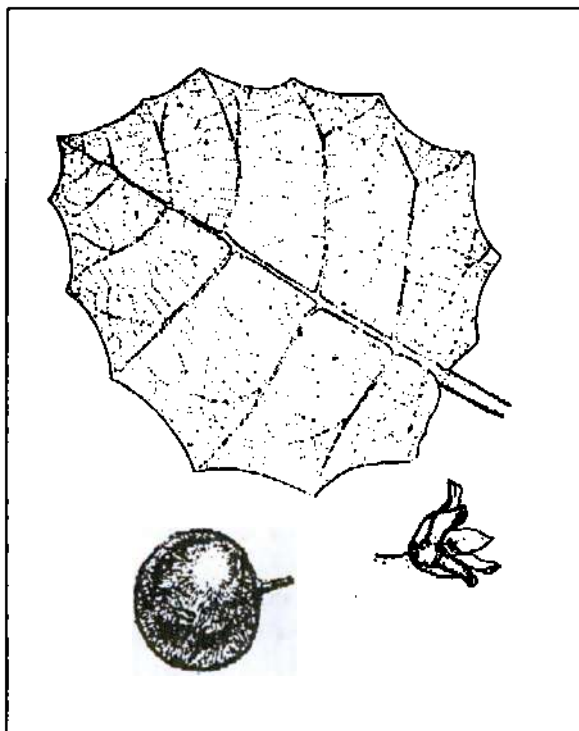


Fig. 30.2. *Solanum quitoense*, hoja, flor y fruto.

rior, se divide en cinco segmentos triangulares. Las cinco anteras amarillas rodean el pistilo globoso y pubescente.

El fruto es generalmente esférico, de cerca de cinco centímetros de diámetro y cubierto completamente de pubescencia blanca, dura y algo irritante, que es removida al preparar la fruta para el mercado; la cáscara es dura y anaranjada. Interiormente el fruto se divide en cuatro o cinco celdas, en la madurez rellenas de un líquido mucilaginoso, verdusco y aromático que rodea las semillas, el cual se extrae y, una vez separadas las semillas, se utiliza en refrescos y jugos adicionándole azúcar.

Solanum quitoense no presenta mucha diversidad. En el extremo norte de su distribución natural, las poblaciones llamadas *septentrionalis* se caracterizan por tener mayor número de espinas que las poblaciones típicas de Ecuador.

COCONA, CUBIO, *Solanum sessiliflorum* (*S. topiro*)

Solanum sessiliflorum (Fig. 30.3), nativo de las vertientes orientales de los Andes, de Colombia a Perú, a alturas de 200-800 m, ha sido introducida al cultivo hace unos 50 años. Los frutos, generalmente cocidos se utilizan para preparar jaleas, mermeladas y refrescos.

Solanum sessiliflorum alcanza hasta dos metros de alto; el tronco muy ramificado y las ramas principales están cubiertas de una pubescencia pulverulenta, dura y grisácea. El follaje es espaciado y las hojas ovadas llegan a medir hasta 50 cm de largo por 35 cm de ancho; estas hojas tienen el borde sinuado con lobos irregulares triangulares, el ápice agudo y la base desigual, con un lado de la lámina más alto que el otro. La cara superior de la hoja está cubierta de pelos

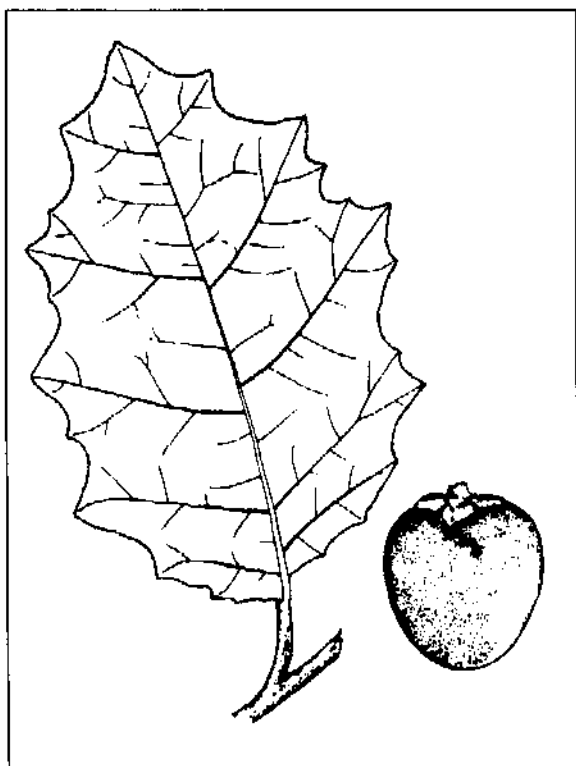


Fig. 30.3. *Solanum sessiliflorum*, hoja y fruto.

duros y blancuzcos, unos pocos estrellados; el lado inferior, en cambio, está cubierto de pubescencia suave y estrellada.

Las flores aparecen en racimos axilares cortos. El cáliz tiene cinco segmentos duros, triangulares, pubescentes en el lado externo, glabros en el interno. La corola estrellada, con cinco pétalos blancuzcos o verdosos, mide cuatro a cinco centímetros de diámetro; los cinco estambres erectos rodean el pistilo.

El fruto varía desde casi esférico a ovoide y hasta oblado, de cuatro a seis centímetros de ancho y cuatro a cinco centímetros de largo. En la madurez adquiere un color amarillo marrón, opaco, y está cubierto de pubescencia blancuzca, fina y suelta. La cáscara suave rodea la pulpa o mesocarpo, grueso, amarillo y acuoso. Las cuatro celdas están llenas de semillas, envueltas en mucílago claro.

La cocona produce continuamente durante uno a dos años y en la misma planta se encuentran flores y frutos en todos los estados de maduración.

PEPINO DULCE, *Solanum muricatum*

Los frutos maduros de *Solanum muricatum* (Fig. 30.4) son muy apreciados en América del Sur por su sabor azucarado y característico aroma. Son, como las otras Solanáceas, una buena fuente de vitamina C; se consumen también verdes, en ensaladas. El pepino dulce es una planta de cultivo antiguo en Perú. Actualmente se produce desde Colombia hasta Chile y ha sido introducido en Europa, América del Norte, América Central y Canarias. En cultivo se propaga exclusivamente por vía vegetativa.

Solanum muricatum es una hierba muy ramificada, de follaje compacto, que alcanza hasta un metro de alto. Las hojas de pecíolos largos (tres a cuatro centímetros) y delgados tienen láminas ovado lanceoladas, enteras o recortadas, anchas en la base, agudas u obtusas en el ápice, de dos a

12 cm de largo por uno a cuatro centímetros de ancho. La inflorescencia que aparece en la parte superior de las ramas es axilar y se compone de pocas flores, de pedúnculos finos y cortos. El cáliz, en forma de estrella de cinco segmentos, es pubescente en el lado externo; la corola, azul pálido a morado, con cinco segmentos, mide dos centímetros de diámetro. El centro de la flor lo ocupan las anteras erectas y amarillas, y el pistilo largo y curvo.

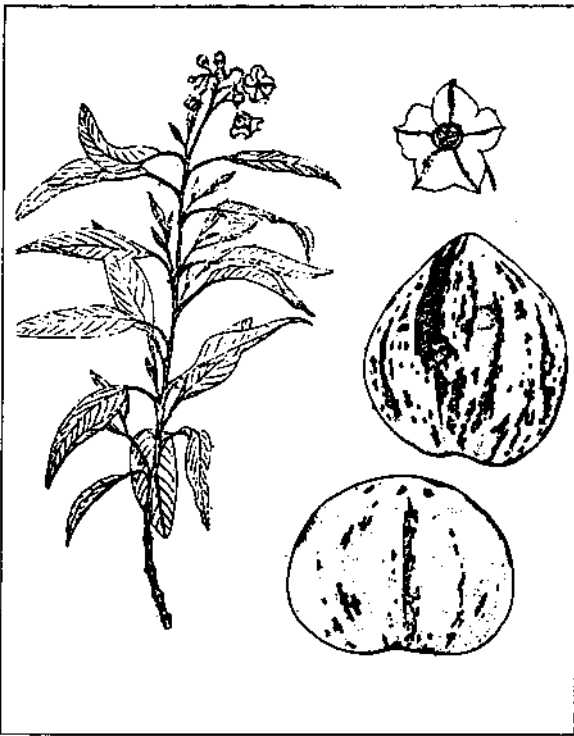


Fig. 30.4. *Solanum muricatum*, rama florífera, flor, frutos.

Los frutos son bayas carnosas, esféricas, ovoides o elipsoidales. El color de la cáscara varía de verde claro a amarillo paja; por lo común hay manchas longitudinales o áreas punteadas de morado, a veces casi negras, aunque en algunos clones faltan del todo. La pulpa gruesa, carnosa y agrídulce, tiene un olor que recuerda al pepino. El tabique central que divide la fruta en

dos celdas, y sobre el que van adheridas las semillas, no se engruesa como en otras Solanáceas. En la mayoría de los clones las semillas son vanas o no se forman del todo. Hay mecanismos que determinan la esterilidad doble: malformación de polen y de las ovo-células.

Solanum muricatum sólo se conoce en cultivo y no hay especies silvestres de las que se puede derivar. La más cercana parece ser *S. tabanoense*. Los clones se diferencian por la forma de las hojas: enteras o recortadas y de tamaño muy diverso. En el sur de Colombia hay poblaciones con hojas divididas en dos segmentos y frutos con semillas fértiles.

BERENJENA, *Solanum melongena*

S. melongena (Fig. 30.5) forma parte de un complejo de especies africanas y asiáticas. La más próxima, *S. incanum*, es considerada por algunos especialistas como la especie que dio origen a la berenjena cultivada. *S. melongena* tiene variedades silvestres o semicultivadas en el norte de África, India e Indonesia. Su cultivo es muy antiguo en India, de donde se expandió hacia China y Japón y luego por todo el Sureste de Asia; fue llevada a Europa por los árabes. El Mediterráneo, sur de Rusia y Cercano Oriente son las zonas de mayor diversidad varietal. A América llegó con los españoles; su cultivo nunca ha alcanzado gran importancia en los trópicos americanos, quizás por la abundancia de frutos similares y por la poca resistencia a enfermedades y nemátodos.

La berenjena es sumamente variable en porte, desde arbustivo erecto hasta rastrero. En varios cultivares hay espinas en los tallos, hojas y pedicelos de las flores. Las hojas alternas, largamente pecioladas, varían desde cordadas y enteras a profundamente recortadas; miden de 15 a 40 cm de largo y con frecuencia son asimétricas en la base. Las flores aparecen solitarias en las axilas apicales de las ramas, algunas veces en

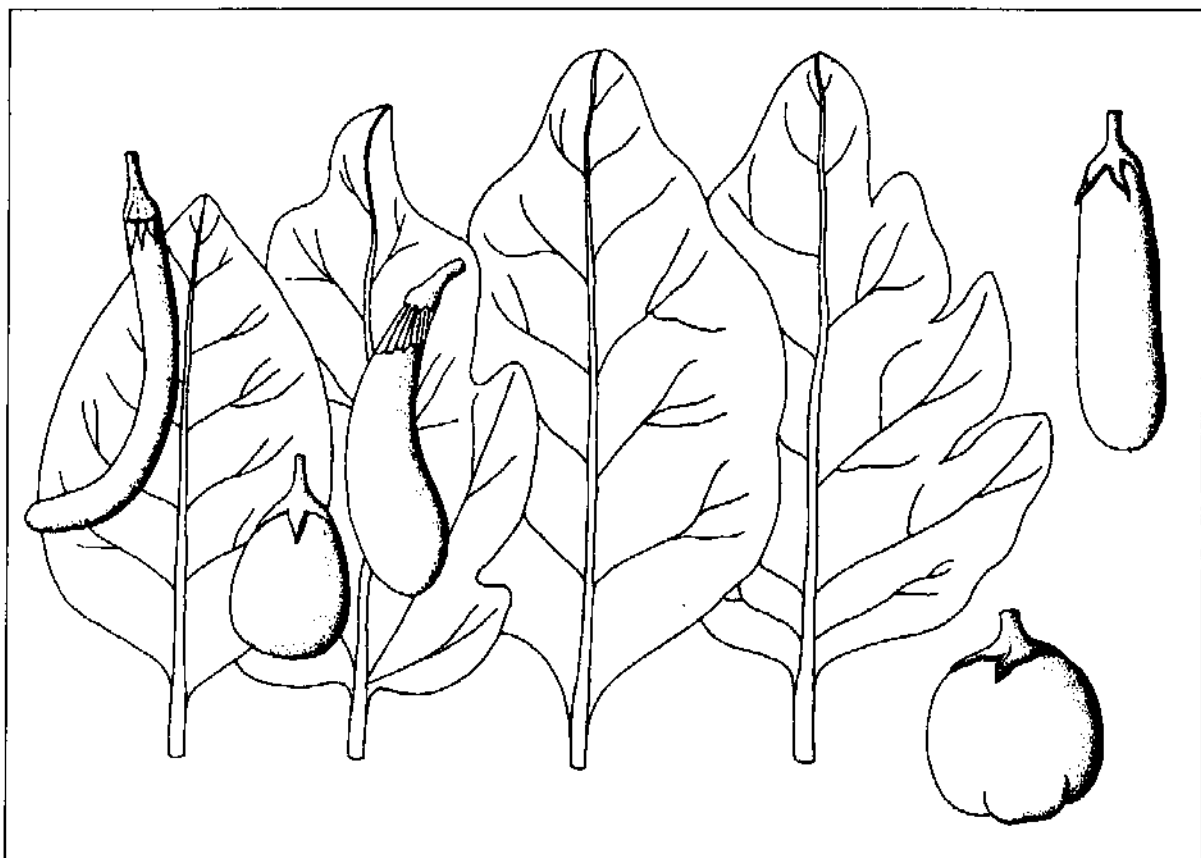


Fig. 30.5. *Solanum melongena*, berenjena. Diferentes variedades; hojas y frutos.

grupos de dos a cinco flores. Tienen el cáliz verde y cubierto de pubescencia fuerte y la corola plana, de cuatro a cinco centímetros de diámetro, blanca violácea, con cinco pétalos o lobos cuyos ápices agudos se doblan hacia arriba. El número de estambres fluctúa de cinco a 10 y el estigma puede tener cuatro u ocho lobos. El estilo puede ser más corto, igual o más largo que los estambres; en el primer caso no se forman frutos. La longitud del estilo puede variar en la misma inflorescencia y las flores son normalmente autofértiles. En una inflorescencia la primera flor es normal y desarrolla un fruto, mientras que las siguientes, de estilo corto o ausente, rara vez fructifican.

La forma y estructura del fruto son muy distintas. En los cultivares comerciales más comunes son esféricos o en forma de pera y su longitud varía de 10 a 25 cm. Hay otros tipos menos corrientes, con frutos muy largos, rectos o curvos, como los llamados "serpentinias". Interiormente revelan mucha irregularidad en la estructura; las tres o cuatro placentas se reducen bastante y la masa de la fruta se compone de los tabiques engrosados que separan los carpelos. El color externo de la fruta puede ser morado, verdoso o blanco: los frutos morados están asociados con corolas y follaje purpúreos, mientras que en las plantas de frutos claros el follaje es verde y la corola blanca.

La berenjena ha sido sometida a intensos trabajos de mejoramiento en India, Estados Unidos de América, Rusia y Japón. La mayoría de los cultivares actuales procede de cruces intervarietales y muestra claramente su vigor híbrido.

YERBA MORA, *Solanum nigrum*

Los tallos tiernos, a los que se les quita flores y frutos, se utilizan como verduras en regiones separadas de los trópicos: Indonesia, África Occidental, Centroamérica. Se comen cocinados y son de sabor amargo y buenas propiedades nutritivas; se cultivan en huertas caseras o se colectan de plantas silvestres.

Solanum nigrum es un complejo de poblaciones de límites imprecisos y con diferentes niveles de poliploidia, a algunas de las cuales se les ha asignado rango de especies. Las plantas alcanzan hasta dos metros de altura, pero en la mayoría de los tipos cultivados miden menos de 50 cm, con tallos y follajes verde oscuro, por lo común con áreas moradas. El tamaño y forma de las hojas es muy variable; predominan las láminas ovales, decurrentes en el pecíolo, con la base a menudo asimétrica. Las flores en cimas laterales se componen de cinco sépalos libres, corola gamopétala de cinco partes de seis a 10 mm de diámetro y cinco estambres erectos que rodean el pistilo. El color de la corola varía de blanco a amarillento. Los frutos esféricos, suculentos, púrpura oscuro o casi negros en la madurez, contienen numerosas semillas pequeñas y asimétricas.

En ésta y las especies de *Solanum* mencionadas a continuación hay poblaciones prácticamente libres de principios venenosos, especialmente en los frutos, mientras que otras poblaciones de la misma especie si contienen principios tóxicos, lo que es un aspecto limitante en la utilización de estas especies.

IGBO, YILO, *Solanum gilo*

Originario de África Occidental, fue introducido a Brasil. Son comestibles los tallos nuevos y los frutos cocinados, que tienen un sabor amargo característico. Es una hierba bienal hasta de 1.20 m de alto, con follaje espaciado. Las hojas, que llegan hasta medio metro de largo, son de forma irregular, profundamente lobadas, de color verde grisáceo en la madurez y con manchas rojizas en los nervios. Los frutos varían de esféricos a elipsoidales, de unos cinco centímetros de ancho, por lo común amarillos en la madurez y con el cáliz persistente.

OSÚN, *Solanum aethiopicum*

Solanum aethiopicum, de distribución amplia en África Central y Occidental, se cultiva por sus tallos y frutos tiernos. Anual, hasta de 1.80 m de alto, con hojas espaciadas hasta de 30 cm de largo, simétricas, con el borde de recortes amplios y poco profundos. Las flores, blancas y pequeñas, miden de ocho a 10 mm de diámetro. Los frutos esféricos, de dos centímetros de ancho, crecen en racimos; al comienzo de la maduración son amarillos, rojo-anaranjado en la madurez.

Solanum integrifolium

Es originario de África Central y se utiliza por sus hojas y frutos tiernos. Es una especie polimórfica, relacionada con *S. gilo*, *S. aethiopicum* y *S. olivare*, que tienen afinidad genética con la berenjena común, *S. melongena*. Las razas cultivadas de *S. integrifolium* son anuales, con el follaje espaciado y frutos pequeños, ovoides y amarillos.

BERENJENA AFRICANA,

Solanum macrocarpum

Originario de África Central y Madagascar, de frutos aplanados semejantes a tomates; se utiliza como las especies anteriores por los tallos y frutos jóvenes, que se comen cocidos en sopas y salsas.

IXTLÁN, *Solanum wendlandii*

De América Central y México, se cultiva por los tallos tiernos, que se comen cocidos y que son una magnífica fuente de fósforo. Es una enredadera de tallos espinosos y flores moradas, cultivada como ornamental en las tierras altas de los trópicos.

PAPAS, *Solanum tuberosum*

La producción comercial de papas en los trópicos está prácticamente reducida a las tierras altas, sobre los 1500 m. Aunque se hace intentos de cultivarlas a altitudes más bajas, otras raíces y tubérculos proveen en esas regiones alimentos energéticos más baratos y nutritivos.

Sistemática. La clasificación corriente incluye: a) una especie tetraploide, *Solanum tuberosum*, ($2n=48$), alógama, dividida en dos subespecies = *tuberosum*, la papa cultivada ampliamente en las regiones templadas de América y Europa, y *andigenum*, los cultivares de los Andes; b) un grupo de especies diploides, $2n=24$, cultivadas sólo en los Andes, que incluye *S. stenotomum*; *S. ajanhuiri*, que se supone sea un híbrido entre *S. stenotomum* y una especie silvestre, *S. megistacrobium*; *S. phureja*; c) un tercer grupo incluye cultivares triploides = *S. x chaucha* y *S. x juzepczuki*, resultantes del cruce de especies tetraploides con diploides, y *S. x curtilobum*, pentaploide, que se supone es un híbrido entre *S. x juzepczuki* y *S. tuberosum* spp. *andigenum*.

Porte. *Solanum tuberosum* es una especie muy polimorfa, constituida por muchos cultivares de propagación vegetativa que difieren tanto en sus características morfológicas como en su desarrollo y producción. En la propagación corriente, por tubérculos enteros o por sus porciones, se forma una planta de tallos múltiples cuyos ejes se ramifican formando hierbas de portes muy diferentes, hasta de 1.5 m de alto. En ciertos cultivares los tallos verdes o morados tienen aristas en la parte joven, a veces prolongadas en alas angostas, lo que da al tallo una forma prismática; a cada esquina del tallo corresponde internamente un haz vascular principal. En muchos cultivares los tallos son cilíndricos.

Las hojas compuestas, en filotaxia de 5/13, están divididas en folíolos irregulares, cuyo número y tamaño es un carácter varietal, aunque está influenciado por las condiciones de crecimiento. Hay de dos a cuatro pares de folíolos grandes, opuestos y uno terminal; entre los folíolos grandes hay generalmente otros menores, también en pares. Los folíolos mayores, ovales o elípticos, disminuyen de tamaño de la base al ápice de la hoja. En algunos cultivares no hay folíolos menores.

La inflorescencia es una cima terminal, aunque aparentemente pareciera salir lateral, por el crecimiento simpodial del tallo. Las cimas se reducen en ciertas variedades a inflorescencias en forma de umbelas y en otros a unas pocas flores al extremo de un eje sencillo. Es frecuente que en la base de las ramificaciones de la inflorescencia haya brácteas en forma de hojas diminutas y que los nudos sean pigmentados en muchos cultivares.

Las flores nacen en pedúnculos delgados, que tienen al medio un plano de abscisión, por el que se desprenden. En una cima las primeras flores al abrirse son las apicales; el período de floración varía de pocos días a meses, según el cultivar.

El cáliz se forma de cinco partes unidas; la corola de una sección inferior, tubular, que se expande arriba en cinco pétalos unidos, morados,

blancos, amarillos, rojos o azules, según el cultivar. Los cinco estambres salen del tubo de la corola y crecen adheridos a ella, alternando con los pétalos; las anteras son por lo común más largas que los filamentos y se abren por dos poros terminales. El pistilo se forma de ovario bicarpelar y estilo sencillo. El fruto, una baya de dos celdas, esférica a ovoide, contiene numerosas semillas adheridas a placentas parietales.

Tubérculo. En el nudo cotiledonal de las plantas provenientes de semilla brotan dos o más rizomas que al final desarrollan tubérculos diminutos; estos corresponden a un engrosamiento entre el penúltimo nudo del rizoma y su yema terminal. En el tubérculo se forman nudos u "ojos" en que las hojas están representada por escamas. La filotaxia es la misma que en los tallos aéreos.

La forma, color y textura de la superficie de los tubérculos son características varietales, especialmente la primera, que es extremadamente variable, sobre todo en la región andina. Los cultivares avanzados tienen tubérculos elipsoidales a esféricos, con ojos escasos y superficiales y cáscara lisa, blanca o rosada. En los Andes, en cambio, los cultivares primitivos muestran una gran diversidad de formas y colores. En *S. tuberosum* y las otras especies cultivadas son frecuentes las quimeras periclinales, que se reconocen del resto de la superficie del tubérculo como áreas de diferente color o textura.

Estructuralmente el tubérculo se compone de la cáscara o periderma, formado de células alargadas en sentido tangencial; las más externas dan la superficie características de los cultivares: lisa y brillantes en unos, aterciopelada en otros. Los tejidos corticales debajo del periderma contienen parénquima con almidón, taninos, proteínas y pigmentos. El resto del tubérculo está formado de parénquima, separado en dos por los haces vasculares, los que no forman un cuerpo continuo sino cordones separados que al cortar transversalmente un tubérculo maduro aparecen como un anillo discontinuo, más claro, cerca de la cáscara. Los haces vasculares se dividen hacia los "ojos" en cordones más finos, de modo que

aparentemente presentan una discontinuidad frente a las yemas.

La parte externa de parénquima, entre la cáscara y los haces vasculares, está formada por células más oscuras, a causa del mayor contenido de almidón; se deriva del procambium y se denomina parénquima perimedular. La parte interna o médula, que ocupa el mayor volumen del tubérculo, es un tejido más claro y translúcido; se extiende hacia los "ojos" en ramificaciones irregulares, bien definidas en ciertos cultivares, apenas perceptibles en otros. Estas ramificaciones, que contienen vasos de floema, llegan hasta los brotes del tubérculo; el tipo de ramificación de la médula es una característica varietal.

El tubérculo consiste principalmente de tejidos primarios, pues el cambium produce relativamente pocos tejidos secundarios.

Los "ojos" contienen una o más yemas; se forman en mayor número hacia el ápice y de ellos brotan los tallos aéreos; la dominancia apical en el brotamiento de las yemas es muy marcada.

Cultivares. En Europa primero y después en América del Norte, los cultivares introducidos del norte de América del Sur se adaptaron a condiciones de días largos. Posteriormente se ha obtenido más de un centenar, proveniente en su mayor parte de mutaciones vegetativas, pero sólo unas 10 a 20 tienen importancia comercial; los cultivares son reemplazados conforme aparecen otros de mayor resistencia y productividad. En el control de enfermedades, particularmente del tizón tardío, los híbridos y retrocruzas de *S. tuberosum* x *S. demissum*, una especie silvestre de México, han dado materiales altamente resistentes. Otras especies silvestres han sido utilizadas para obtener resistencia a nemátodos, baja temperatura y virus.

En los Andes tanto *S. tuberosum* ssp. *andigenum* como las especies diploides y pentaploides, muestran una diversidad muy amplia, con numerosos cultivares primitivos. También se ha obtenido en esa región variedades avanzadas por selección o mejoramiento genético.

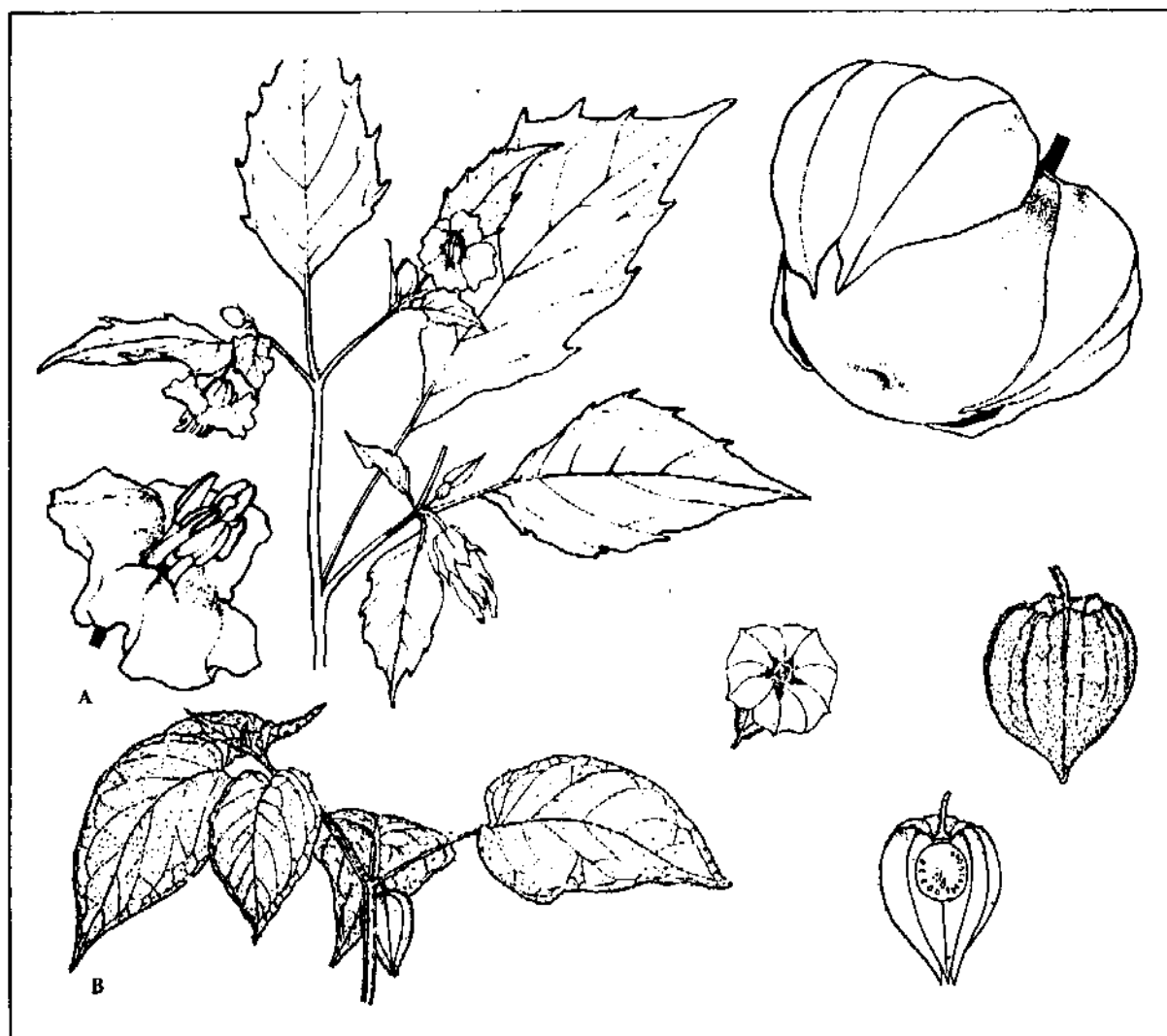


Fig. 30.6. A, *Physalis philadelphica*, rama florífera, flor y fruto. B, *P. peruviana*, rama florífera, flor y fruto.

MILTOMATE, TOMATE DE CÁSCARA, *Physalis philadelphica* (*P. ixocarpa*)

Physalis philadelphica se encuentra sólo en cultivo en las tierras altas de México y Guatemala, donde se le utiliza principalmente en la preparación de salsas verdes. En épocas prehistóricas era más importante que el tomate y aún sigue

siendo una de las hortalizas más populares en esos países.

Physalis philadelphica (Fig. 30.6) es una hierba anual, hasta de 1.5 m de alto, de ramificación dicotómica y de tallos aristados con áreas moradas. La norma de crecimiento es simpodial; las ramas terminan en una flor y forman un dicasio con una rama ligeramente más desarrollada que la otra, pero a diferencia de *Capsicum* ambas conti-

núan el crecimiento, formando un entrenudo que lleva una inflorescencia terminal y dos ramas laterales, y así sucesivamente, de modo que la planta tiene un porte abierto y simétrico. Con frecuencia, sin embargo, al no desarrollarse algunas yemas vegetativas la forma resulta irregular. En todos los nudos hay generalmente una hoja; las hojas más o menos rómbicas, con la base asimétrica, tienen el borde muy irregular, desde entero hasta dentado y su forma varía ampliamente aún en la misma planta.

Las flores solitarias, de pedicelos muy finos y cortos, tienen el cáliz campanulado, con cinco dientes bien desarrollados y en la base venas moradas prominentes. La corola se forma de una base cupular en que se insertan los estambres; el cuello de la corola lleva una pubescencia blanca y densa y se abre en una lámina plana, de cinco a 10 mm de diámetro, amarilla con cinco áreas moradas y cinco lobos muy cortos y agudos. Los cinco estambres, de base morada, terminan en anteras introrsas grises y el pistilo simple apenas sobresale de ellas.

Conforme se desarrolla el ovario, después de la fecundación, el cáliz crece aún más rápidamente y en la madurez del fruto lo envuelve por completo. Finalmente se abre en el ápice y deja expuesta la superficie de la baya. De esto se deriva el nombre de "tomate de cáscara". La baya, esférica a oblada, adquiere en la madurez un tono amarillo brillante. En los cultivares de Guatemala los frutos miden de 1-1.5 cm de diámetro, mientras que en los mexicanos alcanzan hasta cinco centímetros. El epicarpo, o cáscara, es delgado y duro. La pulpa rellena por completo el resto del fruto; es amarillo-verdosa, dulce y agradable en la madurez. Las semillas numerosas, blancas y planas, miden dos a tres milímetros de largo.

Physalis philadelphica es altamente incompatible, lo que explica la gran diversidad que presenta.

UCHUBA, *Physalis peruviana*

Physalis peruviana (Fig. 30.6B), un frutal de menor importancia, se cultiva de Venezuela a Chile en huertas y jardines y se tolera cerca de las habitaciones. Fue introducido a los trópicos de Asia, India y Java, y a Australia y África del Sur. Es una hierba baja, de menos de 40 cm de alto, que raras veces alcanza hasta un metro, de ramificación dicotómica, con tallos y hojas cubiertos de pubescencia fina y blancuzca que tiende a desaparecer conforme avanza la edad de la planta. Las hojas cordadas, pubescentes en ambas caras, miden de dos a seis centímetros de largo por uno a cuatro centímetros de ancho. Las flores son relativamente grandes, hasta de dos centímetros de diámetro, el cáliz verdoso con manchas purpúreas y muy pubescente; la corola amarillo claro, con una mancha morada en la base de los pétalos. Los frutos esféricos, hasta de dos centímetros de diámetro, están rodeados por el cáliz, que se desarrolla conforme madura el fruto y llega a medir hasta cuatro centímetros de largo, quedando un espacio vacío entre el fruto y el cáliz. Los frutos, algo dulces, son ricos en flavonoides.

Physalis peruviana es una especie altamente compatible, de variabilidad reducida.

TOMATE DE ÁRBOL, *Cyphomandra betacea*

Cyphomandra betacea (Fig. 30.7) nativa de los Andes, entre 1000 y 3000 msnm, se cultiva en América Central, sur de Brasil ("tomate francés"), India, Indonesia, Nueva Zelanda ("tamarillo"), país este último en que se ha desarrollado su producción comercial. Los frutos rara vez se comen crudos; se preparan cocinados con azúcar en jaleas y conservas.

Cyphomandra betacea se propaga por semillas o estacas de raíz; el eje central crece verticalmen-

te, con hojas espaciadas, caedizas y de cicatrices permanentes; del tallo brotan regularmente yemas axilares, de las que se desarrollan ramas cortas, con lo que el porte resulta así bajo y asimétrico.

Las hojas cordiformes, grandes, hasta de 30 cm de largo y con nervadura espaciada, son de color verde oscuro, muy atrayente en el lado superior, más claras y pubescentes en el inferior.

En la parte superior de los tallos aparecen las inflorescencias, salidas directamente del tallo o de nudos muy complejos, de los que brotan también hojas y ramas vegetativas. Son cincinos con flores de pedúnculos cortos y finos, cáliz campanulado de cinco dientes y corola de 12 a 16 mm de diámetro, formada de cinco pétalos bien desarrollados, rosados o lilas. Las anteras erectas y el pistilo ocupan el centro de la flor.

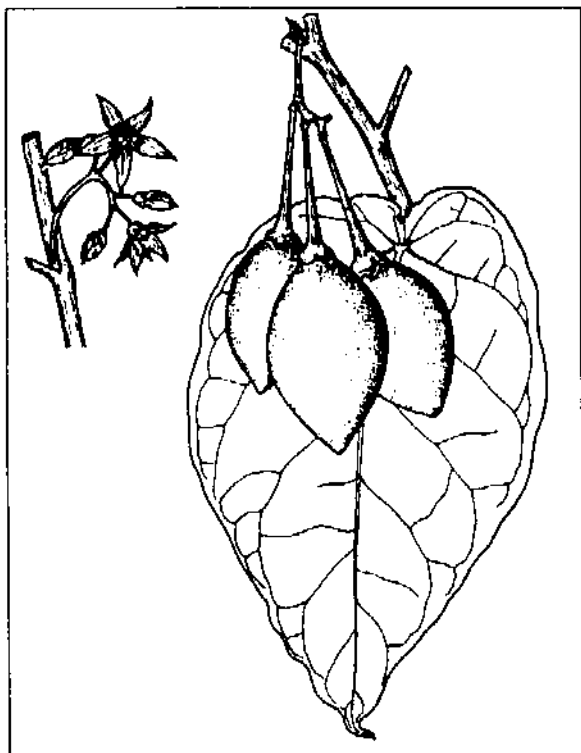


Fig. 30.7. *Cyphomandra betacea*.

Los frutos están suspendidos de pedúnculos largos, solitarios o en grupos; son bayas ovoides, de ápice agudo, de cuatro a 10 cm de largo. El color externo varía, según el cultivar, de rosado pálido a purpúreo. La pulpa o mesocarpo, amarillo o rojo, es la parte utilizable; a menudo contiene debajo de la cáscara, cuerpos duros, pequeños, formados de minerales, especialmente sodio y calcio. El centro del fruto, dividido en dos por un tabique delgado, contiene muchas semillas blancas o negras, rodeadas por una sustancia mucilaginoso. Los frutos se cocinan y preparan en dulces; si se remueve la cáscara y las semillas, que son duras y amargas, lo que se consigue fácilmente sumergiendo los frutos en agua caliente, se mejora considerablemente el sabor y textura del producto.

Cyphomandra betacea es autógama; se conocen dos variedades, una de frutos rojo oscuros con semillas negras, y otra de pulpa rosada y semillas blancas.

CASANA, *Cyphomandra cajanumensis*

Arbusto originario de los Andes (Colombia-Perú), cuyo cultivo se ha iniciado en Nueva Zelanda. De porte irregular, hojas ovadas a elípticas, flores con corola purpúrea a blancuzcas, y frutos al principio verdes con manchas longitudinales amarillas, en la madurez completamente amarillos. Los frutos elipsoidales, con ápice agudo u obtuso, de 5-10 cm de largo, tienen la pulpa amarilla, dulce, sin concreciones como las que se encuentran en la especie anterior.

CHILE, AJÍ, *Capsicum annuum*

"Ajíes" y "chiles" son nombres colectivos para las especies cultivadas de *Capsicum* (Fig. 30.8) "Ají" es de origen antillano y fue extendido por los españoles por toda Suramérica; "chile", de origen mexicano, se usa desde Méxi-

co a Costa Rica; "pimiento", utilizado para ciertos cultivares poco picantes, se deriva de pimienta, una especia oriental con que fueron confundidos inicialmente los *Capsicum*. Los chiles constituyen en América tropical el condimento de mayor uso y son de valor especial en la alimentación popular por su alto contenido de vitamina C.

Por el sabor y propiedades picantes de sus frutos, los chiles o ajíes han sido utilizados desde las primeras culturas de América. Fue la primera especia que encontraron los españoles en América, y en las regiones agrícolas más avanzadas, México y Perú, su uso era más intenso y variado. La expansión del cultivo fue muy rápida en Europa y África ya que los frutos secos exportados al principio tenían semillas fértiles. Los *Capsicum* recibieron acogida favorable en el Viejo Mundo, especialmente en India, donde constituyen un cultivo importante. La producción in-

dustrial de *Capsicum* se ha desarrollado en las últimas décadas en áreas subtropicales. El primer lugar en pimientos o chiles dulces lo ocupa el sur de Europa y Estados Unidos de América. En semipicantes Europa figura en primer término para la elaboración de paprika y los Estados Unidos para tabasco; finalmente para el uso en medicina de tipos muy picantes se consume los producidos en Nigeria, Congo, México y Japón.

Sistemática. La clasificación de los *Capsicum* cultivados es difícil debido a la falta de características distintivas entre ciertas especies. En la actualidad se admite que hay cinco especies en cultivo: *Capsicum annum*; *C. chinense*, que algunos autores consideran forma parte de la anterior; *C. frutescens*; *C. baccatum* y *C. pubescens*.

La clave empírica siguiente permite diferenciar las cinco especies, con base en caracteres relativamente estables.

Semillas amarillo claro

Cáliz del fruto maduro sin constricción en la base

Corola sin manchas amarillas en la base de los pétalos

Corola blanca o morada con los pétalos generalmente rectos; pedicelos de las flores a menudo curvos en la antesis *C. annum*

Corola verdosa, con los pétalos generalmente curvos; pedicelos 1-4 erectos en la antesis *C. frutescens*

Corola con manchas amarillas difusas en la base de los pétalos *C. baccatum*

Cáliz del fruto maduro con una constricción en la base *C. chinense*

Semillas negras *C. pubescens*

Origen y domesticación. Poblaciones silvestres de *C. annum*, llamadas *minimum*, se encuentran desde el sur de Estados Unidos hasta Colombia. Se caracterizan por frutos pequeños, erectos y caedizos; este último carácter, importante para la dispersión natural, resulta inconveniente en el cultivo, y por eso es posible que se escogieran y multiplicaran desde el inicio de la domesticación, los mutantes de frutos no caedizos.

La domesticación de *C. annum* pudo ocurrir en uno o varios lugares de su distribución natural. Los restos arqueológicos más antiguos, encontrados en Tehuacán, centro de México, son de 6500 a 5000 años a C. Aunque pudiera tratarse

de materiales recogidos y no cultivados, estos hallazgos muestran la antigüedad del uso del *C. annum*.

Porte. *Capsicum annum* es un conjunto de cultivares, de porte y tamaños muy diferentes, desde rastreros hasta arbustivos. Aunque la mayoría de ellos vive menos del año, algunos cultivares duran varios años y llegan a ser arbustos leñosos. El crecimiento es simpodial; tallos y ramas se forman de sectores en cuyo nudo superior hay por lo general yemas floríferas y dos ramillas que forman un dicasio, una de ellas más desarrollada que la opuesta. La rama más grande continúa el crecimiento y en su nudo superior se repite la norma de inflorescencias y ramas. El

crecimiento simpodial determina que tallos y ramas crezcan en zigzag. En cada nudo hay también una hoja; estudios anatómicos muestran que esta hoja realmente brota del nudo inmediato inferior y que por adnación aparece al mismo nivel de las ramillas en el nudo superior.

El tamaño y forma de las hojas varían considerablemente aún en una misma planta; la lámina es generalmente elíptica, con el ápice agudo y la base a menudo asimétrica.

Flores. En *C. annuum* hay por lo común una sola flor en el nudo de las ramas, rara vez dos, con pedicelos delgados y ligeramente curvos. El cáliz cónico, verde, se divide en el borde superior en cinco dientes agudos. La corola en *Capsicum* forma en la base una cavidad y se abre arriba en cinco pétalos; en *C. annuum* es blanca y plana y mide de cinco a 10 mm de diámetro. Los cinco estambres tienen filamentos cortos que salen de la base de la corola, opuestos a los pétalos; las anteras verdes se abren por una abertura longitudinal interna. El estilo simple sobresale de las anteras. La fecundación se favorece por la posición pendiente de la flor en la antesis.

Biología floral. Las flores de los chiles o ajíes se abren en las primeras horas de la mañana y poco después las anteras comienzan a descargar polen. La posición del pistilo, situado entre las anteras, hace posible que en la mayoría de los casos haya autopolinización. Sin embargo, en estudios experimentales, así como en los cultivos comerciales, se ha observado que hay un buen porcentaje de polinización cruzada, la que en ciertos casos llega hasta el 15%. Esto explica por qué mucha de la variabilidad que se observa en los *Capsicum* puede atribuirse a hibridación.

Fruto. *C. annuum* presenta la mayor diversidad de frutos del género en forma, color y tamaño (Fig. 30.8E). El fruto es una baya de dos hasta cinco celdas; las paredes que las separan son incompletas y en la parte apical del fruto las celdas se comunican (Fig. 30.8F). La pared del fruto o pericarpo (Fig. 30.8G), incluye la epidermis compuesta por una capa de células isodiamétri-

cas de paredes externas engrosadas, y una zona de dos a cuatro capas de colénquima, que junto con la epidermis forma una cáscara fina pero resistente.

El mesocarpo es un tejido carnososo, de parénquima con cristales o cromatóforos amarillos o rojos; la banda exterior está constituida por células isodiamétricas, mientras que en la interior son alargadas en sentido radial, más grandes; entre ellas pasan haces vasculares muy finos. Entre la última capa del mesocarpo y el endocarpo se encuentran las llamadas "células gigantes", más bien vesículas claras y prominentes, que dan el aspecto ondulado característico de la cara interior del fruto. El endocarpo se forma de una o poca capas de células, mucho más pequeñas que las del mesocarpo, y de paredes más gruesas excepto en los puntos en que se adhiere al mesocarpo para formar las vesículas, en que las células son muy pequeñas y de paredes muy delgadas.

Las semillas, de color amarillo paja, crecen en placentas centrales situadas en la base del fruto.

Contenido de capsicina. La capsicina es el principio que da el carácter picante a los *Capsicum*. Su contenido varía mucho según el cultivar y en su formación los factores ambientales tienen un papel principal. Los chiles más picantes se producen en África, México y Japón. La capsicina en los frutos maduros sólo se encuentra en las capas externas de las placentas, o sea los tejidos que sostienen las semillas. En éstas también se halla debajo de la epidermis, que es gruesa e irregular. Esta sustancia puede reconocerse a menudo en soluciones hasta de una parte en 50000. No es soluble en agua y en los chiles secos forma pequeñas masas cristalinas y amarillentas. Parece haber una relación inversa entre el tamaño del fruto y su contenido de capsicina. La presencia de capsicina es determinada por un gene dominante; los pimientos son recesivos seleccionados en cultivo por la carencia de capsicina y por el tamaño del fruto.

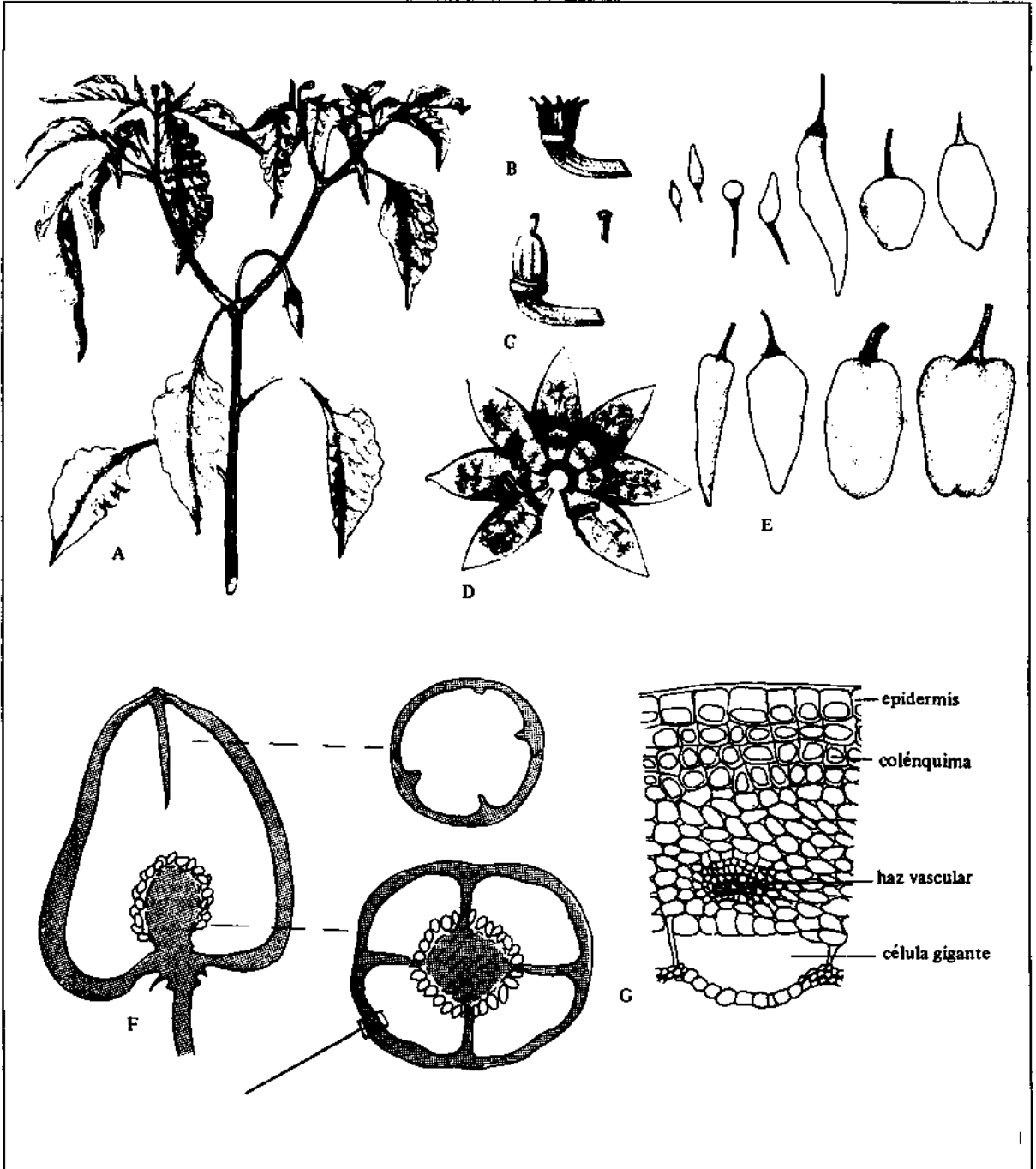


Fig. 30.8. *Capsicum* spp. A, tallo florífero de *C. baccatum*. B, C, D, cáliz, pistilo y corola abierta del mismo. E, frutos de diferentes cultivares de *C. annuum*. F, corte longitudinal y transversal del fruto. G, estructura de la pared del fruto.

Capsicum frutescens

Poblaciones silvestres de *C. frutescens* se encuentran desde México hasta Brasil, pero en cultivo se le conoció originalmente en Mesoamérica. No es fácil distinguir *C. frutescens* de *C. annum* en el porte y follaje. Por lo común hay sólo una flor en cada nudo, aunque a veces aparecen dos y hasta cinco. Los pedicelos de la flor son rectos en la antesis pero las flores se doblan hacia abajo. El cáliz es cupular, con dientes muy cortos; la corola amarillo-verdosa, a veces con el ápice de los pétalos ligeramente doblado hacia arriba; anteras moradas.

Cultivares incluyen: 'Tabasco', explotado intensamente en el sur de Estados Unidos de América y México; 'Uvilla' de México, y numerosas poblaciones sin denominación en Centroamérica.

Capsicum chinense

El área de domesticación de *C. chinense* es posiblemente el norte de América del Sur; ejemplares arqueológicos encontrados en la cultura Chavin de la costa de Perú, 1200 a.C., indican un cultivo muy antiguo. Poblaciones silvestres se hallan en toda el área amazónica y, cultivadas, hasta México.

En *C. chinense* hay dos flores por nudo, rara vez una, con pedicelos erectos o doblados en la antesis. El cáliz es cupular, glabro, con los dientes muy cortos y prominentes; la corola amarillo-verdosa y las anteras azules. En el fruto es característico que el cáliz presente una constricción anular, y que los márgenes se doblen hacia arriba. El fruto es de pulpa firme, rojo o amarillo y a veces blanco; en ciertos cultivares tiene forma de trompo, con áreas hundidas.

Cultivares 'Habanero', de México; 'pimiento de cheiro', Brasil y otros.

Capsicum baccatum (C. pendulum)

Especie suramericana, cultivada desde Colombia a Argentina; dentro de esa región se conoce también poblaciones silvestres. Sus res-

tos arqueológicos, de la costa de Perú, datan de 1200 a C. Las flores, solitarias tienen los pedicelos erectos o doblados en antesis; cáliz campanulado, con los dientes prominentes y más notables en el fruto maduro; corola blanca o verdosa, con manchas amarillas difusas en la base, a ambos lados de los nervios centrales de los pétalos (Fig. 30.8D).

Cultivares: 'Escabeche', de Perú y otros.

ROCOTO, *Capsicum pubescens*

Originario de Bolivia y Perú, se cultiva en las tierras altas desde México a Argentina. Es la especie con características más definidas en pubescencia y color de la flor y la semilla. Plantas bajas, de ramificación poco compacta; follaje suave, oscuro y muy pubescente; flores solitarias; cáliz cupular, pubescente; corola morada; estambres pardo-grisáceos. El fruto presenta menos diversidad de forma que los otros *Capsicum*; es generalmente elipsoidal, a menudo con una constricción basal, rojo o amarillo; semillas de pardo a negro.

Cultivares incluyen: 'Rocoto', Perú; 'chile manzana', América Central.

Tribu b) Cestreas

TABACO, *Nicotiana tabacum*

El tabaco se obtiene principalmente de *Nicotiana tabacum* y en cantidad muy reducida, de *N. rustica*. Otras especies, *N. bigelovii*, *N. attenuata* y *N. trigonophylla*, fueron utilizadas por los indios del oeste de los Estados Unidos de América con idénticos propósitos: fumado, rapé o masticatorio.

El tabaco tuvo una expansión rápida en Europa y Asia después de su descubrimiento por los conquistadores españoles. Su cultivo se extendió primero por el sur de Europa, Asia Menor y Cercano Oriente; en el siglo XVII por el sureste de Estados Unidos y en el XX en Java, Africa y

Australia. Todos los países americanos producen, exportan e importan tabaco; el cultivo se ha intensificado especialmente en Brasil (Bahía), Cuba, México, República Dominicana y otros.

Origen. Varias especies de *Nicotiana* han sido usadas en América y Australia, por un alcaloide ligeramente intoxicante, la nicotina, que se forma en las raíces y que se acumula en el follaje. El uso primitivo, que aún se mantiene en muchas tribus de América del Sur, es mascar las hojas jóvenes, frescas o hervidas. De esta etapa se pasó a la preparación de hojas secas para cigarrillos o tabaco de pipa y al uso del polvo como rapé, que fueron desarrollados por comunidades prehistóricas en diferentes partes de América utilizando las dos especies con mayor contenido de nicotina en las hojas, *Nicotiana tabacum* y *N. rustica*. Sólo en estas dos especies de *Nicotiana* no opera un gene dominante que determina la conversión de la nicotina en normicotina, sustancia que carece del efecto intoxicante. Ambas especies son anfiploides (4x:48); las posibles especies parentales de *N. tabacum* serían *N. sylvestris* de una parte y de la otra *N. tomentosiformis* o *N. otophora* o formas antecesoras de esas tres especies. Un aspecto difícil de explicar por esta hipótesis es cómo desapareció el gene que convierte nicotina en normicotina y que actúa en todas ellas, aunque en menor grado en *N. sylvestris*.

Otro problema es si el hombre domesticó primero una o más de las especies parentales o directamente el anfiploide. Hay información de que los indios de América del Sur utilizaban *N. sylvestris*. Lo que parece más seguro es que el tabaco ha estado asociado directamente al hombre desde el principio de su cultivo, pues no se encuentra poblaciones silvestres. Como las posibles especies parentales de *N. tabacum* crecen actualmente sólo en América del Sur, se puede asumir que en una o más regiones de ese continente se domesticó *N. tabacum*, cuyo cultivo a la llegada de los europeos se extendía hasta México.

Raíz. El sistema radical varía mucho según el cultivar; puede ser compacto o difuso, corto o extendido. Un 75% de las raicillas absorbentes se encuentra en los 30 cm superiores del suelo. En

el cultivo se acostumbra, en ciertos países, podar la raíz principal.

La estructura interna de la raíz adulta muestra, de afuera hacia adentro, primero una capa de corteza que se suelta y reemplaza continuamente; luego una capa estrecha de floema y al centro los tejidos duros de xilema. En las raíces jóvenes hay epidermis con numerosos pelos absorbentes.

Tallo. El tallo es cilíndrico, herbáceo y suave en la parte superior de la planta, con abundante tejido secundario o madera en la inferior. El tallo y el follaje están cubiertos de una pubescencia viscosa, formada por pelos o tricomas de varias formas. Los más notables son los glandulares, que tienen una base larga y terminan en una esferita de la que sale una sustancia pegajosa. Hay otros más cortos, sésiles y esféricos, y otros ramificados.

En corte transversal del tallo se observa primero la epidermis, una capa de células con el lado externo más grueso, provistas de pelos unicelulares y estomas; luego la región cortical, que se distingue por una banda externa de parénquima, formada de células verdes, y otra más interna, de células de mayor tamaño, ricas en cristales de oxalato de calcio; el periciclo tiene una banda de células de paredes gruesas, las fibras; el floema es un anillo angosto, de células de contenido opaco; el xilema forma otra banda más ancha que la anterior, de células con paredes engrosadas en sentido radial y vasos más anchos; después del xilema está la región perimedular, limitada hacia adentro por haces aislados de fibras, que forman el periciclo interno; finalmente la médula ocupa la mayor parte del tallo y está formada de parénquima.

Hojas. Las hojas aparecen en el tallo en filotaxia de 3/8 (Fig. 30.9). En la mayoría de los cultivares son sésiles, con la base de la lámina más o menos envolvente, y luego dicha base se angosta a lo largo del nervio central para ensancharse en la parte superior.

En la hoja madura (Fig. 30.9A.4) la epidermis superior está cubierta, como el tallo, de pelos formados por varias células de base cónica y ancha

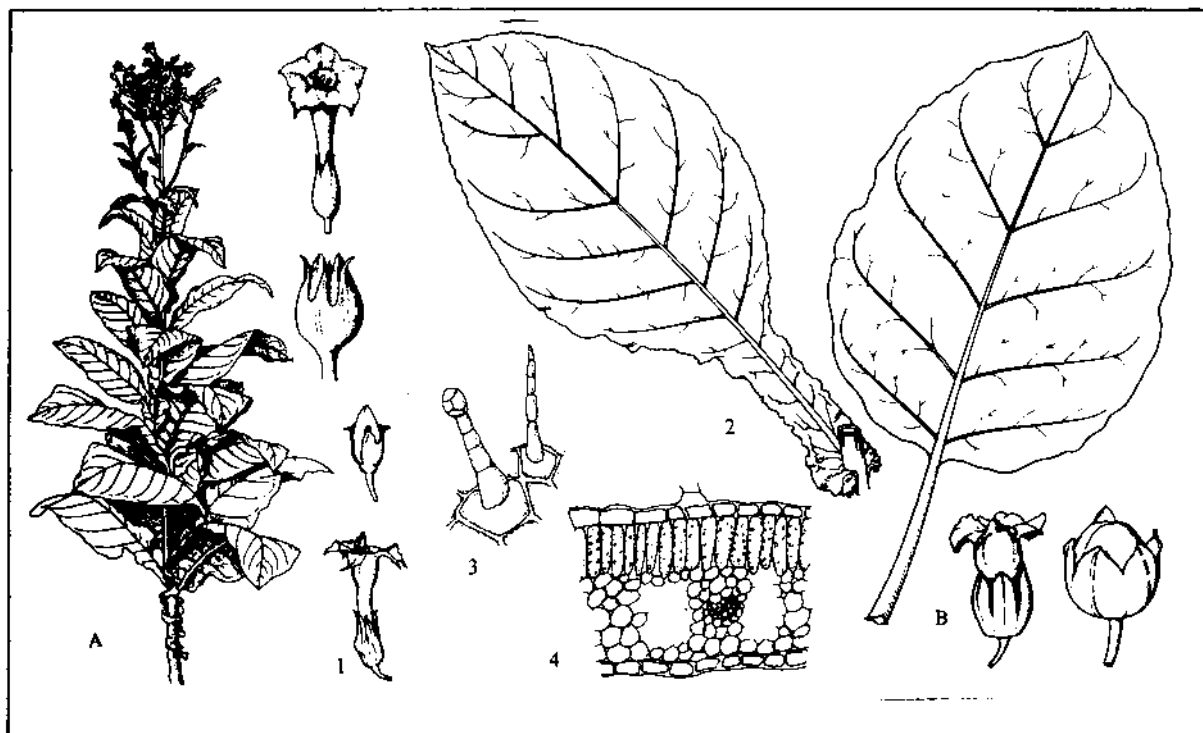


Fig. 30.9. *Nicotiana* spp. A, *N. tabacum*. 1, flores y fruto; 2, hoja; 3, tricomas; 4, corte transversal de la hoja. B, *N. rustica*, hoja, flor y fruto.

que terminan en una esferita con numerosas divisiones. Estos pelos son glándulas que exudan un aceite pegajoso y verdusco; hay también muchos estomas. La epidermis superior es relativamente plana; las células, de contorno irregular, tienen la cara superior muy gruesa. El mesofilo se compone de una sola capa de células de empalizada llenas de cloroplastos, largas, estrechas y rectangulares, el eje mayor en ángulo recto con la cara superior de la hoja. Debajo está el parénquima lacunoso, que ocupa la mitad de la hoja, formado por células de forma muy irregular que dejan entre ellas muchos espacios. La estructura de esta parte de la hoja varía con la posición y edad de la hoja. La epidermis inferior tiene numerosos estomas y muchos pelos viscosos, que son más frecuentes sobre las áreas que cubren los nervios.

El nervio central de la hoja se divide en nervios de primer orden, de disposición pinnada, los que se subdividen varias veces formando una red muy fina. En un corte transversal de la hoja los nervios aparecen debajo del parénquima en empalizada, al comenzar el parénquima lacunoso. El haz vascular, de cualquier tamaño que sea, se forma de una banda inferior o externa de floema, otra de xilema encima y de haces aislados de floema superior o interno, y está rodeado por una banda discontinua de fibras pericíclicas.

En los tejidos del mesofilo central, especialmente los vecinos a los nervios, es donde se halla la mayor concentración de nicotina; también se encuentra en los pelos epidérmicos y en las células que les sirven de base. Se halla además en cantidades menores en las venas o nervios de las

hojas y en todas las otras partes de la planta, con excepción de las semillas. El contenido de nicotina y otros alcaloides en la hoja fresca es muy diferente que en el producto elaborado. Para obtener éste se requiere cortar, secar y fermentar las hojas, siguiendo procesos distintos según la finalidad que se quiera dar al producto. Ciertas prácticas de cultivo: poda, sombra, fertilización, por ejemplo, afectan profundamente la estructura de la hoja y su composición, y son determinantes de más importancia en la calidad que los factores hereditarios. Contrario a lo que se cree corrientemente, el contenido de nicotina no está relacionado con el sabor y aroma del tabaco.

Flores. La inflorescencia es una panícula formada por muchos ejes florales. Las flores tienen pedicelos que varían de cinco a 25 mm de largo, cilíndricos, verdes y cubiertos de pelos viscosos (Fig. 30.9A.1). El cáliz es cilíndrico y campanulado, de 10 a 20 mm de largo, verde, cubierto de pubescencia pegajosa, y termina en cinco lobos desiguales. La corola se compone de una base tubular, de 10 a 15 mm de largo, un cuello de 20 a 40 mm de longitud, cuya mitad inferior es cilíndrica y blanca y la superior más ancha, roja o rosada, y de cinco lobos que se abren en un plano; la corola está cubierta también de pelos viscosos. Los cinco estambres salen de la base del cuello, dos pares más largos y el quinto estambre más corto. El pistilo es filiforme, blanco y terminado en un estigma discoideo.

Biología floral. En la apertura de las flores y su polinización hay grandes diferencias entre cultivares. Las flores se abren por la mañana o en las primeras horas de la tarde, cuando las anteras ya han soltado gran cantidad de polen y los estigmas están receptivos. La autopolinización es la norma; sin embargo, observaciones hechas en diferentes países han comprobado que el polen de otras plantas puede fertilizar flores que ya lo han producido en cantidad y que la polinización cruzada ocurre hasta en un 25% en ciertos casos. Los insectos y colibríes son agentes activos de polinización.

Fruto y semilla. El fruto es una cápsula ovoide, cubierta en gran parte por el cáliz. Internamente se divide en dos secciones cuyas paredes están cubiertas por semillas diminutas.

Las semillas son por lo común aplanadas, de perfil ovoide y con la base prominente terminada en el hilo. Miden 3-4 mm de largo. Su superficie es reticulada, de color castaño oscuro. Internamente se componen de un embrión rodeado de endosperma. Como se indicó anteriormente, no hay nicotina en las semillas; esta sustancia sin embargo, se comienza a formar muy pronto en la plántula, unas dos semanas después de la germinación.

Cultivares. La especie es tan polimórfica que no hay una clasificación aceptable de sus cultivares. En su comercialización se reconocen tipos según la preparación de la hoja. Aunque el mismo cultivar puede ser elaborado en varias formas, hay preferencia por ciertos cultivares para cada tipo de procesamiento: a) curado al calor, cuando las hojas son tratadas con secadores artificiales, dando tabacos amarillos y brillantes, para cigarrillos, picadura o tabletas de mascar: 'Orinoco', 'Virginia', 'Dixie', 'Coker'; b) curados al calor con humo, que da tabacos oscuros, de olor fuerte: 'Pryor', 'Yellow Mammouth'; c) curados al aire, sombreados, que se usan para cigarrillos y cigarrillos: 'Barley', 'Green River', 'Maryland'. También hay conjuntos de cultivares clasificados por grupos geográficos, como los Orientales, del Cercano Oriente, Rodesia y otras áreas subtropicales, que se distinguen por el tamaño de las hojas y su aroma característico.

Nicotiana rustica

Esta especie (Fig. 30.9B) es de distribución más restringida. Es un cultivo de huerta en varios países de América, Oriente y Europa. Se siembra principalmente para la obtención de nicotina que se emplea como insecticida.

Origen. *Nicotiana rustica* era cultivada en América, especialmente en México, a la llegada de los europeos. Fue el primer tabaco conocido en Europa y el primero exportado de América, desde Virginia. Algunos autores han sugerido que fue la primera especie domesticada o la que tuvo mayor difusión hasta ser suplantada por *Nicotiana tabacum*.

Nicotiana rustica es también un poliploide, posiblemente derivado del cruce de *N. undulata* y *N. paniculata*, ambas especies diploides, seguido de un doblamiento cromosómico. Su origen geográfico puede trazarse a las cordilleras andinas, en donde se hallan los dos posibles progenitores y donde se conoce una variedad silvestre.

Porte. *Nicotiana rustica* es una hierba alta, hasta de 1.5 m, normalmente de un sólo tallo ramificado en su parte superior. Las hojas son pecioladas, no sésiles como en *N. tabacum*, de 10 a 30 cm de largo, ovadas, elípticas o cordadas, según la variedad. Tanto los tallos como las hojas están cubiertos de pelos viscosos. Las panículas florales son abiertas o compactas. Las flores tienen pedicelos cortos, de tres a cuatro milímetros de largo. El cáliz es ancho, con lobos irregulares. La corola de 12 a 15 mm de largo, de color verdoso amarillento, está cubierta de pelos viscosos por fuera. Hay cinco estambres, dos pares iguales y un quinto más corto. El fruto es una cápsula indehiscente, esférica u ovoidea, de cinco a 15 mm de largo; las semillas, de color café y superficie rugosa, miden 0.75 mm a un milímetro de longitud.

Variabilidad. Es menor que en *N. tabacum*. La variedad *pavonii* crece silvestre desde Ecuador a Chile. Se conoce razas o grupos de cultivos: *texana*, de hojas ovadas, de México y Estados Unidos; *brasilia*, de hojas anchas, elípticas y cápsula esférica, que se cultiva en el Sur de Europa; *asiática*, de Siria, de la que se prepara un tabaco especialmente perfumado, y otros grupos menores.

CONVOLVULÁCEAS

CAMOTE, *Ipomoea batatas*

El camote es una de las plantas alimenticias de mayor valor en los trópicos y subtropicos, como fuente de calorías y por su buen contenido de vitaminas y minerales. Puede crecer en gran diversidad de ambientes, incluyendo suelos pobres y de escasa humedad. Su cultivo y utilización industrial están más avanzados en las zonas templadas, Estados Unidos de América y Japón, que en los trópicos, de donde es originario.

Origen y dispersión. El problema del origen y dispersión primitiva del camote es muy complejo y aun no ha sido aclarado satisfactoriamente. *Ipomoea batatas*, poliploide, 2n: 60, 90, no se conoce en estado silvestre. Sus especies más afines parecen ser *I. trifida*, 2n: 30, 60? e *I. triloba*, 2n: 30, ambas de la región caribe y del norte de América del Sur. Si el camote es un aloploide podría derivarse de cruces entre *trifida* y *triloba*; si fuera un autopoliploide, de *I. trifida* o de una especie desconocida. Ambas posibilidades tienen evidencia a favor y en contra.

El hallazgo reciente de *I. batatas* tetraploide y silvestre, en la misma área geográfica, es otro factor por considerar en el origen del camote cultivado.

La dispersión primitiva tampoco es clara. Por la evidencia histórica y arqueológica se sabe que: a) el camote se cultivaba ampliamente en América tropical a la llegada de los europeos; b) restos arqueológicos de más de 10000 años han sido encontrados en la costa de Perú; c) cuando los europeos llegaron a Polinesia se cultivaba el camote en todo el triángulo polinésico, que abarca Nueva Zelandia, Pascua y Hawái; d) el término "kumara", del Quechua o sus variantes, se aplicaba al camote en Polinesia; e) se ha sugerido que el camote fue introducido a

Polinesia antes del siglo VIII d.C. En cambio, el camote no se conocía antes de los descubrimientos en Asia y Africa.

Ha habido mucha discusión sobre cómo se efectuó la distribución precolombina del camote, ya que es la única planta americana que se sabe con seguridad que era cultivada fuera de este continente. La presencia del camote en dos áreas muy separadas antes de la época de los descubrimientos, y la escasa probabilidad de que fuera distribuido por agentes naturales como las corrientes marítimas, hace factible la hipótesis de que su distribución sólo pudo hacerse con la intervención del hombre.

El camote pudo ser llevado a Polinesia por indios americanos o por polinesios que vinieron a América. Ambos grupos eran buenos navegantes y contaban con embarcaciones que les permitían hacer viajes largos. Quizás en esas expediciones primitivas se llevó no sólo el camote sino otras especies que no lograron prosperar en Polinesia, como ocurrió siglos después con algunas de las introducciones hechas por los españoles de Perú a Guam. Por otra parte el camote pudo ser introducido a Polinesia en forma casual, en embarcaciones arrastradas desde América por corrientes marinas, puesto que en varias oportunidades se ha comprobado que embarcaciones abandonadas en la costa del Pacífico de Suramérica han sido llevadas por la corriente ecuatorial hasta Oceanía.

Otra posibilidad que se ha planteado es que el camote fuera llevado de Europa, donde ya se conocía poco después de 1500, a Malasia por los portugueses, y que de allí se expandiera rápidamente por toda Polinesia, donde los viajeros europeos lo encontraron a fines del siglo XVIII.

Porte. *Ipomoea batatas* se propaga casi exclusivamente por vía vegetativa, plantando raíces o estacas de tallos aéreos. Las estacas forman ramas (Fig. 30.10.A) cuyos nudos a flor de tierra emiten raicillas adventicias, de modo que se forma un sistema radical fibroso muy extenso y profundo. El desarrollo de los tallos aéreos determi-

na que el porte sea erecto y compacto, como en la mayoría de los cultivares seleccionados, o rastreños como en ciertos cultivares primitivos cuyas ramas alcanzan hasta ocho metros de largo. En cultivares suramericanos es frecuente que los tallos se engruesen y lignifiquen. En la primera etapa de crecimiento el follaje forma la mayor masa y algunas raíces se diferencian, engrosándose algunas, mientras que otras permanecen del mismo diámetro. En la etapa final las raíces tuberosas alcanzan el volumen máximo, los tallos no se elongan más y el follaje disminuye.

Raíces tuberosas. La parte útil del camote son raíces, no tubérculos, que se engruesan como órganos de almacenamiento de reservas. Se forman de los nudos de los tallos como otras raíces, y su estructura anatómica difiere ligeramente, desde el inicio, de las otras raíces. En éstas se desarrolla un eje de xilema fibroso de cuatro a seis cordones y no hay médula. En las raíces tuberosas, en cambio, hay al inicio cinco a seis cordones de xilema primario y médula bien desarrollada. Entre estos dos extremos hay tipos intermedios, o sea raíces gruesas que no llegan a almacenar sustancias de reserva.

Las raíces de reserva constan de una porción basal angosta que las une con el tallo y en la cual la abundancia de floema secundario permite la translocación de sustancias del follaje y su acumulación en las raíces. La forma de la raíz varía según el cultivar, desde esférica hasta casi cilíndricas, y pueden ser lisas o con surcos longitudinales, las primeras determinadas por un factor recesivo. La superficie varía de suave y lisa a rugosa y el color de la capa externa desde blancuzco a morado oscuro, según el cultivar. Es frecuente que de una raíz tuberosa broten raíces más finas; en las tuberosas con surcos longitudinales salen de estos, mientras que en las lisas lo hacen de ciertas áreas más hundidas.

El desarrollo de las raíces tuberosas depende en gran parte de condiciones ambientales y en muchos cultivares se inicia cuando los días son cortos; se requiere que las raíces permanezcan en la oscuridad para que engruesen. En suelos muy

compactos o húmedos la carencia de oxígeno retarda el desarrollo.

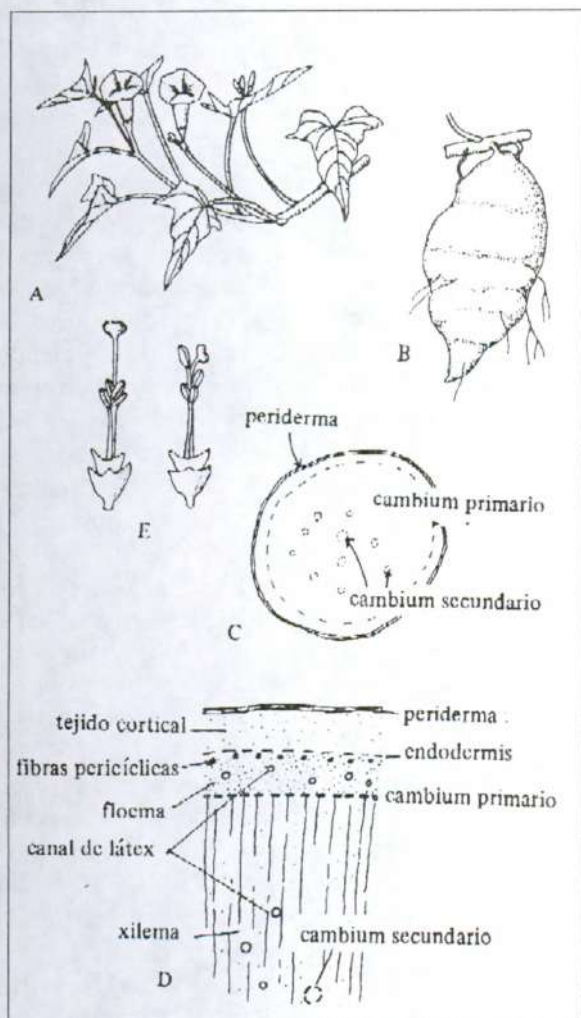


Fig. 30.10. *Ipomoea batatas*. A, rama. B, raíz tuberosa. C, raíz joven en corte transversal. D, estructura de la raíz. E, flores.

La estructura (Fig. 30.10C, D) de la raíz tuberosa varía mucho. La cáscara o periderma es muy delgada y se compone de seis a 10 capas de células aplanadas que pueden estar pigmentadas de púrpura o rosado hasta ser casi incoloras. En el corte transversal de la raíz joven (Fig. 30.10C) aparecen dos zonas, la región cortical, angosta y

más oscura, y el cilindro central que ocupa la mayor parte de la raíz. La endodermis divide ambas zonas y se reconoce como una banda continua y más clara, compuesta por células transparentes de paredes gruesas. En el cilindro central el floema aparece en grupos radiales o sectores, formados por los elementos corrientes en ese tejido: tubos cribosos, células anexas y parénquima. Con los sectores de floema alternan bandas radiales, a manera de cuñas, de color más oscuro, constituidas por parénquima cargado de granos de almidón. Son muy frecuentes los canales de látex, que exudan un líquido blanco, espeso y pegajoso.

El xilema es principalmente parénquima lleno de granos de almidón, rico en caroteno en algunas variedades. Dentro del cilindro central, y con más frecuencia hacia la parte media de la raíz, aparecen cambiums secundarios, los que surgen a menudo alrededor de vasos de xilema que se hallan dispersos en el cilindro central; también pueden presentarse sin estar asociados a ningún elemento vascular. Estos cambiums secundarios integran tejidos que contribuyen a engrosar más la raíz; hay casos en que se presentan también cambiums terciarios. Como en el floema secundario hay canales laticíferos, se puede reconocer por las gotitas de látex la presencia de tejidos secundarios en el centro de la raíz.

El color interno varía desde blanco en ciertos clones antillanos, hasta anaranjado intenso o amarillo oro en los cultivares seleccionados. En algunas variedades está interrumpido por manchas purpúreas. La pulpa anaranjada, de mayor contenido de caroteno, es determinada por un factor dominante y se le prefiere en todos los cultivares modernos. La distribución de los tejidos de reserva en las raíces, y de los cambiums de que se originan, es una característica varietal.

Una vez que la raíz alcanza su completo desarrollo, la epidermis y los tejidos corticales desaparecen y la cáscara se forma de epidermis originada en el periciclo. La raíz se compone entonces sólo del cilindro central y constituye un órga-

no típico de almacenamiento. Las raíces tuberosas forman yemas vegetativas y por eso se utilizan, enteras o cortadas, como material de propagación. Las yemas son al principio más numerosas en la región basal, pero después de algún tiempo aparecen en el centro y parte apical. Al cortar las raíces en trozos transversales se induce la formación de yemas.

Tallos aéreos. La forma y color de los tallos aéreos varían mucho en los diferentes cultivares: pueden ser cilíndricos o aristados, lisos o con lenticelas. Hay tallos con pubescencia abundante, otros carecen de ella; el color varía desde verde hasta morado oscuro, casi negro.

La epidermis está compuesta por una capa de células gruesas, que a menudo se rompe dando origen a lenticelas. La región cortical está constituida por parénquima cargado de almidón; el periciclo es un anillo casi ininterrumpido de fibras, e inmediato a él hay canales de látex. Los tejidos se derivan en su mayor parte del cambium primario, pero son frecuentes cambiums secundarios que forman cordones de floema y xilema.

Hojas. Una de las características más llamativas de *I. batatas* es la gran variación en la forma de las hojas. No sólo son diferentes de un cultivar a otro, sino aun en la misma planta, y a menudo una hoja muestra asimetría en la forma de la lámina. Cuando el camote se propaga por semilla las plántulas provenientes de un mismo fruto con frecuencia presentan hojas de formas muy distintas.

El pecíolo es largo y se separa en la inserción de la hoja en un nervio central y dos o más laterales. La lámina puede ser entera, en cuyo caso predomina la forma triangular a acorazonada, o más o menos recortada. En algunos cultivares los lobos llegan a ser tan profundos que la lámina tiene una forma digitada, con tres o nueve divisiones.

Flores. Las flores aparecen en dicasios de tres a siete flores al final de largos pedúnculos y cada flor tiene un pedicelo corto. El cáliz, con forma de copa en la base, se abre arriba en cinco sé-

palos agudos, verdes o violetas. La corola es suave, tubular y abierta arriba en cinco lobos; mide de dos a cinco centímetros de diámetro por tres a seis centímetros de largo. Su coloración varía de blanco a morado intenso. Los cinco estambres son de diferente longitud. El pistilo puede ser más corto o más largo que el más alto de ellos y esa relación es fija para cada clon (Fig. 30.10E). El pistilo mide de 15 a 25 mm de largo y termina en un estigma globoso. El gineceo se compone de un ovario bilocular, con dos óvulos en cada celda.

Fruto. El fruto del camote es una cápsula que contiene de una a cuatro semillas, por lo común una o dos, negras, de tres a cinco milímetros de largo, con un lado plano y otro convexo. Las semillas están cubiertas por una testa dura que hace difícil su germinación.

Biología floral. Las flores del camote se abren por la mañana y se cierran por la tarde del mismo día, desprendiéndose la corola uno o dos días después. Las anteras se abren la víspera de la antesis, pero el polen no se desprende sino después de abierta la flor. Los estigmas en cambio sólo son receptivos en las primeras horas de la mañana.

La mayoría de los clones de camote son autoincompatibles, sin que este fenómeno parezca estar asociado a heterostilia. Existe también incompatibilidad entre ciertos clones o grupos de clones. En varios de ellos la formación anormal de polen determina un grado alto de esterilidad; en otros el mal crecimiento de los tubos polínicos contribuye a la esterilidad o a la generación de semillas defectuosas.

Cultivares. El número de cultivares de camote es posiblemente de varios centenares. Se derivan de mutaciones de yema, como 'Cliett Bunch' que apareció en una planta de 'Puerto Rico', o de clones descendientes de cruces intervarietales que a menudo muestran vigor híbrido o de retrocruces. Los cultivares han sido seleccionados por su valor alimenticio, especialmente el contenido vitamínico, por la calidad de la pulpa o por resistencia a enfermedades y pestes. La



Fig. 30.11. *Ipomoea aquatica*.

mayoría ha sido obtenidos en áreas extratropicales especialmente en Estados Unidos de América y Japón.

KANGKONG, *Ipomoea aquatica* (*I. reptans*)

El follaje tierno de *Ipomoea aquatica* se utiliza en el Sureste de Asia y el sur de China especial-

mente como verdura en ensaladas y sopas, así como, también en forma muy restringida, en la alimentación animal. Por su alto contenido de vitamina A y como fuente importante de hierro y tiamina, esta especie merece una mayor atención en los trópicos húmedos.

I. aquatica (Fig. 30.11) es una hierba baja cuyos tallos crecen horizontalmente y producen ramillas verticales floríferas. Los tallos rastreros son huecos y emiten raicillas numerosas en los nudos. Las hojas, sagitadas o cordadas, carnosas, miden de cinco a 15 cm de largo. Las flores blancas, con el centro morado o rosadas, brotan de las axilas, solitarias o en grupos hasta de seis flores.

La parte comestible son los tallos y hojas tiernas, que se fríen o cocinan; el follaje duro se usa en la alimentación animal, especialmente de cerdos.

El kangkong se propaga por semilla o vegetativamente; se prefieren para verdura los clones de tallos claros.

REFERENCIAS

- AKEHURST, B.C. 1970 Tobacco. Londres, Longman.
- BURTON, W.G. 1967. The potatoe. Wageningen, Veenman & Zonen.
- EDIE, H.H. & B.W.C. HO. 1969. *Ipomoea aquatica* as a vegetable crop in Hong Kong. Economic Botany 23:32-36.
- GATTONI, L. 1961. La naranjilla. Panamá, Ministerio de Agricultura.
- GERSTEL, D.U. 1961. Essay on the origin of tobacco. Tabacco Science 152.:19-22.
- HAWKES, J.G. 1990. The potato. Evolution, biodiversity & genetic resources, Washington, D.C., Smithsonian Institution Press.

- HEISER, C.B. 1972. The relationship of the naranjilla, *Solanum quitoense*. *Biotropica* 4:77-84.
- JENKINS, J.A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany* 2:379-382.
- LEON, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. Lima, IICA. Boletín Técnico No. 6.
- MANSFELD, R. 1954. Die Obst lienfernden Blausenkirnschen (*Physalis*). *Der Zuchter* 24:1-4.
- MACDONALD, A.S. 1963. Sweetpotatoes, with particular reference to the tropics. *Field Crop Abstracts* 16:219-225.
- MC LEOD, M.J.; W.H. ESBAUGH & S.I. GUTTMAN. 1979. A preliminary biochemical systematic study of the Genus *Capsicum*-Solanaceae. In Hawkes, J.G., R.N. Lester & A.D. Shelding, ed. *The biology and taxonomy of the Solanaceae*. London, Academic Press.
- MARTIN, F. & B.L. POLLACK. 1979. Vegetable for the hot humid tropics. Part 5. Eggplant, *Solanum melongena*. New Orleans, USDA.
- MONTES, S. & J.R. AGUIRRE. 1992. El tomate de cáscara (*Physalis philadelphica*). In Hernández-Bermejo, E. & J. León, ed. *Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492*. Roma, FAO.
- NISHIYAMA, I.; T. MIYAZAKI & S. SAKAMOTO. 1975. Evolutionary autopoloidy in the sweet potatoe (*Ipomoea batatas*, (L.) Lam.) and its progenitors. *Euphytica* 24:197-208.
- PAYNE, W.J.A. 1956. *Ipomoea reptans*, Poir. A useful tropical fodder plant? *Tropical Agriculture* 33:303-305.
- PICKERSGILL, B.; C.B. HEISER & J. MC NEILL. 1979. Numerical taxonomic studies on variation and domestication in some species of *Capsicum*. In Hawkes, J.G., R.N. Lester & A.D. Skelding, ed. *The biology and taxonomy of the Solanaceae*. London, Academic Press. 679-700.
- RICK, C.M. 1978. The tomato. *Scientific American* 239:76-86.
- RICK, C.M. 1975. The tomato. New York, Plenum Press. In R.C. King, ed. *Handbook of Genetics* 2:247-280.
- RICK, C.M. & J.F. FOBES. 1975. Allozyme variation in the cultivated tomato and closely related species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 102:376-384.
- SALAMAN, R.N. 1970. *The history and social influence of the potatoe*. London, Cambridge University Press.
- SCHULTES, R.E. & R. ROMERO CASTAÑEDA. 1962. Edible fruit of *Solanum* in Colombia. *Harvard University Botanical Leaflets* 19:235-286.
- SMITH, O. 1977. *Potatoes: production, storing, processing*. Westport, AVI PRESS. Tobacco Science 1961. 152:19-22.
- VILLANUEVA, N.E. & J. LOYA. 1974. El cultivo del tomate de cáscara en el estado de Morelos. México, INIA. Circular 57.
- WILSON, L.A. & S.B. LOWE. 1973. The anatomy of the root system in West Indian sweet potatoe (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivares. *Annals of Botany* 37:633-643.
- YEN, D. 1974. The sweet potatoe and Oceania. Bernice P. Bishop Museum Bulletin 236.

31. LAMIALES

LAMIÁCEAS (LABIADAS)

Hierbas anuales o arbustos perennes, caracterizados por tallos cuadrangulares, hojas opuestas y flores zigomorfas. Contienen aceites esenciales en las hojas y tallos, por lo que han sido domesticadas para usarlas como condimentos y perfumes. La mayoría de las especies cultivadas se origina de la región mediterránea: romero, *Rosmarinus officinalis*; espliego, *Lavandula angustifolia*; alhucema, *L. latifolia*; salvias, *Salvia* spp.; mentas, *Mentha* spp.; orégano, *Origanum vulgare*; mejorana, *O. majorana*; albahaca, *Ocimum basilicum*; tomillo, *Thymus vulgaris* y otros. De Malasia: patchuli, *Pogostemon* spp. Muchas Labiadas se cultivan por el follaje ornamental, *Coleus*, o por las flores, *Salvia*. En Africa y Asia comen los tubérculos de *Plectranthus*. En Mesoamérica las semillas de ciertos *Hyptis* y *Salvia* se usan en la preparación de refrescos y aceite.

CANTANG, *Plectranthus rotundifolius* (*Coleus rotundifolius*)

Uno de los usos más interesantes de las Labiadas tropicales es la utilización de los tubérculos de varias especies africanas del género *Plectranthus*. La más importante de ellas, *P. rotundifolius* (Fig. 31.1) se cultiva en los trópicos de Africa y el archipiélago indomalayo. Se propaga vegetativamente por estacas y forma una hierba de varios tallos, de 20 a 30 cm de alto. Los vástagos son cuadrangulares, suculentos y quebradizos; las hojas opuestas, con pecíolos de

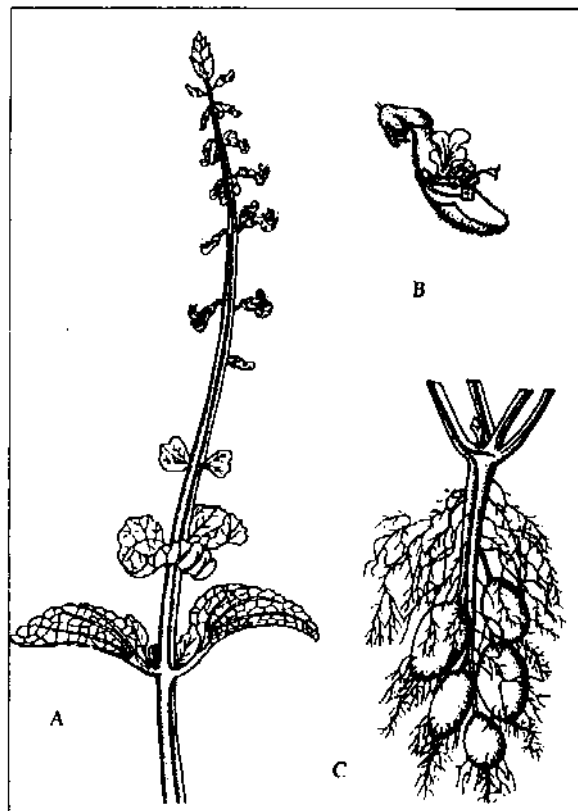


Fig. 31.1. *Plectranthus rotundifolius*. A, porte. B, flor. C, tubérculos.

uno a tres centímetros de largo, ovales a espatuladas, tienen los bordes crenados y la base decurrente en el pecíolo; miden de tres a cinco centímetros de largo por uno a tres centímetros de ancho. Son rugosas, con los nervios hundidos en la cara superior y la pubescencia escasa. Como es usual en esta familia, las hojas de los nudos superiores son muchos más pequeñas y redondas, casi sésiles.

Las inflorescencias en las ramillas terminales se componen de flores agrupadas en seudoverdicios. El cáliz (Fig. 31.1B) verdoso, de dos a tres milímetros de largo, se divide en cinco lobos irregulares. La corola de unos ocho milímetros de largo, de color azulado con puntos rojizos, tiene el labio inferior entero y pubescente, el superior dividido en cuatro lobos redondeados. Los cuatro estambres blancos están unidos en la base y llevan anteras violáceas. El pistilo curvo es mucho más largo que los estambres.

Los tubérculos (Fig. 31.1C) nacen de la parte subterránea del tallo central, casi sésiles, junto con numerosas raicillas fibrosas. Son ovoides o elipsoidales, lisos, de dos a cinco centímetros de largo por uno a tres centímetros de diámetro y en una macolla puede encontrarse hasta un centenar. Los tubérculos maduros están recubiertos por una capa corchosa, de color marrón. La región cortical es angosta y se compone de parénquima con un borde de esclerénquima en la parte externa, poco desarrollado. El floema está formado por masas aisladas de tubos cribosos; el xilema, en cambio, constituye la mayor parte del tubérculo. Como los tejidos corticales, está compuesto de parénquima, cargado de almidón, interrumpido por filas aisladas de vasos. Al centro hay una médula angosta.

Los tubérculos son abundantes en carbohidratos, los que constituyen alrededor del 20% del peso fresco. Contienen de uno a dos por ciento de proteínas, que en estado seco, como se consume algunas veces, sube al seis por ciento. En general son comparables en sabor y valor nutritivo a las papas; se conoce numerosas variedades de propagación clonal.

PAPA KAFIR, *Plectranthus esculentus* (Coleus dazo)

Se cultiva en Africa Central y Occidental. Forma una planta compacta, hasta de 1.5 m de alto, con hojas oblongas, obtusas en los extremos,

de borde entero o crenulado. Las inflorescencias nacen en el extremo de las ramas, cuando éstas están casi secas; se componen de 20 a 40 flores amarillas.

Los rizomas brotan en grupos en forma de mano; son cilíndricos, hasta de 30 cm de largo por tres centímetros de diámetro. *P. esculentus*, a pesar de su alto rendimiento, está desapareciendo del cultivo.

PATCHULI, *Pogostemon cablin*

Las hojas de ésta y otras especies de *Pogostemon*, son utilizadas para la extracción de aceites aromáticos, por destilación. Los aceites tienen uso en perfumería y, en escala más reducida, como medicina.

Pogostemon cablin es posiblemente originario del sureste de Asia, en Filipinas crece silvestre. Su cultivo se intensificó en India e Indonesia, que son actualmente sus productores principales. Es una hierba perenne, hasta de un metro de alto de hojas verde claro, triangulares, con los bordes lobados irregularmente y cubiertas de pelos, especialmente en el lado inferior. Las flores moradas aparecen raramente; la planta en cultivo se propaga por estacas.

Otras especies de *Pogostemon*: *P. heyneanus* y *P. hortensis*, muy afines a la anterior, se utilizan con el mismo propósito, aunque su producto es de calidad inferior.

CHIAN, *Salvia hispanica*

Salvia hispanica es un cultivo menor en México y Guatemala, donde sus semillas se usan en la preparación de refrescos. Al colocárselas en agua se deshace el mucílago que las rodea y se forma una masa gelatinosa, a la que se agrega azúcar y se toma en frío, sin separar las semillas; de éstas se extrae un aceite de buena calidad. *Hyptis suaveolens*, también de Mesoamérica, se

usa en forma similar y recibe el mismo nombre común; se cultiva en algunas regiones y se recoge también las semillas de plantas silvestres. Ambas especies son hierbas anuales, hasta de 1.5 m de altura, de follaje piloso y aromático.

REFERENCIA

CHEVALIER, A. 1905. Les vegetaux utiles de l'Afrique Tropicale Francaise. I. *Coleus*. Paris. Depirot de Publications.

32. ESCROFULARIALES

PEDALIÁCEAS

Esta pequeña familia de plantas herbáceas se encuentra distribuida por todos los trópicos, si bien es más importante en Africa. Se caracteriza por las flores zigomorfas, de corola gamopétala, con el ovario de dos carpelos, cada uno con dos celdas. Las semillas tienen endosperma escaso y la especie de mayor valor comercial, el sésamo, ajonjolí o benne, *Sesamum indicum*, un alto contenido de aceite comestible de superior calidad.

AJONJOLÍ, SÉSAMO, *Sesamum orientale* (*S. indicum*)

Origen. *Sesamum orientale* es una de las oleaginosas de cultivo más antiguo. Restos arqueológicos del Mediano Oriente e India muestran que ya se cultivaba hace 4000 años.

No se conocen poblaciones silvestres de ajonjolí, ni hay acuerdo en el área de domesticación. Especies de *Sesamum* se encuentran desde Africa Central, donde dos de ellas se cultivan en

forma incipiente, hasta Myanmar (Burma). Con el mismo número cromosómico, 2n:26, hay varias especies en Africa y Asia; una de ellas, *S. malabaricum*, de Pakistán, crece silvestre y como maleza y sus híbridos con ajonjolí son fértiles, pero no hay acuerdo completo de que sea su antecesor.

Actualmente su cultivo disminuye en todas las regiones tropicales, con excepción de India. Aunque el aceite es de alta calidad, los rendimientos son bajos comparados con los de otras oleaginosas. Hay un consumo reducido de las semillas como cobertura de pan y tiene otros usos menores en confitería.

Porte. El ajonjolí es una hierba anual (Fig. 32.1). Mide de uno a 2.5 m de altura y el porte es muy variado según las ramificaciones del eje central. En algunos cultivares emite ramas desde la base, que a su vez forman ramillas laterales dando un aspecto arbustivo a la planta. En otros la ramificación sólo se presenta en la parte superior. Los cultivares sin ramificación son tipos recesivos que por la forma de la planta permiten la mecanización fácil de la cosecha.

Las pocas raíces principales se ramifican profusamente, alcanzando 80 a 120 cm de profundidad. Las raicillas crecen hasta 50 cm en radio de la planta y permiten una eficiente absorción de agua. Existen grandes diferencias en el sistema radical entre cultivares tardíos, en los cuales es mucho más amplio y desarrollado, que en los tempraneros, cuya raíz principal es profunda y poco ramificada.

Tallo. El tallo central es cuadrangular, con cuatro costillas bien marcadas especialmente hacia la base, que dejan entre sí surcos poco profundos (Fig. 32.1B). En algunos casos puede tener seis lados; este último carácter está asociado con la presencia de frutos de cuatro carpelos. El corte transversal muestra un área externa dura y una médula blanca y suave. En la parte exterior se distinguen: epidermis, una sola capa de células de paredes externas muy gruesas, de las que salen numerosos pelos en los tejidos nuevos; región cortical, formada de dos bandas, una externa verde de parénquima lleno de cloroplastos y otra interna incolora, de colénquima, que es más gruesa en las esquinas del tallo; endodermis, con células oscuras o cristalinas; periciclo, representado en los tallos viejos por haces aislados de fibras; floema, y finalmente xilema, que ocupa el mayor espacio. El xilema secundario constituye el principal soporte de la planta; en los ángulos del tallo es muy desarrollado y en los surcos se reduce considerablemente. El xilema primario, en cambio, es una banda más angosta, formada básicamente de parénquima con filas aisladas de vasos. La médula está compuesta de parénquima suave y en los tallos adultos tiende a desaparecer dejando hueco el centro.

Hojas. Las hojas en la parte inferior del tallo son decusadas. En la parte superior del tallo esta disposición no es definida y las hojas salen en forma oblicua pero no en posición opuesta.

Las hojas tienen pecíolos largos y delgados, en las inferiores hasta de 20 cm de largo, muy cortos en las superiores, de menos de 0.5 cm. La forma de la lámina varía con la posición de la hoja en la planta. Las inferiores en proporción son

más anchas que las superiores. En forma, varían desde lanceoladas o acorazonadas en la parte inferior, tripartidas o lobuladas en ciertos cultivares, hasta angostamente elípticas o lineares en la superior. El borde de la lámina puede ser entero o dentado.

Las hojas y los tallos jóvenes están cubiertos de una pubescencia viscosa. Hay dos tipos de pelos, unos largos, terminados en una esferita, y otros muchos más cortos que concluyen en cuatro esferitas transparentes; los primeros son los más abundantes en los tallos y nervios de las hojas. El lado superior de éstas tiene pubescencia larga y más escasa que el inferior.

Flores. Las yemas florales aparecen solitarias o en grupos en las axilas de las hojas. Un factor dominante determina que sea una, pero en las variedades cultivadas pueden haber dos o tres por axila. Es muy frecuente también que las axilas inferiores sólo tengan una flor y las intermedias o superiores dos o tres.

En cada inserción de flores hay dos brácteas muy delgadas que caen pronto, y dos nectarios, cuerpos cortos y cilíndricos, de uno a dos milímetros de largo, amarillos en la madurez, con una apertura, muy fina en el ápice. Estos nectarios salen del pedúnculo; si hay tres salen del lado interior de las flores exteriores, es decir, que el del centro carece de ellos. Estos nectarios han sido interpretados como flores que no se desarrollan.

El cáliz (Fig. 32.1C) se forma de cinco sépalos agudos, unidos por la base, verdes, cubiertos de pelos largos en su lado externo; el cáliz permanece adherido al fruto maduro. La corola es campanulada, tubular en la parte inferior, encorvada arriba y se abre en cinco lobos irregulares; el inferior o labelo es el que más se proyecta hacia afuera. La base es por lo general blanca; la parte superior blanca o morada pálida, siendo este último tono determinado por un factor dominante. Los estambres son cuatro, rara vez cinco; dos de ellos muy cortos y dos más largos que el estilo, o aproximadamente de igual longitud. El estilo es de longitud intermedia entre los dos pares de es-

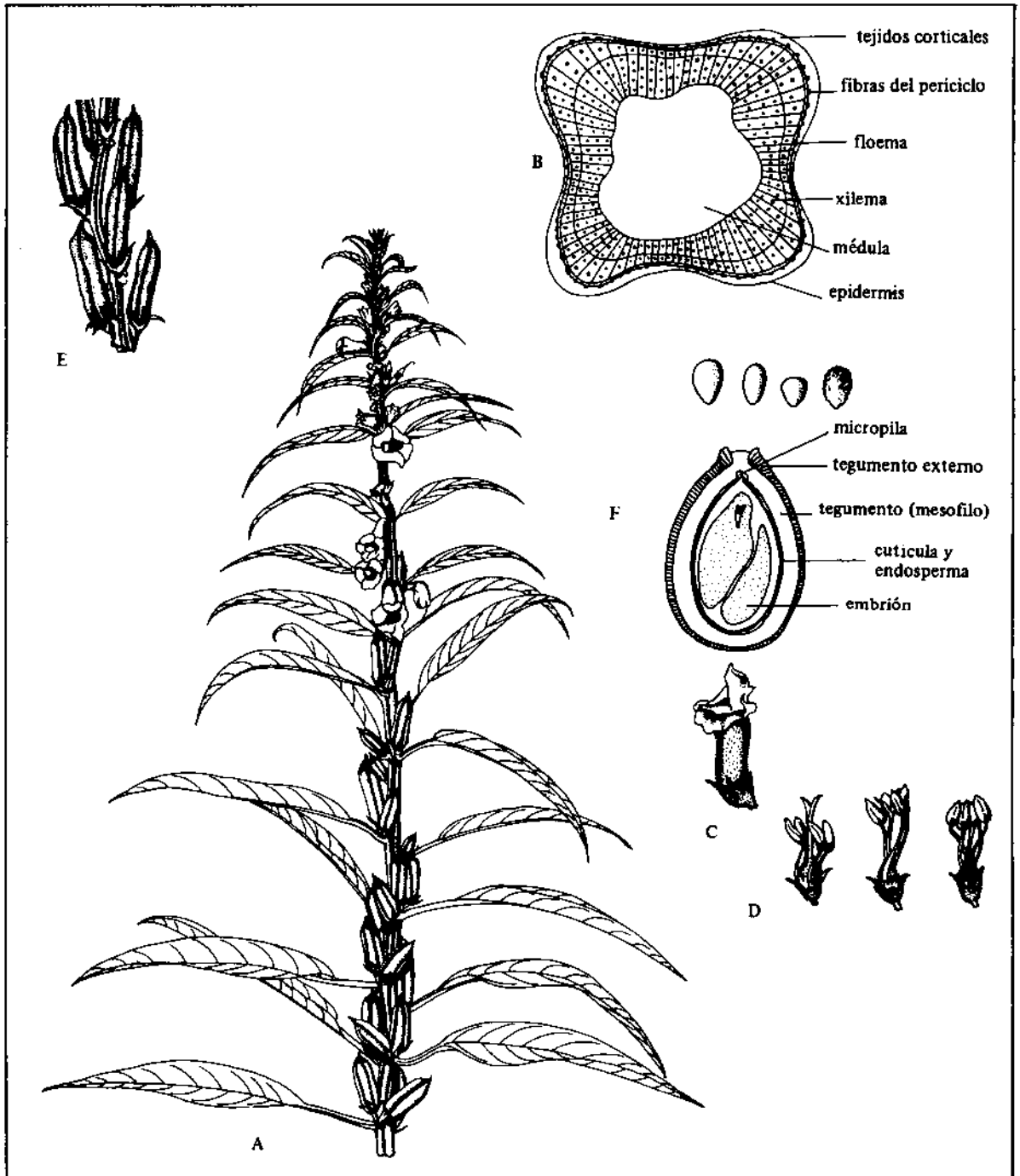


Fig. 32.1. *Sesamum orientale*. A, porte. B, corte transversal del tallo. C, flor. D, tipos de flor. E, frutos. F, corte longitudinal de la semilla.

tambres, o más corto o largo que éstos (Fig. 32.1D). El ovario súpero está dividido corrientemente en dos celdas, o en cuatro en ciertos cultivares de Japón y China.

En ajonjolí existe una anormalidad floral (filoidia) que consiste en que la corola se transforma en un órgano de color verde, con lobos semejantes a hojas. Este fenómeno se presenta en todos los cultivares y en algunos países llega a ser de importancia económica, pues impide la formación de semillas.

Biología floral. Las primeras flores aparecen en las variedades tempranas un mes después de la siembra; en las tardías de seis a ocho semanas. Se abren en las primeras horas de la mañana y la corola se desprende sin cerrarse ni marchitarse en la tarde del mismo día; en algunos casos caen un poco más tarde. Unas horas antes de abrirse la corola, las anteras comienzan a soltar el polen y el estigma es receptivo. En esta etapa, cuando la corola aún no está abierta, los dos estambres más largos se colocan al nivel de los estigmas y por lo tanto es normal que haya autopolinización. Los insectos visitan las flores durante el día y pueden ser los agentes de polinizaciones cruzadas. En India el porcentaje de fertilización cruzada llega al 65%.

Fruto. El fruto es una cápsula de dos a cinco centímetros de largo, formada generalmente de dos carpelos (Fig. 32.1E). Cada uno de éstos se divide a su vez en dos por un tabique, de modo que en el fruto maduro hay cuatro celdas longitudinales con 15 a 25 semillas cada una. El fruto está cubierto del mismo tipo de pubescencia que se halla en las hojas y en el tallo; a la madurez se abre por las suturas longitudinales de la cápsula, lo que determina que la parte superior se divida en dos dejando salir así las semillas, que se desprenden fácilmente. Hay cultivares de frutos indehiscentes.

Semilla. La semilla del ajonjolí es aplanada; vista de frente es de forma obovoide con la base muy angosta (Fig. 32.1F), y por uno de sus lados presenta una línea mediana más oscura, la rafe. Los bordes son delgados, lisos o dentados. La

longitud de la semilla varía según el cultivar de dos a cuatro milímetros y la anchura de uno a dos milímetros. El color externo puede ser blanco, gris, marrón o negro.

La semilla tiene la testa dura, de células alargadas en sentido radial; la mayoría de ellas tiene en su lado externo un cuerpo cristalino muy grande y numerosas gotas de aceite. Debajo de la testa quedan los restos de la nucela, muy aplanados, que se forman de células comprimidas. La estructura siguiente es la capa de aleurona o endosperma, constituida por tres a cinco estratos de células: las más externas, que dan a la nucela, tienen paredes muy gruesas; todas estas células son muy ricas en gotas de aceite. Finalmente, están los cotiledones, que ocupan la mayor parte de las semillas; las células externas de los cotiledones son anchas y las más internas delgadas y largas.

El ajonjolí es una de las oleaginosas de mayor valor económico. Aproximadamente la mitad del peso de la semilla es aceite; el resto se forma de proteínas (20 a 35%), carbohidratos (ocho a 18%), minerales (dos a seis por ciento), fibras, agua (cinco por ciento) y otros. El aceite sirve para cocinar o para ensaladas y los tipos inferiores para jabonería, perfumería e insecticidas.

La torta de ajonjolí, o sea la pasta que queda después de extraer el aceite, se emplea en alimentación animal y humana. Contiene de 25 a 50% de grasa y cerca del 25% de proteína, de donde se puede deducir su alto valor nutritivo.

Variabilidad y mejoramiento. El ajonjolí presenta una variación muy amplia. En ciertas regiones de India se reconoce más de 100 cultivares y en colecciones para mejoramiento se cuentan más de 500. Las características de mayor valor agrícola son, en primer lugar, el rendimiento, que resulta de la interacción de varios caracteres: tipo de porte, número de cápsulas, tamaño de semilla y otros. Un segundo carácter de importancia es la indehiscencia de los frutos de gran valor donde la cosecha se ha mecanizado. Este carácter se presenta como una mutación rara, de tipo recesivo simple. Como estas mutantes tienen

ciertos caracteres desfavorables, como bajo rendimiento, por hibridación se ha obtenido cultivares comerciales indehiscentes. Hay también variedades tardías y tempranas, de maduración simultánea o de período largo. La resistencia a enfermedades e insectos, especialmente a áfidos tiene cierta importancia; hay también gran variedad de enfermedades fungosas que afectan al tallo y a la hoja.

Se ha obtenido algunos híbridos interespecíficos que muestran una esterilidad muy marcada, así como tipos tetraploides por aplicación de colchicina, que aún no han alcanzado la categoría de cultivares comerciales.

33. RUBIALES

RUBIÁCEAS

Las Rubiáceas son plantas de porte muy variado, desde herbáceas a arbóreas, con hojas opuestas y unidas por estípulas bien desarrolladas. Las flores tienen cáliz y corola regulares, con cuatro a seis piezas unidas; en la corola la sección inferior forma un tubo, que se abre arriba en cuatro a seis pétalos en forma de estrella. Los estambres, en número igual al de pétalos, salen del tubo de la corola. El ovario es generalmente de dos lóculos, aunque pueden haber tres o más. El estilo tiene a menudo longitud variable (heterostilia) en la misma especie. Los frutos son cápsulas, bayas o drupas.

Las Rubiáceas incluyen varias especies útiles: el café, que constituye el producto agrícola más importante del comercio mundial; la ipecacuana y las quininas, que se utilizan como medicinales; en los trópicos hay varias especies frutales de poca importancia.

REFERENCIAS

- JOSHI, A.B.; E.S. NARAYANAN & R.S. VAUDWA. 1961. *Sesamum*, New Delhi, Indian Council of Agricultural Science.
- NAYAR, N.M. 1995. Sesame, *Sesamum indicum* L. In Smartt, J. & N.W. Simmonds, eds. Evolution of crop plants. London, Longman. p. 404-406.
- NAYAR, N.M. & K.L. MEHRA. 1970. Sesame: its uses, botany, cytogenesis and origin. *Economic Botany* 24:20-31.

Estimulantes

CAFÉ ARÁBIGO, *Coffea arabica*

El café del comercio proviene especialmente de *Coffea arabica* y de *C. canephora*, y en escala muy limitada de *C. liberica*. *Coffea arabica* se cultiva principalmente en el centro de Brasil, en una área de baja altitud ya casi en el límite de la franja tropical; en las zonas montañosas desde México a Bolivia, arriba de 1000 m de altitud; en las tierras altas de Africa Oriental y, en menor escala, en áreas montañosas de India, Filipinas e Indonesia.

Origen. *Coffea arabica*, $2n = 48$, es el único poliploide en el género *Coffea* en que, como en muchas otras Rubiáceas, el número básico es $x: 11$. Crece espontáneamente en las montañas de Etiopía y áreas vecinas de Sudán, sobre los 1500 msnm, aislada de las otras especies del gé-

nero, cuyo centro de mayor diversidad está en Africa Occidental. No hay mucha evidencia citogenética sobre su origen, pero lo que se conoce parece indicar que es un alotetraploide. Como posibles especies parentales se ha mencionado, basándose en su afinidad fenotípica, *C. eugenioides* y *C. congensis*, ambas diploides.

Un problema especial en el origen de *C. arabica* es que en su habitat natural no se encuentran otras especies del género, de modo que si resultó de un cruce interespecífico y de la duplicación cromosómica subsiguiente, estos debieron ocurrir fuera del área actual, de donde se extendió después hacia las tierras altas de Etiopía. Otra posibilidad es que se derive de especies que ya desaparecieron del área actual de dispersión. Finalmente, y aunque la evidencia disponible no la soporta, no puede descartarse la posibilidad de un origen autoploiploide.

El uso primitivo de mascar las semillas, aun practicado en Etiopía, pudo conducir a encontrar las propiedades estimulantes de éstas y a utilizarlas en la preparación de bebidas. La torrefacción fue inventada por los árabes hacia el siglo XII y con ella se extendió el uso moderno del café como estimulante. Esta propiedad se debe al contenido de cafeína, alrededor de uno por ciento del peso de las semillas en *C. arabica*, mayor en *C. canephora* y *C. liberica*.

El cultivo del café se expandió de Etiopía a Arabia posiblemente durante la Edad Media. A fines del siglo XVIII se introdujo a Java de Yemen. Semillas de Java cultivadas en jardines botánicos de Amsterdam y París dieron el material de siembra para el Nuevo Mundo, donde se plantó primero en Surinam y Antillas francesas y de donde su cultivo se expandió a inicios del siglo XIX por el resto de América tropical. Este material, proveniente de unas pocas plantas muy homogéneas debido al alto grado de autofertilidad de la especie, era una base genética muy estrecha. Directamente desde Africa, en el último medio siglo se ha introducido a América tropical y el Sureste de Asia nuevo germoplasma.

Porte. El porte de *C. arabica* (Fig. 33.1A) resulta de un tipo de arquitectura de planta poco común, caracterizado por el dimorfismo de ejes; consiste de un eje vertical u ortrópico del que salen ejes laterales o plagiotrópicos.

En plantas provenientes de semilla el tallo crece por un meristema apical que forma nudos y entrenudos. En los primeros nueve a 11 nudos aparecen hojas opuestas en filotaxia de 2/5; en cada nudo hay dos estípulas, opuestas a las hojas (Fig. 33.1E). Las estípulas se distinguen por una prominencia horizontal en la base y terminan en un ápice agudo; en estructura y color son similares a las hojas y desaparecen conforme maduran los tallos.

A partir generalmente del doceavo par de hojas aparecen yemas vegetativas en las axilas de aquellas, que se desarrollan en ramas laterales. Como el eje central continúa creciendo por el meristema apical, se forman nuevas ramas laterales en los nudos superiores y las plagiotrópicas inferiores continúan su crecimiento, la planta adquiere una forma piramidal o cónica; este tipo de porte no corresponde a lo que se conoce como arbusto, aunque comúnmente se aplique este término a la planta de café.

Rara vez se encuentran plantas con porte natural, pues en el cultivo se podan o agobian para adaptarlas a las necesidades del manejo y recolección. La altura varía ampliamente; llega hasta unos cinco metros en 'Maragogipe' y en cambio, en algunas segregaciones de 'Murta', apenas alcanza un decímetro. Las mutaciones braquíticas, o sea de entrenudos más cortos que los normales, como el 'Caturra', se prefieren actualmente en el cultivo intensivo porque su tamaño permite una mayor densidad de siembra y por facilitar la poda y recolección.

Dimorfismo de ramas. En todas las especies de *Coffea* el dimorfismo de ramas es bien marcado. Los ejes verticales u ortotrópicos tienen yemas vegetativas en los nudos, de los que se desarrollan ramas laterales; muy rara vez forman inflorescencias. Los ejes horizontales o plagiotró-

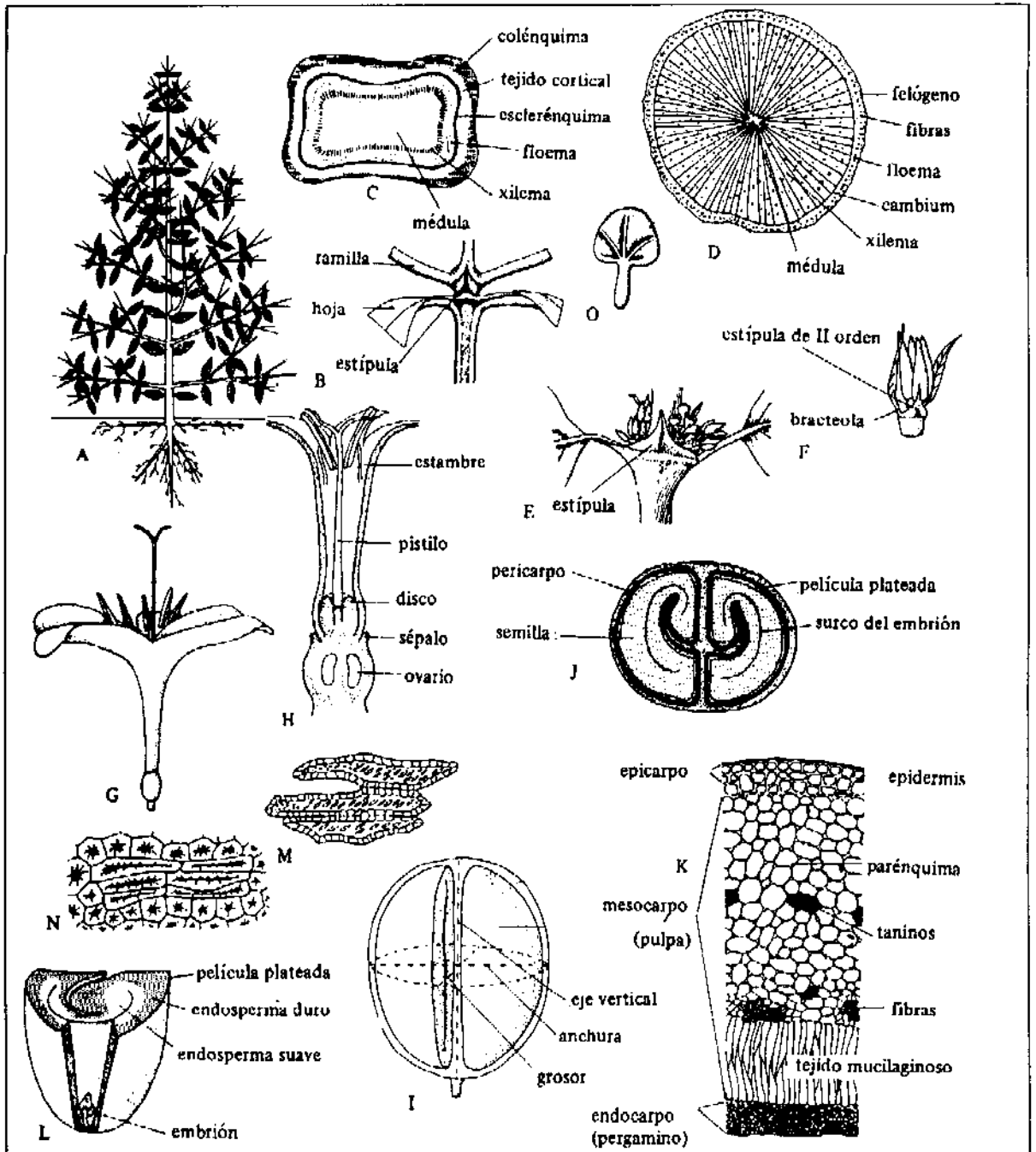


Fig. 33.1. *Coffea arabica*. A, porte esquemático. B, inserción de ramas y hojas. C, corte transversal del tallo joven. D, corte transversal del tallo desarrollado. E, axilas florales. F, inflorescencia antes de la antesis. G, flor. H, corte longitudinal de la flor. I, ejes del fruto. J, corte transversal del fruto. K, corte transversal del pericarpo. L, corte de la semilla. M y N, esclereidas del pergamino. O, embrión.

picos, en cambio, llevan yemas floríferas en las axilas de las hojas.

En el eje ortotrópico joven los nudos están marcados claramente por las estípulas y la inserción del par de hojas. En la axila superior, formada por una hoja y el tronco, hay una serie de hasta cinco yemas vegetativas; de la primera de ellas, o sea la más próxima al tallo, se desarrolla la rama lateral o plagiotrópica. Con frecuencia y debido a la elongación del tallo, la inserción de esta rama aparece a cierta distancia arriba de la axila. En una axila sólo se desarrolla una yema, que genera una rama plagiotrópica mientras las otras permanecen latentes, pero si el meristema apical del eje ortotrópico se destruye, o si el tronco se dobla o inclina, algunas de estas yemas forman nuevos ejes ortotrópicos llamados "chupones", que salen entre la axila de la hoja y la inserción de la rama plagiotrópica. Las yemas que forman los "chupones" pueden permanecer latentes por muchos años y en la base de los cafetos viejos, invisibles bajo la corteza, hay muchas de ellas. Los sistemas de poda y renovación se basan en esta característica para obtener nuevos ejes verticales y, eventualmente, ramas floríferas.

Las ramas horizontales o plagiotrópicas que brotan del tallo central se llaman de primer orden; de las axilas de éstas pueden brotar ramas de segundo orden y así hasta de cuarto orden. Todas ellas llevan pares de hojas opuestas que por la torsión de los pecíolos se acomodan más o menos en un mismo plano. Las axilas de las ramas plagiotrópicas de cualquier orden producen inflorescencias, por lo común sólo una vez, de modo que la producción de flores de desplaza conforme pasan las floraciones hacia el ápice de la rama.

No existen diferencias anatómicas reconocibles en la estructura de las ramas verticales y plagiotrópicas. En ambas las porciones terminales (Fig. 33.1B) nuevas son más o menos prismáticas, con bordes redondeados. Los tejidos primarios consisten de epidermis, debajo de la cual hay varias capas de colénquima que sirven de soporte. Los tejidos corticales que le siguen hacia adentro

están llenos de cloroplastos, que dan el color verde a las partes nuevas de los tallos. El cilindro central consiste de periciclo y cordones de floema y xilema, los últimos unidos formando un anillo.

Cuando aparece el cambium vascular se forman los tejidos secundarios (Fig. 33.1C): hacia adentro el xilema o madera, que es pesado y compacto, a veces con un espacio o médula vacía al centro, y hacia afuera la corteza formada de floema secundario, fibras de periciclo y restos de tejidos corticales. Hay en la corteza un felógeno del que se derivan tejidos nuevos que reemplazan a los que se desprenden continuamente de las partes viejas del tronco y las ramas. Como el crecimiento es radial, tanto los ejes ortotrópicos como plagiotrópicos adquieren una forma cilíndrica en la madurez.

Las ramas laterales tienen un punto apical de crecimiento que va formando nuevas hojas y entrenudos. El número de éstos puede ser alto en un año, lo que significa que al siguiente habrá en las axilas formadas muchas flores y frutos. En ese año el número de nuevas axilas será bajo, pues las reservas de la planta se consumen en la florescencia y desarrollo de frutos. Estas diferencias de crecimiento ocurren simultáneamente en todas las ramas de una planta. Un fenómeno semejante se presenta también en toda la plantación: un año de buena cosecha está determinado por un alto porcentaje de plantas con muchas axilas cargadas de frutos y poco crecimiento vegetativo, mientras que un porcentaje bajo de ellas ese mismo año tiene poca cosecha y formación activa de nuevas axilas florales. El año siguiente será de baja cosecha, que provendrá en su mayor parte de las plantas que el año previo habían tenido una buena formación de axilas y poca cosecha; esta alternabilidad en rendimiento se llama producción bienal.

La diferencia entre ramas ortotrópicas y plagiotrópicas es más evidente en la propagación vegetativa. Al enraizar o injertar ramas ortotrópicas se desarrolla una planta normal, pero si se enraiza o injerta una ramilla plagiotrópica resul-

ta una planta baja y compacta con sólo ramas laterales, aunque eventualmente puede formar, después de varios años, brotes ortotrópicos. Esta diferencia es de mucha importancia práctica en aquellos trabajos en que se requiere propagación vegetativa, como en la reproducción de clones.

El diformismo de ramas también debe tomarse en cuenta en los trabajos de poda. Si una planta de café se deja a libre crecimiento el eje central continúa creciendo indefinidamente. La cosecha se concentra en el crecimiento nuevo de las ramas inferiores y en las ramas nuevas cerca del ápice. Así, la producción anual de una planta aumenta continuamente hasta los cinco a siete años y a partir de entonces disminuye notoriamente. Para evitar una baja en la producción se aplican diversos métodos de poda o agobio, cuyo fin principal es formar nuevos ejes verticales, eliminando la yema terminal del primer tallo. Estos ejes verticales forman más ramas laterales y hay por lo tanto un mayor número de axilas florales que en plantas a libre crecimiento.

Sistema radical. Como en el tronco, en el sistema radical hay un eje central, una raíz pivotante y cónica, que alcanza una profundidad máxima de 50 a 60 cm. En las operaciones de cultivo, semillero y trasplante, es muy corriente que se corte el extremo de esta raíz principal. De ella salen dos tipos de raíces de primer orden, unas profundas de sostén o axiales y otras que se extienden horizontalmente o laterales. De estas últimas brotan las raicillas alimentadoras, que se encuentran en más del 80 % en los 30 cm superiores del suelo, en un radio a partir del tronco que en la planta adulta fluctúa entre dos y 2.5 m. Con frecuencia no se distinguen las raíces axiales de las laterales; las primeras también pueden tener numerosas raicillas alimentadoras a mayor profundidad. En una raíz vieja la madera (xilema secundario) ocupa el mayor volumen; la corteza se forma el floema secundario con tubos cribosos y células anexas y fibras del periciclo que aparecen en cordones aislados y le dan solidez. Hay también una capa generatriz que forma con-

tinuamente los nuevos tejidos que reemplazan a los externos que se van desprendiendo.

Hojas. Las hojas aparecen en las ramas plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta rodeadas por dos estípulas agudas. Tienen el pecíolo plano arriba, convexo abajo. La lámina es delgada, fuerte y ondulada; mide de 12 a 24 cm de largo por cinco a 12 cm de ancho y su forma varía de elíptica a lanceolada. La cara superior es verde-oscuro, brillante y con los nervios hundidos; la inferior verde claro, mate y con los nervios prominentes.

En la cara inferior de la hoja, en el ángulo formado por el nervio central y los laterales, aparecen pequeños agujeros de forma irregular que se abren a cámaras diminutas. Son llamadas domacias, y se les observa en la cara superior como protuberancias pequeñas y redondas en la inserción de los nervios laterales. Las domacias tienen por lo común pelos finos y forman un repliegue interno de la epidermis. No se conoce su función; con frecuencia viven en ellas ácaros muy pequeños.

Inflorescencias. Las flores en *Coffea* brotan sólo de las axilas superiores formadas por las hojas en ramas plagiotrópicas. En cada axila hay de una a cinco inflorescencias, originalmente colocadas en línea recta entre la rama y la hoja. Este orden no se mantiene al crecer; la primera en abrirse es la más próxima a la rama. Cada inflorescencia es una ramilla comprimida, con nudos y entrenudos; los dos primeros son similares a los que aparecen en los ejes plagiotrópicos pues están formados por un par de estípulas opuestas que alternan con brácteas que, en forma y estructura, son semejantes a hojas, sólo que más pequeñas, pues la mayor de ellas no llega a un centímetro de largo. El tercer nudo está situado en la base de las flores, en forma de estípulas cortas (Fig. 33.1E). De cada uno de los dos nudos inferiores salen pares de ejes laterales que llevan numerosos primordios florales, y el eje central termina en tres flores (Fig. 33.1F). En los ejes laterales por lo común sólo se desarrolla en flor normal un primordio apical, y en el eje central una a tres

flores. De esa manera se forman de tres a siete flores por cima y de cuatro a 18 por axila.

Flor. La flor individual en *Coffea* tiene de base un receptáculo carnoso, más ancho en el ápice, que termina en la parte externa en el cáliz e internamente en un disco (Fig. 33.1G,H). El cáliz consiste de cinco dientes finos e irregulares, a manera de un reborde verde y continuo. El disco, una estructura en forma de anillo, ocupa el espacio entre la corola y el pistilo y funciona como nectario; aparece más tarde en el ápice del fruto maduro como un reborde circular con una depresión en el centro, la que corresponde a la inserción del estilo. La corola tubular en la base se abre arriba en cinco pétalos que conforme avanza la antesis se despliegan hacia afuera y que al final quedan en posición horizontal; es blanca en todos los cultivares, con excepción de 'Purpurascens' en que es rosada-pálido, y succulenta por estar formada en su mayor parte de parénquima lacunoso.

El tamaño varía considerablemente; el tubo mide de cinco a 12 mm de largo y los pétalos de ocho a 12 mm de longitud por tres a cuatro milímetros de anchura. Los estambres están insertos en el tubo de la corola, en posición alterna con los pétalos; las anteras, de siete a 10 mm de largo, se abren en dos suturas longitudinales. El ovario inferior contiene dos óvulos anátropos. El pistilo que sale del centro del disco es un cuerpo cilíndrico, delgado y blanco, que se abre en dos ramas estigmáticas juntas al principio de la antesis y que luego se separan y doblan al marchitarse. Las superficies estigmáticas están cubiertas de papilas muy finas.

Biología floral. La floración en café se presenta simultáneamente en toda una región y dura pocos días. Hay varios factores que contribuyen a este fenómeno: el desarrollo de las yemas en las cimas florales es inducido por días cortos y las yemas permanecen latentes si no hay precipitación, pero se desarrollan rápidamente si las plantas reciben agua de lluvia o riego. El número de floraciones varía entonces según las nor-

mas de precipitación; en sitios con estaciones alternas hay una al año, en lugares con dos estaciones lluviosas hay dos floraciones principales, y en sitios de humedad continua varias al año.

Las flores se abren en las primeras horas de la mañana pero las anteras emiten polen antes de la antesis. Como en esta especie no hay mecanismos conocidos de autoesterilidad, se puede asumir que la autofecundación es normal. El polen alcanza los óvulos en pocas horas y la fertilización se completa en cuatro o seis días.

Fruto. Los óvulos fecundados se mantienen latentes por unas cuatro semanas y luego inician un crecimiento rápido, de modo que alrededor de 80 o 100 días después de la fertilización el fruto alcanza su tamaño completo. El crecimiento se detiene por unos cuatro meses, para iniciar después los procesos de maduración, que dura entre 40 y 60 días. El fruto maduro es una drupa elipsoidal en los cultivares comerciales, ligeramente aplanada, cuyos tres ejes principales miden 12 a 18 mm de longitud, ocho a 14 mm de ancho y siete a 10 mm de grosor (Fig. 33.1I). La diferencia entre las dos últimas medidas se debe a que la drupa contiene dos semillas plano-convexas. El grosor se mide a lo largo del tabique que las separa y la anchura en la dirección de la pared convexa de la semilla. En el ápice queda el disco con una depresión central, que corresponde a la base del estilo. En algunas variedades quedan también partes del cáliz, verdes y agudas.

El pericarpo (Fig. 33.1J) comprende tres secciones de diferentes características; las dos más externas, epicarpo y mesocarpo, se llaman por lo común "pulpa"; la interna o endocarpo es el "pergamino", que al madurar se separa y cubre las semillas. El epicarpo está constituido por una sola capa de células de paredes finas en la que hay numerosos estomas. El mesocarpo se compone de parénquima rico en azúcares, taninos y sustancias colorantes; hacia la parte externa las células son pequeñas e isodiamétricas, hacia el centro más grandes y con frecuencia aplanadas;

por último, donde entra en contacto con el endocarpo hay una a dos capas de células grandes rectangulares, con el eje mayor en sentido radial. En la madurez estas últimas se rellenan de mucílago y se desintegran, separando así el mesocarpo del endocarpo, o sea la "pulpa" del "pergamino". El mesocarpo está atravesado por haces vasculares de diversos tamaños.

El endocarpo o "pergamino" es una capa dura, formada por varios estratos de células de paredes gruesas o esclereidas (Fig. 33.1K), muy alargadas y colocadas en diversos sentidos. Son amarillentas y dan al pergamino la característica coriácea de que se deriva su nombre.

Semilla. El óvulo en *C. arabica* consiste de una nucela muy pequeña rodeada del tegumento. El óvulo al crecer alcanza su tamaño máximo entre 80 y 100 días después de la fertilización y el tegumento ocupa entonces la mayor parte del volumen; es un tejido suave y acuoso, verdusco por el contenido de clorofila. A partir de esa etapa el tegumento es reemplazado sucesivamente por el endosperma y en la semilla madura sus restos ocupan un volumen muy reducido, constituyendo la llamada "película plateada".

En *C. arabica* la semilla es un cuerpo plano-convexo, de nueve a 18 mm de largo, seis a 10 mm de ancho y cuatro a ocho milímetros de grosor, convexo al lado externo, plano y con un surco longitudinal en la cara interna. Está constituida en su mayor parte por endosperma, ya que el embrión que se halla en la parte basal es de tamaño reducido. El endosperma es coriáceo, verdoso o amarillento y forma un repliegue complicado que se inicia en el surco de la cara plana; en él se distinguen una capa externa, más oscura y densa, llamada endosperma duro, y otra central más clara, el endosperma suave.

En corte transversal el primero presenta una capa exterior de células pentagonales, seguida por varios estratos de células más grandes y prismáticas, con las paredes engrosadas en forma irregular. En el parénquima suave las células son de mayor tamaño y de paredes más delgadas y se desintegran dejando lagunas o espacios va-

cíos. Las células del endosperma contienen almidón, aceites, azúcares, alcaloides como cafeína, y otras sustancias. Al tostarse la semilla ocurren cambios profundos en la estructura de estas células; el más importante es la formación de cuerpos aromáticos, que se liberan cuando al moler el café tostado se quiebran las paredes de las células y da al producto comercial sus características de aroma y sabor.

El embrión queda en la parte inferior de la semilla y en el lado convexo aparece como una mancha más clara. Consiste del hipocotilo y dos cotiledones superpuestos y mide de dos a cinco milímetros de largo (Fig. 33.1L). Al germinar brota primero la radícula, que se curva luego hacia la tierra y emite varios grupos de raicillas laterales. El hipocotilo crece y levanta los cotiledones, envueltos por el pergamino, la película plateada y los restos del endosperma duro, que por último se desintegran. Al desaparecer las coberturas los cotiledones verdes se extienden horizontalmente y entre ellos se desarrolla la plúmula, que formará el resto del tallo y follaje.

Contenido de cafeína. La cafeína no se encuentra solamente en el género *Coffea* ni en todas sus especies; los cafés diploides de Madagascar, para el caso, carecen de ella. Tampoco está reducida a la semilla, pues está presente en otras partes de la planta, aunque en concentración menor. Hay cafeína en especies de familias y géneros muy diferentes: cacao, té, guaraná, y otros.

Las propiedades estimulantes de la cafeína fueron el factor que determinó la domesticación del café y de los otros cultivos en que se encuentra. Su contenido en *C. arabica* varía, según el cultivar, entre 0.5 y 2% MS y es de origen poligénico; no tiene relación con la calidad, cuyos factores determinantes, como aroma, acidez y cuerpo, son en una parte intrínsecos y en otra atribuibles a efectos ambientales o de la preparación de las semillas.

Variabilidad. *Coffea arabica* muestra en todos sus cultivares un alto grado de compatibilidad y mecanismos de polinización que tienden a mantener su homogeneidad. La diversidad en

las poblaciones cultivadas se debe en particular a mutaciones que afectan no sólo sus características fenotípicas sino otros factores, como los que determinan la calidad o el contenido de cafeína. 'Maragogipe' es un caso de un mutante monogénico, aparecido posiblemente sólo una vez en que el efecto pleiotrópico cambia la forma y tamaño de hojas y frutos, tipo de porte y cantidad de cosecha. En las últimas décadas los mutantes braquíticos, de porte bajo y compacto, como 'Caturra', han sido preferidos en el cultivo comercial por su cosecha tempranera y fácil recolección, reemplazando a las variedades tradicionales 'Typica' y 'Bourbon'.

La hibridación tiene un papel cada vez más importante. Un híbrido natural aparecido en Brasil, 'Mundo Novo', se cultiva en grandes extensiones, e híbridos resistentes a la roya causada por *Hemileia vastatrix* han sido obtenidos usando dos fuentes de resistencia: una, poblaciones etíopes que han evolucionado junto al parásito por muchas generaciones, y otra el llamado "híbrido de Timor", aparecido en esa isla y que se supone resultó del cruce con *C. Canephora*.

Dos métodos biotecnológicos recientemente desarrollados hacen posible la multiplicación de plantas híbridas. Uno es la formación de plántulas de callos formados en proceso húmedo a partir de fragmentos de hojas. Otro es la propagación por microestacas, obtenidas de tallos ortotrópicos.

CAFÉ ROBUSTA, *Coffea canephora* (*C. kouiouensis*, *C. laurentii*, *C. robusta*)

El café robusta se cultiva en las tierras bajas de los trópicos, especialmente en África Occidental e Indonesia, y en forma muy reducida en América tropical; su utilización en mezclas de café soluble ha incrementado la producción en las últimas décadas.

Origen y dispersión. Poblaciones espontáneas de *C. canephora* (Fig. 33.2) se encuentran en la selva guineana de África Occidental, de Senegal hasta Angola y ascienden hasta 1200 m de altura en Uganda. Crecen en lugares claros: bosques en galerías o en las orillas de los ríos. Los primeros cultivos fueron establecidos antes de la llegada de los europeos en África Oriental, en la cuenca de los grandes lagos, posiblemente como una adaptación de prácticas basadas en el cultivo más antiguo de *C. arabica* en Etiopía. También parece haber sido cultivado por los indígenas en el valle bajo del Congo y fue en esa región donde los europeos establecieron los primeros cultivos a fines del siglo pasado; luego se hizo siembras en el valle medio del Congo y fue de allí donde se enviaron en 1900 las primeras semillas a Indonesia, cuando la roya había terminado con las plantaciones de *C. arabica* en el Sureste de Asia. En Indonesia se desarrolló el cultivo tecnificado de *C. canephora* y fueron establecidas las bases de su mejoramiento genético, que actualmente es más activo en Senegal y Costa de Marfil.

Coffea canephora es diploide, $2n: 24$, y la mayoría de sus poblaciones muestra un alto grado de autoincompatibilidad. En el área tan amplia en que crece espontáneamente, las poblaciones se han diferenciado a tal grado por el aislamiento geográfico o la acción del hombre que varias de ellas han sido descritas como especies: *C. kouiouensis*, *C. laurentii*, *C. ugandae*, *C. robusta* y otras. El cultivo moderno en Indonesia y África se inició con germoplasma fenotípicamente diferente, pero pronto se observó que entre las entradas de origen distinto no había barreras de fertilidad y que el nombre con prioridad de *C. canephora* debía aplicarse a todas esas poblaciones, no obstante que muchas de ellas sean fenotípicamente distintas.

Porte. Como en la especie anterior, en *C. canephora* hay un tallo central ortotrópico y ramas plagiotrópicas floríferas. Tiene, sin embargo, una tendencia a la producción de tallos basales, por lo que con mucha frecuencia su porte es el de

un arbusto típico. Alcanza una altura hasta de 12 metros con la copa terminal en forma de pirámide.

Las ramas plagiotrópicas en esta especie generalmente no ramifican, excepto las basales. Las hojas, elípticas a oblongas, son más grandes que en *C. arabica* y muy onduladas en ciertas poblaciones; miden corrientemente de 12 a 26 cm

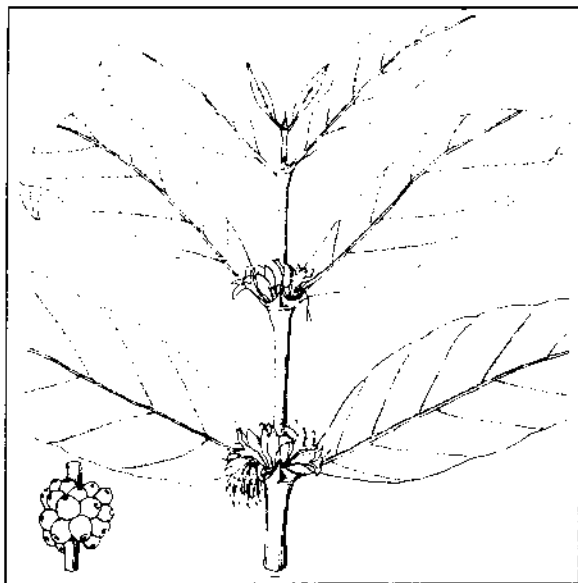


Fig. 33.2. *Coffea canephora*.

de largo por cinco a 12 cm de ancho. No hay en ellas caracteres anatómicos de importancia que las diferencien de *C. arabica*.

Inflorescencia. La estructura de la inflorescencia descrita para la especie anterior es más o menos la misma para *C. canephora*, aunque en ésta hay mayor número de cimas por axila y de flores por cima. Las cimas florales, tres a cinco por axila, llevan por lo común de cuatro a seis flores normales cada una, lo que da un número por axila de ocho a 48 flores. En las cimas la base varía considerablemente en longitud, habiendo algunas casi sésiles. El verticilo inferior se compone de dos estipelas triangulares, agudas, hasta de seis milímetros de largo, y de brácteas en forma

de hojas, de seis a 15 mm de longitud. El verticilo superior es semejante al primero, aunque en muchos casos está reducido a un anillo de borde recortado. Las brácteas en esta especie permanecen cuando los frutos están desarrollándose y sobresalen de los glomérulos en las primeras etapas de crecimiento del fruto.

Las flores, de forma y estructura semejante a las de *C. arabica*, son ligeramente más grandes, con el tubo de la corola de ocho a 14 mm de largo y pétalos de ocho a 16 mm. Es frecuente que haya seis pétalos en lugar de cinco, que es el número normal para el género.

Biología floral. *Coffea canephora* es una especie altamente incompatible; cruces artificiales con polen de la misma rama no forman frutos, pero con polen extraño la fructificación es normal. En los trabajos de mejoramiento genético en Indonesia se encontró que había grados muy distintos de compatibilidad entre clones, y por consiguiente el rendimiento depende de interplantar clones altamente compatibles.

Fruto. Con polinización normal se desarrollan generalmente de uno a cinco frutos por cima, que forman glomérulos esféricos y compactos. Las drupas subglobosas a elipsoidales, comprimidas hacia el ápice en donde muestran bien marcado el disco, miden de nueve a 17 mm de largo, siete a 13 mm de ancho y seis a 12 mm de grueso. Como en *C. arabica*, el pericarpo o "pulpa" se forma de tejidos suaves y succulentos: epicarpo y mesocarpo, y de endocarpo o "pergamino", de tejidos duros, esclerenquimatosos. Aunque en esta especie hay mucha variabilidad en el tamaño y forma del fruto, no existen diferencias de estructura entre cultivares. La persistencia de los frutos en la maduración es mucho más pronunciada que en *C. arabica*.

Semilla. La estructura de la semilla es semejante a la de *C. arabica*. Su tamaño, que varía ampliamente, es ligeramente menor; mide de siete a 13 mm de largo y cinco a nueve milímetros de ancho. En calidad es inferior a *C. arabica*, y su contenido de cafeína más alto es alrededor de dos por ciento. En las mezclas de café soluble

cuenta mucho una característica de calidad, llamada "cuerpo", que ha determinado el incremento de su consumo.

Variabilidad. En Indonesia se establecieron cultivares clonales seleccionados por rendimientos y compatibilidad, pero en la mayoría de las otras regiones productoras se planta variedades procedentes de polinización abierta. En Africa Occidental han sido realizados cruces interespecíficos con *C. arabica* obteniendo primero tipos tetraploides de *C. canephora*. Algunos de estos híbridos, como 'Arabusta', son de alto rendimiento, buena calidad y resistentes a la roya.

CAFÉ DE LIBERIA, *Coffea liberica*

La producción de café "libérica" tuvo un auge notable a fines del siglo anterior, cuando su cultivo se intensificó en Africa y el Sureste de Asia, en parte por su resistencia a la roya. Sin embargo, el bajo rendimiento, calidad mediocre y el ataque de traqueomicosis redujo drásticamente su producción. Algunos tipos superiores, como 'Excelsa' e 'Indenié', se cultivan especialmente en áreas de Africa Central demasiado secas para la producción de café Robusta.

Origen y dispersión. *Coffea liberica* (Fig. 33.3) crece silvestre en Africa Occidental en la selva guineana y sus bordes, en áreas con precipitación alta a moderada (1000 - 1300 mm); sus exigencias de agua son menores que en *C. canephora*. Las poblaciones originalmente cultivadas en la costa de Guinea difieren bastante de las silvestres. Sin embargo, esta especie es tan polimorfa que no se podría atribuir esas diferencias exclusivamente a factores humanos. Como en la especie anterior, se han descrito con rango específico poblaciones fenotípicamente diferentes, como *C. dewevrei*, *C. arnoldiana*, *C. excelsa*, *C. abeoukoutae* y otras. Entre ellas no hay barreras de esterilidad ni características morfológicas o citológicas definidas y permanentes que justifiquen una distinción como especies separadas.

Porte. *Coffea liberica* es un árbol de tronco recto y único, con ramificación piramidal o irregu-

lar, que por lo común alcanza unos 18 m de altura. Como en otras especies de *Coffea* hay un dimorfismo marcado en ejes ortotrópicos y plagiotrópicos, estos últimos por lo general con pocas o sin ninguna ramificación secundaria. Las ramas laterales tienen nudos marcados por estípulas triangulares, hasta de seis milímetros de alto y pares de hojas decusadas. Esta especie pertenece al grupo de *Coffea* de hojas grandes; la lámina coriácea, verde oscuro, varía considerablemente de una planta a otra: obovada, elíptica hasta oval, mide 14 a 38 cm de largo por seis a 14 cm de ancho. En el lado inferior la lámina es más

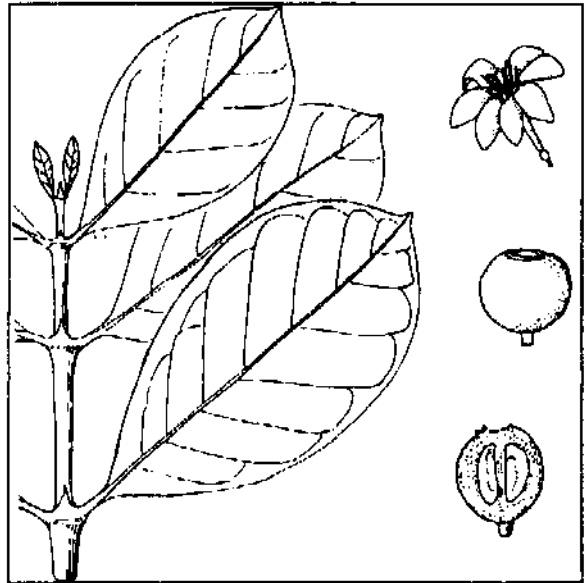


Fig. 33.3. *Coffea liberica*. Café de Liberia.

clara, con nervios prominentes y domacias alargadas.

Flores. En cada axila hay por lo común dos o tres cimas floríferas, con tres a seis flores normales cada una, o sea entre 10 y 50 flores por axila. Como en las especies anteriores, las cimas tienen varios verticilos; el primero lleva brácteas más bien pequeñas, de uno a tres milímetros de largo y en muchos casos faltan del todo. En el segundo, en cambio, las brácteas son mayores y a veces alcanzan hasta 12 mm de longitud. Es frecuente que haya un tercer verticilo en forma de anillo la-

ciniado, y a veces un cuarto verticilo, muy rudimentario. La flor está constituida por el cáliz de borde liso o a veces ondulado que rodea un disco lobado o denticulado, hasta de tres milímetros de diámetro; la corola, de 10 a 20 mm de largo, blanca o rosada, se divide en cinco a nueve pétalos. Los estambres están insertos en el tubo de la corola, el pistilo, bifido en el ápice, blanco o a veces de tono verdoso, mide 14 a 18 mm de largo.

Las cimas de una axila floral, muy a menudo ya sin hojas, se abren sucesivamente, primero las más próximas a la rama. Las flores se abren por dos o tres días en que los estigmas son receptivos; la fecundación cruzada es la regla, pues la autofertilidad de las flores no pasa del uno por ciento.

Fruto. Hay una variación considerable en el tamaño y otras características del fruto, que en su estructura general es similar a *C. arabica* y *C. canephora*. En dimensiones si difiere considerablemente de esas especies; las drupas son por lo común obovoides, de nueve a 25 mm de largo, 12 a 20 mm de ancho y ocho a 16 mm de grosor. La pulpa gruesa, hasta de cinco milímetros de espesor, se adhiere fuertemente al pergamino, cuya superficie es más áspera que en las especies anteriores. Un carácter notable del fruto es la presencia del disco, a veces hasta de cinco milímetros de diámetro, rugoso y a menudo prominente. Las semillas de 10 a 24 mm de largo, tienen una estructura semejante a las de las especies anteriores; el contenido de cafeína fluctúa entre 0.5 y dos por ciento.

Variabilidad. Actualmente se tiende a separar las variedades o "razas" de *C. liberica*, según el tamaño de los frutos y distribución geográfica, en dos grupos: a) Liberoides, de Costa de Marfil a Angola, con frutos grandes, de 20-25 mm de largo, en su mayor parte poblaciones silvestres ('Indeniés'); b) Excelsoides, de Africa Central, con frutos más pequeños, de 12-20 mm de largo ('Excelsa'). Esta clasificación, sin embargo, representa grupos extremos entre los que hay toda una gama intermedia.

Medicinales

IPECACUANA, RAICILLA, POAIA, *Psychotria ipecacuanha*, *P. emetica*

La ipecacuana del comercio se obtiene de dos especies de *Psychotria*: *P. ipecacuanha*, originaria de Brasil, y *P. emetica*, del Norte de Suramérica, América Central y México. Esta última produce la llamada ipecacuana de Cartagena, aunque su mayor volumen se exporta de Costa Rica y Nicaragua.

Ambas especies crecen en los bosques tropicales húmedos y sombríos, a menos de 600 m de altura. En el piso del bosque forman colonias, a veces muy numerosas, de macollas grandes hasta de un metro de diámetro. De estas plantas silvestres procede el mayor volumen del producto comercial. Se ha hecho plantaciones, tanto en América como en Oriente, bajo la sombra natural del bosque o supliendo sombra artificial, la mayoría de ellas sin mayor éxito. El consumo de ipecacuana como fuente de emetina, droga que se usa especialmente para combatir la disentería amibiana, tiende a crecer, por lo que se hace esfuerzos para cultivarla y no depender de la explotación de plantas silvestres.

Las ipecacuanas son hierbas bajas, de 10 a 30 cm de alto, con una parte aérea formada por varios vástagos erectos, divididos en nudos marcados por estípulas largas y agudas (Fig. 33.4A). De los nudos salen dos hojas opuestas de pecíolo corto y lámina delgada y dura: son de forma lanceolada o elíptica, verde oscuro brillante en la cara superior, más claro en la inferior. La inflorescencia es un pseudocapítulo hemisférico, de uno a dos centímetros de diámetro, sostenido por brácteas verdes. Las flores individuales salen de una base común: el cáliz verdoso es muy pequeño, y la corola, blanca o rosada, tubular en la base, se abre arriba en cinco pétalos. La longitud de la flor no pasa de 10 mm. En *P. ipecacuanha* hay varios tipos de flores según la posición de los estambres (Fig. 33.4B, C, D). En algu-

nos salen al final del tubo, alternando con los pétalos y el pistilo, el cual no sobresale de la corola; en otros, los estambres están insertos a la mitad del tubo y el estilo es mucho más largo que la corola.

Las raíces engrosadas de las dos especies de *Psychotria* dan la ipecacuana del comercio (Fig. 18.4E, F). Miden hasta 20 cm de largo y su diámetro en *P. ipecacuanha* es de cuatro a seis milímetros; en *P. emetica* es hasta de ocho milímetros. Las raíces son cilíndricas y retorcidas, mar-

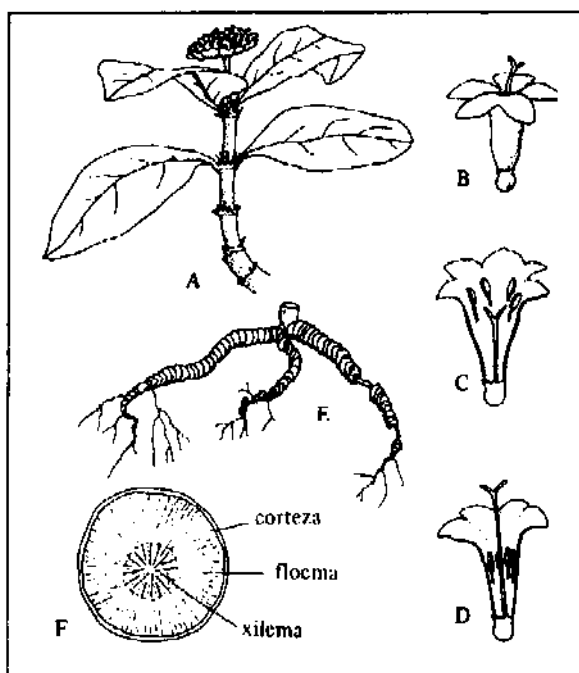


Fig. 33.4. *Psychotria* sp. A, tallo terminal. B, flor. C y D, heterostilia. E, sistema de raíces. F, corte transversal de la raíz.

cadamente anilladas, blancas cuando jóvenes y de color marrón claro en la madurez. Despiden un olor irritante y muy desagradable. Las raíces gruesas se ramifican y emiten también raicillas muy finas. Capas corchosas reemplazan la epidermis en las raíces desarrolladas. Los tejidos corticales se forman principalmente de parénquima, que contiene almidón, cristales de oxala-

to de calcio y los alcaloides característicos. Estos varían de dos a cinco por ciento del peso seco y son más abundantes en *P. ipecacuanha*. La parte central de la raíz la forma un cordón de xilema, duro y flexible. Es común que los trozos de las raíces viejas se separen y queden sueltos a lo largo de ese cordón central.

Las primeras raíces comerciales se obtienen a los tres años de la siembra. La propagación se hace principalmente por medios vegetativos, utilizando trozos de raíz, y también por semilla, aunque es mucho más lenta. La amplia variación en contenido de alcaloides en las diferentes cepas hace más necesaria la propagación clonal.

QUINAS, *Cinchona* spp.

El cultivo de las quinas era hasta hace algunas décadas, de importancia comercial en las tierras altas de los trópicos. Después de la Segunda Guerra Mundial el consumo de quinina bajó considerablemente debido a su reemplazo por productos sintéticos y a la eliminación de la malaria en muchas regiones tropicales. En los últimos años el consumo ha vuelto a levantarse, aunque en mucho menor escala, por su uso contra ciertos tipos de paludismo y por la aplicación de sus alcaloides a otros fines medicinales.

Aunque las quinas son de origen americano, su selección y cultivo se hicieron en Oriente, especialmente en Java. Algunas de esas selecciones fueron reintroducidas a los trópicos americanos durante la Segunda Guerra Mundial, pero las plantaciones establecidas en esa época fueron abandonadas en su mayor parte. La producción actual viene de plantaciones en África (Zaire), de árboles silvestres en América o de plantaciones antiguas, como en Guatemala. El descubrimiento de las propiedades antimaláricas de la corteza de las quinas es quizás el aporte más importante de la farmacopea indígena de América. Ese descubrimiento ocurrió posiblemente en el sur de Ecuador, donde lo aprendieron los españoles en el siglo XVI y de donde se extendió rápidamente

por el Nuevo Mundo. Linneo dio el nombre genérico de *Cinchona* a las quinas, en honor de la Condesa de Chinchón, Virreina del Perú, quien se supuso que se había curado de fiebre con corteza de quina, hecho que se demostró que no ocurrió nunca. El uso de la quina tuvo mucho éxito en Europa, en la curación de fiebres maláricas en el Mediterráneo, poco después de su introducción de América. La producción industrial del principal alcaloide, la quinina, se inició en el siglo XIX y fue uno de los factores que más favoreció la colonización de los trópicos.

Las quinas (Fig. 33.5) son nativas de los Andes, desde Bolivia hasta Costa Rica, donde crecen arriba de los 1000 m de altura. Son árboles o arbustos de hojas opuestas, lisas o con poca pubescencia. Las inflorescencias aparecen en las ramillas terminales constituidas por varios racimos de cimas. Las flores, de dos a tres centímetros de

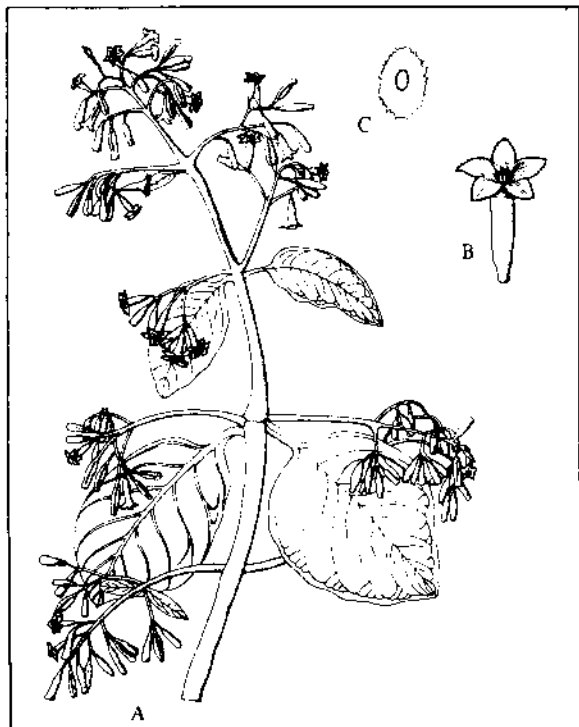


Fig. 33.5. *Cinchona* sp. quina. A, rama florífera. B, flor. C, fruto y semilla.

largo, tienen el cáliz corto, dividido en cinco dientes. La corola, blanca, rosada o roja, es tubular en la base y se abre arriba en cinco pétalos de bordes pubescentes (Fig. 33.5B); los cinco estambres están insertos en el tubo de la corola alternando con los pétalos. El estilo puede ser más corto o largo que la corola y el mismo tipo de heterostilia se presenta en todas las flores de un árbol. El ovario inferior tiene dos celdas. El fruto es una cápsula elipsoidal, de ocho a 14 mm de largo por tres a cinco milímetros de ancho, con los restos del cáliz en el ápice, y se abre de abajo hacia arriba a lo largo de una sutura longitudinal. Las semillas, unas 25 por fruto, son pequeñas, de cuatro a 10 mm de largo por uno a tres milímetros de ancho, planas con el embrión rodeado por un ala membranosa (Fig. 33.5C).

Las dos especies de *Cinchona* cultivadas son *C. officinalis*, en la cual se incluyen las 'Calisaya' y 'Ledgeriana', y *C. pubescens*, que incluye la 'Quina de Cartagena' y la 'Succirubra' o corteza roja. La primera especie se caracteriza por las hojas angostas, ovadas a lanceoladas, con ápice agudo; la segunda tiene hojas anchas, ovadas a orbiculares, con ápice agudo a obtuso.

Como en quina hay heterostilia de dos tipos, árboles con flores de estambres largos con anteras externas y pistilo más corto que el tubo de la corola, y árboles con flores de estambres más cortos que el tubo de la corola y pistilos largos con estigmas externos, hay predominancia de fertilización cruzada, lo que explica los muchos híbridos, algunos descritos como especies.

Frutales

JAGUA, GENIPA, *Genipa americana* (*G. caruto*)

Especie de distribución amplia en América tropical, cuya utilización entre los indios era

principalmente para teñir de color negro la piel, telas y otros objetos, con el jugo de la corteza o de los frutos jóvenes. Arbol mediano (Fig. 33.6) con el follaje concentrado en el ápice de las ramillas; hojas grandes, oblongas a ovadas, brillantes; flores con corola tubular en la base, arriba abierta en cinco o más pétalos, blancos al principio se tornan luego amarillos. El fruto ovoide, de ocho a 12 cm de largo, se deja madurar por unos días antes de comerlo. El epicarpo delgado y gris se suaviza y toma un tono café en la maduración. La parte comestible es el mesocarpo y los tejidos de la cavidad central que rodean las semillas. El primero se forma de parénquima con grupos esclerenquimatosos que le dan una consistencia arenosa; contiene principios aromáticos fuertes y persistentes, poco azúcar y alto contenido en hierro y riboflavina.

Los frutos se comen maduros o se preparan en refrescos y licores. Hay poblaciones silvestres y distintos tipos cultivados, los mejores en Cuba y República Dominicana.



Fig. 33.6. *Genipa americana*.

PARVI GRANDE, *Borojoa sorbilis* (*Thielodioxa sorbilis*)

Del Amazonas, donde crece silvestre y cultivado, es un árbol bajo, de cuatro a seis m de alto, con hojas grandes de hasta 50 cm de largo y flores unisexuales en los ápices de las ramillas. El fruto esférico y grande, de ocho a 19 cm de diámetro, contiene pulpa semejante al tamarindo, con la que se prepara refrescos y mermeladas.

BOROJÓ, *Borojoa patinoi*

De la costa pacífica de Colombia, donde se le cultiva esporádicamente, es un árbol bajo cuya corteza se separa en tiras duras, de hojas grandes y flores unisexuales, las pistiladas solitarias, las estaminadas en cimas hasta de 20 flores. El fruto esférico o piriforme, de ocho a 10 cm de diámetro, se utiliza por la pulpa suave, marrón, aromática, que se prepara en refrescos.

VOAVANGA, *Vangueria* *madagascariensis* (*V. edulis*)

Originaria de Madagascar y Africa Oriental, ha sido introducida en cultivo en India y los trópicos americanos. De porte arbustivo, con hojas elípticas verde claro, brillantes, de ocho a 20 cm de largo; los racimos de flores verduzcas crecen en las axilas de las hojas. El fruto es una baya con cuatro o cinco semillas grandes, de cáscara verde con puntos blancuzcos; la pulpa acidula se come cruda o en dulces.

REFERENCIAS

- CLARKE, R.J. & R. MACRAE. ed. 1987-1988. Coffee. Amsterdam, Elsevier. 5 vol.
- CLIFFORD, M.N. & K.C. WILSON. ed. 1985. Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage. London, Croom Helm.

- COSTE, R. 1955-1961. Cafetos y cafés en el mundo. París, Maisonne y Larose. 3 vol.
- CHARRIER, A. 1978. La structure génétique des caféiers spontanés de la région malgache, *Mascarocoffea*. Leur relations avec les caféiers d'origine africaine (*Eucoffea*). París, ORSTOM.
- CHEVALIER, A. 1929-1947. Les cafiers du monde. París. Lechevalier. 3 vol.
- HARTEN, A.M. van. Cinchona. 1969. In Outlines of perennial crop breeding in the tropics. F.P. Ferwerda & F. Wit, ed. Wageningen, Veenman & Zonen.
- JACOB, H.E. 1935. The saga of coffee: the biography of an economic product. London, Allen & Unwin.
- WELLMAN, F.L. 1961. Coffee: botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill.

34. ASTERALES

ASTERÁCEAS (COMPUESTAS)

La familia de las Compuestas es la más numerosa entre las Dicotiledóneas y una de las más avanzadas en su evolución. La mayoría son hierbas y arbustos, aunque en los trópicos hay unas pocas especies arbóreas. Se caracterizan por tener las flores agrupadas en una inflorescencia especial, el capítulo, rodeado por una base o involucreo constituido por una o más filas de brácteas verdes. Las flores individuales salen de un receptáculo, plano o convexo, y pueden ser uniformes o de varios tipos en la misma inflorescencia. Es corriente que las flores externas, llamadas liguladas, sean estériles y tengan la corola desarrollada en una lengüeta larga y llamativa, y que las centrales o tubulares sean hermafroditas y de corola poco desarrollada.

La estructura floral presenta gran variación. El cáliz está representado por un órgano especial, el vilano, formado por alas membranosas o pelos finos; este órgano facilita la dispersión de los frutos. Las flores pueden ser bisexuales o unisexuales, con los estambres generalmente unidos por las anteras y el estilo delgado y cilíndrico, el que a menudo termina en un estigma bifido. El ovario es ínfero, con un solo óvulo. El fruto es un aquenio formado por un epicarpo seco y duro; la semilla está constituida principalmente por los cotiledones.

Las Compuestas no son de mayor importancia económica en los trópicos. El piretro se cultiva en las tierras altas para obtener un insecticida; el yacón por sus raíces tuberosas comestibles y el topinambur por sus tallos tuberosos y ricos en almidón. En las zonas templadas son importan-

tes las oleaginosas: girasol, cártamo, romtil, que también se cultivan en ciertas áreas tropicales, y las hortalizas como lechuga, alcachofa, salsifi. Las Compuestas tienen además muchas especies, de valor económico como ornamentales.

GIRASOL, *Helianthus annuus*

El cultivo del girasol como oleaginosa es importante en Rusia, Argentina, Estados Unidos, China y otras áreas de Europa y Asia. Además del aceite, en alimentación animal se utiliza la torta que resulta de la extracción. Un uso menor, y quizás el más antiguo, es el consumo de las semillas secas a manera de nueces.

Poblaciones silvestres se encuentran en el oeste de los Estados Unidos, y posiblemente el girasol se domesticó en el valle del Mississippi. A la llegada de los europeos se cultivaba sólo en Estados Unidos y México.

Los cultivares avanzados de girasol son hierbas bajas, de un solo tronco que termina en una inflorescencia gigantesca. Los tipos silvestres, por el contrario, son ramificados y con numerosas inflorescencias.

Las hojas de posición alterna tienen pecíolos largos y láminas ovales de base cordada y ápice agudo, y llegan a medir hasta 40 cm de largo.

Las inflorescencias son capítulos terminales de 10 a 40 cm de diámetro (Fig. 34.1A). El involucro está constituido por tres filas compactas de brácteas verdes, ovales, con el ápice bien acuminado. Las flores que componen el capítulo salen de un receptáculo plano y muy amplio y son de dos clases: las externas con la corola desarrollada en forma de una lengüeta larga y amarilla constituyen la parte más atrayente de la inflorescencia; estas flores no tienen órganos de reproducción. Las flores del centro, tubulares, miden de uno a tres centímetros de largo y llevan en la base una pálea, lámina rojiza terminada en tres dientes. El cáliz está representado por dos escamas agudas que constituyen el vilano, el que es-

tá colocado encima del ovario. Sobre éste sale la corola, tubular en la base y ensanchada después en una cavidad esférica, que luego vuelve a formar un tubo terminado en cinco pétalos muy cortos. Los estambres, que salen de la base de la corola, tienen las anteras largas a modo de tubo por entre el cual crece y pasa el estilo, que concluye en dos ramas estigmáticas.

En el girasol las anteras expelen el polen cuando la corola no está abierta; el estilo al crecer

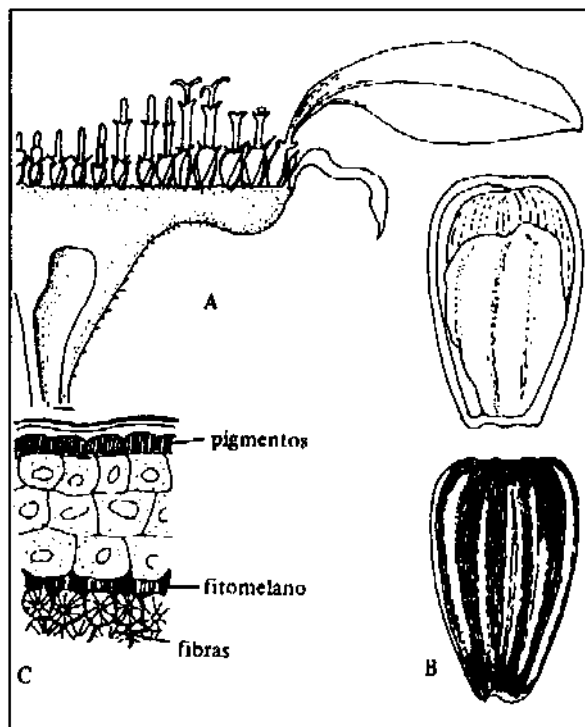


Fig. 34.1. *Helianthus annuus*. A, corte de la inflorescencia. B, semilla. C, corte transversal de la testa.

dentro del tubo que forman las anteras, arrastra consigo el polen. El estilo sin embargo, no está aún en estado receptivo, y como las flores no se desarrollan simultáneamente en toda la inflorescencia, sino que lo hacen en sentido radial comenzando con las externas, la polinización cruzada es normal en esta especie. Los agentes prin-

cipales son los insectos, que acuden atraídos por el polen abundante y el néctar que sale de la base del estilo.

El fruto es un aquenio, cuya forma general es obovoide pero con lados a menudo planos, de 1.5 a dos centímetros de largo (Fig. 34.1B). Son blancos o grisáceos, uniformes o con manchas oscuras longitudinales. El pericarpo es delgado, con la epidermis simple e hipodermis de varios estratos de células, algunas de las cuales contienen pigmentos (Fig. 34.1C). El resto está constituido principalmente por grupos de fibras longitudinales, separadas entre sí por radios muy angostos de parénquima. Entre las fibras y los tejidos externos hay una capa oscura, el fitomelano, que es una estructura característica de las Compuestas. La semilla está formada por dos grandes cotiledones cuyo tejido básico es parénquima, con muchas células ocupadas por granos de aleurona o gotas de aceite. El contenido de proteínas es alto, de 20 a 40%; el de aceite fluctúa entre el cinco y el 30%.

Recientemente se ha hecho cruza con *H. petiolaris*, las que muestran un marcado vigor híbrido y ofrecen nuevas posibilidades en el mejoramiento del girasol.

CÁRTAMO, ALAZOR, *Carthamus tinctorius*

El cultivo de *Carthamus tinctorius* es importante en áreas subtropicales por el aceite no saturado de las semillas, que se utiliza para fines culinarios y en la elaboración de margarina.

El género *Carthamus* tiene su centro de origen en el Mediterráneo; desde las primeras culturas egipcias el alazor era conocido para tinte y aceite; para obtener el tinte se le cultivaba en los países cálidos, especialmente en India. Su explotación como oleaginosa está limitada a áreas con temperaturas medias relativamente bajas.

El alazor es una hierba anual (Fig. 34.2) hasta de 1.5 m de alto, compuesta por varios tallos rígidos y ramificados en la porción superior, ci-

lindricos y gruesos en la base, grisáceos y con estrías finas longitudinales. Las hojas alternas, oblongas u ovoidolanceoladas, nacen directamente del tallo o tienen pecíolos muy cortos. La lámina es verde brillante, de 10 a 15 cm de largo por uno a tres centímetros de ancho, con espinas espaciadas en el borde; el ápice también termina en una espina fuerte.

Las flores aparecen en capítulos compactos y cónicos, de dos a cuatro centímetros de ancho. El

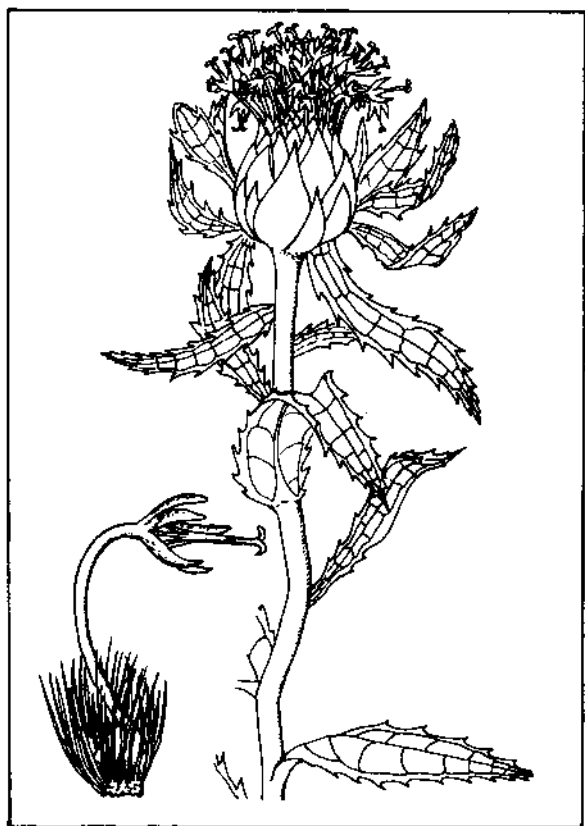


Fig. 34.2. *Carthamus tinctorius*.

involucro que encierra las flores está formado por numerosas brácteas duras, las inferiores semejantes a hojas; las que siguen, triangulares y de ápice agudo, y las superiores, más delgadas,

terminadas en una espina y cubiertas de pubescencia fina. Por la parte superior del involucre, que es muy angosta, salen las corolas anaranjadas. Cada una de ellas representa una flor completa, constituida por una estructura tubular que lleva en la base un conjunto de pelos suaves, el vilano, y que se abre arriba en cinco pétalos iguales. El tubo de la corola, amarillo o anaranjado, crece por lo común curvo y contiene el pigmento rojo que se usaba para teñir telas. Dentro de la corola está el tubo estaminal, cuyas anteras en la madurez sobresalen del tubo corolino; el estilo es aún más largo que los estambres, con estrías o manchas longitudinales, y termina en un estigma bifido.

Los frutos o aquenios piramidales, de cinco a ocho milímetros de largo y aplastados, permanecen encerrados en el involucre, el que después de la florescencia se torna duro. Las espinas de las brácteas se endurecen y constituyen un obstáculo para la recolección. Como en las otras Compuestas, los aquenios tienen una testa dura y fibrosa; el embrión contiene cerca de 30% de aceite y 20 a 40 % de proteínas.

Se conoce muchos cultivares diferentes en tamaño y época de maduración, algunos carecen de las espinas del involucre que hacen difícil la recolección.

RAMTIL, *Guizotia abyssinica*

El ramtil, originario de Africa Oriental, es cultivado en Etiopía desde hace varios siglos por el aceite de sus semillas. Su área de producción es India, donde se le consume localmente y desde donde se exporta en pequeñas cantidades. Su cultivo tiende a intensificarse recientemente en los Estados Unidos de América y en otras áreas subtropicales.

El ramtil es una hierba hasta de un metro de alto, de tallos suaves y pilosos y hojas lanceoladas, dentadas, pubescentes, de 15 a 20 cm de largo por cuatro a ocho centímetros de ancho. Por su follaje abundante se le utiliza como forrajera

en algunas regiones de Africa. Los capítulos terminales tienen las brácteas grandes y separadas y flores liguladas y tubulares.

Los aquenios son obovados, negros y lisos; miden unos cinco milímetros de largo. El epicarpo se compone principalmente de cordones de fibras separadas entre sí por parénquima, que hacia la parte externa tienen capas bien desarrolladas de fitomelano. El embrión contiene un 20% de proteínas y 40% de aceites. La torta que queda después de extraer el aceite se emplea en alimentación del ganado.

PIRETRO, *Tanacetum cinerarifolium*

Varias especies de *Tanacetum* han sido usadas desde la antigüedad por las propiedades insecticidas de sus flores. La más importante, el piretro, *T. cinerariaefolium*, de Yugoslavia, se cultiva en las tierras altas de los trópicos, arriba de los 2000 m, y su producción es importante en Kenya, Tanzania y Ecuador. Es una hierba de 20 a 60 cm de alto, de hojas glaucas y recortadas e inflorescencia en tallos largos, con las flores externas blancas y liguladas, las centrales simples y amarillas. El principio insecticida, principalmente piretrinas, se encuentra en los canales secretorios del ovario y en menor cantidad en las glándulas de aceite de las paredes externas de este órgano. La concentración es más alta cuando las flores comienzan a marchitarse. El piretro es altamente autoincompatible y la selección se ha dirigido a escoger plantas con alto contenido de piretrina, a establecerlas clonalmente y a obtener híbridos biclonales, también propagados vegetativamente.

YACÓN, *Smallanthus sonchifolius* (*Polymnia sonchifolia*)

Originaria de los Andes (Fig. 34.3), donde se le cultiva por las raíces tuberosas; éstas se comen

crudas y son de sabor dulce por la presencia de azúcares semejantes a inulina. Es una hierba perenne que forma un sistema radical complejo del que salen tallos aéreos cilíndricos, hasta de 1.5 m de alto. Las hojas son de forma variable, pinnatífidas en la base de los tallos, triangulares en la parte apical. Las flores aparecen en ramos terminales y tienen cinco brácteas verdes, triangulares y agudas; las flores externas están provistas de lígulas largas, de 10 a 15 mm de longitud, amarillas o anaranjadas, recortadas en el ápice, mientras que las centrales son tubulares y de unos ocho milímetros de largo.

La parte útil son las raíces fusiformes o irregulares, que desarrollan masas ramificadas en la base de la planta. Externamente son de color morado; la parte interna, carnosa y anaranjada, contiene 10% de azúcares. Las raíces frescas son in-

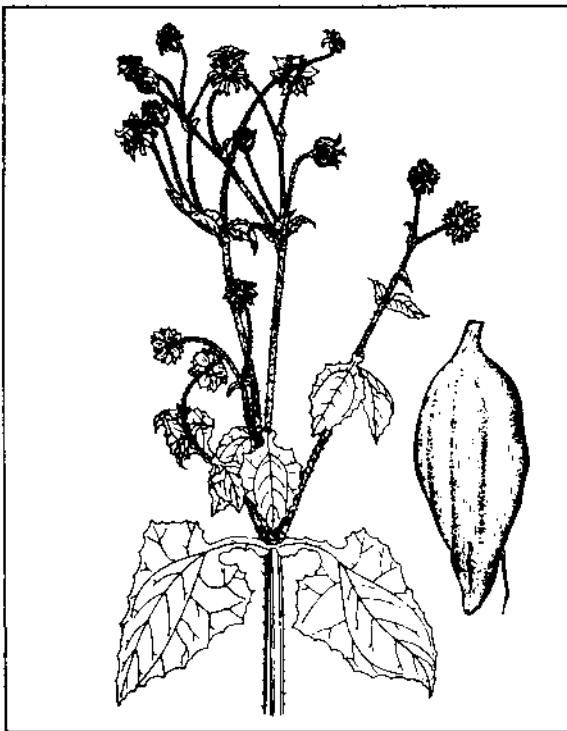


Fig. 34.3. *Smallanthus sonchifolius*, rama florífera y raíz tuberosa.

sípidas; si se almacenan en lugares secos y fríos se mantienen bien y mejoran de sabor.

Smallanthus sonchifolius es utilizada también como forrajera por su alto rendimiento y contenido proteico del follaje, superior al topinambur.

YAMBÚ, BERRO DE PARÁ, *Acmella oleracea* (*Spilanthes oleracea*)

Acmella oleracea, originaria posiblemente de las tierras bajas del Amazonas, es una hierba baja (Fig. 34.4) de hojas rómbicas o triangulares con bordes recortados. La inflorescencia, un capítulo formado por un involucre de muchas brácteas, lleva sólo flores tubulares. Las hojas contienen un aceite esencial que también se encuentra en las flores, y que les da un sabor picante y aromático, por lo que se los utiliza en la preparación de platos típicos en Brasil. Se cultiva en Oriente como condimento y medicinal.

CAEJÉ, *Stevia ribaudiana*

Esta hierba era conocida por los indios de Paraguay antes de la llegada de los europeos, por las propiedades edulcorantes de sus hojas. En el siglo pasado la utilizaban para endulzar la bebida preparada con las hojas del mate, *Ilex paraguariensis*. Es una hierba anual o bienal, hasta de 80 cm de alto, con hojas espatuladas, de 2-4 cm de largo y hasta de 1 cm de ancho, de márgenes dentados y con tres nervios longitudinales prominentes. Las inflorescencias son cabezuelas con brácteas muy angostas y se forman de 2 a 6 flores.

Las hojas contienen un glucósido, esteviosida, que es el edulcorante más poderoso que se conoce; un fragmento de hoja es suficiente para endulzar una taza de café. Esta sustancia no tiene valor nutritivo como las otras fuentes de azúcar.



Fig. 34.4. *Acemella oleracea*.

REFERENCIAS

- BEECH, D.F. 1969. Safflower. *Field Crop Abstracts* 22:107-109.
- CASIDA, J.E. 1973. edit. *Pyrethrum*. New York, Academy Press
- HEISER, C.B. 1975. *The sunflower*. Norman, University of Oklahoma Press.
- LEON, J. 1964. *Cultivos alimenticios andinos*. Lima, IICA.
- HERMANN, M. & J. HELLER. ed. 1997. *Andean roots and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon*. Roma, IPGRI.
- PUTT, E.D. 1963. Sunflowers. *Field Crop Abstracts* 16:1-6.

MONOCOTILEDÓNEAS

- | | | |
|--|---|--|
| 35. Orden Arecales
ARECÁCEAS:
PALMERAS | 38. Orden Bromeliales
BROMELIÁCEAS | 40. Orden Liliales
AGAVÁCEAS
DIOSCORÉACEAS |
| 36. Orden Arales
ARÁCEAS | 39. Orden Zingiberales
MUSÁCEAS
CANNÁCEAS
MARANTÁCEAS
ZINGIBERÁCEAS | 41. Orden Orquidales
ORQUIDÁCEAS |
| 37. Orden Ciperales
POÁCEAS | | |
-

35. ARECALES

ARECÁCEAS (Palmeras)

Las palmeras son, después de los cereales, las plantas de mayor utilidad para el hombre de los trópicos, especialmente porque entre ellas están las oleaginosas de mayor rendimiento. La palma de aceite y el cocotero rinden 2700 y 800 kg/ha, comparados con 420 del ajonjolí, 230 del maní, 200 de la soya. Los aceites se hallan en frutos y semillas y son utilizados en la alimentación y la industria.

El fruto de las palmeras se compone de epicarpo, suave o lignificado; mesocarpo, carnoso en el dátil, seco y feculento en el pejibaye, fibroso en el coco, rico en aceite en la palma africana; el endocarpo duro, de espesor muy variable, rodea por lo general una semilla, rara vez tres o más. El conjunto de endocarpo y semillas se designa corrientemente con el nombre de nuez. Los aceites obtenidos de las palmeras se conocen en el comercio como aceites de palma cuando se ex-

traen del mesocarpo, y aceites de nuez si se extraen del endosperma de las semillas. La utilización racional de las palmeras silvestres o la introducción al cultivo de algunas de esas especies, ofrecen también muchas posibilidades en la producción de aceites y grasas.

Usos secundarios de las palmeras se derivan de la cera que cubre las hojas de ciertas especies; de la presencia de partes comestibles en tallos, frutos e inflorescencias; de fibras de las hojas y del uso muy común en los trópicos, del tronco y follaje como materiales de construcción. Tienen también gran valor como ornamentales.

COCOTERO, *Cocos nucifera*

El cocotero es de utilidad muy diversa para los pueblos de los trópicos, sobre todo en el sureste de Asia y Polinesia. En la alimentación tropical el aceite de coco suple grasas, minerales y

vitaminas esenciales. Se consume como fruta fresca; de la inflorescencia se obtiene una bebida refrescante o fermentada y el tronco y las hojas suplen materiales de construcción abundantes y durables. Si el uso local de los productos del cocotero es básico en la economía de los pueblos de Oriente, aún es mayor su valor como artículo de exportación, en forma de copra para aceite o de coir para fibra.

Hasta hace unos 30 años el cocotero era la oleaginosa más importante en el comercio mundial; actualmente ocupa el tercer lugar, después de la soya y la palma africana. La producción exportable de copra se estima en 300 millones de toneladas métricas al año y tres quintas partes provienen de la región compuesta por Filipinas, Indonesia, Malaya, Sri Lanka, y Oceanía. América produce apenas un décimo de la producción exportable mundial, la mitad de la cual corresponde a México y el resto en su mayor parte a los países del Caribe. En Africa la copra se exporta especialmente de Mozambique.

El consumo local de copra es muy difícil de estimar; India y Brasil, por ejemplo, son grandes productores, pero la primera tiene que importarla de Sri Lanka. El primer uso industrial del aceite de coco fue en jabonería, por su alto contenido de ácido láurico que produce un jabón liviano y espumoso. Esta utilización ha disminuido bastante en los últimos años, reemplazada por otros productos industriales. Entre los usos industriales más importantes están la fabricación de margarina, cosméticos y lubricantes, y en menor grado estearina, que se aplica en la fabricación de velas; una vez extraído el aceite, la torta se emplea en la alimentación de ganado. La copra seca tiene un uso menor en confitería.

Sistemática. El cocotero pertenece a un género monotípico, es decir de una sola especie, de la subfamilia de las Coccoideas, en la cual se incluyen géneros africanos y americanos. Por algún tiempo se atribuyó al género *Cocos* varias especies americanas que ahora se colocan en *Syagrus* y *Arykuryroba*. Tanto los estudios anatómicos como sistemáticos han probado que el cocotero no tiene parientes afines.

Ecología. La distribución geográfica del cocotero abarca todas las áreas húmedas de los trópicos. Crece de preferencia en los litorales, aunque se conoce casos en que se desarrolla y fructifica normalmente muy lejos del mar; en las regiones cercanas al ecuador se encuentra hasta 1000 m de altura. La producción comercial, sin embargo, está limitada a las llanuras litorales, donde crece mejor en suelos sueltos y bien drenados y con humedad permanente a escasa profundidad, condiciones que son más frecuentes en los llanos al pie de los cerros costeros. Requiere además luz abundante y alta humedad en el aire. Resiste bien los suelos salinos; las sequías prolongadas le son muy desfavorables y aunque la estructura del tronco y hojas parecieran protegerlo de los vientos huracanados, las plantaciones comerciales deben establecerse en lugares abrigados.

Origen y dispersión. Ha existido una discusión considerable sobre el área de origen del cocotero. Se ha sostenido que es originario de América, de donde se expandió al Oriente, o que es de origen asiático y fue traído a América con o sin la intervención del hombre. Para entender el problema de su origen y dispersión se debe tomar en cuenta los hechos siguientes:

1. La distribución geográfica del cocotero antes de los grandes descubrimientos comprendía Asia, desde India, donde su cultivo se remontaba a unos tres siglos antes de la era cristiana, hasta Malaya; Oceanía, en que aparentemente era de cultivo más reciente; unas pocas localidades de Africa; en América, la costa del Pacífico de Costa Rica hasta Ecuador. No había llegado aún a las costas del Atlántico, donde poco después de la Conquista españoles y portugueses lo introdujeron de Africa Occidental y Cabo Verde.
2. Por su dispersión natural el cocotero es una de las plantas más comunes en las islas desiertas de formación coralina en Oceanía, a cuyas costas arriban los frutos llevados por las corrientes marinas. Es también una de las

- primeras plantas colonizadoras en las islas volcánicas de aparición reciente, sin que medie ninguna intervención humana. El coco flota con facilidad y tiene cáscara gruesa que impide la entrada del agua. Estudios experimentales han probado que la fruta puede permanecer en el mar hasta 220 días sin que se afecte su germinación, período en el cual las frutas podrían recorrer, arrastradas por las corrientes, más de 6000 km.
3. La mayor variabilidad actual del coco se halla en Polinesia; es también en esa región donde su cultivo es más intenso y su uso más amplio.
 4. Ciertos factores biológicos contribuyen a aclarar el problema: los insectos parásitos del cocotero presentan un porcentaje variable entre específicos y ocasionales. Los primeros llegan a ser el 90 % en Oceanía, 4 % en Africa y 20 % en América. Esto podría indicar que en Oceanía es donde los insectos han evolucionado más su parasitismo y, por lo tanto, donde el cocotero es más antiguo.
 5. Las pruebas fósiles en general contribuyen poco al esclarecimiento del área original de una planta. Esto se debe a que la distribución de los continentes, y sus posibles áreas intermedias en los últimos períodos geológicos, pueden ser muy diferentes de los actuales; cocos fósiles han sido encontrados en Nueva Zelanda e India.
 6. La hipótesis más reciente sobre el origen y domesticación del cocotero asume que las poblaciones primitivas, de frutos pequeños como los que se hallan en los fósiles, crecían en franjas angostas de los litorales, antes de la división actual de los continentes, y que las corrientes marinas eran el medio principal para su diseminación. Esto implica que aquellas características que determinen un tiempo de flotación más largo y retarden la germinación, como un mayor volumen del mesocarpo y epicarpo impermeable, serían favorables a su supervivencia y disemina-

ción. Las poblaciones con frutos grandes tendrían así mayores posibilidades de expandirse y multiplicarse.

Cuando el hombre inició la utilización del cocotero, probablemente fueron pescadores los que descubrieron en las nueces una fuente de agua sana y fácil de transportar, así como un alimento energético en la pulpa de la semilla. La selección para obtener nueces más grandes, sin embargo, implicaría frutos con menos mesocarpo y por lo tanto con menos capacidad de flotación. Las poblaciones seleccionadas fueron entonces propagadas por el hombre, especialmente en los viajes por mar. Antes del siglo XV el coco se había expandido en su mayor parte por la acción del hombre, desde las costas de Africa Occidental hasta los confines de Polinesia. Esta hipótesis, sin embargo, no explica un aspecto fundamental en la distribución prehistórica del cocotero: cómo y cuándo llegó a América.

Porte. El cocotero es una palmera típica, que alcanza de 10 a 15 m de altura, de tronco sin ramificar y entrenudos cotos. El estípote termina en un penacho de hojas grandes, muy divididas; la base del tronco es cónica y muy desarrollada y de ella parten numerosas raíces fibrosas.

El cocotero tiene una fase juvenil durante la cual desarrolla raíces y hojas y el tronco no se alarga. La base del tronco adquiere entonces una forma cónica, amplia, y por lo común inclinada. La etapa juvenil dura de tres a cuatro años y permite el desarrollo de un follaje vigoroso. Una vez concluido este período se inicia el alargamiento del tallo y la producción continua de nuevas hojas; la vida activa del cocotero dura de 40 a 100 años.

Raíces adventicias. Durante el período juvenil se forman raíces adventicias primarias que continúan apareciendo hasta la madurez de la planta; su número total varía entre 4000 a 8000 por planta. Son cilíndricas, de uno a ocho metros de largo y de cerca de un centímetro de diámetro. Se ramifican en secundarias, que a su vez llevan raicillas finas y de poca duración.

Las raíces primarias están provistas de neumatóforos, órganos que permiten el intercambio de aire entre el medio y la planta. Las raíces jóvenes están constituidas por tejidos blancos y suaves y protegidas por un capuchón fuerte en el extremo, detrás del cual está el área absorbente, de cinco a 120 cm de largo. Esta área permite a cada raíz absorber hasta dos cc de agua por día; como una palmera tiene de 2000 a 3000 raíces activas, puede consumir unos cinco litros diarios.

La distribución horizontal de las raíces depende del tipo de cultivo y las condiciones del suelo. Las primeras raíces crecen casi verticalmente, por tres a seis metros de longitud o hasta alcanzar la capa de agua. Otras crecen más inclinadas o casi horizontales y ocasionalmente pueden llegar hasta 20 m del tronco. Las raíces horizontales alcanzan hasta cuatro metros de profundidad, se ramifican más que las profundas y la cantidad de raíces finas y absorbentes que emiten es mucho mayor cerca de la superficie del suelo. Si la capa de agua sube, muchas raíces mueren y si desciende aquellas se ramifican y forman nuevas raíces.

En el cocotero las raíces adventicias tienen todas casi el mismo diámetro y son rectas o ligeramente onduladas. Su color varía de blanco a pardo oscuro, pasando por púrpura y rojo según la edad. Las raíces de un año son todas blancas y a los siete a diez años adquieren un color castaño oscuro uniforme; en una misma raíz se puede observar todos los estados intermedios. Su crecimiento es estacional y, por lo general, más activo durante las épocas lluviosas. Crecen con rapidez en los primeros años y muy lentamente después, y su actividad cuando las condiciones físicas del suelo son favorables es tan larga como la vida de la planta. Por ello los cocoteros de 40 ó más años en suelos francos pueden mostrar todas sus raíces vivas; las raíces viejas requieren humedad en forma menos intensa y sirven para almacenar sustancias de reserva.

Las raíces finas salen de las primarias o secundarias en ángulo recto y se pueden ramificar de tres a cinco veces, dando origen a raicillas de

varios órdenes, algunas de ellas muy finas. La vida de estas raicillas es muy corta, son más numerosas cerca del tronco y miden de uno y medio a dos centímetros de largo. En el cocotero no existen pelos absorbentes.

La estructura de la raíz del cocotero es típica de las palmeras. En las raíces jóvenes o en la parte absorbente de las raíces maduras hay una epidermis formada por una sola fila de células a través de la cual se hace la absorción, pues como ha sido indicado no existen pelos absorbentes. La epidermis desaparece pronto para dar lugar a la exodermis, una estructura más profunda de células gruesas, que se endurece conforme avanza la edad de la raíz.

Debajo de la exodermis están los tejidos corticales, formados por parénquima en las raíces nuevas; conforme la raíz envejece los tejidos corticales inmediatos a la exodermis se lignifican y forman una vaina dura que recubre toda la raíz. En el resto de la corteza hay numerosos espacios aéreos y células llenas de taninos, pero faltan las fibras. El cilindro central está separado de los tejidos de la corteza por el periciclo, formado por una sola capa de células y hacia el interior se encuentran de 25 a 40 haces vasculares separados entre sí por rayos de parénquima y rodeados por grupos de células de esclerénquima, que dan mayor rigidez al cilindro. En estos haces los vasos de xilema son bien visibles; el floema, en cambio, aparece poco desarrollado. En la madurez el centro del cilindro central está ocupado por un espacio vacío.

Tallo. En condiciones normales el tallo del cocotero es cilíndrico, ya que su diámetro disminuye muy progresivamente hacia el ápice, en el cual hay un meristema terminal que produce hojas e inflorescencias y mantiene el crecimiento apical. Las hojas dejan cicatrices permanentes en el tronco y lo dividen en entrenudos de diferente longitud.

Los tallos de las palmeras poseen una gran elasticidad y pueden resistir altas tensiones durante los huracanes; por lo común se inclinan en la dirección opuesta al viento predominante. En

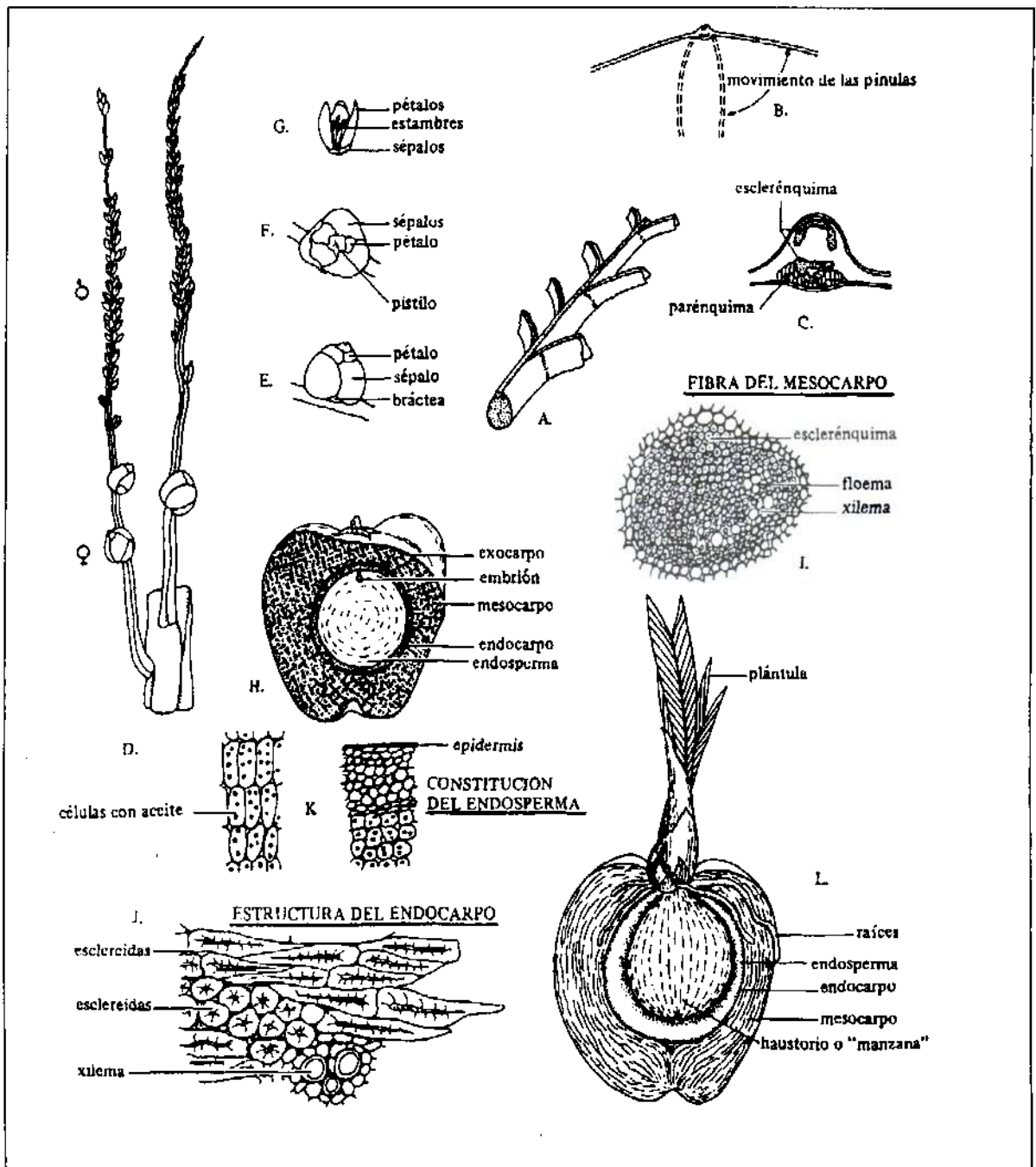


Fig. 35.1. *Cocos nucifera*. A, raquis de la hoja. B, movimiento de las pinulas. C, corte transversal del folíolo en el nervio central. D, ramillas de la inflorescencia con flores estaminadas en el ápice y pistiladas en la base. E y F, flor pistilada. G, flor estaminada. H, corte longitudinal del fruto. I, fibra del endocarpo. J, estructura del endocarpo. K, constitución del endosperma. L, desarrollo de la plántula.

el cocotero adulto su estructura muestra una región cortical formada por células de paredes gruesas, que realmente no forman una corteza sino un tejido protector, periderma o ritidoma, que se origina de una capa profunda, el felógeno. En el cocotero, como en la mayoría de las Monocotiledóneas, las heridas hechas a la corteza no se regeneran.

Después del ritidoma hay un área en que abundan las fibras y hay muy pocos haces vasculares, los que hacia el interior del tronco son más abundantes, para escasear de nuevo en la parte central. Los haces y fibras están separados por espacios reducidos de parénquima, en que abundan células con taninos. Hay haces vasculares de varios tipos; los más corrientes están formados de xilema, en forma de uno o dos grandes vasos rodeados por parénquima y de tejidos de floema, poco desarrollados, limitados hacia afuera por una fuerte capa de esclerénquima.

Hojas. La planta adulta tiene una corona formada por 30 a 40 hojas abiertas, y un número doble de otras que aún no se han desarrollado. En las axilas de las 10 a 15 hojas inferiores, ya inactivas, han madurado los frutos; en las axilas de las 10 a 15 que siguen hacia arriba los racimos están en maduración; en las de las 10 a 12 terminales las inflorescencias están por desarrollarse. Las bases de las hojas que rodean el punto apical de crecimiento forman el "palmito", una masa blanca y compacta, comestible en muchas palmeras.

Las hojas en la corona están dispuestas en fitolaxia de 2/5, en cinco espirales que corren hacia la derecha o a la izquierda y cuya dirección puede reconocerse por la primera de las inflorescencias. Si ésta sale hacia la derecha del pecíolo, la espiral corre a la izquierda, y viceversa. La posición de las espirales varía de planta a planta; es permanente en una palmera y no es hereditaria.

La hoja adulta mide de dos a cuatro metros de largo y lleva de 150 a 250 folíolos opuestos. El pecíolo es fuerte, acanalado arriba y en forma de quilla abajo. Hacia la base se expande en una vaina que se adhiere firmemente al tronco y que de-

be soportar el peso del racimo maduro. Las estípulas, que salen de la base de las hojas, son fibrosas y permanentes. Las hojuelas son reduplicadas, o sea con la lámina doblada hacia abajo, de 75 a 100 cm de largo en la parte inferior, de unos 50 cm en el ápice.

Su estructura y movimientos han sido estudiados detenidamente (Fig. 35.1A, B). El folíolo consta de un peciolulo fuerte, que no se inserta directamente en el raquis de la hoja sino que corre paralelo, y de una lámina doblada, coriácea y verde, colocada más o menos verticalmente. En corte transversal aparece la epidermis superior lisa, formada por una fila de células cutinizadas; debajo de ella hay dos capas de células, la hipodermis. El centro de la hoja o mesofilo está ocupado por parénquima de empalizada. La hipodermis inferior se forma de una sola capa de células y la epidermis inferior es ligeramente surcada y lleva numerosas filas de estomas, con pelos cortos y escasos. Las fibras son más corrientes hacia la parte superior del folíolo. Los haces vasculares, en cambio, ocupan todo el centro de éste; están rodeados por una vaina de esclerénquima y llevan uno o dos grandes vasos de xilema y bandas angostas de floema.

El nervio central del folíolo es una estructura especializada para facilitar el movimiento de la lámina (Fig. 35.1C). Debajo de la epidermis superior, gruesa y cutinizada hay una capa de parénquima y luego una masa cóncava de fibras, dentro de la cual hay seis o más haces vasculares. La parte inferior del nervio está ocupada por una banda triangular de fibras y a sus lados hay tejidos de paredes muy delgadas que llegan hasta la hipodermis inferior. Cuando estos tejidos se llenan de agua, llevada por uno de los haces vasculares, se expanden considerablemente y levantan la lámina del folíolo. Por el contrario, por ejemplo, cuando pierden agua por exceso de transpiración, se contraen y la lámina se mueve hacia abajo. Estos movimientos, en que los tejidos de expansión actúan a manera de bisagra, son facilitados por la superficie rugosa de la cara inferior de los folíolos.

Inflorescencia. La inflorescencia se compone de un espádice que aparece en las axilas de las hojas, cubierto por una espata superior, cóncava, coriácea, verde amarillenta en la parte externa, que cae al abrirse la inflorescencia. El espádice consta de un eje central de 0.5 a 1.5 m de largo, muy ramificado. Cada ramilla del espádice lleva en su parte superior muchas flores estaminadas, solitarias o en grupos, y en la parte inferior de dos a cinco flores pistiladas (Fig. 35.1D, G).

Las flores estaminadas tienen un perianto de seis partes alargadas y sueltas; las tres internas más grandes rodean a seis estambres, que producen polen en abundancia; al centro de la flor hay un pistilo atrofiado.

Las flores pistiladas tienen también un perianto de seis partes pero éstas cubren completamente el gineceo y son más o menos del mismo tamaño. Hay además dos bracteolas basales. El ovario es un cuerpo globoso en el que se puede distinguir tres lados y termina en un estigma de tres ramas.

Biología floral. Los estudios de la biología floral en el cocotero han dado resultados contradictorios, lo que puede atribuirse a diferencias de estación, variedad o ambiente.

Los factores hereditarios determinan la primera floración, que ocurre en los cocoteros enanos al tercer año y en los cultivares altos después del quinto, por lo general al doceavo año.

Las inflorescencias se abren consecutivamente, y en cualquier época del año es normal que en una planta sólo haya una en antesis. Las flores estaminadas son las primeras en abrirse, inmediatamente después de que lo hace la espata, aunque puede ocurrir antesis hasta unos 15 días después de caerse la espata. Hay flores abiertas por un período de 25 a 40 días y se abren primero las situadas en el ápice de las ramillas del espádice. La antesis ocurre de 8 a 10 am. y el polen es fértil por unos seis días.

Durante el período en que se abren las flores pistiladas, que dura unos 15 días, la inflorescencia toma una posición colgante y de las flores brota miel en abundancia. El pistilo es receptivo por unos tres días. En los cultivares altos es nor-

mal que las flores pistiladas sean receptivas cuando las estaminadas ya han caído, de modo que por lo general la polinización es cruzada. En los tipos enanos los períodos de receptividad del estilo y de producción de polen coinciden en la mayor parte de su extensión.

Puede ocurrir también polinización entre flores de la misma inflorescencia en los cocoteros altos, si los dos períodos no están bien separados, lo que tiende a suceder en ciertas épocas del año o entre inflorescencias de la misma planta, debido a la coincidencia en antesis entre dos inflorescencias consecutivas. Los agentes de polinización son tanto el viento como los insectos; estos últimos visitan las flores en busca de miel, la cual es segregada por las glándulas situadas en la parte interna de las flores.

Fruto. El ovario del cocotero se forma de tres carpelos, de los cuales normalmente sólo uno se desarrolla; los otros dos se atrofian en las primeras etapas de la vida del fruto. El fruto maduro consta del carpelo desarrollado con una semilla, pero la presencia de los otros carpelos originales se advierte aún en los tres poros que se hallan en la base de la nuez.

El fruto es al principio cónico y cuando alcanza la madurez es ovoide, elipsoidal o casi esférico, pero conserva los tres lados originales, con los bordes muy redondeados.

En su estructura interna se distinguen tres partes: exocarpo, mesocarpo y endocarpo (Fig. 35.1H).

El exocarpo consiste de tejidos fibrosos, duros, verdes, que en ciertos cultivares se tornan amarillos, rojos o castaños en la madurez. El mesocarpo se compone de un tejido principal de parénquima, que al principio es transparente y que cuando madura el fruto se seca y adquiere color café oscuro, así como de numerosas fibras que recorren el fruto en sentido longitudinal. Las fibras del coco (Fig. 35.1I) se componen de una envoltura de colénquima que rodea por completo a los haces vasculares, y a veces tienen hacia la parte exterior cuerpos pequeños y silicificados. El floema aparece en dos cordones separados y el xilema en uno solo. Las fibras del mesocarpo

son, después de un largo proceso de separación, un importante artículo de comercio, el coir, que se utiliza en la fabricación de alfombras, felpudos, mecates y otros artículos. India es la principal exportadora de artículos de coir.

Desde el principio del desarrollo del fruto la parte más importante es el endocarpo. Se compone primero de células de paredes gruesas y translúcidas que conforme avanza la maduración se oscurecen y se hacen más compactas; este proceso se inicia en el ápice y continúa hasta la base. El endocarpo no se endurece del todo en el poro que corresponde al óvulo fértil, pero cubre por completo los otros dos. En la madurez (Fig. 35.1J) es una estructura de color café oscuro, muy dura y compacta, constituida por células pétreas o de esclerénquima, de paredes muy gruesas, formadas de capas concéntricas y atravesadas por perforaciones sencillas o ramificadas que comunican el centro de una célula con sus vecinas. Las células pétreas en una sección longitudinal del fruto aparecen en su mayoría alargadas; otras, en menor número, forman grupos aislados y son redondeadas e isodiamétricas. Numerosos haces vasculares recorren también el endocarpo y se distinguen por su color más claro. El grosor del endocarpo varía desde unos pocos milímetros en los cultivares enanos hasta casi un centímetro en los tipos corrientes. Se utiliza por su color y dureza en la fabricación de artículos ornamentales; su uso principal es como combustible en los secadores de copra.

El endocarpo y la semilla propiamente dicha forman lo que se conoce en el comercio como la nuez de coco.

Semilla. La parte económicamente más importante del coco es la semilla. La cubierta o testa es una capa muy delgada de células irregulares de color castaño claro, debajo de la cual se halla el endosperma y un embrión muy pequeño, situado en la región basal.

El endosperma joven consiste tanto de capas celulares como de una sustancia líquida que contiene muchos núcleos flotantes que no se dividen; esa sustancia es absorbida lentamente por

las partes sólidas. En la madurez (Fig. 35.1K) está formado por dos capas: la externa incluye varios estratos de células isodiamétricas y la interna células alargadas en sentido radial. En ambas capas las paredes son delgadas y el lumen rico en esferitas de aceite, cristales y granos de aleurona.

En la producción comercial el endosperma se seca artificialmente; se le conoce con el nombre de copra y se exporta o procesa localmente para obtener el aceite de coco o para usos menores en confitería. El coco fresco y la copra son buenos alimentos, aunque escasos en minerales y vitaminas. En la copra hay de siete a ocho por ciento de proteínas y 17 a 18 % de carbohidratos. La torta, una vez extraído el aceite, contiene 20 % de proteínas y 40 % de agua.

Germinación. El proceso de germinación en el cocotero y otras palmeras se inicia con el desarrollo del embrión que forma la plántula y de un órgano especial, el haustorio, destinado a absorber nutrimentos de los tejidos del endosperma (Fig. 35.1L).

Este órgano crece en las primeras semanas hasta formar un cuerpo esférico, suave y carnoso, llamado corrientemente "manzana". Sus tejidos esponjosos están recorridos por haces vasculares que convergen en el poro y que trasladan a la plántula las sustancias nutritivas que el haustorio obtiene por digestión del endosperma. Cuando ha concluido con éste, el haustorio termina su función y se desintegra. Se cree que absorbe también sustancias nutritivas del endocarpo.

Por otra parte, el embrión abre el poro del endocarpo, cerrado por un tapón de tejidos suaves, y penetra en el mesocarpo, donde crecen sus raíces y absorben sustancias nutritivas; luego rompe el exocarpo y sale al exterior, emitiendo raicillas que alcanzan el suelo. La plúmula se abre entonces y aparecen las primeras hojas; este proceso tarda de tres a cuatro meses.

La plántula, una vez en tierra, emite de ocho a 10 hojas bífidas. Cerca de año y medio después de que se inicia la germinación aparecen las primeras hojas pinnadas y entra en la fase juvenil.

Variación. Según el porte y biología floral, los cultivares se agrupan en cocos enanos y cocos altos. Los primeros difieren en el tamaño menor, son más precoces, producen frutas más pequeñas y de inferior calidad, y su período productivo es más corto. Su origen se atribuye a mutaciones aparecidas en las poblaciones normales, en localidades diferentes. La mayoría de ellos son autofértiles, pues coincide en la misma inflorescencia la producción del polen con la presencia de estigmas receptivos, y por lo tanto representan poblaciones relativamente uniformes; su cultivo es reciente.

Se dividen por el color del fruto en verdes, amarillos y rojos, y dentro de estos colores básicos hay poblaciones con diferentes tonalidades. En plantaciones comerciales se ha observado que en la descendencia de cocos enanos verdes aparecen algunas veces cocos altos, pero no se ha observado lo mismo en los tipos rojos y amarillos. Estos últimos muestran mayor resistencia al "amarillamiento letal", enfermedad muy grave en el Caribe.

Los cocoteros altos constituyen poblaciones interfértiles en que por desplazamiento genético se formaron grupos de individuos de cierta homogeneidad fenotípica, pero que no dan descendencias uniformes. A estas poblaciones se las ha llamado variedades y reciben nombres locales.

Se conoce poco de la variabilidad de caracteres del cocotero. Los observados y que sirven de base para separar los cultivares se refieren especialmente al fruto:

1. la forma varía desde elipsoidal en 'Typica' o 'Laguna', hasta ovoide en 'Gigante' o casi esférica en 'Pusila'; en algunos casos la base y el ápice son mamelonados, como en 'Maldivas';
2. tamaño, que se expresa en el número de nueces por tonelada de copra; así en 'San Ramón', un cultivar de Filipinas, de 3300 nueces se obtiene una tonelada de copra, mientras que de 'Laguna' se necesita 5600 nueces;
3. color del epicarpo, varía en tonalidades de verde, amarillo, rojo y castaño, carácter que parece heredarse por el lado materno;

4. grosor del endocarpo, que varía desde muy grueso hasta muy delgado, lo que determina que también hay gran variación en el número de nueces por planta y de ciertos caracteres vegetativos difíciles de definir, como la forma, tamaño y posición de las hojas, color del tallo, grosor del tronco. En todos los cultivares la calidad y cantidad de copra es la característica comercial de mayor importancia, la cual depende tanto de factores hereditarios como de condiciones ambientales.

Para obtener cultivares superiores por el contenido de copra, la hibridación entre individuos de poblaciones aisladas o entre cultivares enanos y altos, muestra los efectos de heterosis, pero está limitada por las dificultades para la polinización, período largo que se necesita para establecer y probar los híbridos, terreno para las pruebas y otros factores limitantes.

Un método alternativo es el cultivo de tejidos, que permite multiplicar individuos sobresalientes en poblaciones clonales.

PALMA AFRICANA DE ACEITE, *Elaeis guineensis*

La palma africana es la oleaginosa de mayor rendimiento. La producción comercial, cerca de millón y medio de toneladas, se utiliza particularmente en la producción de margarina, aceites de cocina y jabón, así como en la industria, en la fabricación de láminas de estaño, candelas, glicerina y otros. La producción aumenta constantemente —su valor de exportación es inferior únicamente a la soya— y llega a aproximadamente 1 500 000 toneladas métricas, procedentes principalmente de Nigeria, Zaire, Indonesia y Malasia.

Origen. El género *Elaeis* incluye tres especies: *E. guineensis*, de Africa Occidental; *E. oleifera* (*Elaeis melanococca*), de Centroamérica a Brasil, y *E. odora*, una especie poco conocida del Amazonas.

Elaeis guineensis se desarrolla espontáneamente en Africa Occidental en sitios húmedos y

abiertos: bordes de ríos y pantanos en que no pueden crecer árboles. Estos palmerales son utilizados esporádicamente por los nativos, que recogen los frutos y extraen los aceites en forma muy primitiva. En Africa Occidental la dispersión por el hombre y por agentes naturales de semillas de procedencia diversa, llevó a la formación de poblaciones espontáneas y heterogéneas en toda la región. Palmeras que crecían por sí solas, que eran sembradas o transplantadas del bosque a explotaciones agrícolas transitorias en sistema de roza, permanecían cuando las siembras eran abandonadas y retornaba la selva, y eran explotadas esporádicamente por las comunidades vecinas. Sólo en Togo y Costa de Marfil los agricultores locales establecieron siembras pequeñas, más o menos formales.

Las nueces de palma africana comenzaron a ser exportadas de las costas de Africa a Europa, donde se extraía el aceite, a mediados del siglo pasado. Este comercio, que reemplazó al de esclavos, desarrolló después el establecimiento de plantas extractoras de aceite en Africa, pero las siembras comerciales o plantaciones en Zaire, Nigeria, Costa de Marfil y otros sólo se establecieron en la segunda década de este siglo. Casi al mismo tiempo, y completamente independiente, se inició la producción comercial en Indonesia y Malasia. En América tropical, las primeras siembras en Honduras y Costa Rica se iniciaron hacia 1940; la palma africana había sido introducida por esclavos africanos desde el siglo XVI al nordeste de Brasil, donde se le conoce con el nombre africano de "dendé", pero no se convirtió en producción comercial.

Elaeis guineensis es, pues, un cultivo cuyo desarrollo agrícola e industrial se ha hecho en este siglo. Aunque la utilización y la invención de técnicas primitivas de elaboración fueron descubiertas en Africa, el manejo y mejoramiento de este cultivo, así como el desarrollo de plantaciones para la producción comercial, fueron hechos por europeos.

Ecología. La distribución geográfica de la palma en su hábitat natural abarca la región gui-

neana, hasta el Río Senegal (12° N); al sur hasta Angola (16° S) y por el este hasta el Lago Alberto. En Madagascar existen poblaciones que por su aislamiento son muy diferentes.

Elaeis guineensis necesita alta humedad, entre 1500 a 2500 mm al año; luz abundante, pues este factor es básico para la formación del follaje e inflorescencias; humedad mínima de 75 % y temperatura media entre 24 a 26°C, con un mínimo de 18°C. Los suelos deben ser fértiles y bien drenados, pues la expansión del sistema radical no es muy amplia. En las áreas de humedad óptima, como en Malaya, las características del suelo son los factores determinantes del rendimiento.

Porte. La primera etapa de la planta se caracteriza por la formación de la base del tronco, un cuerpo en forma de cono invertido de cuyo ápice brotan las hojas y de la base numerosas raíces adventicias. En esta etapa, que dura unos 3 años, la planta engruesa en sentido radial y no hay aparentemente elongación del tronco.

En la etapa siguiente el tronco se alarga y en el meristema apical produce de 30-40 hojas nuevas por año, en filotaxia de 2 espirales de 8/13, o sea que teóricamente en un tronco desarrollado la hoja 1 está en la misma línea vertical que la 22, 53 y así sucesivamente. Las hojas permanecen 12 o más años adheridas al tronco; en cultivo, se cortan cerca de la base para que se desarrollen las inflorescencias (Fig. 35.2A). Con los años se desprenden y el tronco aparece como una columna cubierta por las cicatrices de las hojas. En las plantaciones comerciales el tronco llega hasta 15-20 m, con un diámetro de 20-50 cm. La capa cortical, angosta, está formada principalmente de haces vasculares y tejidos esclerenquimatosos, que dan soporte a la planta. Los haces son continuos y emiten ramificaciones a las hojas e inflorescencias, o hacia otros haces. El cilindro central, formado principalmente por parénquima y fibras y unos pocos haces, actúa como órgano de reserva.

Hojas. El follaje se forma continuamente de primordios foliares situados en la parte superior del tronco, del que nacen las hojas nuevas.

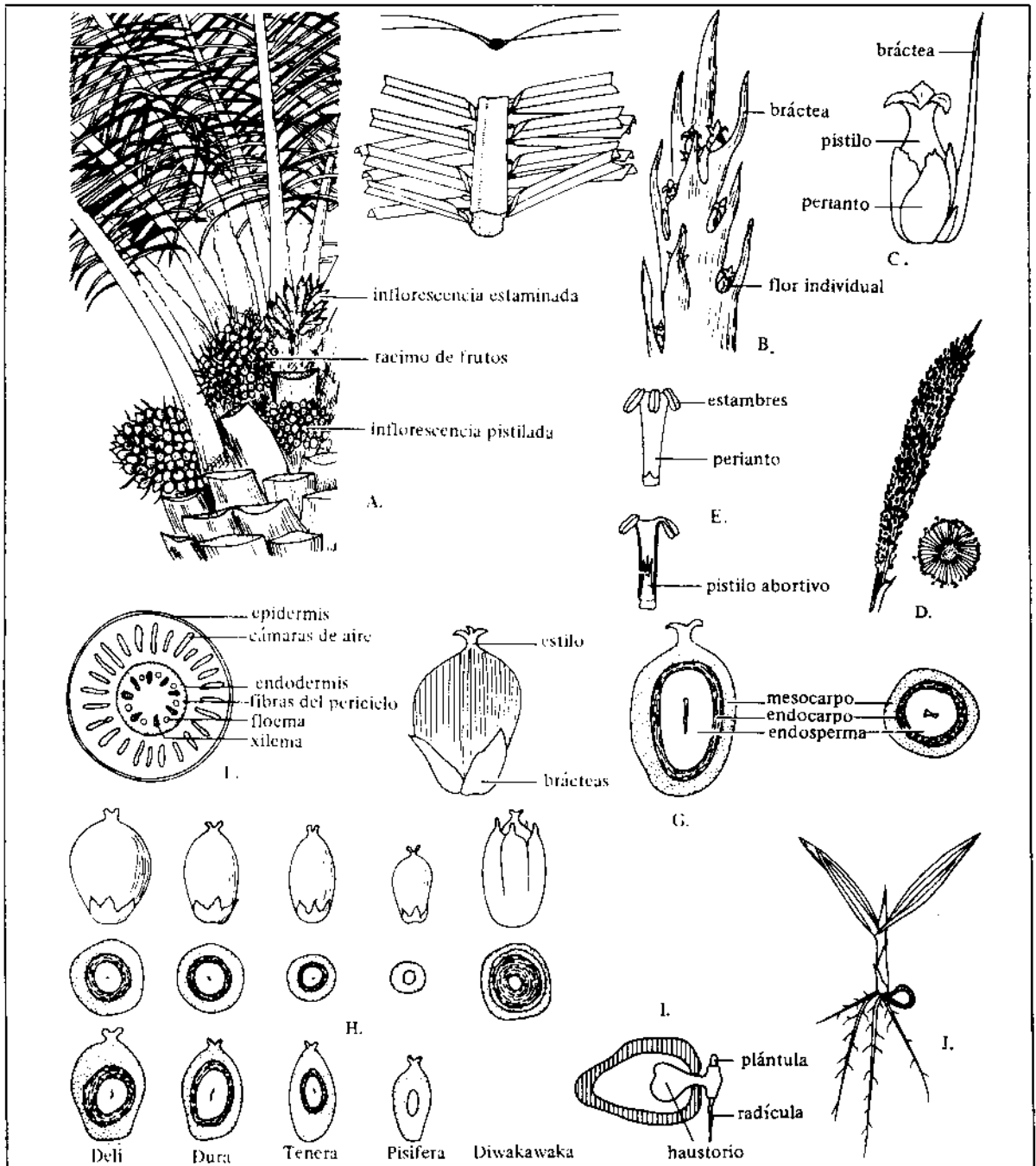


Fig. 35.2. *Elaeis guineensis*. A, porte y hoja vista de frente y de perfil. B, espiga pistilada. C, flor pistilada. D, espiga estaminada. E, flor estaminada. F, corte transversal de una raíz. G, fruto. H, frutos de diferentes tipos. I, inicio de la germinación. J, plántula.

En los primeros 5 a 6 años, o sea en la etapa juvenil de la palma, se abren de 30 a 40 hojas por año; luego por un largo período se forman sólo unas 20 por año, antes de iniciarse la decadencia.

En la palma de aceite el follaje es de primaria importancia para determinar el rendimiento. A cada hoja corresponde una inflorescencia, y el tamaño y desarrollo de ésta depende de la cantidad y estado del follaje. Las hojas en la palma africana están colocadas siguiendo dos espirales; una que corre de derecha a izquierda, en que hay ocho hojas entre las que están en la misma línea vertical, y otra de la izquierda a derecha, con cinco hojas intermedias. En la planta joven, hasta los seis meses, las hojas son enteras, las primeras tubulares, las siguientes convexas y más abiertas. Las hojas que se forman después de seis meses tienen la lámina entera en la parte superior y dividida en varios folíolos en la inferior. El número de éstos es de cuatro a 10 en los primeros años; de 12 a 30 en el segundo. Finalmente las hojas formadas en la etapa madura, que se inicia entre el tercero y cuarto año, sólo están constituidas por folíolos, cuyo número varía de 120 a 150.

La hoja lleva en su base una vaina, que la protege en sus primeras etapas de desarrollo; en las hojas adultas aparece fragmentada, con fibras sueltas y entrecruzadas. El eje de la hoja, ligeramente convexo, se divide en una parte peciolar, basal y más ancha, en cuyos bordes y en el raquis en que se insertan los folíolos aparecen espinas planas, gruesas y agudas. En la zona de separación entre peciolo y raquis las espinas adyacentes a las hojuelas superiores tienen láminas reducidas.

Los folíolos lineares se insertan en el raquis en dos filas colocadas en diferentes ángulos (Fig. 35.2A); la superior sale del borde del raquis, la inferior, insertada debajo de la primera, a diferentes niveles. Hay mucha variación en las posiciones de los folíolos, debido a que la parte pulvinar permite que la lámina tome cualquier ángulo. En general en la mitad basal son horizontales y más arriba toman posiciones diferentes. Los folíolos son reduplicados, como en el cocotero, y se doblan en ángulo sobre el nervio central.

La estructura de la hoja es dorsiventral; en las caras superior e inferior la epidermis está compuesta de células de paredes externas engrosadas; en la epidermis inferior hay filas cortas de estomas. La hipodermis está constituida a ambos lados por sólo una capa de células. Hay fibras de posición central y haces vasculares, algunos ocupando todo el ancho de la hoja. En el nervio central, como en el cocotero, se hallan dos áreas de células de expansión de manera similar a la descrita en esa especie. Los anillos de colénquima en el nervio central están más desarrollados en la palma africana que en el cocotero.

Raíces. La parte inferior del tallo de la palma de aceite es un cuerpo rollizo, hemisférico y blancuzco, del que salen en una planta adulta hasta 10 000 raíces primarias. El sistema radical en esta especie, como en el cocotero, se compone de raíces primarias, de cinco a 10 mm de diámetro, con un promedio de 5 m de longitud, que se dirigen especialmente hacia abajo y que alcanzan hasta 3 m o más de profundidad. Otras raíces primarias recorren la parte superficial del terreno y pueden llegar hasta 10 m del tronco.

Las raíces primarias dan lugar a secundarias, de dos a cinco milímetros de diámetro; éstas a terciarias de uno a dos milímetros, y aún hay raíces de cuarto orden. Las secundarias son más numerosas en los niveles superiores, cerca de la superficie. La mayor concentración de raíces finas se halla en un radio de unos 40 cm del tronco y llega hasta 30 cm de profundidad.

Las raíces de las palmeras se renuevan constantemente de yemas que brotan de la base de la planta. Las raíces viejas o muertas permanecen adheridas por largo tiempo, debido a la solidez del cilindro central y es corriente que una raíz nueva ocupe el túnel dejado por una raíz seca.

Las raíces aéreas son frecuentes en la palma de aceite. Su función es poco conocida. Se hallan en las bases de las primeras hojas, cuyas axilas están ocupadas por helechos y otras plantas epífitas, que depositan cantidades considerables de desechos orgánicos. Estas raíces son de color rojizo y presentan surcos transversales característicos.

Las raíces de *Elaeis* son cilíndricas y tienen protuberancias o neumatóforos, especialmente en las de tercer orden. Los neumatóforos son cuerpos cónicos cuya función principal es suplir de aire a la raíz y son comunes en las plantas que viven en suelos inundables. En un principio estos órganos no se distinguen de las raicillas, pero conforme crecen se abre la epidermis y los tejidos corticales externos, que dejan salir el cilindro central rodeado de parte de la corteza y cubierto por una capa o piloriza. Algunas veces del neumatóforo se desarrolla una raicilla.

La estructura de la raíz (Fig. 35.2F) muestra adaptación a las condiciones cambiantes de humedad en los suelos de los trópicos. La epidermis se forma de células cuyas paredes externas están engrosadas; debajo de ésta, la hipodermis se compone de tres o más capas de esclerénquima, que en las raíces viejas, en que la epidermis ha desaparecido, forma una superficie fuerte que rodea la raíz.

Los tejidos corticales se dividen en dos regiones: la primera externa, formada por células irregulares de parénquima; la interna constituida por cinco a ocho capas de células de paredes más gruesas. En estas dos áreas de parénquima se abren, conforme avanza la edad de las raíces, lagunas de longitud radial que se llenan de sustancias viscosas y que al final llegan a ocupar casi todo el espacio que deja el parénquima cortical, el que se reduce a paredes radiales de pocas células de espesor. Al mismo tiempo, con este proceso ocurre el endurecimiento de las capas de la hipodermis. Hacia el centro de la raíz e inmediatamente después del parénquima cortical está la endodermis, la cual se forma de una capa de esclerénquima de células alargadas en sentido tangencial.

El cilindro central se compone de periciclo, situado debajo de la endodermis, el que se reduce en el crecimiento de la raíz a unas pocas capas de células de parénquima y de haces vasculares que forman un círculo debajo del periciclo. En los haces hay grupos de floema y xilema separados por parénquima; en el xilema se presentan lagunas de corte circular u oval. En las raíces vie-

jas el xilema forma un cilindro fuerte y grueso, como de madera, en cuyo centro queda un espacio reducido ocupado por parénquima.

El sistema radical de la palma de aceite ofrece un sostén eficiente; casi no se conoce casos de palmeras desarraigadas aún en las tormentas más fuertes. Está adaptado también para la absorción de sustancias nutritivas y agua, pues si el área absorbente está poco desarrollada en una raíz, el alto número de éstas y su renovación continua compensan esa deficiencia. La estructura de la raíz, con un cilindro exterior denso y poco permeable, de parénquima ocupado por lagunas y espacios aéreos, y de cordón central fuerte, formado por haces vasculares, las protege de pérdidas de agua y ofrece un sistema mecánico de gran resistencia.

Inflorescencias. Las especies de *Elaeis* tienen inflorescencias axilares, unisexuales. Las primeras aparecen aproximadamente a los dos años y a partir de esa edad hay una por cada hoja que se abre. El desarrollo, del primordio a la antesis, dura cerca de tres años y hacia los dos años se determina el sexo de la inflorescencia. La palma africana produce inflorescencias de uno y otro sexo por períodos alternos cuya duración varía desde pocos meses hasta dos años, en número que no fluctúa mucho.

Los períodos de sexualidad son diferentes de una planta a otra, lo que asegura la posibilidad de una fertilización constante dentro de un grupo de palmeras. Ciertas condiciones fisiológicas afectan la determinación del sexo; en plantas en que el follaje ha disminuido drásticamente se observa un incremento notable, de ocho a uno, de racimos estaminados sobre pistilados.

La inflorescencia pistilada es una espiga, cubierta al principio por dos espatas y protegida en la base por cinco a 10 brácteas duras y puntiagudas, que llegan a medir hasta 15 cm de largo. La espiga es sostenida por un pedúnculo corto y fuerte y lleva al centro un raquis grueso, en el que van insertadas numerosas ramillas o espiquillas (Fig. 35.2B), cada una con 10-20 grupos de flores.

En la base de cada flor hay una bráctea dura y aguda, que envuelve no sólo la flor pistilada sino también los rudimentos de flores estaminadas no funcionales. La flor pistilada (Fig. 35.2C) se forma de un ovario globoso, cubierto por ocho bracteolas anchas, delgadas y duras. Las seis internas se denominan tépalos y se dividen en dos verticilos de tres; en la anthesis son blancas con áreas verdosas, recubiertas de un polvo fino en el lado externo. Por último el ovario está rodeado en su parte inferior por una corona de seis a 10 lobos agudos, que representan un tubo estaminal reducido. El ovario es tricarpelar y tiene en cada lóculo un óvulo basal; termina en un estigma trífidio, cuyas ramas se arquean hacia afuera, con la superficie interna cubierta con papilas.

La inflorescencia estaminada (Fig. 35.2D) está formada por un eje central erecto y delgado, del que salen numerosas ramillas llamadas dedos, cilíndricas y largas, de cinco a 20 cm de longitud, que terminan en un ápice duro y punteado. Hay hasta 200 ramillas en una inflorescencia, con un total de 500 a 1500 flores estaminadas, que se insertan en espiral directamente en el raquis de la ramilla, y que miden de tres a cinco milímetros de largo (Fig. 35.2E).

El perianto se compone de seis piezas: tres externas, oblongas, amarillentas y tres internas más anchas y suaves. Los estambres están colocados en un tubo y hacia el centro de éste aparecen los rudimentos del ovario. Las anteras se abren longitudinalmente y producen polen en abundancia, de un marcado olor a anís.

En *Elaeis guineensis* las flores unisexuales van colocadas en inflorescencias diferentes; en el cocotero están situadas en diferentes partes de la espiga o ramificaciones de la misma inflorescencia. Esta condición de la sexualidad en la palma de aceite posiblemente es el resultado de una larga evolución y no es raro entonces que una flor estaminada tenga órganos rudimentarios del sexo opuesto. En la espiguilla pistilada hay restos de flores estaminadas y no son raras anomalías florales, como la presencia de flores pistiladas en la base de espigas estaminadas o de es-

tambres perfectos en una flor pistilada, que producen polen fértil.

Biología floral. La palma de aceite es protérandra, pues en los casos anormales de espigas con flores de dos sexos las estaminadas se abren dos semanas antes que las pistiladas.

Las flores pistiladas muestran estigmas receptivos por la mañana del día en que se abren; por la tarde ya aparecen manchas necróticas y al día siguiente se marchitan. En las flores estaminadas el tubo se alarga en el día varios milímetros, emerge de las bracteolas y se dobla hacia afuera formando una estrella. El porcentaje de flores pistiladas que son fertilizadas depende de la presencia de polen. En una plantación siempre existe polen en abundancia, pero la producción de frutos la determinan factores estacionales. Medidas tomadas en plantaciones comerciales muestran que la relación de inflorescencias pistiladas a estaminadas, abiertas en un momento dado, es de 1:1 a 1:2. A lo anterior hay que sumar el alto número de flores por planta; una espiga estaminada o dedo puede tener de 600 a 750 flores y una pistilada cerca de 30.

Fruto. El ovario fecundado crece al principio rápido y sólo un óvulo se desarrolla pues, como en el cocotero, los otros dos desaparecen corrientemente. La forma de los frutos depende de su posición en el racimo, y como éste necesita espacio para expandirse, en las siembras comerciales se recortan las hojas para que no impidan su desarrollo. Un racimo llega a pesar hasta 50 libras y a contener unos 100 frutos bien formados. En algunos cultivares las brácteas agudas continúan creciendo y sobresalen del racimo.

El fruto es una drupa ovoide cuyo color externo cambia, según el cultivar, de verdoso a negro o rojizo en la parte superior; la inferior es siempre amarilla (Fig. 35.2G).

El epicarpo es liso, duro y brillante; el mesocarpo es una masa amarillenta, de parénquima rico en aceite, recorrido por fibras y haces vasculares. El aceite del pericarpo, amarillo-rojizo y rico en ácido palmítico, se conoce en el comercio con el nombre de aceite de palma; por su conte-

nido de caroteno es de alto valor nutritivo. El endocarpo forma con la semilla la nuez, cuyo desarrollo determina el tamaño del fruto. Cuando es grueso, como en el tipo llamado 'Dura', los frutos alcanzan más de tres centímetros de largo; si es delgado como en 'Tenera', más de dos centímetros. El endocarpo se compone de un tejido básico de esclerénquima, o sea células de paredes muy gruesas, recorrido por haces vasculares. A simple vista el primero presenta una superficie oscura, casi negra, y los segundos aparecen como puntos y líneas más claros.

La consistencia y grosor del endocarpo es un carácter varietal; en 'Dura' está muy bien desarrollado mientras que en 'Pisifera' se forma de capas de células de paredes delgadas; hay todas las formas de transición entre estos extremos. Como en el cocotero, en el ápice hay tres poros, que son restos de los tres carpelos. El poro inmediato al embrión está cerrado por un opérculo, un cuerpo cónico en cuya base hay un canal que no lo atraviesa totalmente. Hacia la parte externa el resto del poro está cerrado por fibras.

La semilla propiamente dicha tiene un episperma de unas pocas capas de células oscuras, que se continúan hacia adentro en el endosperma. Este tejido se compone de parénquima, cuyas capas externas formadas por células aplastadas contienen muy poco aceite y están recorridas por numerosas fibras finas. Hacia el interior las células son más alargadas, de paredes delgadas, abundantes en punteaduras y llenas de un aceite amarillento y de granos de aleurona, en forma de cristales romboidales. Las gotas de aceite son de tamaño muy variable. En el endosperma hay dos cavidades unidas por un canal fino: una central, grande, como la del coco, y otra pequeña ocupada por el embrión, las células que rodean esas cavidades son aplastadas y suaves.

Germinación. El embrión es un cuerpo cónico, de tejido parenquimatoso, que se prolonga en un haustorio. Al iniciar su desarrollo el embrión crece hacia afuera, empuja el opérculo y aparece fuera del endocarpo como un botón hemisférico,

del cual brotan la radícula y más tarde la plúmula. El haustorio disuelve las células por medio de enzimas y se puede observar que hay entre él y el endosperma una zona activa de disolución celular. Sustancias del endosperma, como grasa y aleurona, se encuentran en el haustorio, que originalmente carece de ellas. Una vez que ha absorbido todo el endosperma, el haustorio se seca y desaparece, el centro de la semilla queda vacío y con frecuencia penetran en él las raicillas de la plántula.

La plántula se forma de un hipocótilo del cual sale una radícula de corta duración. Pronto aparecen raicillas de primer orden, que llevan pelos absorbentes. El desarrollo de éstas coincide con la disolución del haustorio y de aquí en adelante la plántula obtiene su nutrimento por las raíces (Fig. 35.2I, J).

En la parte superior el embrión tiene dos vainas foliares, que se desarrollan antes de la primera hoja. Estas vainas tienen el ápice agudo y fuerte con el que se abren paso hacia afuera, y una vez que llegan al exterior por entre ellas brota la primera hoja que aparece, por lo común al mes de haberse iniciado la germinación. A partir de esa fecha se produce una hoja de lámina entera cada mes, hasta los seis a siete meses; después aparecen hojas bífidas y por último las pinnadas. Las primeras de estas presentan áreas huecas en la parte inferior, como ventanas, y después salen las hojas de folíolos sueltos.

Variabilidad. De palma de aceite hay series de poblaciones naturales en Africa, desarrolladas bajo condiciones ambientales o culturales muy diferentes. Fuera de esa área, en las grandes plantaciones comerciales de Oriente, los millones de palmeras provienen de unas pocas plantas y su variabilidad es más restringida. El cultivo comercial en Indonesia, por ejemplo, se estableció con semillas de cuatro palmeras del jardín botánico de Bogor.

Los caracteres principales que han servido para separar variedades dentro de la especie son:

1. Grosor del endocarpo, que varía entre uno y nueve milímetros (Fig. 35.2H). Los tipos sin endocarpo duro se han llamado 'Pisífera'; los de endocarpo de dos a cinco milímetros de espesor, 'Tenera'; de cinco a nueve milímetros, 'Dura'. Se separa a veces un cuarto tipo 'Macrocarya', que actualmente está considerado dentro del grupo 'Dura'. La herencia del grosor del endocarpo muestra que 'Tenera' es realmente un híbrido; 'Dura' es homocigota para endocarpo grueso y 'Pisífera' para ausencia del endocarpo. 'Tenera' es preferido como material de siembra y se obtiene de cruces de 'Dura' x 'Pisífera'.
2. El color del pericarpo presenta tres tipos básicos: el primero, *albescens*, cuando el fruto maduro es de color amarillo-dorado o marfil en su parte superior; este carácter es recesivo y se presenta pocas veces. El segundo, *nigrescens*, cuando en la antesis el ovario es blancuzco, aparecen luego manchas de antocianina cerca del ápice y éste se colorea primero de violeta y luego el fruto es negro brillante en la madurez con la parte inferior rojo-anaranjado. Dentro de este grupo se reconocen dos subgrupos: *rutilo nigrescens* cuando la parte superior es negra, y *rubronigrescens* cuando es castaño oscuro. La mayoría de las palmeras cultivadas pertenece a este último tipo. Plantas con este carácter lo transmiten a su descendencia sin segregación. El tercero, *virescens*, cuando el ovario en la antesis es verde, en la madurez amarillo y por último anaranjado. El carácter *virescens* es dominante sobre *nigrescens*; los indígenas africanos prefieren el aceite de palmas *nigrescens* y eso podría explicar su expansión.
3. La inserción de los folíolos presenta una mutación interesante, *idiolátrica*, en la cual salen directamente del raquis y con frecuencia se hallan parcialmente unidos. El follaje es esbelto y esta variante es considerada como fétiche por algunas tribus africanas; es un carácter hereditario y carece de valor económico.

4. En caracteres vegetativos no parece haber diferencia en tamaño, forma y número de hojas entre 'Dura' y 'Tenera', pero sí parece existir diferencia entre la última y 'Pisífera', pues esta tiene menos follaje.
5. En características de la inflorescencia se asemejan 'Dura' y 'Tenera', pues producen más o menos el mismo número de inflorescencias por año, si bien 'Pisífera' produce menos; en esta última hay mayor proporción de racimos pistilados que estaminados. El número de espigas en 'Tenera' y 'Dura' es parecido y es mucho menor en 'Pisífera'. El peso promedio del racimo es más elevado en 'Dura' que en 'Tenera' pero se compensa el tamaño del racimo con el número de frutos formados.
6. En características del fruto 'Dura' tiene nueces más grandes, endosperma más grueso y mesocarpo más delgado que 'Tenera'. 'Pisífera' tiene nueces más pequeñas y mesocarpo menos grueso que las otras dos. El porcentaje de aceite es superior en 'Tenera'.

Cultivares. Históricamente el primer cultivar comercial, llamado 'Deli', es una descendencia de palmas del tipo 'Dura', de alto rendimiento. La selección de tipos superiores de 'Dura' fue reemplazada años después por la siembra de 'Tenera', que se obtenía de cruces y retrocruces entre líneas seleccionadas de 'Dura' y 'Pisífera' de procedencias geográficamente distintas. La propagación clonal de híbridos superiores por cultivo de tejidos se expande actualmente en las áreas más avanzadas: Malasia, Nigeria y otros.

Otro enfoque es la hibridación interespecífica entre *Elaeis guineensis* x *E. oleifera*, en que los híbridos resultan de porte más bajo, mejor calidad de aceite y particularmente de mayor resistencia a enfermedades. Sin embargo, en varios casos los híbridos no han dado resultados satisfactorios.

Palmeras silvestres productoras de aceite

MACAUBA, TOTALI, *Acrocomia aculeata*

Acrocomia aculeata (Fig. 35.3) crece desde México y las Antillas hasta Argentina, aislada o en palmerales densos. El tronco espinoso en las plantas jóvenes, liso en las plantas viejas, de 12-20 m de alto, lleva una corona de hojas pinnadas, que al caer dejan las vainas adheridas al tallo, especialmente en la parte superior. Las inflorescencias son monoicas y los racimos que crecen entre las hojas secas tienen muchos frutos esféricos, verdosos en la madurez, de tres a cuatro centímetros de diámetro, con el exocarpo duro, coriáceo; mesocarpo con fibras y aceite comestible semejante al de la palma africana; el endocarpo grueso rodea una semilla. El aceite de nuez o semilla es más suave que el de palma africana y se usa en alimentación o en la fabricación de jabón.

TUCUM, TUCUMA, *Astrocaryum aculeatum*

Crece en Amazonia; el tronco solitario alcanza hasta 14 m de alto y lleva espinas negras en anillos. Las hojas pinnadas, con espinas, forman una corona poco compacta. Los racimos, hasta de uno y medio metros de largo, tienen frutos esféricos o elipsoidales, de cinco a seis centímetros de ancho, con exocarpo verde amarillento a anaranjado y duro. El mesocarpo es carnoso y comestible, con un sabor de parecido lejano al melocotón. El endocarpo grueso rodea la semilla, de la cual se obtiene una grasa blanca utilizada para cocinar.

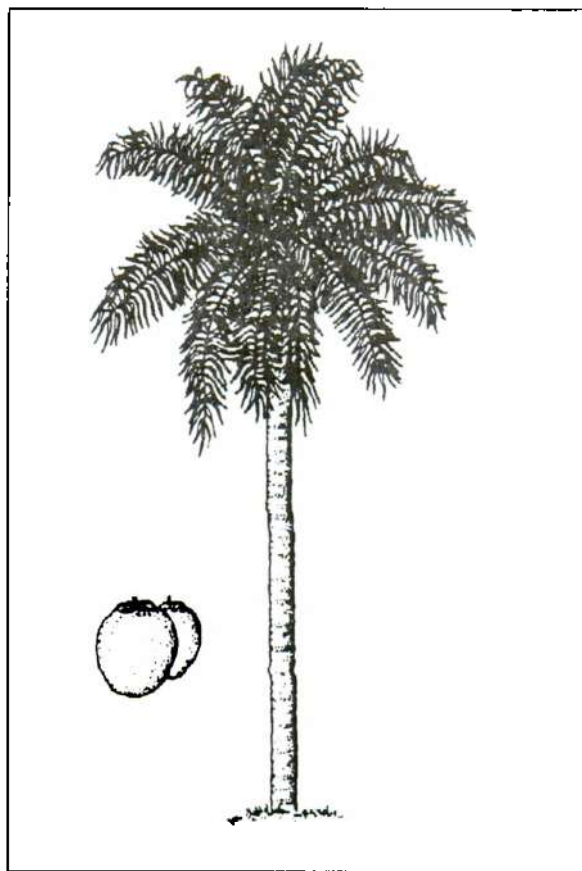


Fig. 35.3. *Acrocomia aculeata*.

CHAMBIRA, *Astrocaryum vulgare*

Del norte de América del Sur, en Brasil se llama "tucum"; "güere" o "chambira" en Colombia; "hericungo", en Perú; "awarra", "aoura" en Guayana. Forma macollas de varios tallos delgados, curvos en la parte inferior y a menudo sin espinas. Las hojas pinnadas y erectas tienen espinas en el raquis y los folíolos. Los frutos amarillos, de tres a cuatro centímetros de ancho, con pulpa (mesocarpo) comestible, alto en provita-

mina A, vitamina B y C. El aceite del mesocarpo es excelente para la fabricación de jabón; el de semilla refinado es de color claro y de muy buen sabor. En Brasil se ha desarrollado industrialmente la producción de un alimento, "tucuma", y la exportación de aceite.

PALMA AMERICANA DE ACEITE, *Elaeis oleifera* (*Corozo oleifera*, *Elaeis melanococca*)

Se encuentra desde el sur de Honduras hasta Amazonas. En porte es mucho más baja que *E. guineensis* y con frecuencia el tronco crece a ras del suelo; las hojas pinnadas no tienen los folíolos en un solo plano, como en *E. guineensis*, sino que se separan irregularmente del raquis. Las inflorescencias y frutos son muy semejantes a los de esta especie y se ha encontrado híbridos naturales. Se explota muy poco por el aceite, pues sólo en ciertas áreas de la Amazonía hay poblaciones con frutos relativamente grandes. Su importancia principal es como elemento parental en hibridaciones con *E. guineensis*, pues los F₁ son más bajos y por lo tanto más fáciles de manejar, de mayor resistencia a ciertas enfermedades y el aceite del mesocarpo, es de calidad superior.

BATAUA, SEJE, *Oenocarpus bataua*

Se encuentra silvestre en la cuenca amazónica, donde se ha hecho unos pocos cultivos incipientes. *O. bataua* tiene el tronco solitario y delgado, hasta de 14 m de altura, con espinas caedizas. Las hojas pinnadas, hasta de ocho metros de largo, llevan en la base vainas envolventes. Los frutos, en racimos grandes, elipsoidales, de 2.5 a 3.5 cm de largo, tienen el epicarpo morado. El mesocarpo es rico en aceite, amarillento, comparable en sabor y composición química al de olivo, por lo que se usa en ensaladas. Es una especie prometedora pero su domesticación está por lo-

grarse. El aceite es muy apreciado por indígenas y europeos, y a veces se vende en las ciudades por sus propiedades medicinales.

BABASÚ, *Attalea speciosa* (*Orbignya martiana*)

Crece en el noreste de Brasil, en áreas secas y en poblaciones silvestres de alto polimorfismo, compuestas por millones de plantas. *A. speciosa* suple el 60 % de los aceites comestibles consumidos en Brasil. Produce además, cantidades considerables de torta para el ganado, carbón de alta calidad para la industria y otros productos derivados.

En *A. speciosa* (Fig. 35.4) el tronco recto y cilíndrico alcanza de 15-25 m de alto y de 25-40 cm



Fig. 35.4. *Attalea speciosa*, babasú. Porte y fruto, entero y en corte transversal.

de diámetro; termina en un penacho de 15-20 hojas erectas, dobladas hacia abajo en el ápice, de 5 a 10 m de largo, blancuzcas cuando jóvenes, verde-amarillentas en la madurez. La palma produce racimos numerosos, cilíndricos y colgantes, con 200-600 frutos de cáscara ferrugínea. Los cocos de babasú son oblongos y terminan en un ápice agudo; miden de 8 a 15 cm de largo por cinco a siete centímetros de diámetro. Interiormente están formados por el mesocarpo seco y fibroso, que por su alto contenido en carbohidratos y proteína se utiliza localmente en la preparación de alimentos. El endocarpo es muy duro, ocupa más de la mitad del fruto y por su espesor y textura fibrosa resulta muy difícil de quebrar. Contiene de dos a ocho semillas, generalmente de cuatro a cinco, de 2.5-5 cm de largo por 1-1.5 cm de ancho, de color marrón oscuro por fuera, amarillentas en su interior, el cual está formado de endosperma sólido, rico en aceite semejante al de coco.

El babasú se exporta en semilla o se prensa localmente para extraer el aceite. La producción se estima en más de 90 000 toneladas, cuyo consumo para alimentación, industria de jabones o combustible, aumenta constantemente en Brasil.

COHUNE, COROZO, PALMA REAL, *Attalea butyracea*

Palmera de áreas con estaciones alternas del sur de México a Bolivia, frecuente a orillas de los ríos. El tronco solitario alcanza hasta 45 m de alto; las hojas gigantescas, de 7-12 m de longitud, tienen los folíolos en un mismo plano vertical. Las flores, en racimos muy ramificados, tienen pétalos angostos, seis estambres con anteras rectas. Los frutos elipsoidales, de seis a ocho centímetros de largo, crecen en racimos colgantes y compactos; tienen el ápice prominente y la cáscara dura. El mesocarpo es suave y fibroso y contiene aceite en poca cantidad. Hay por lo común una a tres semillas, rodeadas por un endocarpo duro; el endosperma contiene alrededor de 60%

de aceite. Por su abundancia estas palmeras son explotadas localmente; se ha hecho intentos de mecanizar la extracción del aceite de las semillas, cuyo principal obstáculo es la dureza del endocarpo.

Palmeras productoras de cera

Varias palmeras producen ceras en la cutícula de las hojas, que por sus propiedades especiales de plasticidad, repulsión al agua, alto punto de fusión, emulsificación y otros, han sido utilizadas para la fabricación de ceras, lubricantes y otros usos menores. Sin embargo, están siendo reemplazadas por productos sintéticos más uniformes, de más bajo costo y de producción más estable.

CARNAUBA, *Copernicia prunifera* *(C. cerifera)*

Es una fuente de cera vegetal cuyo producto tiene amplio uso en la fabricación de ceras para pisos, papel carbón, lubricantes, plásticos y otros. Constituye un artículo importante de exportación de Brasil, país que es hasta la fecha el único productor.

La carnauba crece en el noreste de Brasil. En esta área de escasa precipitación se halla a lo largo de los ríos o lagunas en las terrazas del interior, en suelos aluviales, rara vez arenosos.

Es una palma de 9 a 15 m de altura, recta y con el tronco cubierto en la mitad inferior por las bases duras de las hojas, o completamente liso; termina en 30-40 hojas, con pecíolos largos, fuertes y espinudos. La lámina, de forma de abanico, se compone de 30-40 pliegues radiales terminados en ápices agudos. La cera que cubre las hojas, especialmente las jóvenes, es más abundante en el lado inferior; es un producto de secreción de la epidermis que en la carnauba forma una capa de 0.02 mm, un grosor extraordinario para esta clase de secreciones. Se forma de laminillas

transparentes, que se desprenden fácilmente, y su papel es proteger el follaje contra la pérdida de agua por transpiración, ya que la zona en que crece la carnauba está sujeta a largos períodos de sequía. La palmera tiene además otra adaptación; un sistema de raíces muy desarrollado, que alcanza hasta 30 m del tronco.

Las hojas son cortadas al iniciarse la estación seca, cuando la cera es más abundante; se secan y golpean a mano o a máquina para soltar las escamas, que son recogidas y fundidas a baja temperatura, en forma de bloques de cera de color verdoso y con olor a heno fresco. Su uso primitivo fue la fabricación de velas, pero a fines del siglo pasado las propiedades específicas de la cera de carnauba le abrieron varios usos industriales.

El valor comercial y la posibilidad de nuevas aplicaciones han promovido el establecimiento de plantaciones comerciales, y de plantas extractoras modernas, en Brasil.

CARANDAY, *Copernicia alba*

Tiene usos parecidos a la carnauba en el sur de Brasil y Paraguay. Sus hojas se emplean además en la fabricación de sombreros, canastas y otros usos domésticos.

LICURI, *Syagrus coronata*

Se utiliza por la cera de las hojas de características semejantes a la carnauba. Difiere de ésta en que la cera no se desprende fácilmente. Se explota especialmente en Bahía.

Palmeras usadas en alimentación

PALMA DE AZÚCAR, *Arenga pinnata* (*A. saccharifera*)

Especie de Malasia que tiene múltiples usos (Fig. 35.5). Las hojas y troncos son utilizados co-

mo materiales de construcción; las semillas son comestibles y de las estípulas se obtiene fibras de gran dureza. El uso principal, sin embargo, es como fuente de bebidas, las que se obtienen del pedúnculo de las inflorescencias. La práctica que se sigue en ésta y otras especies es tomar uno de los pedúnculos florales estaminados y machacarlo con un martillo de madera inmediatamente debajo de la inflorescencia, sin quebrarlo. Días después se corta y de la herida brota savia en abundancia. Cada día se rebana una sección delgada del pedúnculo y esa operación puede continuar por meses o semanas. Una inflorescencia rinde varios litros de savia al día, la que contiene de 12-15 % de azúcares, por lo que fermenta rápido y se descompone fácilmente en vinagre. Del jugo puede obtenerse azúcares por calentamiento, por lo general impuros, que se usan localmente.

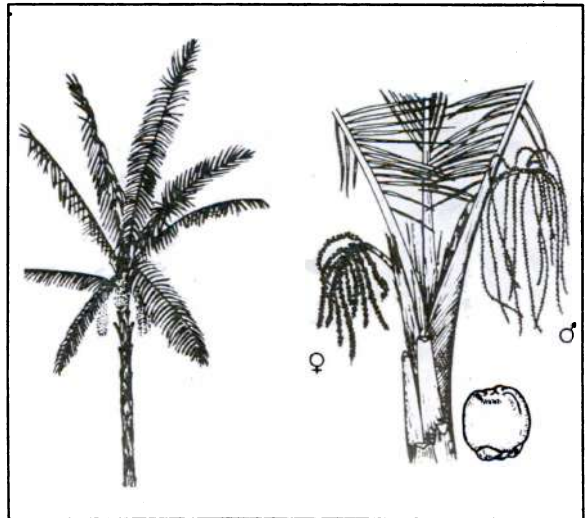


Fig. 35.5. *Arenga pinnata*. Porte y ápice de la planta con inflorescencia pistilada y estaminada.

PEJIBAYE, CHONTADURO, PUPUNHA, *Bactris gasipaes* (*Guilielma gasipaes*, *G. utilis*)

Es una de las palmeras americanas de cultivo más antiguo y extenso (Fig. 35.6). Los indios

la aprecian en especial por su valor alimenticio y evidentemente han hecho en ella una selección empírica. El alto valor nutritivo de *B. gasipaes*, superior por la cantidad y balance de elementos a cualquier otro producto de los trópicos y por sus cosechas abundantes, han determinado que en ciertas regiones llegue a constituir un elemento básico en la alimentación.

Crece en las zonas húmedas, desde la cuenca superior del Amazonas, de donde parece ser nativo, hasta el centro de Brasil por una parte, las Antillas y Centroamérica por otra. En esta última región los conquistadores encontraron grandes plantaciones en la vertiente atlántica, de las que los indios dependían para su subsistencia.

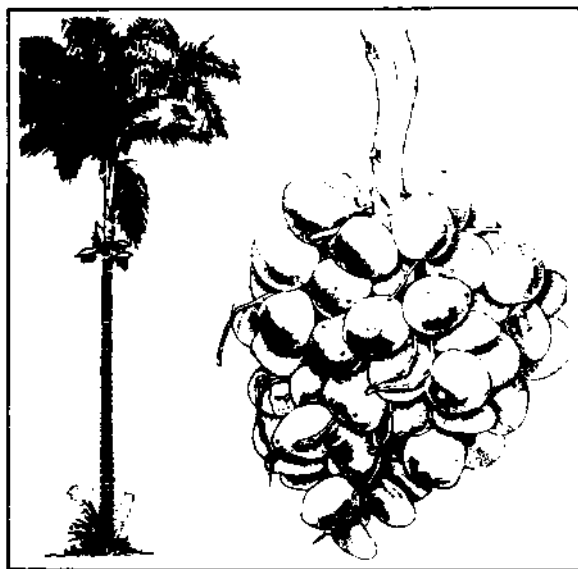


Fig. 35.6. *Bactris gasipaes*. Porte y racimo.

Como las otras palmeras del grupo de las Bactrioides, la planta forma una macolla con varios tallos o estípites. En el cultivo se acostumbra dejar de tres a cinco tallos. Los estípites son altos, de 10 a 15 m, cilíndricos y delgados, cubiertos por anillos alternos, espinudos y lisos; los últimos marcan el sitio ocupado por las bases de

las hojas ya caídas. El follaje se compone de una corona de hojas pinnadas y curvas, con numerosas espinas en el raquis y los folíolos.

Las primeras inflorescencias aparecen a los tres años y cada estípite puede llevar al mismo tiempo de tres a cinco. La inflorescencia está formada por un racimo, cuyas ramas están cubiertas de flores unisexuales, siendo las pistiladas menos numerosas. Los racimos contienen de 10 a 120 frutos y pesan entre tres y 20 libras. Los frutos son cónicos a ovoides, de tres a cinco centímetros de largo, de epicarpo rojo o amarillo, según la variedad, suave y brillante. El mesocarpo, que es la parte comestible, es grueso y seco, amarillo a rojizo, con fibras cortas y escasas. La nuez (endocarpo y semilla) es semejante a un coco diminuto.

El fruto se come cocido, estado en que se puede remover el epicarpo y extraer la nuez con facilidad; el mesocarpo se consume en gran variedad de formas; crudo se usa en la preparación de bebidas fermentadas (chicha).

Bactris gasipaes no se conoce en estado verdaderamente silvestre. Se distingue los cultivares por el color del pericarpo: rojos, que generalmente tienen la pulpa acuosa, roja y con alto contenido de aceite, y amarillos, con la pulpa harinosa y amarillenta. Sin embargo, hay todas las gradaciones en color y textura del fruto. La forma varía de cónica a elipsoidal, y en tamaño desde dos a tres centímetros de largo en los cultivares primitivos, hasta los más seleccionados, de cuatro a seis centímetros de longitud.

Se conoce genotipos prácticamente sin espinas; en otros este carácter no es tan marcado y las descendencias presentan un rango amplio en esa característica. En todas las variedades hay racimos que tienen frutos sin semillas, por defectos de la fertilización; en estos casos el pericarpo es verdoso y el mesocarpo amarillento.

Los cultivares pueden agruparse en dos "razas" geográficas que han evolucionado por aparte: la primera incluye los tipos amazónicos, del este de los Andes; los segundos, los cultivares de las tierras bajas del Pacífico, al oeste de las cordi-

lleras, de los cuales descienden los tipos cultivados en América Central y los introducidos a otras regiones de los trópicos.

Bactris gasipaes es cultivado industrialmente por el "palmito", o sea las bases arrolladas de las hojas sin abrir, que forman un cilindro largo y compacto en el ápice del tronco. El palmito de esta especie es superior al obtenido de otras palmeras, silvestres o cultivadas.

PACAYA, *Chamaedorea tepejilote*

Las *Chamaedorea* son palmeras bajas, que forman macolla, con hojas pinnadas; se aprecian mucho como ornamentales. *C. tepejilote*, de México y América Central, se cultiva en cambio por las inflorescencias comestibles. Se recogen cuando aún no han salido de la espata, y una vez extraídas de ésta se comen cocinadas. Son un producto corriente en el comercio local.

ASAÍ, *Euterpe oleracea*

Del Amazonas, se utiliza por los frutos y "palmitos". La planta (Fig. 35.7) forma una macolla hasta de 25 tallos delgados y rectos, que alcanzan de 6 a 18 m de alto; los folíolos de las hojas son angostos y pendientes. Las inflorescencias de espata doble, muy ramificadas, tienen muchas flores unisexuales, blancas o moradas. El fruto esférico, de 12-15 mm de diámetro, morado en la madurez, tiene el mesocarpo pulposo, el cual se extrae a mano o mecánicamente y mezclado con harina de yuca y azúcar constituye un alimento nutritivo, muy popular en Brasil con el nombre de vino de asai.

Euterpe oleracea está siendo domesticada como productora de "palmito", por la gran cantidad de tallos en cada planta y por la regeneración rápida de la macolla.

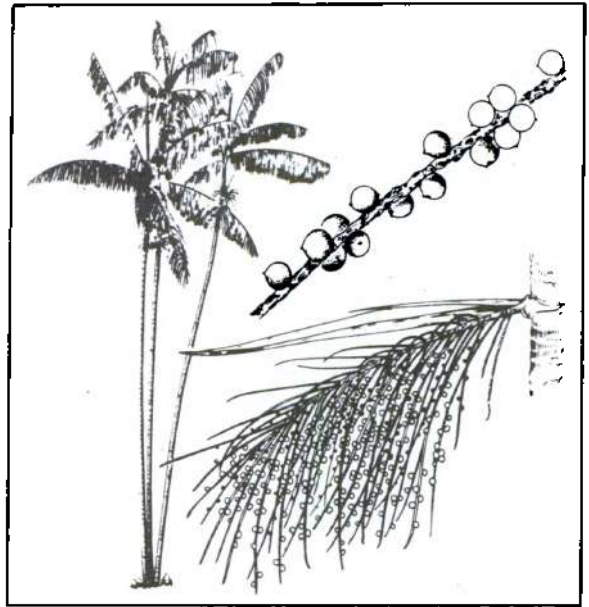


Fig. 35.7. *Euterpe oleracea*. Porte, racimo y frutos.

AGUAJE, MORICHE, *Mauritia flexuosa*

Crece en las áreas húmedas, a menudo permanentemente inundadas, de la Amazonía. (Fig. 35.8). Se caracteriza por el tallo alto, cubierto en su parte superior, con las bases de las hojas más o menos permanentes. Las hojas en forma de abanico miden hasta un metro de radio. Los frutos crecen en grandes racimos; miden de cuatro a cinco centímetros de largo y tienen la cáscara dura y brillante, formada de plaquetas o escamas. El mesocarpo es delgado, pues la nuez es grande, y contiene una sustancia harinosa que se come cruda o se prepara en refrescos. Uno de éstos, llamado "vino de buriti", es una bebida muy nutritiva. En su área de origen han sido establecidas algunas plantaciones.



Fig. 35.8. *Mauritia flexuosa*.

SAGÚ, *Metroxylon sagu*

El nombre de sagú se aplica indistintamente a la fécula que se obtiene de varias Monocotiledóneas. Se limitó al principio, sin embargo, a la harina que se extrae de la médula de los estípites de palmas del género *Metroxylon*, que se encuentran en la región indomalaya. La mayoría de estas especies crece en pantanos de agua dulce o en terrenos húmedos, a menudo en áreas litorales. Son palmeras de tronco recto (Fig. 35.9), hasta de 8 a 10 m de altura, de hojas pinnadas, con o sin espinas. La inflorescencia, un racimo enorme, aparece en el ápice de la planta cuando ésta está por terminar su vida. Los frutos son esféricos u ovoides, cubiertos por escamas en espiral, y contienen una semilla dura.

El sagú se obtiene derribando la palmera y removiendo con instrumentos cortantes la médula del estípite. Esta se lava en una canoa rústica, a menudo hecha de la espata de la palmera, para remover el almidón que se filtra y recoge en un recipiente, se seca y empaca. El sagú contiene

sólo carbohidratos, se consume en abundancia en el área de origen y da lugar a un comercio local muy activo.



Fig. 35.9. *Metroxylon sagu*.

NIPA, *Nypa fruticans*

Las especies de *Nypa* se utilizan en Oriente con diversos propósitos: con las hojas se hace tejidos rústicos, techos para las chozas y otros artículos. Su uso principal es como fuente de azúcar y de una bebida fermentada llamada tuba. Las ripas crecen en pantanos de aguas salobres, a la orilla del mar, en formaciones muy extensas y tupidas. La palmera tiene (Fig. 35.10) un tronco grueso, horizontal o curvo, que crece debajo o a nivel del suelo y termina en un penacho de hojas gigantescas. Las inflorescencias salen aisladas por entre las hojas y son numerosas en cada planta; son esféricas y compactas y las flores muestran una estructura un poco diferente del resto de las palmeras, por lo que algunos autores han considerado que las *Nypa* pertenecen a una familia distinta.

Los ejes de la inflorescencia, que son cortos y brotan verticalmente del suelo, se cortan y de ellos brota una savia azucarada que se recoge y fermenta. Como las inflorescencias están cerca del suelo la recolección del jugo no es tan difícil como en otras palmeras. Por lo general si hay varias inflorescencias en una planta se cortan todas,

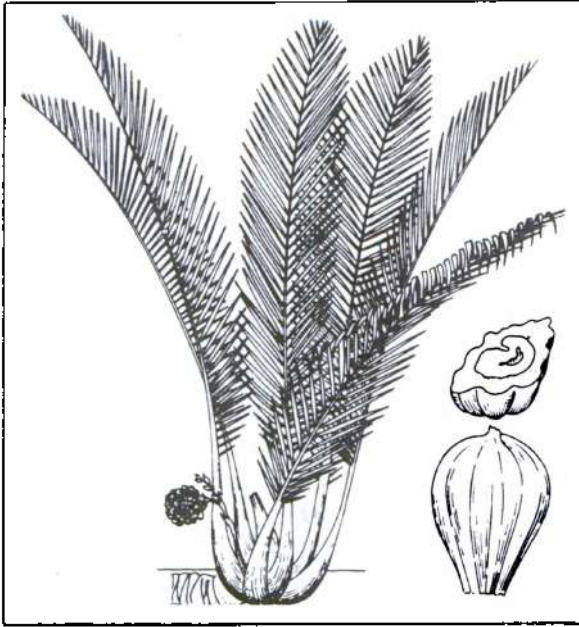


Fig. 35.10. *Nypa fruticans*.

pero sólo de una se recoge la savia. El corte original se hace en la inserción del racimo floral y por varios días se hace cortes nuevos en el pedúnculo para que la savia continúe fluyendo.

SALAKA, *Salacca zalacca* (*S. edulis*)

Cultivada en Indonesia por los frutos, que se consumen crudos, fue introducida a América tropical. La palmera casi no tiene tallo (Fig. 35.11) y se forma de una corona de hojas divididas en folíolos irregulares, espinosos, entre las que aparecen las inflorescencias. Es una especie dioica y en cultivo se deja una planta estaminada por unas

ocho pistiladas. Los frutos aparecen en racimos; son esféricos u ovoides, de tres o ocho centímetros de largo, cubiertos de escamas rojizas terminadas en una espina. La pulpa que rodea la semilla constituye la parte comestible; es translúcida, amarillenta o blanca, dulce y suave, las semillas globosas o elipsoidales, miden de dos a tres centímetros de largo.

Salacca zalacca crece en terrenos pantanosos o permanentemente húmedos y sombreados. Su cultivo en muchas áreas de los trópicos de América y África, que tienen esas condiciones, aportaría una fruta muy valiosa, hasta ahora prácticamente restringida a Indonesia, aunque recientemente se ha hecho introducciones de ella en América tropical.

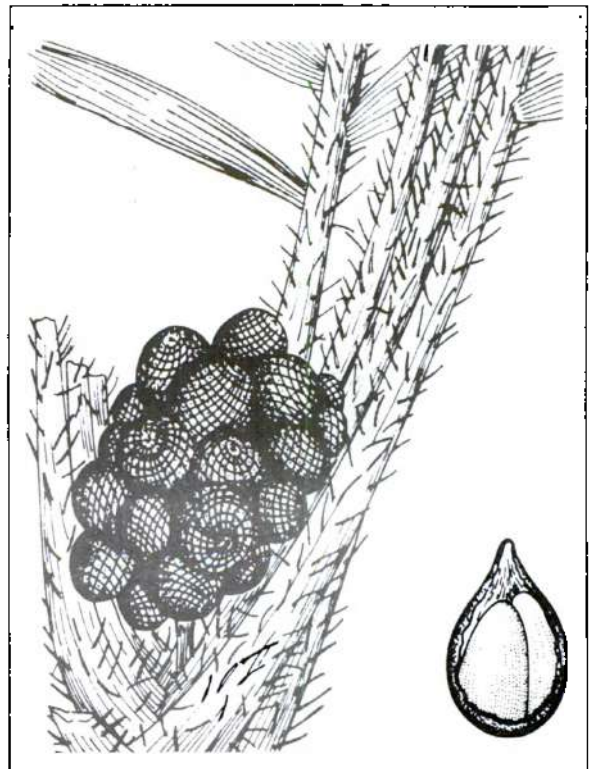


Fig. 35.11. *Salacca zalacca*. Porte y fruto en corte longitudinal.

Palmeras productoras de fibras

Las hojas de las palmeras y los pedúnculos de las inflorescencias suplen fibras de valor industrial. Las hojas están recubiertas por bandas fibrosas de esclerénquima que les dan soporte y son un material corriente en los trópicos para la fabricación de sombreros, canastas, escobas y otros objetos de uso doméstico. Casi todas las especies son utilizadas. En el género *Sabal* hay algunas que reciben específicamente el nombre de palmas de sombreros. El uso industrial más importante es la fabricación de cepillos y brochas, para lo cual se utiliza las hojas de las piasavas.

PIASAVA DE BAHÍA, *Attalea funifera*

Esta especie crece en formaciones extensas en Brasil, especialmente en el estado de Bahía, y supe de fibra de piasava, de mayor valor comercial.

La planta se propaga por semillas enterradas por roedores, los que comen el pericarpo pero no pueden romper la nuez. Las semillas germinan bajo tierra; el hipocótilo crece primero hacia abajo, formando hojas y raíces subterráneas cada vez más profundas; luego se dobla hacia arriba y aparecen en el exterior sólo unas pocas hojas. En una segunda etapa las hojas se alargan, hasta tres o cuatro metros de longitud, y por último se forma el tronco aéreo o estípite. Durante un largo período el área meristemática que produce nuevas hojas está enterrada, protegida de los incendios, y la piasava es la primera planta en aparecer después de las quemas, lo que explica en parte su abundancia.

Las fibras del pecíolo dan la piasava del comercio. Las hojas viejas al secarse dejan los pecíolos adheridos al tronco y de éstos, o de hojas cortadas, se obtiene las fibras, que son los cordones de esclerénquima que rodean el floema en los haces vasculares. Las fibras se arrancan a mano o se extraen triturando los pecíolos, humedeciéndolos luego. La piasava de Bahía es aprecia-

da especialmente para la fabricación de brochas y cepillos por su resistencia a la humedad.

La piasava de Pará, caracterizada por sus fibras más flexibles que las de la especie anterior, se obtienen de *Leopoldinia piassaba*, que crece en la Amazonía central.

RAFIA, *Raphia farinifera*

Crece en pantanos costeros en Africa Occidental y en Madagascar. Las fibras de los pecíolos y folíolos formadas por las haces vasculares se utilizan después de ser tratadas en agua y escardadas, para cepillos y brochas. Se les conoce en el comercio como "piasava de Africa". De esta especie se obtiene la "rafia", que consiste en cintas formadas por la cutícula superior de las hojas tiernas. Se utiliza en horticultura, especialmente para amarrar injertos, pero en ese uso está siendo reemplazada por productos sintéticos. En Africa Occidental, *R. hookeri* y otras son cultivadas también por el vino que se obtiene al fermentar el jugo que sale cuando se perfora la base del cogollo terminal, lo que comúnmente implica la muerte de la planta.

Masticatorio

BETEL, *Areca catechu*

Del sureste de Asia; se cultiva intensamente en India, Sri Lanka y otros países por sus semillas las que son usadas como masticatorio por una décima parte de la población mundial.

En *Areca catechu* el estípite solitario alcanza hasta 30 m de altura y termina en una corona de hojas pinnadas; por el porte es una palma de alto valor ornamental (Fig. 35.12). Las inflorescencias de espata doble son muy ramificadas, con flores unisexuales; las estaminadas, en mayor número, están situadas en la parte superior de

las ramillas del espádice, las pistiladas hacia la base. El fruto es una drupa ovoide, de 5 a 10 cm de ancho, anaranjada en la madurez, con el exo-

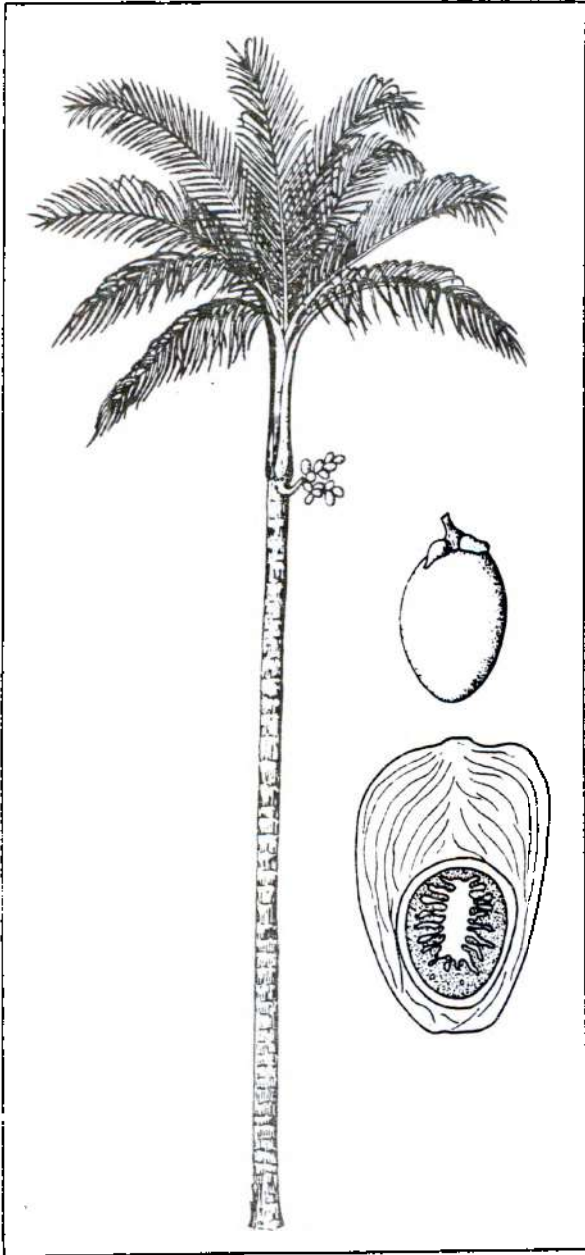


Fig. 35.12. *Areca catechu*. Porte, fruto entero y en sección longitudinal.

carpo coriáceo y mesocarpo fibroso. El endocarpo delgado rodea una semilla de endosperma ruminado. Las semillas se secan enteras o en cortes delgados o se hierven para reducir los taninos que contienen. Se pueden mascar solas, pero la práctica más corriente en Asia es envolver las tajadas en hojas de *Piper betel*, a las que se agrega una pequeña cantidad de cal. El masticatorio así preparado tiene efecto narcótico y tiñe la saliva de rojo intenso.

Marfil vegetal

TAGUA, *Phytelephas macrocarpa*

Produce semillas con endosperma tan duro que ha sido utilizado para la fabricación de adornos, botones y otros artículos con el nombre de marfil vegetal. Las *Phytelephas* son plantas unisexuales de las zonas bajas y húmedas de Panamá a Ecuador.

Las plantas estaminadas tienen racimos largos y cilíndricos, con centenares de flores. Las pistiladas forman racimos compactos, esféricos, en que los frutos están soldados y contienen cada uno de cuatro a nueve semillas elipsoidales, de dos a seis centímetros de largo. El endosperma blanco se utilizó principalmente en la fabricación de botones; en la actualidad el uso principal de la tagua es la fabricación de estatuillas y otros objetos de adorno. Antes de madurar las semillas con el endosperma aún líquido o semisólido, se consumen como frutas.

Cañas

RATÁN, *Calamus* spp.

Con el nombre colectivo de "ratán" se conoce varias especies de *Calamus*, *Daemonorops* y

otros géneros de palmeras del sureste de Asia, que se caracterizan por el porte trepador y frutos escamosos. Son utilizadas por los tallos sólidos y resistentes para muebles y bastones y en su área de origen tienen muchos usos en cestería, construcciones y otros. La mayor parte del ratán del comercio proviene de plantas silvestres, pero hay también cultivos de varias especies.

Calamus caesius forma macollas de pocos tallos. Algunos de éstos llegan a medir más de 100 m de largo y de 8 a 12 mm de diámetro, con la superficie brillante. Las hojas pinnadas, hasta de 1.5 m de largo, tienen espinas en las vainas y el raquis. Lo más característico es la presencia de una prolongación muy delgada, hasta de 75 cm de largo al final de la hoja, el cirrus, cuyas espinas permiten que la palmera pueda subir por los árboles de la selva. Otra especie, *C. insignis*, también utilizada como fuente comercial de ratán, no sólo tiene cirrus sino otro órgano de trepar, el flagellum, que es también largo, delgado y espinoso, y que sale de la vaina de la hoja, opuesto al pecíolo.

Como los ratanes desaparecen rápidamente debido a la destrucción de selvas en Malasia e Indonesia, su cultivo se ha expandido y se ha intentado introducirlos a algunas de las Antillas Menores.

REFERENCIAS

- BALICK, M. & H. BECK. 1990. Useful palms of the world. New York, Columbia University Press.
- CALZAVARA, B.B.G. 1972. As possibilidades do açazeiro no estuario amazónico. Pará, Brasil, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Boletim 5.
- CHILD, R. 1974. Coconuts. 2 ed. London, Longman.
- CORLEY, R.H.V., J.J. HARDON & B.J. WOOD. ed. 1976. Oil palm research. Amsterdam, Elsevier.
- HARDON, J. J. 1976. Oil palm. In Evolution of Crop Plants. N. W. Simmonds, ed. London, Longman.
- HARRIES, H.C. 1979. The evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. Botanical Review 44:265-319.
- HARRIES, H.C. 1995. Coconut *Cocos nucifera* L. (Palmae). In Smartt, H. & N.W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants, 2 ed. London, Longman.
- HARTLEY, C.W.S. 1983. The oil palm. 2 ed. London, Longman. Traducción al español de la segunda edición: La palma de aceite. 1983. México, D.F., CECSA.
- MENON, P.K.V. & K.M. PANDALAI. 1958. The coconut palm: a monograph. Ernakulan, Indian Central Coconut Committee.
- MORA-URPI, J., J. WEBER & C.R. CLEMENT. 1998. Peach palm. Roma, IPGRI.
- STANTON, W.R. & M. FLACH. ed. 1980. Sago. The Hague, Nijhoff.

36. ARALES

ARÁCEAS

Varias especies de Aráceas son cultivadas por los cormos o tallos subterráneos, que suplen un alimento muy nutritivo y de alta digestibilidad, o por las hojas, que se comen como espina-cas. Son de cultivo fácil, producción tempranera y alto rendimiento. Las principales son *Colocasia esculenta* y *Xanthosoma* spp., pero hay otras especies menos importantes en los géneros *Alocasia*, *Amorphophallus* y *Cyrtosperma*. Algunas Aráceas silvestres se consumen en tiempos de hambruna.

En la domesticación de las Aráceas cultivadas, que debe ser muy antigua, el obstáculo principal fue la presencia de cristales de oxalato de calcio, muy irritantes y de taninos. Ambos pueden eliminarse al asar o cocinar los tallos y hojas.

TARO, DASHEEN, *Colocasia esculenta*

Sistemática y origen. *Colocasia esculenta* es un cultivo muy antiguo y expandido en el Viejo Mundo, cuya domesticación pudo hacerse en India-Indochina, en donde aún se encuentran poblaciones silvestres; su cultivo se extendió hacia el este hasta los confines de Polinesia: Hawai, Pascua, Nueva Zelandia, y en otra dirección hasta Filipinas, China y Japón. Hacia el oeste llegó a Egipto un siglo antes de la era cristiana, quizás a través de Siria, y se expandió por el Mediterráneo hasta España, siendo en Chipre un cultivo de cierta importancia. A la costa oriental de Africa pudo ser introducido varios siglos más tarde por los navegantes malayos, y a la llegada de los europeos a la costa atlántica de Africa ya era cono-

cido. Su introducción en América ocurrió poco después del Descubrimiento.

Colocasia esculenta es un conjunto de clones, de diversidad muy amplia, originado por mutaciones de yemas. Se han clasificado en dos grupos subespecíficos: *esculenta* y *antiquorum*. Aunque es corriente distinguir esas dos entidades, es preferible reconocer grupos de clones, diferenciables por sus características fenotípicas y origen geográfico.

Porte. *Colocasia esculenta* (Fig. 36.1A) se propaga en cultivo sólo por materiales vegetativos. Con estos se forma una planta herbácea, constituida por un cormo simple o ramificado de cuya parte superior brotan de 10 a 20 hojas formando una macolla; del ápice del cormo brotan también las inflorescencias. El material de siembra más corriente es un trozo de la planta formado por la porción terminal del cormo y las bases arrolladas de las hojas. Se planta también secciones laterales de cormo que tengan una o más yemas o cormos enteros. En estado natural la planta se mantiene por estolones que brotan del cormo original, los cuales a su vez forman cormos secundarios con hojas e inflorescencias. Así resulta una norma simpodial de crecimiento que determina que *C. esculenta*, como otras Aráceas, sean consideradas como plantas perennes.

Cormo. El tallo subterráneo o cormo es un órgano de reserva y multiplicación (Fig. 36.1B). Según el clon, la forma varía de cilíndrica hasta casi esférica y el tipo de ramificación desde simple a muy ramificada.

En ciertos clones el cormo central es la parte comestible (Fig. 36.1C) en otros son los tubérculos o "cormelos". Externamente el cormo presenta marcas transversales que son las cicatrices de las hojas, a menudo con fibras, y está cubierto

por una capa corchosa, muy delgada y suelta, que se deriva de un felógeno. Este aparece en un corte del cormo como una banda externa muy angosta y transparente, formada de capas alargadas en sentido tangencial. Internamente, el cormo se divide en la zona cortical y el cilindro central, (Fig. 36.1D) pero esa separación no es clara. La primera es angosta, de apariencia compacta, pues está formada por parénquima de células isodiamétricas de paredes gruesas, cargadas de almidón. En algunos clones la zona cortical muestra una coloración violácea y por lo general tienen pocos haces vasculares y canales de mucilago.

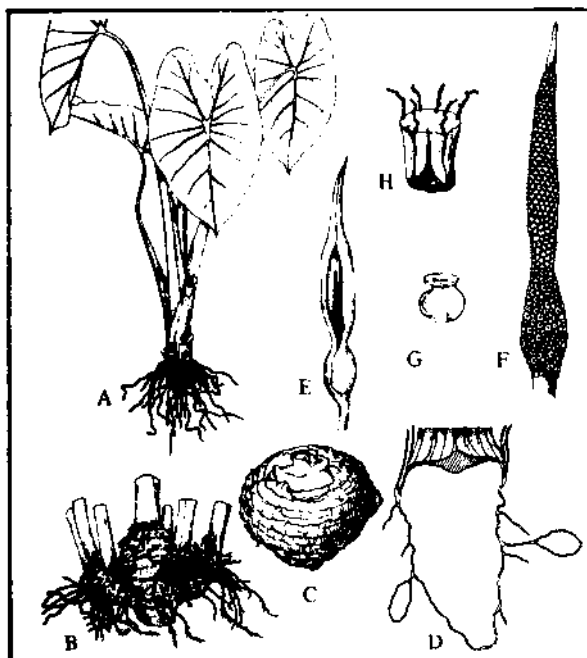


Fig. 36.1. *Colocasia esculenta*. A, porte. B, tallo basal con cormos laterales. C, cormo. D, corte transversal del tallo. E, espata. F, espádice. G, flor pistilada. H, flor estaminada.

En el cilindro central el tejido básico es parénquima, como en la zona cortical, pero de células más irregulares y con paredes más delgadas. Contiene principalmente almidón, en granos esféricos de tamaño muy uniforme, de cuatro a sie-

te micras de diámetro. Estas características del almidón y el contenido de minerales y vitaminas hacen de los cormos de *Colocasia esculenta* una fuente de alimentos nutritivos y de alta digestibilidad.

El siguiente elemento notable son los haces vasculares y los canales de mucilago, asociados a los primeros o libres. Hay también células con rafidios de oxalato de calcio que en algunos clones, quizás por una larga selección, casi no existen. El látex es más gelatinoso que en otras Aráceas y menos irritante.

Del cormo salen raíces simples o ramificadas, que se renuevan constantemente, y que consisten de una zona cortical suave y blancuzca y de un cilindro central fibroso.

Hojas. Las hojas se producen de un meristema apical del cormo y aparecen arrolladas por la base, formando un pseudotallo muy corto. Las hojas nuevas salen enrolladas por entre los pecíolos de las ya formadas, y las laterales, más viejas, se marchitan y secan. En los primeros seis meses de la planta el área foliar se incrementa rápidamente, para luego mantenerse más o menos estable mientras aumenta el peso de los órganos subterráneos.

El pecíolo en *C. esculenta*, cilíndrico en la base y acanalado en la parte superior, muestra una coloración que varía según el clon; es distintivo en algunos la presencia de líneas longitudinales amarillas o rosadas y de manchas o puntos rojizos a violáceos, especialmente hacia la base. El pecíolo se inserta, en la mayoría de los clones, en el centro de la lámina, del cual se conecta directamente a tres nervios principales; el ángulo que forma el pecíolo con la lámina es una característica varietal. En algunos clones la inserción del pecíolo determina que la lámina tome una posición vertical, en otros inclinada. Aunque se dice que las hojas de *C. esculenta* son peltadas, hay un grupo de clones llamado Piko, en que la lámina se recorta formando un seno basal y en cuyo extremo se inserta el pecíolo, como en *Xanthosoma*.

La lámina es corrientemente sagitada y la proporción largo-ancho varía con el clon. De la

inserción del pecíolo parte el nervio central, a menudo muy ancho, que termina en el ápice de la hoja y dos nervios basales. El color varía de verde claro a azulado; en ciertos clones hay una mancha purpúrea muy oscura, el "piko", en el área del lado superior de la hoja que corresponde a la inserción del pecíolo.

Inflorescencia. Dos o más inflorescencias brotan juntas del meristema apical del cormo, entre los pecíolos de las hojas (Fig. 36.1E). Se forman de una hoja envolvente, la espata, que rodea la columna florífera, el espádice. La espata se arrolla en la parte inferior formando una cavidad alargada que se cierra en la parte superior por una constricción, para abrirse luego en una lámina amarilla que se arrolla en el ápice formando un cono agudo. En algunos clones la parte superior del espádice permanece dentro de la espata, en otros emerge arriba de la constricción basal.

El espádice (Fig. 36.1F) está formado por un eje en que se insertan muchas flores sésiles. En su parte inferior, completamente cerrada por la cavidad basal de la espata, lleva flores pistiladas, funcionales o estériles. Las últimas no se desarrollan y generalmente se secan y desprenden. Las flores pistiladas fértiles (Fig. 36.1G) tienen en el ápice un estigma y en la parte interna seis placentas, cada una con numerosos óvulos. La sección del espádice ocupada por las flores pistiladas mide de 1.5 a 2.5 cm de longitud, y en ella crecen entremezcladas las flores fértiles con las estériles.

La sección siguiente del espádice corresponde con la constricción de la espata. El espádice se angosta y está ocupado por flores estériles, en una longitud de 1.5 a 2.5 cm. Más arriba el espádice se ensancha de nuevo y lleva flores estaminadas, con sinandrios que consisten de una placa poligonal superior debajo de la cual hay seis anteras dobles que se abren por un poro apical (Fig. 36.1H). Los granos de polen salen por estos, formando cordones diminutos o "cirros". La sección de flores estaminadas del espádice mide de dos a cuatro centímetros de largo. La parte terminal del espádice, de uno a seis centímetros de

longitud, y que varía según el clon, es un apéndice ocupado por flores estériles, recto o curvo, y es la primera parte de la inflorescencia en secarse y desprenderse.

Colocasia esculenta produce semillas erráticamente, pero se conoce casos de formación de semillas normales en numerosos sitios de su distribución geográfica. La gran diversidad de clones, posiblemente centenares, es atribuible sin embargo a mutaciones somáticas. Desde el punto de vista agrícola hay diferencias de adaptabilidad a condiciones de humedad del suelo. Un grupo de clones crece bien en suelos inundados, como en los "jardines de taro" de Polinesia, mientras que otros crecen mejor en suelos bien drenados. En todos los continentes el cultivo está concentrado en áreas de alta humedad; esta especie crece mejor bajo un 40-50 % de sombra.

YAUTÍA, TIQUISQUE, MALANGA, *Xanthosoma* spp.

Se conocen unos setenta clones de *Xanthosoma* cultivados por los tallos subterráneos que suplen un alimento energético más rico en proteínas, vitaminas y minerales que la papa y otros tubérculos. Se conocen nombres para grupos de clones, como "yautía", "malanga", "tanya", "taniér" en las Antillas; "queiquisque", "tiquisque", "macal" en Mesoamérica; "ocumo" en Venezuela; "taiobas" o "mafafas" en Brasil; "cocoyam", "macabo" en África tropical. Hay también nombres comunes para variedades: 'Rolliza', 'Morada', 'Bisley'.

Estos clones han sido asignados a seis posibles especies: *X. atrovirens*, *X. caracu*, *X. nigrum* (*X. violaceum*), *X. poeppigii* (*X. mafafa*), *X. sagittifolium*, *X. undipes* (*X. jaquinii*). Sin embargo, por la pobreza de las descripciones originales y de los ejemplares tipo en los herbarios, resulta muy difícil asignar un clon a una de las especies mencionadas. La alternativa, tampoco satisfactoria,

que en este caso, por prioridad, sería *X. sagittifolium*.

El cultivo de *Xanthosoma* es probablemente muy antiguo y es posible que se originara en las Antillas y el norte de América del Sur. No quedan rastros arqueológicos y su dispersión prehispánica abarcaba desde Perú hasta México. La domesticación, que pudo ocurrir en diferentes sitios y sobre materiales distintos, tuvo que basarse en la eliminación de sustancias irritantes: cristales de oxalato de calcio y látex que se hallan presentes en todas las partes de la planta. Esto pudo solucionarse al asar o al cocinar los cormos, con lo cual desaparecen esas sustancias y queda un alimento muy nutritivo, agradable y digerible. Como las especies de *Xanthosoma* son exclusivamente de propagación vegetativa y los cormos pueden permanecer latentes por cierto período, su difusión resultó fácil. Su cultivo se hace preferentemente en suelos húmedos, sueltos y a menudo bajo sombra parcial.

Porte. Las *Xanthosoma* son hierbas perennes (Fig. 36.2A) formadas por un tallo subterráneo o cormo en el cual un meristema apical forma una corona de pocas hojas. En los primeros seis meses el follaje se desarrolla y forma la mayor parte de la planta; en los dos o cuatro meses siguientes los tallos subterráneos aumentan considerablemente de peso y el follaje permanece estable. Los cormos están listos para cosechar cuando el follaje comienza a secarse, generalmente antes de que aparezcan las inflorescencias. El brote central se seca y es reemplazado por brotes secundarios que se originan de yemas laterales del cormo central o apicales de los cormelos. En cultivo se propagan por partes del cormo que llevan el meristema apical o por tubérculos.

Cormo. La parte útil es el cormo (Fig. 36.2B), que para la planta es una reserva de nutrimentos y agua. Este tallo subterráneo puede ser simple o ramificado; en el primer caso la forma varía según el clon, de cilíndrico a elipsoidal. Cuando se ramifica las ramas o estolones forman tubérculos en forma de maza, con una yema apical. La superficie está cubierta por una capa corchosa muy

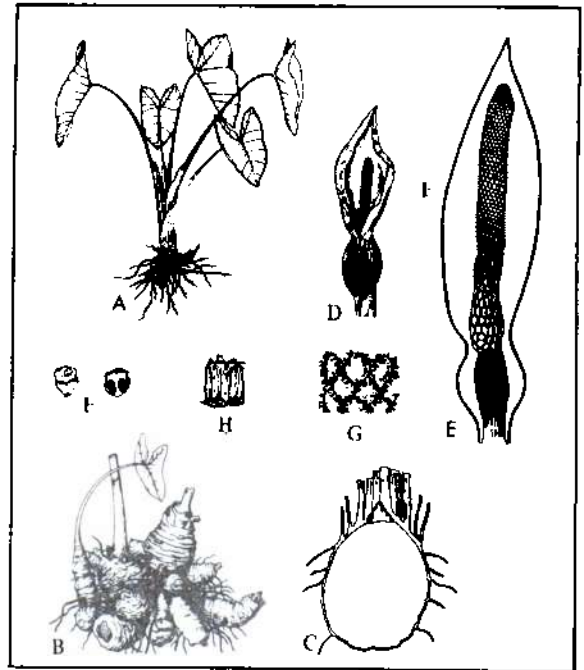


Fig. 36.2. *Xanthosoma* sp. A, porte. B, cormos. C, corte longitudinal del cormo. D, inflorescencia. E, corte longitudinal de la inflorescencia. F, flor pistilada. G, conjunto de flores estaminadas. H, flor estaminada.

delgada, de corta duración, que se renueva por un felógeno formado por capas de células muy angostas en sentido tangencial. El color del cormo puede ser blanco o morado. En corte longitudinal (Fig. 36.2C) se observa debajo del felógeno una zona cortical que se distingue del resto del cormo por ser más clara y compacta. El cilindro central, como la zona cortical, consiste de parénquima lleno de granos de almidón, angulares, hasta de 20 micras de ancho. Los haces vasculares son más numerosos en el cilindro central que en la zona cortical; están acompañados de canales de mucilago que exudan un líquido oscuro y pegajoso. Hay otros canales que no están asociados al sistema vascular; éste es muy irregular y se divide en trazos que van a hojas y raíces.

La parte comestible de mejor calidad son los tubérculos que se forman del cormo, de estructu-

ra igual a éste. Son también los materiales de propagación natural y se usan para la siembra por tener una yema apical cuya latencia se interrumpe al colocarlos verticalmente y suplirles humedad abundante.

Follaje. Las hojas se unen por la base formando unseudotallo cilíndrico de pocos centímetros de largo. Las más nuevas ocupan el centro de la planta y las externas se van secando y desintegrando sucesivamente. La base de la hoja, envolvente y acanalada, se continúa hacia arriba, con las alas bien desarrolladas, de bordes sinuosos y contorneados en ciertos clones. Las alas terminan abruptamente y desde ese punto hasta la inserción de la lámina el pecíolo es prismático, con tres a cinco lados, curvo y se continúa directamente en el nervio principal de la hoja.

La lámina está dividida en tres lobos por un seno basal que llega hasta la inserción del pecíolo; los dos lobos superiores son redondeados, el central triangular y acuminado. Las "especies" con tallos comestibles de *Xanthosoma* se han diferenciado por la proporción entre largo y ancho de la hoja y la forma de los lobos basales. A los tres lobos corresponden tres nervios principales, de los cuales salen secundarios formando ángulos más o menos rectos; paralelo al borde la lámina corre un nervio prominente. La superficie de la hoja es glabra y brillante y el color varía, según el cultivar, de verde claro a morado. Como en otras Aráceas, se encuentran en la cara superior de la lámina hidatodos que segregan un líquido transparente constituido principalmente por agua.

Inflorescencia. De las axilas de las hojas brotan una o más inflorescencias formadas por una espata que rodea el espádice. La espata es una lámina foliar que se cierra en la base formando una cavidad casi esférica y que luego se abre en una lámina cóncava que deja expuesta la parte superior del espádice (Fig. 36.2D). La cavidad basal que forma la espata mide de ocho a 12 cm de largo por cuatro a seis centímetros de ancho; la par-

te superior cóncava es de 10-14 cm de longitud y tiene por lo general tono verde más claro, casi blanco.

El espádice (Fig. 36.2E) es un eje cilíndrico en el cual crecen muchas flores. En la parte basal el eje del espádice es grueso, duro, morado internamente y corresponde con la cavidad basal de la espata. Esta sección tiene forma de cono truncado, mide de dos a tres centímetros de largo y lleva flores pistiladas fértiles que aparecen externamente como placas poligonales compactas, con una prominencia estigmática en el centro (Fig. 36.2F) y cubiertas por un líquido pegajoso. Internamente hay una sola cavidad, con tres, rara vez cuatro placentas dobles y muchos óvulos.

En la constricción de la espata el espádice se angosta, para ampliarse luego; toda esta sección, que mide de unos cinco centímetros de largo, está cubierta de flores estériles que aparecen como placas poligonales, de cuatro a seis lados, de color morado pálido. El resto del espádice, de seis a diez centímetros de longitud, es más angosto y termina en un ápice obtuso; lleva flores estaminadas en sinandrios (Fig. 36.2G, H), cada uno formado por una placa superior poligonal debajo de la cual hay seis anteras dobles que se abren por poros apicales; los granos de polen forman cordones o cirros que se ven entre las placas. Por lo general las flores de la parte superior de esta sección no son funcionales.

Se forman semillas pero el ataque de larvas de coleópteros destruye muchas flores pistiladas antes y después de la fecundación.

Variabilidad. Las entidades infraespecíficas de *Xanthosoma* spp. están aún por definirse. Hay un gran número de clones y entre ellos se notan diferencias morfológicas, como el color y forma de las hojas, ramificación de los tallos subterráneos y resistencia a enfermedades. Es un cultivo de gran promesa por el rendimiento, valor nutritivo y producción tempranera, en la cual es factible la selección de cultivares superiores y el mejoramiento por hibridación.

BELEMBE, *Xanthosoma brasiliense*

Originario del norte de América del Sur. Las hojas se utilizan como las espinacas; cocidas son de buen sabor y del alto contenido en calcio, fósforo y vitamina C.

Xanthosoma brasiliense crece en macollas hasta de un metro, generalmente de menos de 50 cm de alto, con varios tallos que provienen de un cormo pequeño de pulpa amarillenta que no se utiliza como alimento. Las hojas tienen pecíolos largos y delgados, de 20-40 cm de longitud; la lámina es hastada, con dos lobos basales triangulares, a menudo asimétricos, y un lobo central más grande de ápice agudo; miden de 15-40 cm de largo por 15-29 cm de ancho. Se come las hojas más tiernas, a menudo con parte del pecíolo; como en otras Aráceas, la cocción elimina los cristales de oxalato de calcio y el látex que se encuentra en las hojas. La inflorescencia es similar a la de *X. sagittifolium*; la espata verde mide de 15-20 cm de largo, el espádice de 10-15 cm.

**TARO GIGANTE,
*Alocasia macrorrhiza***

Especie de cultivo primitivo, probablemente domesticada en India o Indochina, de donde se expandió hasta Filipinas y Oceanía. De importancia especial en Micronesia; fue introducido a Brasil como alimento para ganado.

Alocasia macrorrhiza es una hierba gigante que a veces pasa de cinco metros de altura, en la que la parte utilizable es el tallo aéreo, cilíndrico, hasta de cuatro metros de longitud y 30 cm de ancho. Por el alto contenido de oxalato, los troncos se limpian, cortan en tajadas y se someten a cocción prolongada. El tallo aéreo lleva hojas lanceoladas hasta de un metro de largo, con láminas colocadas en el mismo plano que el pecíolo.

lo. En cultivo los troncos son recogidos entre 12-18 meses después de la siembra.

SURÁN, *Amorphophallus paeoniifolius* (*A. campanulatus*)

Varias especies de *Amorphophallus* son cultivadas en Asia y Oceanía por los cormos. En *A. paeoniifolius* la planta consiste de un cormo perenne, oblado, hasta de 10 kg de peso, del que brotan rizomas, tallos aéreos y una hoja cuyo pecíolo cilíndrico y espinoso, inerme en los tipos seleccionados, llega a medir hasta un metro de largo. La lámina se divide en tres lobos muy recortados y mide hasta 2.5 m de ancho. Cuando la hoja se seca brota del tronco una inflorescencia formada por una espata en forma de copa, de cuyo centro sale el espádice. El cormo se recoge en uno a tres años; para comerlo se requiere un cocimiento largo, por el alto contenido de oxalato de calcio.

**GALLÁN, TARO DE PANTANO,
Cyrtosperma merkusii (*C. chamissonis*)**

Se cultiva en Asia y Oceanía, particularmente en las islas coralinas. Mide hasta ocho metros de alto; el tallo basal cilíndrico termina en una corona de hojas erectas, sagitadas, hasta de un metro de largo; el pecíolo en los tipos menos seleccionados tiene espinas en la base. El cormo se come cocinado en reemplazo de arroz, además de otros usos en la cocina local. Se planta en áreas húmedas, inapropiadas para otro cultivo, y se deja crecer cuatro a seis años antes de ser cosechadas. Las hojas tiernas se comen como espinacas.

REFERENCIAS

CHANDRA, S. ed. 1984. Edible aroids. Oxford, Clarendon Press.

ONWUEME, I.C. 1978. The tropical tuber crops. Yams, cassava, sweet potatoe, cocoyams. New York, John Wiley & Sons.

WANG, J.W. 1983. Taro. A review of *Colocasia esculenta* and its potentials. Honolulu, The University of Hawaii Press.

YOUNG, R.A. 1924. Taros and yautias; promising new food for the South. U.S.D.A. Department Bulletin No. 1247.

37. CIPERALES

POÁCEAS (GRAMÍNEAS)

Las Poáceas son las plantas de mayor y más variada utilidad. Son además las que ocupan mayor espacio cultivado y una de las familias más evolucionadas y ricas en especies.

Se les utiliza principalmente por los granos (cereales), que contienen una alta proporción de carbohidratos y, en menor cantidad, proteínas y vitaminas; su uso tradicional como alimento se ve complementado con la utilización industrial de los subproductos: almidón, aceites y otros. En segundo término, las Poáceas pratenses son la base de la alimentación animal en los trópicos. Asimismo, las cañas de azúcar constituyen la principal fuente de azúcar y dan lugar a una intensa explotación industrial. Usos secundarios de las Poáceas son la extracción de aceites esenciales de hojas y raíces y la utilización de los tallos duros de los bambúes, que tienen múltiples aplicaciones.

Las Poáceas son hierbas, a veces gigantes, con tallos basales rizomatosos, muy ramificados, de los que brotan vástagos aéreos generalmente sin ramas y divididos por nudos de los que salen hojas dísticas. La inflorescencia es compleja y presenta muchas formas distintas. La unidad básica es la espiguilla, que será estudiada en detalle al discutir las diferentes especies. El fruto es una cariopsis de pericarpo delgado, con la semilla compuesta en su mayor parte por endosperma.

Cereales mayores

MAÍZ, *Zea mays*

El maíz es una de las plantas cultivadas de mayor interés desde el punto de vista de su origen, estructura y variación. Sólo se le conoce en

cultivo y es seguro que no podría subsistir sin los cuidados del hombre. En cultivo han sido desarrollados tipos tan diferentes que permiten sembrarlos desde el Ecuador hasta el límite de las tierras templadas, y desde el nivel del mar hasta el borde de las heladas permanentes. Esa adaptabilidad, representada por los genotipos más variados, es paralela a la variedad de sus usos como alimento, forraje o utilización industrial.

Origen. El origen del maíz ha sido objeto de estudios muy intensos, de los que han resultado varias hipótesis para explicarlo, sin que ninguna de ellas haya logrado aceptación general. Como el maíz no es conocido en estado silvestre, las explicaciones sobre su origen se basan en su relación con las entidades taxonómicas más afines: los teocintes. Los teocintes, antes colocados en un género separado: *Euchlaena*, y ahora considerados como congéneres del maíz, incluyen especies diploides y tetraploides, anuales o perennes: *Zea mexicana*, *Z. diploperennis*, *Z. luxurians* que se encuentran desde México hasta Honduras, a menudo como malezas en los maizales. Tienen características fenotípicas muy cercanas al maíz; el mismo número cromosómico, $2x=(5) 10$; se cruzan fácilmente en forma natural y los híbridos son fértiles.

Las hipótesis que parecen tener mayor aceptación actualmente asumen que el maíz se deriva del teocinte, primero por una serie de mutaciones y luego por la selección hecha por el hombre.

Para entender la magnitud de los cambios implicados en esta hipótesis es necesario considerar las diferencias entre maíz y teocinte. Las más importantes están en la estructura de las espiguillas pistiladas, que en el maíz nacen en pares, en filas dobles, en un raquis de varias filas. Las espiguillas pistiladas en el maíz son pediceladas y están adheridas a cúpulas más anchas que altas; en teocinte son sésiles y están adheridas a cúpulas alargadas que en la maduración envuelven todo el grano, mientras que en el maíz los granos están sueltos.

Hay también diferencias en el número de mazorcas, una por nudo en maíz, varias en teo-

cinte; en las panojas, que en maíz tienen una espiga central que no existe en teocinte, y en la estructura de la carióspside. Los que sostienen que el maíz se originó del teocinte asumen que unas pocas mutaciones mayores serían necesarias para que ocurrieran esos cambios. Por otra parte admiten que en la etapa final el hombre tuvo que intervenir para mantener el maíz primitivo, que habría perdido el mecanismo natural de dispersión del teocinte, y seleccionar y propagar las poblaciones más convenientes al cultivo.

El maíz no seguiría entonces el proceso de domesticación que se conoce en otros cereales, en que hubo primero un período largo de recolección de semillas de poblaciones silvestres, seguido del cultivo y la domesticación. No hay evidencia arqueológica de que los teocintes fueran utilizados como alimento, y los únicos informes coloniales sobre su uso, se refieren a que formaban parte de fórmulas medicinales. Los restos arqueológicos de períodos anteriores al cultivo son muy pocos, en número insignificante si se les compara con los que se conocen en trigo, cebada y arroz.

Área de domesticación y dispersión primitiva

La evidencia para determinar el área de domesticación y la expansión primitiva vienen de información biológica y arqueológica. Los aportes biológicos, aparte de la presencia de teocinte en Mesoamérica, son las determinaciones de polen fósil en México (de hace 12500 años) y en otros sitios de América Central.

Las contribuciones arqueológicas se basan en hallazgos, especialmente de mazorcas, en diferentes lugares de América del Norte. Los más importantes son los de Tehuacán, en el centro de México, que muestran una transformación progresiva, desde mazorcas de unos pocos centímetros de largo en los niveles más inferiores (3600 a.C.) hasta maíces de mazorcas compara-

bles a las actuales (1500 d.C.). Basados en esa evidencia no puede asumirse que el centro de México tenga que ser el área de domesticación del maíz, pero los aportes arqueológicos y biológicos indican que en algún sitio de Mesoamérica fue donde se inició su cultivo. Su expansión hacia el norte lo llevó a lo que actualmente es el noroeste de Estados Unidos, donde los restos más antiguos datan de 2000 años.

Hacia el sur, la expansión del maíz fue muy temprana. En Ecuador y Perú hay restos arqueológicos fechados de 5000 años, más antiguos que los de México. Corresponden a tipos avanzados, por el tamaño y estructura de las mazorcas, lo que hace presumir que fueran introducidos del norte. El problema de esa expansión es entonces muy complejo, a no ser que los maíces suramericanos hayan sido fechados equivocadamente.

Después del Descubrimiento la dispersión histórica del maíz fue muy rápida hacia Europa, África y Oriente. En ningún caso, y a pesar de las numerosas hipótesis, se ha comprobado que el maíz fuera distribuido o existiera fuera de América antes de 1500.

Porte. El maíz ha desarrollado tipos tan diferentes, en su aspecto morfológico, que una descripción detallada sería tan amplia que carecería de significación. Existen desde los maíces gigantes, como el 'Jala' del oeste de México, cuyos tallos son tal altos y fuertes que se usan para construir setos, hasta los tipos andinos como 'San Jerónimo', cuya talla apenas supera a las habas con que se interplanta. Sin embargo, la forma general de la planta es inconfundible: está constituida por un eje central, sostenido por un sistema radical, fibroso y compacto.

El eje o tallo produce ordinariamente varios brotes basales; sus ramificaciones laterales son muy comprimidas y terminan en las mazorcas o inflorescencias pistiladas. La parte terminal del eje es la panoja que lleva las inflorescencias estaminadas. La separación de las flores pistiladas y estaminadas en el maíz fue para los naturalistas europeos anteriores al conocimiento del mecanismo de la polinización, un objeto de maravilla,

pues no se explicaban cómo una planta pudiera llevar las flores en el ápice y formar los frutos en sus ramas inferiores.

Raíz. La raíz primaria, o sea la que se desarrolla en la germinación de la semilla, tiene corta duración. Todo el sistema radical de la planta adulta es adventicio y en la mayoría de los cultivos brota de la corona, un cuerpo cónico, con el ápice hacia la parte inferior, formado por seis a 10 entrenudos muy cortos (Fig. 37.1A). De la corona salen tanto vástagos basales como raíces principales que dan origen a muchas raicillas laterales, cortas y finas. La forma y desarrollo del sistema radical varía considerablemente según el cultivar y las condiciones ambientales; en los maíces tropicales el sistema radical tiende a ser cónico, con el ápice en la base de la planta, y alcanza una profundidad que varía desde pocos centímetros hasta un metro.

Las raíces adventicias son cilíndricas, con la caliptra bien marcada, seguida hacia arriba por una zona de formación activa de tejidos; esta zona es la que produce las células nuevas que incrementan la longitud de la raíz. Sigue luego la zona de pelos absorbentes, que constituyen los órganos principales de absorción de agua y sustancias nutritivas; los pelos absorbentes son de corta duración y caen conforme la raíz se alarga y se forman nuevas zonas absorbentes. De la parte superior de una raíz principal salen las raicillas laterales, que a su vez tienen áreas de pelos destinados a la absorción.

La estructura interna, en corte transversal, es muy simple. Consiste de epidermis, una sola capa de células que funciona en las partes activas de la raíz, es decir en la caliptra y la región absorbente, de la que brotan los pelos como prolongaciones al principio muy cortas y luego alargadas y finas. En las partes viejas de la raíz la epidermis está muy comprimida y son los tejidos de la exodermis los que se endurecen y forman de dos a cuatro capas de células protectoras.

Entre la exodermis y la endodermis están los tejidos corticales, formados por parénquima rico en agua y sustancias de almacenamiento. La en-

dodermis es una capa de paredes externas y laterales más gruesas que las internas; constituye un cilindro continuo que separa la región cortical de la estelar y su función parece ser prevenir la difusión o pérdida de agua y sustancias nutritivas del cilindro central hacia las zonas externas de la raíz. El cilindro central está ocupado por los tejidos vasculares, que forman un anillo alrededor de la endodermis, de la que están separados por una zona de células pequeñas, el periciclo. Lo más notable en el cilindro central son los grandes vasos de xilema que integran un círculo cuya función principal es el transporte de agua. Entre estos grandes vasos hay zonas estrechas de floema, por las que circulan las sustancias nutritivas que la planta absorbe del suelo y que suben hacia el resto de la planta.

El sistema radical del maíz se divide en fascicular, o de raíces subterráneas, y adventicio o de raíces aéreas. Estas últimas brotan de los nudos inferiores, cerca del suelo, crecen hacia abajo y una vez que penetran en tierra se adelgazan y ramifican. La clasificación anterior, aunque artificial, señala una característica importante en el maíz: la presencia de raíces especializadas, tanto alimentadoras como de sostén. El tallo central debe soportar mucho peso y las raíces aéreas al anclar la planta al suelo ofrecen un soporte más efectivo que las subterráneas.

En el cultivo se eliminan los brotes laterales, que a su vez producen muchas raíces, y de esa manera se reduce el soporte del tallo vertical, que se deja para la producción de mazorcas. Para compensar esa pérdida se acumula suelo alrededor de los tallos (aporca) a fin de darle más sostén a las plantas y para inducir una mayor formación de raíces. La destrucción de éstas por el cultivo o los ataques de insectos y hongos, trae con frecuencia la caída de la planta; de allí que la selección del cultivares con sistemas radicales vigorosos y las prácticas de protección aplicando insecticidas o fungicidas sean objeto de trabajos continuos de investigación.

Tallo. El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos cuyo número y

longitud varían considerablemente. La parte inferior y subterránea del tallo, la corona, tiene entrenudos muy cortos, de los que salen las raíces principales y los tallos o brotes laterales. En los entrenudos que siguen, en especial en plantas jóvenes, hay una zona de crecimiento activo o intercalar situada en la parte inferior del entrenudo, de menos de 0.5 mm de ancho, en la que se producen nuevos tejidos. Estos constituyen la zona de elongación, un anillo del entrenudo en que las células recién formadas se alargan, particularmente en sentido vertical; mide varios milímetros apenas y es suave y carnosa. Es por esta zona donde es más fácil quebrar el tallo del maíz. Arriba de ella y hasta el próximo nudo, se encuentran los tejidos ya maduros del entrenudo. De esta manera el tallo del maíz puede incrementar rápido en longitud durante el período de crecimiento, pues cada entrenudo tiene una área activa de producción y elongación de tejidos.

Los entrenudos superiores son cilíndricos, aunque algunos presentan un surco lateral formado por el crecimiento de la ramilla que lleva la mazorca. En corte transversal (Fig. 37.1B) se observa que la epidermis se forma de una capa de células muy pequeñas y de paredes gruesas. Debajo de ella hay bandas aisladas de esclerénquima o fibras, que alternan con bandas de parénquima de las que salen numerosos estomas. El resto del entrenudo se forma de dos clases de elementos: haces vasculares, que aparecen como cordones y fibras, y parénquima suave, esponjoso, que rodea a los haces. En los entrenudos el recorrido de los haces vasculares es vertical, pero al llegar a un nudo se agrandan, dividen o se dirigen en dirección horizontal. En los nudos casi sólo hay haces vasculares y muy poco parénquima, por lo que son mucho más duros y firmes que el entrenudo. Los haces al salir del nudo son delgados en la zona de elongación; luego se engruesan en la parte dura del entrenudo. Sus ramificaciones y conexiones laterales hacen muy complicada la estructura del nudo.

El haz vascular de los tallos (Fig. 37.1C) se forma de una vaina de esclerénquima elíptica

cuyo eje mayor sigue aproximadamente la dirección de los radios del tallo. Hacia los extremos de ese eje hay dos cordones más gruesos de esclerénquima. El floema y el xilema están uno frente al otro: el floema hacia la parte externa, el xilema en dirección a la médula, con tres a cinco vasos grandes y espacios vacíos o lagunas. El centro del haz contiene parénquima que rellena los espacios entre los grandes vasos o los tubos cribosos del floema. El haz tiene en su extremo interior otro cordón de esclerénquima, por lo general más grande que el primero. La función principal de los haces vasculares es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas. Su función como elementos de sostén es secundaria; son las capas externas del tallo, muy lignificadas, las que forman el soporte principal de la planta.

Hojas. La hoja del maíz, como las de otras Gramíneas, está constituida de vaina, cuello y lámina (Fig. 37.1D). La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo. Se forma de tejidos duros, por los haces vasculares paralelos que la recorren en toda su extensión. En las plantas jóvenes, cuando los entrenudos aún no se han alargado y son demasiado suaves, las vainas de las hojas se recubren una a otra y dan sostén a la planta. Por lo general el entrenudo maduro sobrepasa la longitud de la vaina.

El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta. En él se halla la lígula, una membrana transparente de posición vertical, como una continuación de la vaina, de dos a cuatro centímetros de largo que se divide en lengüetas irregulares. No se conoce la función de la lígula; se cree que ayuda a evitar que el agua de lluvia que corre por la lámina penetre en la vaina, o que evita la transpiración de la vaina hacia el exterior. Por lo común aparece llena de polvo o fragmentos vegetales, que son recogidos por la lámina. En el cuello de la hoja hay también una zona de crecimiento, más delgada y clara que el resto de la lámina. Esta área está formada por tejidos suaves y cuando la hoja madu-

ra con frecuencia hay un colapso de ellos y se forman agujeros por los que se dobla la lámina hacia abajo.

La lámina es una banda angosta y delgada, hasta de 1.5 m de largo por 10 cm de ancho, que termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bien desarrollado, es prominente en el reverso de la hoja y cóncavo en el lado superior. Los nervios secundarios son numerosos, paralelos al principal y prominentes en ambas caras.

La epidermis, tanto de la cara superior como de la inferior, se compone de una sola capa de células. Vistos por encima los tejidos epidérmicos aparecen como bandas longitudinales, paralelas y constituidas por elementos diferentes. La primera banda contiene los estomas y en ella hay células rectangulares, cuadradas o en forma de media luna. Los estomas tienen una forma típica y se presentan en filas o aislados. La segunda banda está constituida por células cortas, colocadas encima o debajo de los haces vasculares; a veces forman filas uniformes, otras veces están separados por células más pequeñas, unas en forma de media luna, otras rellenas con sílice. Forman la tercera banda, de dos a cinco filas, las células buliformes, que son mucho más grandes que las anteriores, transparentes y levantadas; al centro de la banda hay varias células motoras cuya función es expandir la lámina cuando están llenas de agua y doblarla cuando están secas. Actúan a modo de bisagra y permiten, al doblar la hoja, que se protejan mejor los estomas y que la planta no pierda agua. Estas células sólo existen en la cara superior de la hoja y están provistas de pelos cortos o tricomas (Fig. 37.1E).

En corte transversal los haces vasculares aparecen de dos tamaños; los grandes ocupan todo el grosor de la lámina y están rodeados de una vaina de esclerénquima; alternan con ocho a 10 haces más pequeños. Entre la epidermis y los haces el tejido de relleno, o mesofilo, contiene células parenquimáticas con numerosos cloroplastos.

Inflorescencias. El maíz es una especie monoica, o sea que en la misma planta hay flores

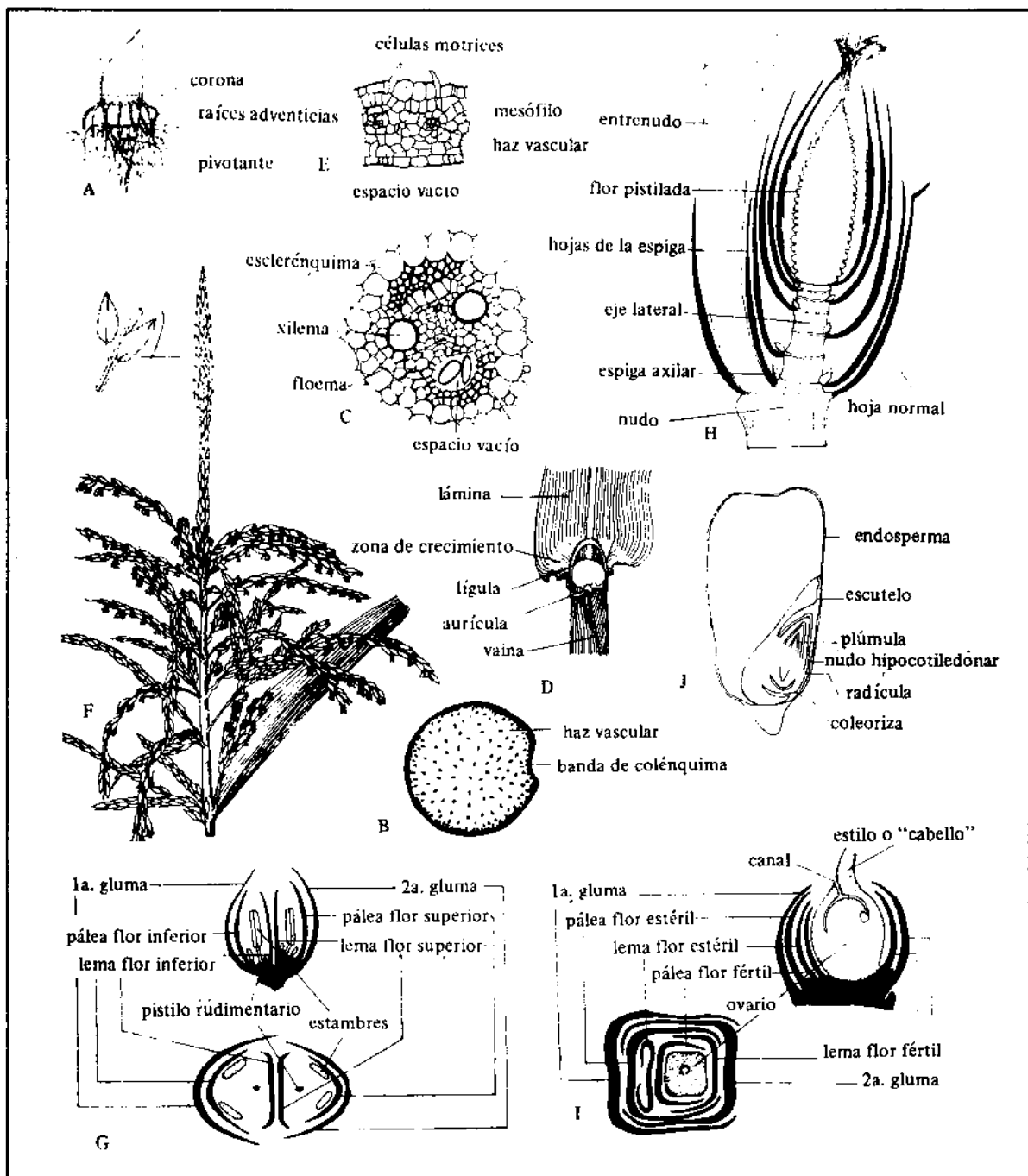


Fig. 37.1. *Zea mays*, maíz. A, corona. B, tallo, corte transversal. C, haz vascular. D, hoja. E, hoja, corte transversal. F, panoja. G, flor estaminada, diagrama. H, espiga pistilada. I, flor pistilada, diagrama. J, cariopsis.

pistiladas y estaminadas en inflorescencias separadas. Esta característica del maíz hizo muy difícil, antes de que se conociera bien el mecanismo de polinización, explicar cómo las flores más visibles, o sea las de panoja, no producían semillas y sí las mazorcas, que no tenían la apariencia de flores. La posición de las inflorescencias ha facilitado mucho los trabajos de mejoramiento por hibridación, pues es fácil remover las panojas y cubrir las mazorcas en la polinización artificial.

Inflorescencia estaminada. La panoja o inflorescencia estaminada ocupa el ápice de la planta; su eje central es la continuación del tallo y se ramifica en varias ramas laterales o espigas (Fig. 37.1F). En ciertas inflorescencias hay ramificaciones terciarias, especialmente en las espigas basales. La espiga central es más gruesa, pues lleva más de dos pares de espiguillas, mientras que en las laterales hay generalmente sólo dos pares. En cada par de espiguillas hay una pedicelada, que ocupa una posición más alta, y otra sésil e inferior. Teóricamente debe haber sólo un par de espiguillas en cada nudo de las ramas o espigas.

Flor estaminada. La espiguilla del maíz (Fig. 37.1F) se compone de dos flores rodeadas por un par de hojas transformadas, las glumas, que al principio encierran por completo a la espiguilla. Adyacente a cada gluma hay otra estructura semejante más corta, las lemas, y opuestas a éstas las páleas. Arriba de las lemas y páleas está la verdadera flor, formada en este caso por dos órganos laterales, los lodículos, tres estambres fértiles y un pistilo rudimentario.

Inflorescencia pistilada. Las inflorescencias pistiladas brotan de ramas laterales, de estructura similar al tallo central (Fig. 37.1H). Estas ramas salen de un nudo y están cubiertas externamente por hojas. La diferencia fundamental entre estas ramas y el tallo es que en ellas los entrenudos son mucho más cortos y que las hojas presentan ciertas transformaciones. En la rama lateral que lleva la mazorca las hojas tienen vainas muy anchas y láminas muy reducidas, llegando estas últimas, en muchos casos, a desaparecer

por completo. El eje o rama lateral tiene en la base hojas opuestas; en sus nudos inferiores a veces aparecen inflorescencias axilares, lo que determina en ciertos cultivares que en la misma rama haya una mazorca terminal y varias laterales.

La mazorca o inflorescencia pistilada está formada de un eje cilíndrico en que van insertadas las espiguillas, en pares, siguiendo una espiral. En los maíces comerciales las filas dobles aparecen en línea recta, tanto en sentido longitudinal como transversal. En cultivares primitivos los granos no parecen estar ordenados en ningún sentido; sin embargo, mediante estudios anatómicos se ha comprobado que aún en estos casos los pares de espiguillas están igualmente colocados en espiral. El número de filas longitudinales de espiguillas debe ser siempre par, aunque se conoce algunos maíces en que se halla un número impar de filas. El número y regularidad de éstas, así como el tamaño y número de granos de la mazorca, han sido incrementados notablemente por selección.

Como en la inflorescencia estaminada, las espiguillas de la mazorca están colocadas en dos pares. Sin embargo, de cada par sólo una espiguilla se desarrolla, de modo que las dos flores fértiles quedan juntas y forman los pares de granos, que son fáciles de distinguir en las filas longitudinales de la mazorca.

Flor pistilada. La espiguilla pistilada (Fig. 37.1I) está constituida, como la estaminada, por un par de glumas externas, dos lemas y dos páleas, que están tan reducidas que aparecen en la mazorca madura como hojuelas muy delgadas, perceptibles sólo en la base del grano, y que se sueltan fácilmente o quedan adheridas a la mazorca. Como sólo una flor se desarrolla, hay únicamente un gineceo constituido por un ovario cuyas paredes están formadas por tres carpelos indefinidos y que lleva un sólo óvulo. Dos de esos carpelos se juntan arriba y forman el estilo, o "pelo del maíz", y al unirse dejan en la parte inferior un canal que los separa y cuya función no se conoce. En la parte superior, el estilo es un cuerpo delgado, cilíndrico, que lleva normal-

mente dos haces vasculares correspondientes a los dos carpelos.

Biología floral. El polen madura poco antes de que salgan los estilos, pelos o cabellos. Las flores estaminadas se abren por la acción de los lodículos, que se agrandan al absorber agua empujando hacia afuera a las glumas y lemas, lo que permite la salida de las anteras. En éstas el polen emerge por varios poros y la totalidad de los granos que produce una panoja normal se estima es más de 20 millones. Las primeras flores en abrirse son las situadas arriba de la mitad del eje central de la panoja; luego se van abriendo hacia arriba y abajo. En las ramas laterales, las espiguillas situadas cerca del ápice son las que se abren primero. Los granos de polen caen sobre un área considerable y pueden alcanzar los estilos, en cuya parte superior hay prolongaciones muy finas que los detienen. Los granos de polen germinan rápido y luego bajan por el pelo o estilo hasta el ovario.

Mazorca. Al contrario de la mayoría de las Gramíneas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubren por completo. Las hojas envolventes de la mazorca se llaman "pancas" en Perú, "tusas" en América Central y Cuba. En estas hojas las vainas se aplanan y recubren por completo la mazorca, y las láminas se reducen a apéndices cortos o desaparecen del todo. El eje de la inflorescencia o carozo se llama "tusa" en América del Sur, "olote" en América Central y México; consiste de tres partes: a) externamente, los granos o cariopsis que la cubren por completo, excepto en el ápice; b) una zona de inserción de los granos; c) el cilindro central, con la médula suave y a veces vacía.

La zona de inserción de los granos está formada principalmente por las cúpulas. Estos órganos, característicos de ciertas Gramíneas, tienen forma de copa de paredes gruesas, cuya base angosta se conecta con el sistema vascular del cilindro central. Las cúpulas contienen el grano; el resto de las glumas y páleas forman membranas transparentes y delgadas, llamadas corrien-

temente hollejos. En los cultivares avanzados las cúpulas forman filas longitudinales compactas y están muy comprimidas, de modo que al arrancar los granos aparecen como cavidades más o menos rectangulares en el borde, con las esquinas muy redondeadas. La forma y otras características de las cúpulas son caracteres distintivos de los cultivares.

El eje central o raquis se forma de tejidos de esclerénquima que dan soporte a la mazorca y que suplen, por los cordones vasculares y a través de las cúpulas, de nutrimentos y agua a las semillas. El centro del raquis está ocupado por la médula suave, que contrasta con los tejidos duros que la rodean. El incremento en volumen del raquis de los maíces primitivos a los avanzados permitió el aumento de la parte útil, sea de granos de mayor tamaño o de mayor número de filas de granos.

Hay varias hipótesis para explicar la estructura de la mazorca. Una de ellas asume que es el resultado de la fusión de las ramas laterales de una inflorescencia compuesta, como la panoja. La ramificación ocasional de las mazorcas sería una prueba a favor de esta hipótesis. Otra asume que la mazorca y la espiga central de la panoja son órganos homólogos, de estructura y desarrollo comparables, y no el resultado de la fusión de varias inflorescencias. Esta hipótesis tiene mayor aceptación pues explica las mencionadas ramificaciones laterales de la mazorca como homólogas a las espigas basales de la panoja. Se ha probado también que la mazorca de maíz es una estructura similar a otras espigas sencillas, como las inflorescencias de setaria y de mijos.

Semilla. La semilla madura se compone de pericarpo, endosperma, que ocupa la mayor parte, y el embrión (Fig. 37.1J). Los tejidos externos que forman el pericarpo están compuestos por varias capas de células, coloreadas o blancas, que en los maíces tropicales ofrecen por lo común unos pocos colores básicos: blanco, diversos matices de amarillo, rojo o púrpura. No hay en las regiones tropicales bajas la gran variación de color que caracteriza a los maíces de las tierras al-

tas de México o de los Andes. Debajo del pericarpio está la capa de aleurona, rica en proteínas.

El endosperma forma el 85% del peso seco del grano y su constitución determina la estructura y valor alimenticio de los diferentes maíces. Estos han sido clasificados por el tipo de almidón y su distribución en el endosperma, clasificación que, basada en un solo carácter, no puede ser satisfactoria pero que se sigue usando corrientemente al referirse a las semillas. Se dice que un maíz es de granos córneos (*indurata*) cuando el endosperma es translúcido y duro en la parte superior de la semilla. En los maíces harinosos (*amylacea*), los granos de almidón son más sueltos y redondos en toda la semilla. En otros tipos, como los maíces duros y reventadores (*evarta*), hay en la parte superior del grano una zona de endosperma córneo, por lo que la cara superior de la semilla es dura y convexa. En los maíces dentados (*indentata*) falta el endosperma duro y la parte superior es suave y hundida. En los maíces cerosos el endosperma es translúcido, como ocurre en los llamados maíces dulces (*saccharata*).

Una forma aberrante es el maíz tunicado, en que las cariopsis están cubiertas por brácteas. Se debe a un alelo incompletamente dominante, que tiene efecto también sobre la forma de las inflorescencias. Estas se ramifican y los entrenudos se alargan, de modo que la espiga se parece más a la de una Gramínea corriente que a la mazorca típica del maíz. En varias hipótesis se ha considerado aparentemente sin mayor evidencia, que el maíz tunicado es el tipo primitivo.

El color del endosperma en los maíces tropicales puede ser blanco o amarillo, este último corresponde a cultivares de mayor valor nutritivo. El valor principal del maíz como alimento está en ser una magnífica fuente de energía; contiene además proteínas: ocho a nueve por ciento del peso seco; aceites: tres a cuatro por ciento; fibras: dos por ciento; cenizas: uno por ciento.

Razas de maíz. La variabilidad del maíz puede ser apreciada en su división en "razas", grupos geográficos con caracteres distintivos fe-

notípicos de las cuales han sido descritas cerca de 250 para América Latina. Se reconoce razas primitivas, varias de las cuales están representadas en materiales arqueológicos, y razas derivadas de ellas. Cada raza es un complejo de cultivares y aun cuando en su clasificación y mejoramiento se use caracteres múltiples, aún se sigue en parte la clasificación antigua en maíces duros, dentados, reventadores, dulces y otros, basados en características del endosperma.

Los complejos raciales formados por los maíces dentados y duros de México son los de mayor importancia, pues se extendieron al sur y centro de Estados Unidos de América y luego a Europa y Africa. Estos maíces duros y harinosos de las regiones templadas son los que aportan el mayor volumen de la producción mundial, pero hay complejos raciales en los trópicos americanos de gran importancia local. En el norte de América del Sur y en Brasil predominan razas locales de maíces duros y semiduros; en los Andes, en cambio, dominan los harinosos; esta región y México presentan la mayor diversidad racial.

La aplicación de métodos fitotécnicos ha llevado a la formación de gran número de cultivares avanzados fuera del área original, basados en el conocimiento de la genética del maíz y el desarrollo de selección masal y de mazorca por hileras al principio, y más recientemente por la formación de híbridos. En este último caso se ha utilizado las técnicas más avanzadas, como el uso de la esterilidad citoplasmática en las fuentes de polen. El resultado ha sido un mejoramiento notable en productividad, resistencia y valor nutritivo. Al mismo tiempo, estos cultivares avanzados de base genética estrecha resultan de adaptabilidad limitada y en muchos de alta susceptibilidad al ataque de patógenos o plagas nuevas.

ARROZ, *Oryza sativa*

Taxonomía. El género *Oryza* incluye unas 24 especies, todas tropicales, con dos áreas de

concentración: Africa Central y Malasia-Filipinas. En América hay unas cinco especies; una especie silvestre, *O. perennis*, se haya tanto en Asia como en Africa y América.

El arroz corriente, *Oryza sativa*, es de origen asiático y se cultiva en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo. La otra especie cultivada, *O. glaberrima*, originaria de Africa Occidental, sólo se cultiva en esa región y en unas pocas áreas de América del Sur; su cultivo está disminuyendo rápidamente, sustituido por la primera (Fig. 37.2A, B).

A ambas especies corresponden poblaciones de malezas que se cruzan con las cultivadas y forman grupos muy complejos; hay muchas poblaciones híbridas fenotípicamente similares a las cultivadas. En *O. sativa* las malezas pertenecen al grupo *spontanea* de esa especie; en *O. glaberrima* a *O. barthii*.

Origen y dispersión. Actualmente se acepta que las dos especies cultivadas tienen una norma semejante de evolución. De las especies ancestrales perennes, se derivaron especies anuales, de las cuales se domesticaron los arroces cultivados. Para *O. sativa* el antecesor anual sería parecido a *O. nivara* (sinónimo: *O. fatua*), que crece espontáneo desde el sur de Asia hasta Australia y se deriva de la especie perenne *O. rufipogon* (sinónimo de *O. perennis*), que tiene una distribución pantropical. *Oriza glaberrima* tendría por antecesor anual a *O. barthii* y perenne a *O. longistaminata*.

El área de domesticación de *O. sativa* posiblemente cubrió del noroeste de India hasta el centro de China y Malasia. De esta área nuclear fue adaptándose a las condiciones subtropicales, formando la raza "japónica" más tolerante al frío, de granos pequeños y bajo contenido de almidón. Esta es la raza que se cultiva en China y Japón, de donde se ha llevado a Estados Unidos de América, Rusia y Europa; b) del área nuclear se extendió otra raza, "indica", hacia Sri Lanka, el archipiélago malayo, sur de China, Medio Oriente, Europa y Africa. Una subraza, "javánica", seleccionada de "indica", se extendió por Indonesia, Filipinas y Japón.

El aislamiento geográfico ha determinado grados diferentes de esterilidad en cruces entre razas y aun entre cultivares de la misma raza.

Porte. El arroz es una especie muy variable. Se conoce cerca de 100000 cultivares, por lo que sus caracteres morfológicos generales son difíciles de precisar.

Es una planta de suelos húmedos, de estructura adaptada a esas condiciones. La plántula forma órganos primarios, radícula e hipocótilo, de corta duración. El desarrollo del sistema radical secundario y de los tallos aéreos varía mucho según el cultivar y depende primero de factores hereditarios y menos del ambiente. Un tipo de arroz de cultivo húmedo, por ejemplo, tiende a formar el mismo sistema de raíces si se planta en seco.

Sistema radical. La raíz primaria es de corta duración pues sostiene a la semilla y la nutre por pocas semanas. Una vez formado el tallo, de los nudos inferiores salen raíces adventicias permanentes, que son al principio blancas y suaves, cubiertas de pelos absorbentes, y luego se tornan lignificadas, pardas y duras. Cuando la planta inicia la florescencia las raíces comienzan a secarse y su número se reduce considerablemente. Las raíces adventicias se ramifican mucho; su número, disposición y longitud varían según el cultivar. Forman una cabellera densa, con tendencia a distribución superficial, lo que puede ser afectado por las condiciones del suelo y las prácticas de cultivo.

Las raíces de arroz tienen estructura semejante a la de muchas plantas acuáticas pero difieren de éstas en tener muchos pelos absorbentes. La epidermis se compone de una sola capa de células más o menos cilíndricas, de las cuales salen los pelos absorbentes, que aún secos siguen adheridos a la raíz. La epidermis tiene vida corta, pues se abre y desaparece. Los tejidos corticales están constituidos en primer lugar por la exodermis, una capa de células prismáticas que reemplaza a la epidermis como cubierta externa de la raíz. También desaparece con frecuencia y es entonces el cilindro de esclerénquima, que está in-

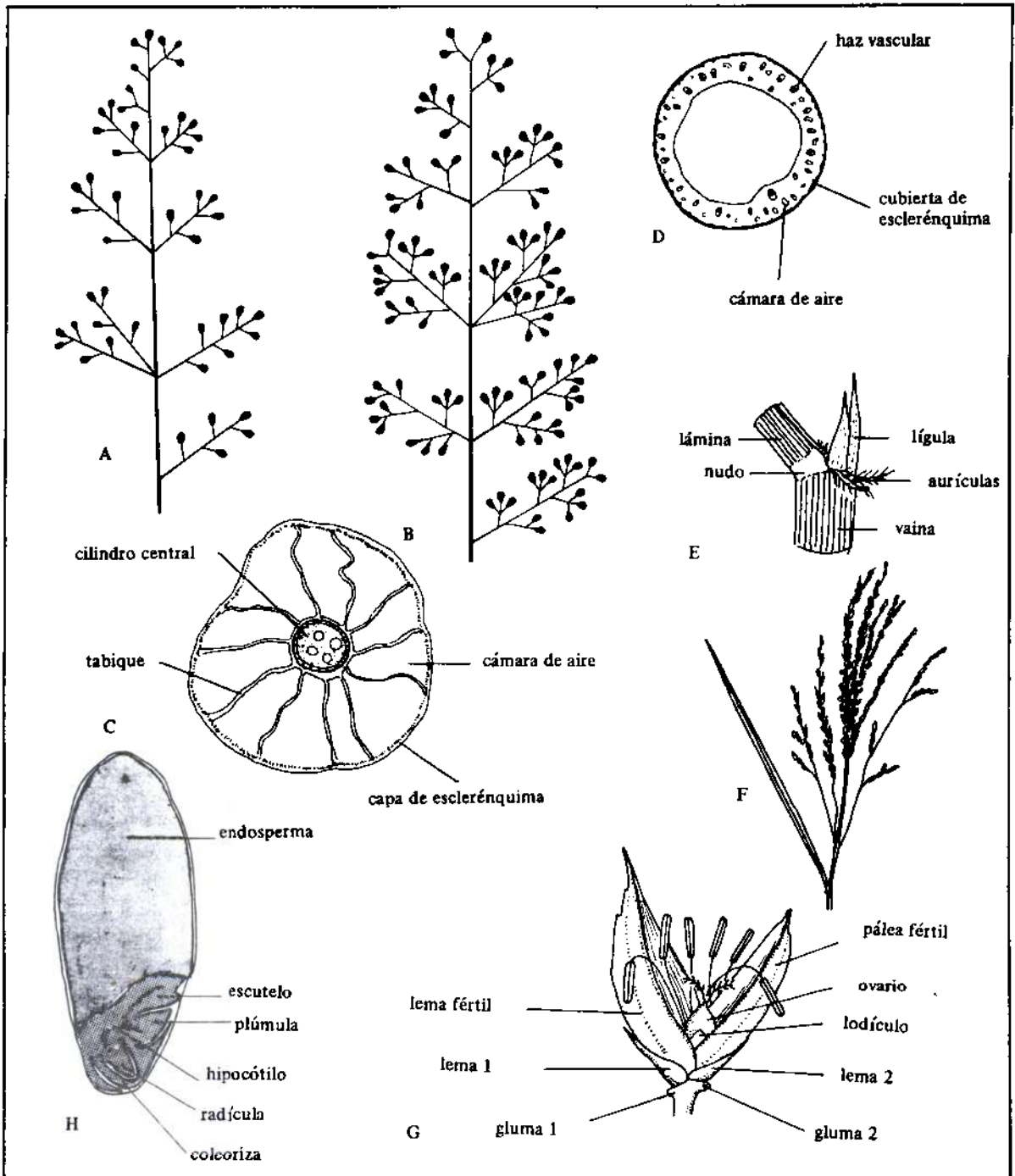


Fig. 37.2. *Oryza sativa*, arroz. A, *O. glaberrima*, diagrama floral. B, *O. sativa*, diagrama floral. C, raíz vieja, corte transversal. D, tallo, corte transversal. E, cuello de la hoja. F, inflorescencia. G, espiguilla. H, cariopsis.

mediatamente debajo de ella, el que protege el centro de la raíz. Este cilindro se forma de una capa de células de paredes gruesas que forman un aislamiento eficiente a los movimientos del agua hacia adentro o fuera de la raíz.

La parte central de los tejidos corticales es la que ocupa el mayor volumen y se compone de muchas capas de parénquima uniforme, llenas de agua, que en las raíces jóvenes forman una unidad compacta pero que conforme se desarrolla la planta se separan por espacios aéreos. Estas cámaras de aire son típicas de las plantas que crecen en suelos húmedos o inundados y tienen una función importante en la respiración de las raíces. Conforme éstas avanzan en edad (Fig. 37.2C) los espacios aéreos se hacen más grandes, a expensas de las células que son destruidas, hasta que al final sólo quedan filas simples o dobles de células, como los radios de una rueda, que unen la parte central de la raíz con la periferia. Hacia el centro los tejidos corticales terminan en unas pocas capas de células.

La endodermis se forma de un estrato de células alargadas en sentido tangencial, que en las raíces viejas tienen paredes engrosadas. El cilindro central, limitado por la endodermis, está constituido por una capa de células externas, el periciclo, y un anillo de haces vasculares formados de floema y xilema. El xilema, en cuatro a seis cordones, se caracteriza por vasos muy grandes hacia el centro y más pequeños hacia la periferia, que alternan con las masas de floema. Esta parte central de la raíz se forma de tejidos suaves al principio, que luego se endurecen hasta formar un núcleo duro en las raíces viejas.

Tallo. El tallo, como en las demás Gramíneas está dividido por nudos. El nudo inferior es muy importante en el arroz, pues de él salen las raíces adventicias que fijan y alimentan permanentemente a la planta y los brotes aéreos o tallos, que forman la macolla. De los nudos que siguen hacia arriba también brotan otros tallos laterales; el tamaño final de la planta, dado por el número de cañas, de 10 a 20, es de carácter varietal. El crecimiento es similar en todas las cañas de una planta; los entrenudos inferiores son más cortos; los

bajos e intermedios más largos y los superiores otra vez más cortos. Los entrenudos tienen en la parte inferior una zona de elongación, en cuya base se forman nuevos tejidos que al desarrollarse determinan el alargamiento de los tallos.

El aspecto externo del tallo: brillo, color, superficie ondulada o lisa, varía en los diferentes cultivares. El tallo aéreo del arroz es sólido al principio, pero al desarrollarse desaparece la médula en los entrenudos.

En la estructura del entrenudo (Fig. 37.2D) se distingue primero la epidermis, una capa de células de paredes externas, gruesas y por lo general cóncavas. Los tejidos corticales están reducidos a unas pocas capas de células de paredes delgadas en los tallos jóvenes, que engruesan en la madurez y llegan a constituir bandas esclerenquimatosas, que forman el soporte principal de los tallos. En las plantas viejas son frecuentes, hacia la parte interna, las cámaras de aire. Los haces vasculares están situados en dos círculos; el externo con haces pequeños y el interno de haces más grandes. El sostén de estos haces, destinados al transporte de agua y nutrimentos de las hojas a las raíces y viceversa, se hace por bandas de fibras duras o esclerenquima, que los rodean. En el arroz los tallos desempeñan también una función de reserva pues la planta almacena almidón en las células corticales de las cañas.

Hojas. Las hojas del arroz, de posición alterna, se forman de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo (Fig. 37.2E). En los entrenudos inferiores no sólo los cubre sino que envuelve también las bases de las hojas siguientes; en los entrenudos superiores, en cambio, es más corta y abierta. En corte transversal la vaina aparece como una estructura en media luna, de bordes irregulares. La parte central es mucho más amplia y saliente. Hay haces vasculares grandes, esparcidos en la cara externa, y otros más pequeños en la interna. La vaina se angosta hacia el extremo superior y su parte central se engruesa para continuar en la lámina, aurículas y lígula. Esta región tiene áreas de color púrpura o rojo en muchas variedades.

La lígula del cuello de la hoja aparece como una prolongación de la parte superior de la vaina. Es una estructura triangular, hasta de dos centímetros de largo, bífida, membranosa y transparente. En algunos cultivares tiene áreas coloreadas y carece de los pelos y estomas que se hallan en la vaina. En el cuello hay también dos aurículas, estructuras finas triangulares, y angostas, con el ápice muy oscuro cubierto de pelos unicelulares, gruesos y transparentes. Las aurículas están situadas a los lados de la lígula y por lo común caen, pues son muy quebradizas y no resisten la menor presión. Algunos cultivares de arroz carecen del todo de aurículas; si tienen color, es igual al de la vaina aunque en ciertos cultivares la vaina es coloreada y las aurículas transparentes.

La lámina en la hoja del arroz es angosta, muy aguda al ápice, cerrada desde éste hasta la mitad, con el nervio central bien marcado y nervios paralelos menores. La superficie, especialmente la superior, es dura e irregular. Los bordes son fuertes, engrosados y duros, aserrados en la mitad superior. La coloración varía, según el cultivar, desde verde amarillento hasta púrpura oscuro.

La forma y estructura de la lámina está dada por la clase, número y distribución de los haces vasculares. Estos son de dos tipos: grandes y aislados, pequeños y en grupos. Partiendo del nervio central y hacia el borde se encuentran primero de dos a tres nervios o haces pequeños, separados uno del otro por áreas reducidas. Luego un nervio o haz grande, después cuatro haces pequeños, y finalmente un haz grande cercano al margen.

Los haces vasculares se componen de grandes vasos de xilema colocados hacia la cara superior de la hoja y cordones de floema, de área mucho menor hacia la faz inferior. Los haces terminan, en ambos casos, en grupos de células engrosadas, con clorofila, que llegan hasta la epidermis. Como el tejido de relleno o mesofilo es suave y está dispuesto alrededor de los haces, estos

determinan la superficie irregularmente ondulada de la hoja. En las depresiones que dejan los haces en la cara superior se hallan los grupos de células buliformes, las cuales tienen paredes delgadas y actúan a manera de bisagras: cuando las células se llenan de agua abren la lámina de la hoja, al descargarla la encogen y cierran.

La epidermis de la lámina se forma de diversos tipos de células; vistas a lo largo de los nervios se distinguen, a partir de éstos, primero células llenas de sílice, muy angostas; luego bandas de células largas con los bordes en zigzag. De estas células salen a veces espículas, pelos cortos y duros, que contribuyen a darle una característica irregular y dura a la lámina.

Inflorescencia. La inflorescencia del arroz (Fig. 37.2F) aparece al ápice del tallo, protegida por una hoja terminal más corta y ancha que las inferiores. El raquis de la inflorescencia es la continuación del tallo y, como éste, tiene células con clorofila en los tejidos externos. El raquis no es cilíndrico sino de lados planos, según la inserción de sus ramificaciones. Los nudos son sólidos y los entrenudos, como en el tallo, vacíos al centro. El raquis lleva ramificaciones desde segundo a cuarto orden, a veces de quinto, y sobre éstas dos últimas van las espiguillas.

Espiguilla. Teóricamente una espiguilla de arroz se compone de tres flores (Fig. 37.2G), de las que la última es la única fértil. Las dos inferiores están representadas por órganos vestigiales. Las envolturas florales en ambos tipos, fértiles o estériles, están formadas por glumas y lemas. En las flores estériles las glumas están representadas por unas prominencias en el pedúnculo y las lemas por dos estructuras que se hallan en la base de la flor fértil, que por lo común son más cortas que las envolturas de ésta aunque en ciertos cultivares llegan a alcanzar el mismo tamaño.

La espiguilla fértil se forma de una lema o glumela inferior, una estructura en forma de quilla, con cinco nervios longitudinales, el central más desarrollado, que forma la quilla, dos me-

dianos y dos externos cerca de los bordes. La lema es dura, de superficie áspera por las numerosas espículas que lleva, y termina a veces en un ápice agudo o una arista que puede llegar a medir hasta dos centímetros de largo en ciertos cultivares. Opuesta a la lema y un poco hacia arriba está la pálea, de forma semejante, pero con sólo tres nervios, sin quilla y sin arista.

La flor propiamente dicha se compone de los lodículos, dos cuerpos carnosos colocados en la base de las glumas, que representan el perianto y cuya función es contribuir a la apertura de las envolturas de la espiguilla. La flor fértil tiene seis estambres, de filamentos largos y anteras muy movibles. El gineceo se forma de un ovario esférico u oblongo, terminado en tres ramas estigmáticas, una de ellas muy pequeña, las otras dos bien desarrolladas y cubiertas de papilas. El ovario contiene sólo un óvulo.

Biología floral. En la inflorescencia del arroz las flores superiores se abren primero. La longitud del tiempo entre la apertura de la primera a la última flor varía de uno a ocho días, según el cultivar y las condiciones del ambiente. Cada flor individual se abre por cinco minutos a una hora, según la humedad y temperatura ambiente, y generalmente en las primeras horas de la tarde. Por lo común cuando una flor de arroz se abre ya está polinizada y su fecundación ocurre media hora después de que el grano de polen a caído en el estigma. La polinización cruzada no sucede normalmente en más del uno por ciento. Como la apertura de las flores y la duración de la antesis dependen mucho de las condiciones ambientales, no son raros los cruzamientos entre cultivares diferentes.

Para la polinización artificial del arroz se ha tenido que recurrir a técnicas especiales. Una de ellas consiste en enfriar con agua helada el polen de las flores que se va a fecundar, lo cual no afecta los estigmas, y aplicar a estos el polen de otras flores; otra es promover la apertura de las flores mediante el calor, y al salir los estambres cortar las anteras y aplicar a los estigmas aún no polinizados el polen de otra planta.

Fruto. La cariopsis del arroz está cubierta por las envolturas permanentes, lema y pálea, que la envuelven por completo. La semilla se forma de integumentos, embrión y endosperma, el cual ocupa el mayor volumen (Fig. 37.2H). Los integumentos del óvulo forman una película muy fina que rodea la semilla. Esta película externa, o pericarpo, se forma de tres tejidos diferentes y contiene varias capas de células ricas en aleurona. Por su contenido en proteínas, grasas y minerales, las últimas constituyen junto con el embrión, la parte más importante de la cariopsis, desde el punto de vista nutritivo. Ciertas vitaminas en particular el complejo B, están también contenidas en las envolturas. Cuando el arroz se pule, para darle un tono blanco uniforme se pierde la mayor parte de esos elementos nutritivos. Se conoce varios procesos para evitar esa pérdida y hacer del arroz un alimento mejor balanceado.

El endosperma se forma casi sólo de parénquima relleno de almidón. Presenta, por lo común, una mancha blanca hacia el centro y es translúcido en el resto; este carácter puede cambiar en ciertos cultivares.

El embrión ocupa el extremo inferior, en el lado ventral de la semilla, opuesto a la lema. Es frecuente que este cuerpo se remueva cuando se realiza una pulida intensa del arroz. El embrión es rico en proteínas, vitaminas y minerales.

Plántula. El embrión del arroz se forma de plúmula y radícula, unidos en un hipocótilo corto. El escutelo, que representa el cotiledón, ocupa gran parte del cuerpo superior del embrión. La semilla madura del arroz puede ser de germinación inmediata o necesitar un período de descanso. Del germen brota por una parte la plúmula que lleva los primordios de las hojas y el hipocótilo en la base, y la radícula, que es de corta duración. En el grano, en el momento de germinar, y en la parte externa del área embrional, aparecen unos pelos blancos muy finos cuya probable función es absorber agua del suelo. Al crecer el tallo, de los entrenudos brotan las raíces

adventicias que formarán el sistema radical permanente.

Razas. En un cultivo tan antiguo como el arroz los miles de cultivares conocidos han resultado de la interacción del proceso natural de evolución y de la conservación de esas variaciones por el hombre. Aunque no puede descartarse la posibilidad de hibridación, en el arroz han sido las mutaciones la fuerza que ha determinado la innumerable cantidad de cultivares, pues uno de esos pequeños cambios es capaz de formar un cultivar diferente. El hombre ha conservado muchos de ellos, por conveniencia o curiosidad; en Asia, particularmente, el cultivador de arroz aprecia como parte de su riqueza la abundancia de las formas mutantes. Por último, los trabajos de selección en estaciones experimentales han incrementado considerablemente la riqueza varietal.

Las dos grandes razas, llamadas a veces subespecies, se diferencian en caracteres morfológicos y en su adaptación a condiciones diferentes de temperatura y fotoperíodo. En *indica* la cariopsis es alargada, fina, y la relación de largo a ancho de 3:1 a 3.5:1. Por lo común las espiguillas no son aristadas y si hay aristas son cortas y suaves. La pubescencia es escasa en las hojas y las glumillas; las panículas son poco compactas. El grano cocinado se mantiene intacto y se adhiere poco.

En *japonica* o *keng* las cariopsis son más cortas, casi ovoides o esféricas, con una relación de largo a ancho de 1.5:1 hasta 3:1. Las espiguillas pueden ser o no aristadas y tienen pubescencia bien desarrollada en el ápice; las panículas son compactas y densas. Los granos cocinados tienden a formar una masa.

De *indica* parecen derivarse los arroces *javanica* o *bulu* caracterizados por tallos duros y erectos, panículas grandes con espiguillas aristadas y macollas con pocos tallos. Estos arroces requieren períodos largos para madurar y son poco sensibles a la longitud del día. Son típicos de las áreas ecuatoriales, con pocos cultivares conocidos.

Dentro de cada uno de los grandes grupos o subespecies de arroz se halla variedades muy similares en características morfológicas o fisiológicas. Cultivares de una subespecie pueden crecer muy bien en los ambientes típicos de otra. Por esas y otras razones la clasificación de los arroces cultivados en los dos grandes grupos de *indica* y *japonica* tiende actualmente a abandonarse.

Variación de caracteres. Los miles de cultivares de arroz no pueden ser agrupados en una clasificación completamente satisfactoria. Cualquiera de los caracteres usados para la identificarlos, como la longitud del grano, tienen una amplitud de variación que no permite emplearlos sino en forma muy general. Por otra parte, cultivares de formas parecidas pueden requerir para su desarrollo óptimo ambientes muy distintos.

Los arroces varían en porte desde erectos y compactos hasta los tipos flotantes, que viven en el agua, a veces hasta tres metros de profundidad; hay muchos tipos enanos. Otro carácter determinante del porte es el número y ángulo que forman los hijos o brotes basales. Los tipos compactos son recesivos y es probable que las formas originales fueran de porte abierto.

El número de nudos por tallo es un carácter bastante constante en un cultivar. El color de los entrenudos varía mucho en los diferentes cultivares, desde verde uniforme hasta rojo oscuro, habiendo también tallos listados o manchados.

La forma de la hoja también varía considerablemente, así como la pubescencia, siendo el carácter vellosa dominante sobre glabra. El color de las hojas, así como de otras partes de la planta, varía desde completamente verde hasta rojo uniforme; hay tipos de hojas manchadas, listadas, etc. La presencia del color puede ocurrir en toda la hoja, sólo en una de sus partes (vaina, cuello, aurícula, lígula o lámina) o en varias de ellas. La distribución del color se debe a la acción independiente o conjunta de varios genes de efecto pleiotrópico.

Por su valor económico los caracteres de la panícula son los más importantes: la longitud es posiblemente el primer factor determinante del rendimiento, luego la densidad, expresada por el número de raquillas y de flores. La densidad varía desde panículas completamente abiertas, un carácter dominante que debió ser frecuente en los arroces primitivos, hasta compactas; parece haber una relación directa entre panículas compactas y granos pequeños. Otro carácter importante es que la panícula salga completamente de la hoja que la envuelve pues eso permite una maduración mayor y más uniforme.

El tamaño y forma de la flor varían mucho. Su coloración es por lo común verdosa al principio, y después puede adquirir tonos y manchas muy variadas de antocianina, que son definidas en la maduración. La lema y la pálea pueden ser de color uniforme o manchados sólo en el ápice; con rayas longitudinales o con manchas irregulares. Por lo común los nervios son verdes o de tono amarillo claro. Se ha indicado, sin mayor base experimental, que los arroces rojos son de producción baja.

La longitud de la arista es un carácter que presenta una variación amplia en el arroz. Hay desde cultivares que carecen de ella hasta otros en que está muy desarrollada. La carencia de aristas es un carácter recesivo y su presencia puede ser benéfica en lugares en que hay abundancia de pájaros, pues dificulta que estos coman las semillas, si bien es indeseable en el beneficio del grano.

La forma de la semilla y su tamaño constituyen los factores más corrientes para clasificar comercialmente el arroz. La longitud del grano varía entre cinco y 14 mm. Su forma está determinada por la relación entre la longitud y anchura; esta última varía de 1.5 a 2.5 mm y puede indicarse que entre más largo el grano tiende a ser más angosto.

El color del grano de arroz está determinado por el pericarpo, pues en todos los cultivares co-

nocidos el endosperma es blanco. El color del epicarpo es generalmente blanco o de tonos rojizos hasta un púrpura muy oscuro. El carácter rojo es dominante sobre blanco. El color externo del grano de arroz tiene cierta importancia económica, ya que en el comercio se prefiere los tipos blancos; en los coloreados, al remover el pericarpo para dejar blanco y uniforme el grano, se remueve las capas de aleurona y los tejidos externos del endosperma en que están concentrados los elementos nutritivos más valiosos.

El endosperma puede ser de textura uniforme o tener en el centro, hacia el lado ventral, una mancha blanca. Este último caso es de cierta importancia pues el área blanca es más suave y los granos con este carácter tienden a quebrarse. En unos pocos cultivares, debido a un factor recesivo, el endosperma es glutinoso (se llama así aunque no contenga gluten), lo cual da al cocinarse un grano pegajoso que tiende a formar una masa.

La caída de los granos es una característica de gran importancia económica y que depende en primer lugar de condiciones ambientales como nutrición, riego y otros. Se ha determinado que la intensidad de la caída está asociada con la forma de los granos: entre más redondos más susceptibles a caer. El carácter caedizo del fruto es dominante; esto ocurre también en los tipos primitivos de otros cereales y en los arroces mallezas.

Los objetivos del mejoramiento del arroz en los trópicos son la obtención de cultivares de alto rendimiento, de producción tempranera, buena reacción al abonamiento, resistencia a sequía, salinidad e inundación, grado bajo de caída de tallo, poca caída de grano y resistencia a enfermedades.

Los métodos utilizados han sido la selección por línea pura, que ha permitido obtener cultivares superiores, mientras que la hibridación constituye el método moderno más usado para conseguir tipos nuevos o mejorados.

ARROZ AFRICANO, *Oryza glaberrima*

África es el continente más rico en especies de *Oryza*. Una de ellas *O. glaberrima*, fue domesticada en África Occidental, donde se le cultiva incipientemente; por su rendimiento bajo está siendo reemplazada, en esa región, por *O. sativa*.

Oryza glaberrima es altamente polimorfa; descende posiblemente de una especie silvestre, *O. barthii*, que crece en la misma región de domesticación original. Se ha informado que algunos de sus cultivares fueron introducidos a las Guayanas.

Las diferencias entre ambas especies (Fig. 37. 2A, B) están en la conformación de las panículas: en *O. glaberrima* las espiguillas están en las ejes de tercer orden, en los de 4° o 5° orden en *O. sativa*. También difieren en la forma de las lígulas, cortas y truncadas en *O. glaberrima*, alargadas y agudas en *O. sativa*. Hay también distanciamiento genético, ya que las cruces de primera generación entre ambas especies son de baja fertilidad.

SORGO, *Sorghum bicolor*

El sorgo aumenta su importancia en los trópicos, especialmente en las regiones más secas, por la introducción de cultivares avanzados. Se utiliza tanto en la alimentación humana como animal y tiene además numerosos usos industriales.

Sistemática. *Sorghum bicolor* es una entidad muy compleja dentro de la cual han sido descritas numerosas "especies". En la clasificación más reciente se acepta una especie que se divide en cinco razas: i) *bicolor*, de granos alargados, a menudo ovoides, con glumas que los cubren completamente, inflorescencias abiertas o poco compactas; parece ser la raza más primitiva y a ella pertenecen los kaoliang, sorgos de escoba, doch-na y otros; ii) *guinea*, granos aplanados con glumas abiertas y casi tan largas como el grano, in-

florescencias poco densas; iii) *caudatum*, de granos asimétricos por ser abultados en el lado del embrión y planos o cóncavos del lado opuesto, incluye feterita, hegari y otros; iv) *kafir*, de granos simétricos más o menos esféricos, con glumas que los cubren parcialmente y panículas densas; v) *durra*, de granos redondos, ovoides y angostos en la base, con glumas muy anchas que a menudo presentan arrugas transversales; panojas compactas; cultivares importantes especialmente en India y Etiopía.

Origen. La evidencia sobre el área de origen del sorgo es escasa y poco segura. Se creyó que era originario de Etiopía, pero actualmente se acepta que pudo haber sido domesticado en más de un lugar, en la faja que se extiende desde Senegal a Somalia, entre el Sahara y la selva del Congo. Se supone que las razas cultivadas se derivan posiblemente de la raza *verticilliflorum*, del grupo silvestre *arundinaceum*. El área de origen de la raza *bicolor* pudo estar al este del lago Chad y del centro de África fue llevada a India unos diez siglos a.C. La raza *guinea*, en cambio, proviene de áreas más húmedas entre Senegal y el Chad, y la *caudatum* del centro de África, de la región de sabanas entre el Chad y Kenya. *Kafir* pudo originarse en África del Sur y *durra* en Etiopía.

Los sorgos silvestres, de los que se derivan los cultivados, crecen en África como malezas. Mientras estas poblaciones han estado sujetas a la selección natural por muchos siglos, los cultivados han sido objeto de una larga selección por el hombre.

De África el sorgo pasó a India, posiblemente por el tráfico marítimo alrededor de Arabia, y de India a China hacia el comienzo de la era cristiana. A América del Sur fue traído por los esclavos africanos; la introducción de variedades como feterita y hegari a América del Norte data de fines del siglo pasado.

Porte. La mayoría de los cultivares de sorgo es de plantas de macolla, formados por un tallo central que brota de la semilla y de brotes que salen de los entrenudos basales. Hay unos pocos cultivares que no forman macolla. En otros ocu-

re que, después de la floración, las yemas de los entrenudos superiores se desarrollan y forman ramas laterales cortas. La altura de los sorgos varía considerablemente; hay tipos enanos, de 0.5 a un metro de altura, y gigantes como ciertos sorgos de escobas que llegan hasta los nueve metros de altura.

El tallo central, como en las otras Gramíneas, se forma de nudos y entrenudos. Estos son más cortos en la parte inferior y más largos hacia el centro; el último entrenudo, que lleva la inflorescencia, es el más largo. De cada nudo sale una hoja en posición alterna, formando así dos filas verticales. En los sorgos enanos las vainas de las hojas cubren por completo el entrenudo y a veces se sobreponen, mientras que en la mayoría de los cultivares altos el entrenudo no está cubierto del todo.

Raíz. Un carácter notable en el sorgo es el sistema radical muy desarrollado, que llega a uno ó 1.5 m de profundidad hasta alcanzar las capas húmedas del suelo. Este carácter es una adaptación a las tierras áridas en que se originó la especie; en el sorgo joven las raíces crecen más rápido que la parte aérea, pudiendo así suplir tempranamente de agua y nutrimentos a la planta para la formación del tallo y del follaje.

Las raíces adventicias salen de la región basal de los entrenudos inferiores en uno o más grupos. Son finas, fuertes y se ramifican profusamente, blancas o amarillentas al principio se vuelven rojas o pardas en la madurez. Arriba del suelo se forman raíces de soporte, cilíndricas y gruesas, que al penetrar en la tierra se adelgazan como las otras.

La estructura interna de la raíz no presenta características especiales. En las raíces viejas la exodermis es el tejido más externo. La región cortical, formada de parénquima, presenta a veces cámaras de aire dispuestas radialmente. En el cilindro central hay de ocho a diez vasos grandes de xilema; las raíces de soporte muestran una estructura similar.

Tallo. El entrenudo, cilíndrico en la mayoría de los cultivares, puede ser también cónico o con

la parte inferior más ancha o en forma de barril. En longitud aumenta de la parte inferior hacia la región central del tallo, donde es más uniforme. Se conoce algunos cultivares en que hay entrenudos cortos alternando con otros más largos. El color es verde pero la cera que los recubre les da un tono blancuzco. En la base del entrenudo hay una banda en que se hallan los primordios de las raíces y una yema, arriba de ésta un surco o depresión longitudinal. Encima de la banda de raíces se encuentra un anillo más claro, la región de crecimiento intercalar.

La epidermis y la hipodermis de los tallos están formadas por células pequeñas con paredes gruesas, que junto con la capa adyacente de haces vasculares finos forman un cilindro externo fuerte y resistente. La superficie del tallo es suave sólo en las áreas donde se hallan los estomas, que son muy numerosos en el tallo del sorgo. La parte central del vástago se forma de un tejido básico de parénquima, cuyas células se van haciendo más grandes hacia el centro, y de haces vasculares aislados, notables por tener dos o tres grandes tubos de xilema. Estos haces están rodeados de células que contienen almidón o azúcar en abundancia; este último es explotado comercialmente en ciertos cultivares. En los tallos viejos las células de la parte central se desintegran, formando una estructura suave.

Hojas. En los sorgos de grano hay de cinco a 25 hojas; en los tipos utilizados para forraje generalmente hay más de diez hojas por planta. La hoja se compone de la vaina, envolvente en el tallo; el cuello, en que hay una lígula membranosa y la lámina. Esta última, lineal o lanceolada, mide de 0.5 a un metro de largo y de cinco a 15 cm de ancho. El nervio central es muy prominente y su coloración es un carácter muy útil para la clasificación de las variedades; el color varía de blanco nítido a blanco con bordes claros hasta verde difuso, si el nervio central contiene cloroplastos.

En la lámina hay además dos clases de nervios longitudinales. Unos gruesos, que ocupan por completo el espesor de la lámina; otros más

finos, en grupos de cinco a 15, intercalados entre los primeros al lado inferior de la hoja.

Inflorescencia. En sus primeras etapas la panícula del sorgo está envuelta por la vaina de la hoja terminal. Por lo común el raquis crece erecto y sale por el cuello de esa hoja. Hay cultivares, sin embargo, en que la inflorescencia es péndula, se abre paso rompiendo la vaina y se dobla luego hacia abajo; el pedúnculo se lignifica después de que la inflorescencia alcanza una posición pendiente.

El raquis tiene la superficie surcada longitudinalmente; sus ramas salen aparentemente en grupos situados al mismo nivel, aunque es muy común hallar ramas solitarias. Hay de cuatro a 16 de estos grupos en cada panícula, con tres a diez ramas cada uno. La panícula puede ser compacta o suelta, según la distancia entre las ramillas, la posición y longitud de éstas y la densidad de flores por rama.

La forma de la panícula está determinada por la posición del raquis, erecta o curva, por la relación entre pedúnculo y raquis y por la longitud y posición de las ramas. Así, en 'Feterita' la inflorescencia es claviforme y compacta; en 'Kafir', cilíndrica y suelta; en los sorgos de escoba generalmente recurvada y con ramas tanto o más largas que el raquis.

Espiguilla. Las espiguillas están colocadas sobre ramitas que salen de las ramas primarias o secundarias de la panoja. Cada ramilla lleva en la parte inferior un par o más de espiguillas, una sécil y otra pedicelada, y en el extremo tres espiguillas, dos pediceladas y una sécil (Fig. 37.3A). Las espiguillas séciles llevan flores perfectas y producen granos; las pediceladas sólo tienen estambres.

Las espiguillas séciles tienen dos glumas, la inferior grande y fuerte y la superior más delgada y en forma de quilla (Fig. 37. 3B, C). Las glumas son de diversos colores: blanco, rojo, amarillo o negro; pueden ser pubescentes o lisas y en algunos cultivares terminan en una arista fina. En las espiguillas séciles hay dos flores: la infe-

rior estéril está representada por una lema; la superior fértil se forma de pálea, lema, ovario esférico terminado en un estigma bífido, tres estambres y dos lodículos.

Las espiguillas pediceladas son más angostas (Fig. 37.3D). Como las anteriores contienen dos flores, protegidas por dos glumas. La flor inferior, estéril, está representada por una lema; la superior, fértil, por una lema y tres estambres.

Biología floral. La inflorescencia emerge envuelta en la hoja terminal y tarda cerca de 15 días en salir completamente de ella. Las espiguillas séciles se abren antes que las pediceladas; éstas con frecuencia caen poco tiempo después de abrirse. La apertura de las flores ocurre en las primeras horas de la mañana, con el máximo a las 2 am y las flores duran abiertas de una a tres horas. Los estigmas se abren antes de que salgan las anteras. Como la diferencia entre la apertura de los estigmas y la salida del polen es de unas dos horas, es posible que una flor pistilada sea polinizada por una vecina. La posibilidad de que el polen de una planta alcance el estigma de otra no es muy grande, por la abundancia de polen en la misma inflorescencia; en cultivares de panícula cerrada se ha hallado sólo 0.6 % de polinización cruzada, aunque en variedades de panícula abierta se ha registrado hasta el seis por ciento.

Fruto. La cariopsis del sorgo (Fig. 37.3E) es más ancha hacia el ápice en la mayoría de los cultivares; en otros es esférica o elipsoidal. La longitud varía mucho, siendo la anchura promedio de cuatro a seis milímetros. la cobertura de la semilla por las glumas puede ser completa o parcial, según el cultivar.

El pericarpo se forma dos capas de células, epidermis e hipodermis, la primera con las paredes externas muy gruesas. En algunos cultivares, como en los sorgos rojos, estas capas son coloreadas pero en la mayoría son translúcidas. Debajo de ellas está el mesocarpo, de grosor variable. Los tejidos siguientes, capa nucelar y estrato de aleurona, forman la testa o cobertura de la semilla.

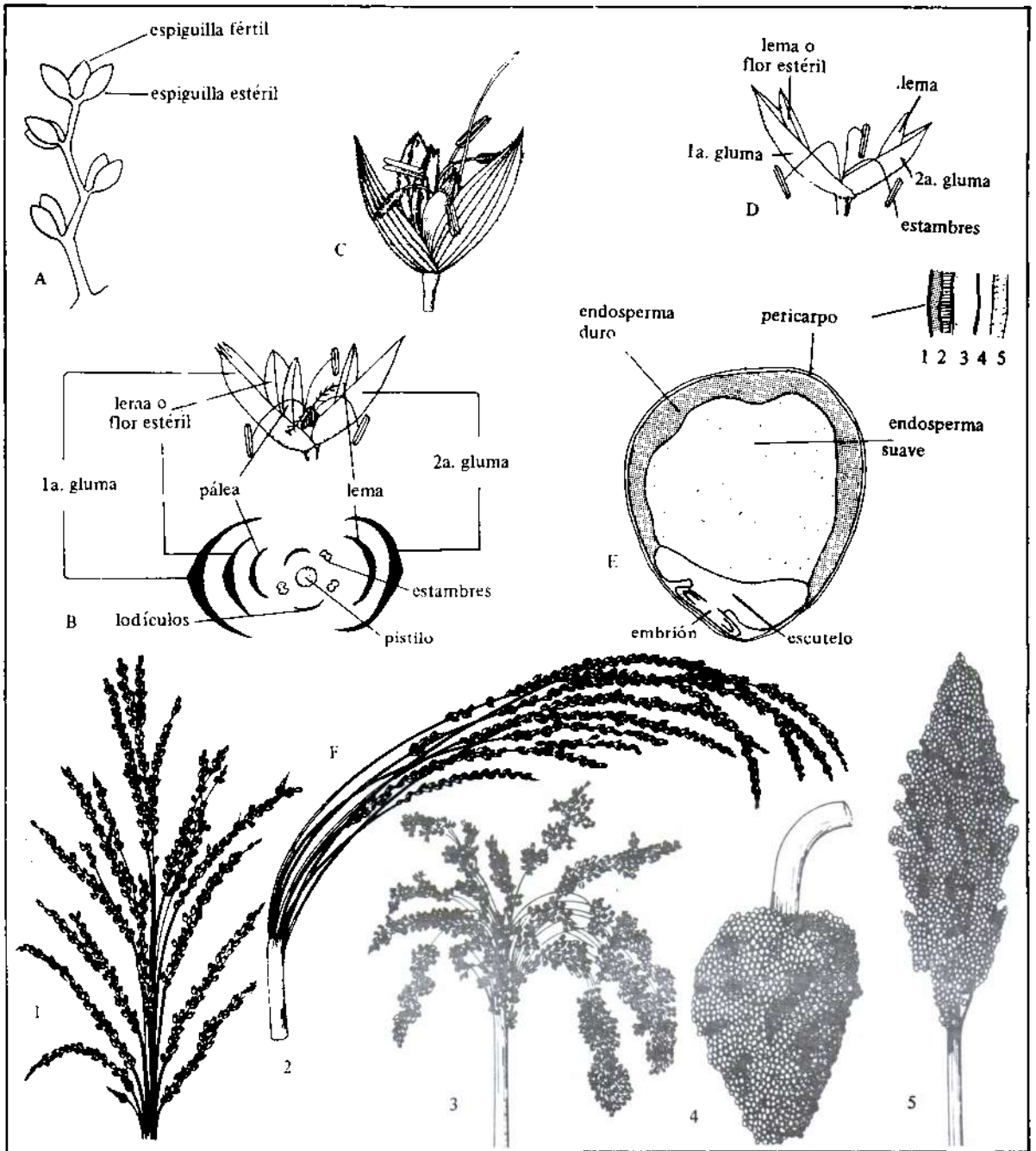


Fig. 37.3. *Sorghum bicolor*. A, grupo de espiguillas. B, diagrama floral. C, espiguilla hemafrodita. D, espiguilla estaminada. E, cariopsis: 1, epidermis; 2, hipodermis; 3, mesocarpo; 4, capa nucelar; 5, capa de aleurona. F, tipos de inflorescencias: 1, abierta (guinea); 2, sorgo de escoba; 3, subumbelada; 4, compacta y pendiente; 5, compacta y erecta (kafir).

La capa nucelar es de tono rojizo oscuro; cuando el mesocarpo es delgado esta capa le da color al grano. En algunos cultivares la capa nucelar se halla en áreas discontinuas, lo que le da un aspecto moteado a la semilla; debajo de ella está el estrato de aleurona, rico en proteínas. El mayor volumen de la semilla se forma de endosperma blanco; el embrión es pequeño y ocupa una posición basal. En los sorgos de grano hay dos clases de endosperma, córneo y harinoso; el primero se halla siempre hacia el exterior en proporciones variables según el cultivar.

Variación y usos. El tamaño y porte de la planta de sorgo varían considerablemente. Sorgos altos son preferidos para forraje y granos; los enanos, de recolección más fácil, se prefieren para siembras extensas.

Entre los tipos originales de sorgo, procedentes de Africa o India, están: 'Durra' de altura mediana, panojas elipsoidales y compactas, granos medianos, esféricos y blancos; 'Feterita', de porte mediano, cosecha tempranera, panícula compacta, con granos blancos y grandes; 'Hegari', bajo o mediano, panícula alargada y poco compacta, de granos pequeños, con el endosperma córneo y grueso a los lados, delgado arriba; 'Kafir', sorgos medianos, panículas alargadas de ramificación irregular, granos blancos o punteados, cubiertos por glumas negras, amarillentas o rojas, con endosperma córneo, grueso y uniforme; 'Kaoliang', plantas altas, panícula alargada de granos rojizos; 'Millos', medianos a altos, panícula corta, elipsoidal, compacta, granos grandes con endosperma córneo, delgado y uniforme; 'Shallu', plantas altas, panícula de ramas largas, poco compactas y granos pequeños y blancos; 'Amber', sorgos altos, panículas muy irregulares y poco compactas, granos alargados, cubiertos por glumas negras o amarillas. Los 'Sorgos' son plantas de porte mediano a alto, panículas abiertas, de ramas largas y granos alargados cubiertos en buena por glumas oscuras o claras con endosperma córneo, grueso en los lados y delgado en el ápice. Los 'Sorgos de escoba' se caracterizan por su porte alto, panículas largas y

pendientes con ramas delgadas, de longitud igual o mayor que el raquis y pocos granos.

Los tipos descritos y otros son introducciones originales de Africa o Asia, que se han propagado en América y aún se mantienen en cultivo. Los sorgos nuevos son selecciones hechas de híbridos de esas introducciones o de mutantes que han aparecido en cultivo. Se ha podido seleccionar así tipos muy superiores para forraje, azúcar o granos. Estos últimos han tenido considerable expansión para uso industrial, especialmente en la fabricación de gomas, harina y como alimento animal. Una promisoría utilización reciente es la producción de alcohol a partir de sorgos dulces. La formación de híbridos ha recibido un gran impulso con el hallazgo de líneas androestériles.

Cereales menores

Como "cereales menores" se conoce varias Gramíneas de grano de cultivo restringido en área geográfica pero a menudo de importancia primaria en la alimentación local. A pesar de su rendimiento bajo y de que su valor nutritivo no es excepcional, constituyen un recurso alimenticio de primer orden para muchas masas humanas de Asia y Africa, generalmente las más pobres. A veces se plantan como sustitutos del arroz, maíz, trigo o sorgo, cuando estos no alcanzan a cosechar por la sequía u otros factores desfavorables.

Los principales son: *Digitaria exilis*, de Africa Central y Occidental; *Pennisetum americanum* y *Eleusine coracana*, cultivados tanto en Africa como en India, y *Coix lachryma-jobi* del sureste de Asia. Pero hay otras especies de *Panicum*, *Eragrostis* y *Paspalum*, de importancia menor.

Desde el punto de vista morfológico los cereales menores son más parecidos a los pastos que a los otros cereales y todos ellos se cultivan también como forrajeras. Para la producción de grano solamente en India han sido objeto de mejoramiento y selección.

FONIO, *Digitaria exilis*

Se cultiva desde Senegal hasta Chad, tanto en forma regular como en reemplazo de otros cereales que no lleguen a producir. Anual, (Fig. 37.4A) de 30-80 cm de alto, las inflorescencias digitadas se forman de dos y tres a veces hasta cinco racimos, de tres a 15 cm de largo que salen del mismo punto en el pedúnculo. Las semillas ovoides, de 1.5-1.8 mm de largo, están cubiertas completamente por las glumas; se utilizan molidas principalmente para preparar gachas o en la elaboración de cerveza. *Digitaria exilis* sólo es conocida en cultivo y hay muchas variedades de diferente tipo de inflorescencia, período de producción y otras características.

IBURU, *Digitaria iburua*

Se cultiva en Africa Central. Es una hierba anual, (Fig. 37.4B) hasta de 50 cm de alto, cuyas inflorescencias digitadas se componen de cuatro a diez racimos de ocho a 12 cm de largo, que salen a distinto nivel del raquis. Las semillas de 1.5-1.7 mm de largo, son elipsoidales y se utilizan molidas en la preparación de sopas, gachas y bebidas fermentadas.

**MIJO NEGRO, *Pennisetum glaucum*
(*P. americanum*, *P. typhoides*)**

Cereal originario de Africa Central; su antecesor silvestre, *P. violaceum* crece entre Senegal y Sudán, y es utilizado en hambrunas. De Africa el

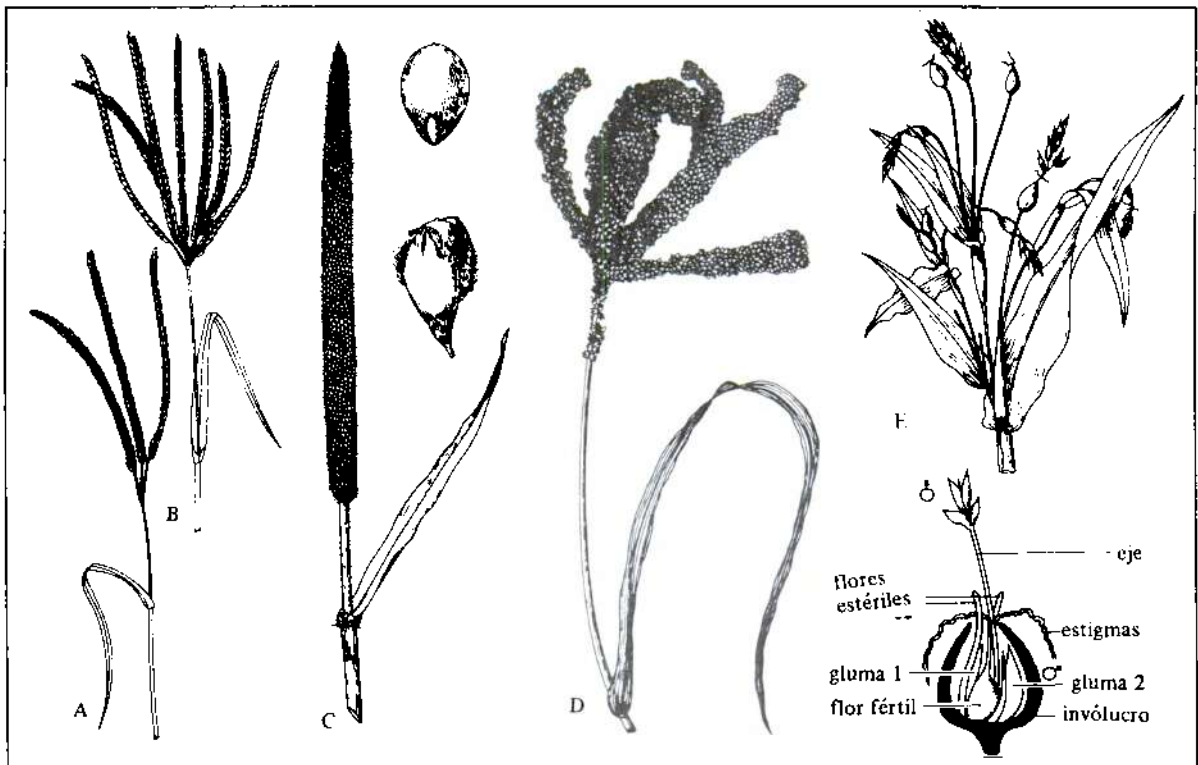


Fig. 37.4. A, *Digitaria exilis*. B, *Digitaria iburua*. C, *Pennisetum glaucum*. D, *Eleusine coracana*. E, *Coix lachryma-jobi*.

millo negro pasó a India en tiempos prehistóricos, y en el subcontinente en importancia es sólo inferior al sorgo.

Es una planta anual (Fig. 37.4C), hasta de cuatro metros de alto, aunque los cultivares avanzados miden sólo cerca de un metro, muy ramificada, con tallos delgados, sólidos en algunas variedades, los nudos provistos de anillos de pelos blancos y sedosos. La inflorescencia terminal, cilíndrica, angosta en los extremos, compacta, de 10-50 cm de largo, está compuesta de fascículos con dos o cuatro espiguillas con pelos o setas que sobresalen de la inflorescencia. La cariopsis varía de color según el cultivar: blancas, amarillas o grisáceas, obovoides, de tres a cuatro milímetros de largo, de alto valor nutritivo.

Híbridos de esta especie y *P. purpureum* se cultivan como pasto de corte.

CORACÁN, *Eleusine coracana*

Cereal menor de importancia en Africa Oriental: Uganda, Zambia, y en el sur de India. Se utiliza molido en la preparación de gachas, sopas y cerveza.

Fue domesticado en las tierras altas entre Etiopía y Uganda, de poblaciones silvestres consideradas antes como una especie distinta, *E. africana*, de las que difiere en el mayor tamaño de las semillas y en las espiguillas no caedizas.

Eleusine coracana (Fig. 37.4D) es un tetraploide anual que forma macolla de muchos tallos, hasta de un metro de alto. Las inflorescencias terminales, digitadas, se forman de cuatro a seis racimos compactos que se curvan hacia adentro en el ápice. Las semillas de uno a dos milímetros de diámetro, esféricas, lisas o rugosas, son de coloración diferente según el cultivar: blancas, amarillentas, rojo-oscuro hasta negro. Son muy nutritivas por su contenido proteínico y pueden ser almacenadas por muchos años.

TEFF, *Eragrostis teff*

Cereal cultivado únicamente en Etiopía, donde constituye el principal producto agrícola; se utiliza molido en la preparación de pan y como forrajera. Es una hierba anual, hasta de 80 cm de alto, de tallos erectos y delgados. La inflorescencia es una panícula hasta de 30 cm de largo, con ramas largas y pendientes. Las semillas, de uno a 1.5 mm de largo, son blancas o rojizas.

MILLOS, *Panicum sumatrense* (*P. miliare*)

Del sur de India al sureste de Asia, anual, hasta de un metro de alto, con panículas muy ramificadas, de ocho a 25 cm de largo, y semillas de dos a 3.5 mm de longitud.

PROSO, *Panicum miliaceum*

Originaria del sur de India, anual, hasta de 1.20 m de alto, con panículas hasta de 16 cm de largo. Se utiliza como forraje.

KODO, *Paspalum scrobiculatum*

Originario de India, anual, hasta de 1.25 m de alto, panículas con dos racimos, las semillas cubiertas por las envolturas florales.

PANIZO, *Setaria italica*

Como cereal es de poca importancia en regiones tropicales, excepto en India y Malasia. Se le cultiva más en regiones templadas de Asia, Europa y Africa. Anual, forma macollas de muchos tallos, de los cuales sólo unos pocos flore-

cen. La inflorescencia, de ocho a 20 cm de largo, se compone de un eje central y ramas laterales cortas, en las cuales las espiguillas forman masas compactas, cilíndricas hasta casi esféricas. Hay muchas formas de inflorescencias y varía también el color y tamaño de las setas. La semilla es alargada, aplanada de un lado y curva del otro, hasta de dos milímetros de largo.

ADLAY, *Coix lachryma-jobi*

Originario de las áreas húmedas del sureste de Asia, se cultiva esporádicamente por las semillas ornamentales o como forrajeras. Un grupo de cultivares, llamado *mayuen*, produce semillas comestibles, que por su adaptabilidad a los trópicos húmedos podría desarrollarse como un cultivo importante para la alimentación humana y animal.

Coix lachryma-jobi (Fig. 37.4E) monoica, anual, de crecimiento rápido, alcanza hasta dos metros de alto, forma macollas compactas con follaje abundante. La inflorescencia axilar es una panoja, con ramas cortas y duras, en cuya base hay un involucre, obovoide, de seis a diez milímetros de largo, duro y grisáceo en las llamadas "lágrimas de San Pedro", blanco, negro o rojizo y suave en el adlay. El involucre se abre por un poro apical, por el cual pasa el eje de la inflorescencia, que termina en varias espiguillas estaminadas. Dentro del involucre hay una espiguilla pistilada, cuyos estigmas salen por el poro apical, y dos bastoncillos que representan dos espiguillas estériles, que emergen también por el ápice.

En la maduración el involucre es membranoso en el adlay y contiene una semilla de seis a diez milímetros de largo, formada en su mayor parte de endosperma de alto contenido en proteína.

CAÑA DE AZÚCAR, *Saccharum* spp.

Taxonomía. Las cañas de azúcar pertenecen a tres especies poliploides, de número básico

$x=10$: *Saccharum officinarum*, $2n=80$, las llamadas "cañas nobles", con cerca de un centenar de clones, derivada posiblemente de *S. robustum*; *Saccharum barberi*, $2n=81-124$, las cañas del norte de la India; *S. sinense*, $2n=115-120$, del sur de China. Las dos últimas especies parecen ser híbridos naturales entre *S. officinarum* y *S. spontaneum*. La evolución de las especies cultivadas de *Saccharum* es muy compleja, e incluye la posible participación de otros géneros: *Erianthus*, *Narenga*, *Misanthus* y *Sclerostachya*.

Se conoce además tres especies silvestres de *Saccharum*: *S. spontaneum*, $2n=40-128$, que crece desde el norte de África y sur de Rusia hasta Oceanía y Japón, con su centro de mayor densidad en India. Es un grupo de clones que ofrece las mayores variantes en forma y tamaño; el porte de la planta, por ejemplo, puede variar de 0.5 a seis metros. Los tallos son delgados y muy nudosos, por lo común con los nudos más anchos que los entrenudos. Las hojas tienen vainas envolventes que permanecen adheridas a los tallos, al contrario de las cañas nobles, en que se separan y caen. *S. robustum*, que crece desde Borneo a Nuevas Hébridas, con su mayor diversidad en Nueva Guinea, $2n=60-80$, con un número reducido de clones; plantas hasta de 10 m de alto, con tallos más anchos cerca de los nudos, a menudo huecos en el centro y con jugo escaso. Ha sido utilizada en cruces para formar híbridos comerciales con las cañas cultivadas. *S. edule*, de Nueva Guinea y Melanesia, un grupo aberrante de clones caracterizados por inflorescencias gruesas y carnosas, que los nativos comen como hortalizas, $2n=60,70,80$.

Nomenclatura. La mayoría de los cultivares actuales de caña son resultado de cruces y retrocruces entre *S. officinarum*, *S. spontaneum* y *S. robustum*. La aplicación de un nombre específico, o la designación del parentesco híbrido, resulta impropia en el primer caso e incómoda y a menudo dudosa en el segundo. Esto puede evitarse utilizando únicamente el nombre del clon, ya que en la mayoría de los casos se ha publicado su progenie.

Origen y dispersión. La explicación más aceptable del origen de *S. officinarum* es que resultó de la domesticación de tipos silvestres de *S. robustum*, seleccionados para masticar por su mayor contenido de azúcar y menor cantidad de fibra. Sin embargo, existe la posibilidad de que en el origen de *S. officinarum* hubiera cruces con especies de *Erianthus*, un género muy afín; también se ha sugerido que *S. robustum* es un posible híbrido entre *S. spontaneum* y *Miscanthus floridulus*, una especie silvestre de afinidad genética con *Saccharum*.

La domesticación se hizo posible en Nueva Guinea; de allí las cañas nobles se extendieron hacia el este, hasta alcanzar los límites de Polinesia y por el oeste hasta India.

En India y el sur de China se cruzaron con variedades silvestres de *S. spontaneum*, y se formaron así las llamadas "cañas indias", de tallos delgados con bajo contenido de azúcar. Con ellas se desarrolló el cultivo primitivo de la caña y se inventó, hacia 300 a.C., en la India y posiblemente otros lugares, la elaboración del azúcar. El cultivo se extendió a Irán y Egipto, 600 d.C. y al Mediterráneo occidental alrededor de 800 d.C. Pocas décadas antes del Descubrimiento se introdujo a las Canarias, de donde se trajo a América en 1492.

Las cañas nobles, *S. officinarum* fueron encontradas por marinos franceses en Tahití hacia la mitad del siglo XVIII, llevadas a la isla Bourbon, se expandieron después por los trópicos, donde desplazaron a las cañas indias. Variedades como 'Bourbon', 'Badila', 'Cheribon', tuvieron una expansión mundial, hasta que fueron reemplazadas por nuevos clones híbridos, a cuya formación contribuyeron.

Porte. En la forma corriente de propagación vegetativa la planta se forma de los brotes de yemas de uno o varios entrenudos. De cada yema sale un brote primario o tallo central, del cual brotan tallos secundarios y de éstos, terciarios, formando una macolla. La altura de la planta y el número y posición de los tallos varía según el clon.

Raíces. La porción del tallo que se siembra tiene alrededor de la yema una banda de primordios de raíces. Estas se desarrollan rápidamente, formando un sistema de raíces finas, muy ramificadas, que sostienen y alimentan a los brotes hasta que éstos desarrollan sus propias raíces. De los entrenudos inferiores del tallo central y de los brotes laterales salen raíces cilíndricas, gruesas y blancas, que reemplazan por completo a las formadas en la copa original.

Las raíces de la caña de azúcar son de corta duración y se renuevan continuamente. El desarrollo del sistema radical varía en los diferentes clones. Las raíces se dividen en dos grupos: superficiales, cuya función principal es la absorción de agua y sustancias nutritivas y son las más abundantes; de anclaje, que crecen en ángulo aproximado de 45° y penetran más profundamente en el suelo.

Las raíces de la caña de azúcar están constituidas por epidermis, que cerca del ápice tiene una área cubierta por pelos absorbentes que se desarrollan como prolongaciones de sus células. Debajo hay una capa de parénquima y luego la exodermis, seguida por un tejido fuerte de esclerénquima que forma un cilindro continuo. La región cortical está constituida de numerosas capas de parénquima, que en las raíces más viejas se desintegra dejando grandes cavidades. La endodermis separa los tejidos vasculares del cilindro central; en éste, el periciclo, xilema y floema se endurecen en las raíces viejas pero se mantienen activos aun cuando la región cortical se haya secado.

Tallo. El interés del hombre al domesticar la caña de azúcar fue obtener tallos grandes, suaves y de alto contenido de azúcar. En la caña de azúcar y otras pocas Gramíneas los tallos son sólidos y actúan como órganos de reserva. Los nudos están más juntos cerca de la base; se separan más hacia el centro y luego en la porción terminal se acortan de nuevo. Desde el punto de vista comercial la parte central de las cañas es la más importante y es deseable que sea recta, de entrenudos largos y uniformes, y que esté libre de hojas.

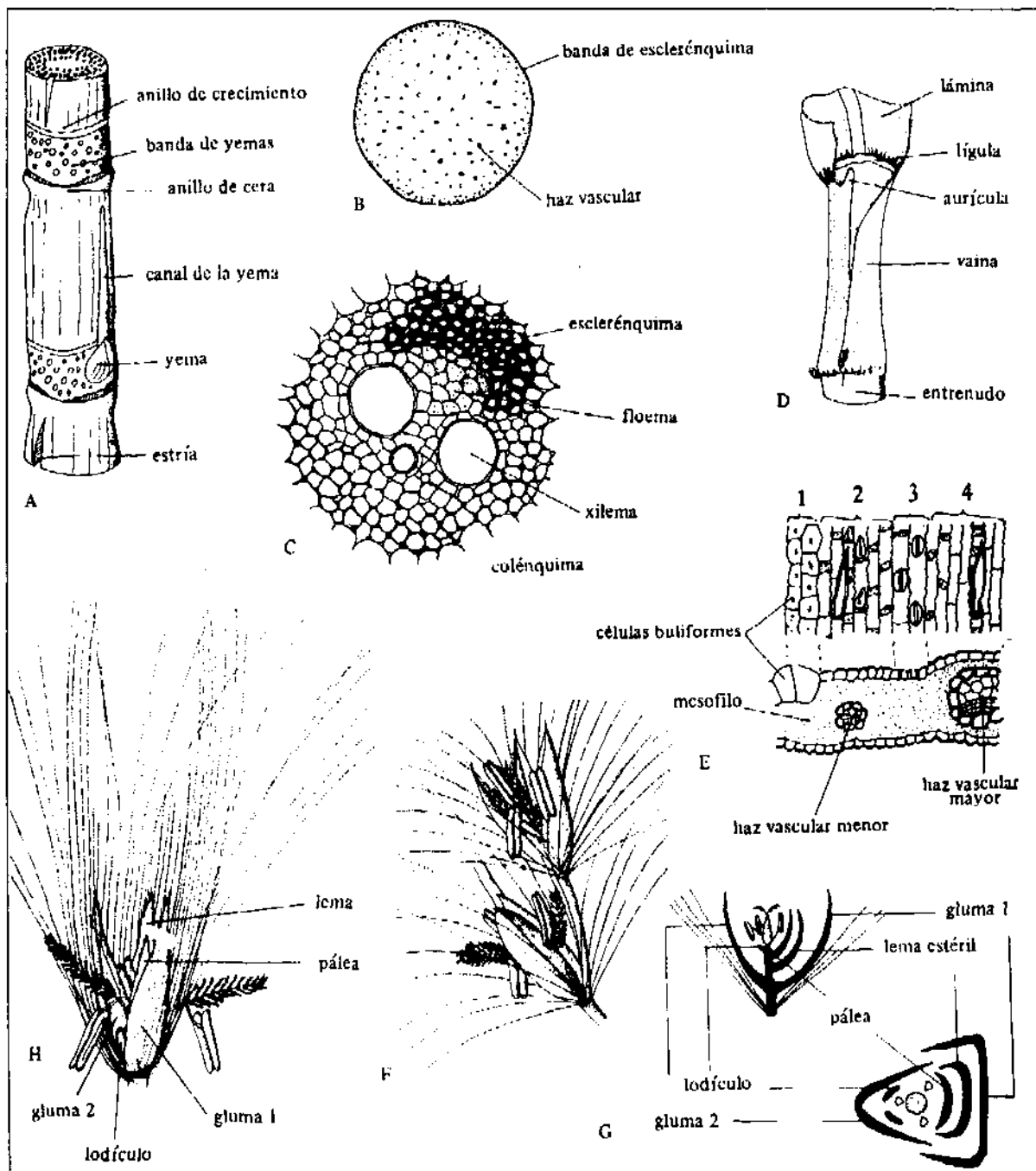


Fig. 37.5. *Saccharum officinarum*, caña de azúcar. A, entrenudo. B, corte transversal del entrenudo. C, haz vascular. D, partes de la hoja. E, hoja, epidermis y corte transversal. F, par de espiguillas. G, diagrama floral. H, espiguilla.

Entrenudo. En la generalidad de los clones los entrenudos son cilíndricos, lisos o con grietas longitudinales y con un surco vertical corto en la parte inferior, en cuya base está la yema (Fig. 37. 5A). En corte transversal muestran, sin embargo, una forma ligeramente elíptica. En ciertos clones el entrenudo puede tener forma de barril, en otros puede ser convexo o hundido, o más ancho o angosto en la base que en la parte superior.

En el entrenudo se distingue, de abajo a arriba, primero un borde horizontal y ancho, en el cual se hallan los primordios de las raíces como botones o protuberancias circulares. De esta banda sale también la yema. Inmediatamente arriba está el anillo de crecimiento, una franja angosta y de color más claro en la que se origina la elongación del entrenudo. Esta parte pierde actividad conforme madura la caña, aunque a veces en condiciones anormales reactiva sus funciones. En la caña vieja su color es igual al resto del entrenudo. Por último, la parte superior del entrenudo, ocupando el mayor volumen, está constituida por los tejidos de almacenamiento, ricos en agua y azúcar.

El color de la superficie del entrenudo está determinada por la presencia de clorofila y antocianina y puede ser afectado por la luz y otros factores ambientales. No es raro, por lo tanto, observar en un campo de cultivo coloraciones diferentes en cañas del mismo clon. Hay también cambios según la edad de la planta. La antocianina ocupa las capas superficiales, mientras que la clorofila alcanza mayor profundidad. La distribución de la antocianina puede ser uniforme, dando colores sólidos o en bandas longitudinales; la primera es original, las segundas se deben a mutaciones. En colores sólidos hay varios tipos: si la antocianina es predominante el entrenudo es rojo; si falta, la clorofila determina un tono verdoso. Cuando hay ambas el color es púrpuro; si las dos faltan el entrenudo es amarillo. Los colores en bandas pueden presentarse en varias combinaciones; si no hay antocianina y la clorofila está en bandas, el listado será amarillo y

verde; si hay bandas alternas de clorofila y antocianina, será verde y rojo; si la clorofila está distribuida uniformemente y la antocianina en bandas, será verde y púrpura.

El color de los entrenudos es afectado, especialmente en las cañas jóvenes, por una capa de cera que los recubre, a excepción de una banda situada cerca del extremo inferior. En los trópicos húmedos es frecuente un ennegrecimiento de los entrenudos, producido por un hongo (*Meliola*), que vive en la capa de cera.

Estructura interna del entrenudo. En la estructura interna del tallo (Fig. 37.5B) pueden separarse dos regiones, una periférica y otra central. La primera está formada en primer lugar por la epidermis, de células de paredes gruesas que en su lado externo llevan una cobertura de hilos finos de cera. Estos hilos en la caña joven dan un aspecto blancuzco al entrenudo y en la madurez a menudo se tornan negros por la presencia de hongos.

La estructura de la epidermis, formada por células de diferente tamaño, forma y grosor, cambia mucho en los diferentes clones. La hipodermis que le sigue se compone de una a dos capas de células de paredes muy gruesas. Debajo de ella hay haces vasculares delgados y con fibras, que junto con la epidermis e hipodermis dan la constitución dura característica de la corteza del tallo. Los tallos con tejidos superficiales duros son menos atacados por insectos y enfermedades fungosas que los tejidos suaves. Las cañas nobles son, en general, de corteza más débil que las indias.

El centro del tallo se forma de un tejido fundamental, el parénquima, que contiene azúcar y cuyas células son más grandes hacia el centro y disminuyen en tamaño hacia la periferia. Los haces vasculares (Fig. 37.5C) están distribuidos por todo ese tejido; los de mayor tamaño se hallan en la porción central. Están constituidos por una banda de esclerénquima hacia el lado externo, inmediata a la cual está el floema, con tubos grandes por donde circula la savia. El xilema se forma de uno o dos vasos muy anchos y de otros

más pequeños y está limitado por una banda interna de esclerénquima. Este tejido rodea por completo el floema y xilema y constituye las fibras o hilos característicos de la caña. En los haces externos las secciones correspondientes al esclerénquima son más delegadas, y en cambio todo haz está cubierto por un cilindro de colénquima. Esta estructura no sólo les da resistencia sino también elasticidad.

Hojas. Las hojas de la caña no difieren esencialmente de las otras Gramíneas (Fig. 37.5D). Se componen de vaina, cuello y lámina. Las hojas inferiores se reducen a vainas triangulares y semienvolventes. En las hojas bien desarrolladas la vaina es cilíndrica y abierta hasta la base; no existe en la vaina ningún nervio principal.

El cuello de la hoja forma la unión entre la lámina y la vaina. Esta termina hacia los lados en prolongaciones cortas, triangulares y de ápice redondeado, las aurículas. En la línea interna de unión está la lígula, una estructura membranosa y transparente que se divide en fragmentos irregulares.

En la lámina la relación de largo a ancho es constante y diferente según el clon. Como en las otras Gramíneas, la lámina es delgada y lleva al medio un nervio central fuerte. En la base, inmediata al cuello, hay dos áreas triangulares a ambos lados del nervio central, con la parte más ancha hacia el borde de la lámina. Estas áreas son transparentes y más delgadas que el resto y su forma es una característica clonal.

La epidermis superior se compone de una sola capa de células (Fig. 37.5E). Por su estructura y función estas células se diferencian en cuatro tipos de bandas longitudinales. La primera incluye las células buliformes, grandes y de paredes delgadas, que al llenarse de agua extienden la lámina y al vaciarse la encogen. La segunda es la banda marginal, formada de células pequeñas y muy largas, a menudo con espinas cortas y fuertes. La tercera es la banda de estomas, en la cual una o dos filas de células largas alternan con los estomas. La cuarta es la banda central, en que hay una fila mediana de células, muy cortas y a

veces con espinas largas, y a ambos lados tres o cuatro filas de células muy largas alternando con otras muy cortas.

El centro de la hoja o mesofilo se compone de haces vasculares separados por masas de parénquima, rico en cloroplastos, en el cual hay a veces espacios vacíos o lagunas.

La venación de la lámina, en corte transversal, consiste de un nervio central bien desarrollado y de nervios laterales paralelos, medianos y pequeños. Cada nervio grande ocupa todo el grosor de la lámina y tiene a cada lado un nervio pequeño, situado hacia la epidermis inferior; los nervios medianos, de posición central, alternan con los pequeños.

El color de las hojas varía según el clon. En la mayoría es verde de diferentes matices. Hay clones de hojas purpúreas o con bandas de diferentes colores.

Inflorescencia. La inflorescencia de la caña es una panícula con su eje central cilíndrico y liso en la parte inferior, aristado y sinuoso en la sección en que se insertan las ramillas floríferas. Del eje central parten ramillas primarias en grupos, a un mismo nivel. Estos grupos forman semicírculos en la parte inferior de la inflorescencia; son compactos y forman círculos en la parte superior. Las ramillas primarias, especialmente las inferiores, se ramifican en secundarias y terciarias. Las espiguillas (Fig. 37.5F) se insertan en pares en estos ejes, a veces desde la base; una espiguilla es sésil, la otra lleva un pedicelo corto. Lo más llamativo en las inflorescencias de la caña son los pelos largos y sedosos que salen de la base de las espiguillas.

Cada espiguilla se compone de dos brácteas basales, las glumas, una interna y otra externa (Fig. 37.5G, H). Dentro de la primera hay una lema estéril, que envuelve a su vez una pálea fértil. En las cañas híbridas hay una lema fértil que no se encuentra en las cañas nobles. En la parte interna, opuestos a la pálea fértil hay dos lodículos que al inflarse abren la flor.

Los tres estambres tienen filamentos finos y anteras grandes y versátiles. Es frecuente que no

se formen granos normales de polen. El gineceo consiste de un ovario elipsoidal, con un sólo óvulo; los dos estigmas son largos y plumosos.

Biología floral. Los factores principales que determinan la floración son la longitud del día, altura sobre el nivel del mar, temperatura y humedad. El período de floración es diferente según el clon, habiendo tipos tardíos o tempraneros; es también característica clonal la hora del día en que se abren las flores y el tiempo que permanecen abiertas.

En la mayoría de los clones los estigmas salen por la noche entre las glumas, las que se separan forzadas por el hinchamiento de los lodículos. Hasta unas tres horas después se abren las anteras; la flor permanece abierta por unas horas y luego se cierra definitivamente. Las características mencionadas hacen muy difícil la hibridación artificial, por lo que ha sido necesario desarrollar técnicas especiales que permiten obviar las diferencias clonales de floración.

Semilla. Por mucho tiempo se creyó que la caña no producía semillas. En efecto, en muchos clones la carencia de polen fértil o el desarrollo defectuoso del gineceo impiden la formación normal de frutos.

La cariopsis de la caña es diminuta, de dos a tres milímetros de largo, elipsoidal y amarillenta. La testa cubre la semilla formada en su mayor parte de endosperma. El embrión es muy pequeño y ocupa una posición lateral hacia la base.

Variación y mejoramiento. La caña de azúcar es posiblemente la planta que ha sido sometida al mejoramiento más intenso, sólo comparable al mejoramiento del maíz. Los clones de *S. officinarum* seleccionados por el hombre neolítico por su suavidad y riqueza en azúcar, fueron la base de la primera explotación industrial. Esos clones, sin embargo, son altamente susceptibles a las enfermedades virosas, los llamados mosaicos, que se extendieron por todas las áreas azucareras y amenazaron seriamente la producción comercial hace algunas décadas. Los híbridos obtenidos con *S. spontaneum*, en que se había incorporado la resistencia de esa última especie,

reemplazaron a las cañas nobles, cuyo cultivo es actualmente muy reducido.

Una fuente de variación en caña son las mutaciones vegetativas. Estas se manifiestan en cambio de caracteres, como el color de los entrenudos. De una caña rojo púrpura uniforme, por ejemplo, puede salir una yema que da cañas listadas. Se ha observado también, aunque rara vez, la mutación en sentido contrario.

La hibridación es la forma más importante de producir nuevos cultivares. Muchos de los clones conocidos, como 'Criolla', son altamente estériles debido a que no producen polen fértil. Desde hace siglos, sin embargo, se observó que en ciertas localidades las cañas formaban semillas perfectas que germinaban normalmente. El descubrimiento en Java, a fines del siglo anterior, de la caña 'Glagah', de gran resistencia a virus y que se sospechaba era de origen híbrido, así como el desarrollo de técnicas de polinización, fueron los pasos primeros para los grandes programas de mejoramiento.

Como en ningún otro cultivo, el estudio citológico en la caña ha sido esencial para dar base a las fases avanzadas del mejoramiento. La caña pertenece a la tribu de las Andropogóneas, cuyo número básico de cromosomas es 10 (5+5). En la caña noble, *S. officinarum*, el número cromosomal es $2n=80$, o sea que es un octoploide, como la mayoría de los tipos de *S. robustum*. Pero al hibridizar la caña noble con otras especies, como *S. spontaneum*, puede ocurrir que la primera contribuya, como es normal, con la mitad, o sea con 40 cromosomas o a veces con 80, que es la totalidad de ellos. También se sabe que en algunos casos en que *S. officinarum* actúa como pariente femenino se elimina cierto número de cromosomas y el número que aporta no es ni 40 ni 80. Estos distintos comportamientos llevan a la formación de variedades muy diferentes, aún cuando se utilice los mismos tipos parentales. En esos cruces la especie *S. spontaneum* ha jugado un papel predominante, tanto en los trabajos iniciales en Java como en los que se realizan en Coimbatore,

India, y más recientes en Hawái, Barbados, Puerto Rico y otras localidades.

La formación de la 'POJ-2878' ilustra uno de los más interesantes casos en el mejoramiento de plantas. Ese clon se expandió hace 50 años hasta cubrir la mayor parte del área azucarera del mundo. En la actualidad se le reemplaza por tipos superiores, aunque todavía se le cultiva ampliamente. Lo que es más importante, constituye el material básico para la formación de nuevos híbridos, como ciertos cultivares recientemente obtenidos en Hawai y Puerto Rico.

El origen de 'POJ-2878' puede trazarse en sus antecesores más antiguos hasta una caña noble de Borneo, 'Bandjermasin Hitam', de la cual se propagó semilla de polinización abierta y se seleccionó una plántula que se denominó 'POJ 100'. Esta fue cruzada con 'Kasoer', un híbrido entre una caña noble y *S. spontaneum*, que mostraba alta resistencia a enfermedades, a fin de combinar este carácter con la productividad y buen contenido de sucrosa de 'POJ-100', que era ya un clon comercial. El resultado fue 'POJ-2364', que si bien era resistente no podía considerarse como buena variedad por su bajo contenido de azúcar. Para corregir esa deficiencia fue cruzada con una caña noble, 'EK-28', que se supone descendía del cruce entre 'POJ-100' x 'EK-2'. Estos cruces entre 'POJ-2364' y 'EK-28' fueron repetidos numerosas veces. En un trabajo de polinización en que se obtuvo más de 2000 plántulas se seleccionó una, que recibió el nombre de 'POJ-2878'; este nuevo clon combinaba resistencia con rendimiento y se propagó con gran rapidez.

El mejoramiento actual de la caña progresa en tal forma que el número de clones pasa de centenares, muchos de ellos formados para responder a exigencias específicas de cierta localidad. Los últimos resultados y evaluaciones se hallan en los informes de las estaciones experimentales dedicadas al mejoramiento de la caña, entre las que se mencionan Argentina (Tucumán), Barbados, Cuba, Filipinas, Florida (Canal

Point), Hawái, India (Coimbatore), Mauricio, México, Puerto Rico, Australia (Queensland) y otras.

Pastos tropicales

Los pastos tropicales más importantes son originarios de África, de la región comprendida entre el ecuador y el trópico de Capricornio. De esa área han salido las especies más difundidas en los trópicos de América, Asia y Australia, y en ella se presenta una variación natural tan extensa que aún ofrece mucha promesa como fuente de tipos superiores.

De África tropical son originarios el guinea, *Panicum maximum*; pará, *Urochloa mutica*; elefante, *Pennisetum purpureum*; jaragua, *Hypharrena rufa*; calingueiro, *Melinis minutiflora*; kikuyo, *Pennisetum clandestinum*; pangola, *Digitaria eriantha*; signal, *Urochloa brizantha*; rhodes, *Chloris gayana*; bufel, *Cenchrus ciliaris*; bermuda, *Cynodon dactylon*; estrella, *C. aethiopicus* y *C. nlemfuensis*; sorgos, *Sorghum* spp.; *Setaria anceps*; gamba, *Andropogon gayanus*; *Eragrostis purpurea*; makarikari, *Panicum coloratum* y otros.

De América en cambio, se conoce un número reducido de especies originarias, todas de menor importancia: bahía, *Paspalum notatum*; dalis, *Paspalum dilatatum*; imperial, *Axonopus scoparius*; carpeta, *Axonopus compressus*; san agustín, *Stenotaphrum secundatum*; caribe, *Eriochloa punctata*; prodigioso, *Tripsacum fasciculatum*; guatemala, *Tripsacum andersonii*; teocinte, *Zea mexicana* y otros. Ninguna de estas especies tiene la difusión e importancia del guinea, elefante o pangola.

Los trópicos asiáticos son aún más pobres; dependen de pastos africanos y americanos y de muy pocas especies nativas.

La superioridad de los pastos africanos en rendimiento, resistencia al pastoreo y otras características favorables, se explica por la selección larga e intensa a que han estado sometidos en su hábitat natural. Aunque las Gramíneas se originaron en el borde de los bosques, su expan-

sión hacia las áreas abiertas o estepas debió acentuar la acción de las fuerzas selectivas derivadas de factores de clima y suelo. Pero en Africa el consumo por herbívoros silvestres fue el factor de selección más importante al eliminar las poblaciones menos resistentes —quizás las de mayor palatabilidad— para dejar aquellas que podían resistir el pisoteo, consumo intensivo y, cuando se inició el pastoreo, a las prácticas primitivas asociadas a él, como las quemadas a que se someten las sabanas.

La mayoría de las especies de pastos africanos ocupa una área muy amplia, tanto en latitud y altitud como en su distribución transversal, de Africa Oriental a Occidental. El resultado ha sido que se diferenciaron numerosos ecotipos en cada especie; la propagación apomítica de muchos de ellos permitió que una población, una vez establecida por selección, se pudiera propagar por semilla. De esa gama de ecotipos sólo un número reducido ha sido sometido a domesticación.

La introducción de los primeros pastos africanos a América se hizo en forma casual; en los barcos que traían esclavos de la costa de Guinea a Brasil las camas eran hechas con tallos de pastos que una vez en su destino se descargaban en las playas. De esta manera llegaron el guinea, elefante y otros.

La introducción intencional de otras especies es más reciente y se hizo siguiendo una misma dirección: de la costa de Guinea a Brasil, de allí a Colombia, después a Centroamérica, México y el Caribe. Así sucedió en el siglo pasado con el parí, *Urochloa mutica*; calingueiro, *Melinis minutiflora*; jaragua, *Hyparrhenia rufa*. La expansión de estas especies hacia el norte fue muy lenta; les tomó casi un siglo entre la costa de Brasil y el norte de México, pero tanto en ese país como en América Central su cultivo o manejo hizo posible el desarrollo de la industria ganadera. Las introducciones más recientes: *Digitaria* spp., *Urochloa* spp. y otras, han seguido otras rutas, a través de Florida o traídas directamente de Africa a diferentes países.

Porte y estructura. Por su aspecto morfológico las Gramíneas pratenses se dividen en dos

grupos: las que forman macolla y las especies estoloníferas o de rizomas, de crecimiento extensivo. Hay además tipos intermedios. Por su duración, se clasifican en perennes o anuales.

Las Gramíneas de macolla pueden crecer de semilla o por propagación vegetativa. En ambos casos de un tallo central brotan yemas basales que desarrollan vástagos de crecimiento vertical y forman una planta compacta. De la base de los tallos secundarios pueden brotar más vástagos, también verticales o en ángulo agudo con el tallo central.

El amacollamiento de las Gramíneas, o sea el desarrollo de los tallos basales, es un carácter de gran valor agronómico. Del número de esos brotes depende principalmente la cantidad de forraje y como los tallos son el principal órgano de almacenamiento en las Gramíneas pratenses, de su número y tamaño depende el vigor de la planta. Su desarrollo es activado por el corte de la parte superior de los tallos y al producir más vástagos basales la planta se expande radialmente en todas direcciones. Así, en *Urochloa* un solo tallo puede llegar a crecer hasta cubrir un cuarto de metro cuadrado.

Las Gramíneas estoloníferas o de rizoma tienen tallos de crecimiento horizontal, de cuyos nudos brotan los vástagos verticales con hojas y flores. La diferencia entre estolones y rizomas en Gramíneas no es siempre definida. Los estolones de bermuda, *Cynodon dactylon*, son tallos rastreños, delgados, cilíndricos, verdes, de cuyos nudos brotan raíces y tallos con hojas. Los rizomas subterráneos y más gruesos, en cambio, son blancos y están protegidos por escamas. En algunas especies los rizomas son también órganos de reserva.

El cálamo o tallo de las Gramíneas pratenses es en general cilíndrico, delgado y dividido por nudos. En algunas especies es aplanado. Los entrenudos son más cortos en la base del tallo, se van haciendo más largos en la parte central y por lo común el de mayor longitud es el terminal, que lleva la inflorescencia. La parte superior o apical del tallo permanece activa, produciendo nuevos entrenudos y hojas, hasta el último, en

que se desarrolla la inflorescencia. Cada nudo da lugar a una hoja, que se coloca en el mismo plano pero en orden alterno con las que le siguen; por este arreglo se dice que las Gramíneas tienen hojas dísticas. En los entrenudos basales hay una banda angosta de la que brotan las raíces; arriba de ella está la zona de elongación o crecimiento longitudinal del entrenudo. La yema, inmediata al nudo, puede desarrollarse en un tallo o rama lateral.

La estructura interna de los tallos en las Gramíneas cambia según la especie. Por lo general consiste en una epidermis de paredes gruesas, debajo de la cual hay una hipodermis formada especialmente de esclerénquima, tejido que le da dureza y sostén al tallo. La zona cortical lleva hacia la parte externa una banda de células ricas en clorofila y hacia el interior otra de parénquima incoloro, que sirve para el almacenamiento de sustancias nutritivas. La zona cortical está interrumpida por los haces vasculares; en la mayoría de las especies la médula está rellena de parénquima suave, en los tallos viejos desaparece dejándola vacía.

El crecimiento de los tallos es del tipo llamado *intercalar*. En la parte inferior de los entrenudos hay una zona activa que produce constantemente células nuevas. Está constituida por tejidos suaves, con frecuencia azucarados, como se prueba al masticarla, que al formar nuevas células y al expandirse éstas va alargando la longitud de los entrenudos y consecuentemente de los tallos. Los tejidos intercalares necesitan protección, a fin de mantenerse suaves y húmedos, protección que es dada por la base envolvente de las hojas, las vainas, las que se adhieren fuertemente a los entrenudos en su sección inferior.

El crecimiento *intercalar* permite a las Gramíneas regenerar sus tejidos cada vez que son cortadas. Los animales o máquinas arrancan los entrenudos y hojas superiores eliminando así la posibilidad de que el tallo siga creciendo por el ápice, donde se forman los nuevos entrenudos y hojas. Sin embargo, los entrenudos inferiores se alargan y desarrollan el follaje, y eventualmente

estos tallos son destruidos y reemplazados por sus brotes laterales.

Sistema radical. El sistema radical se forma de raíces adventicias que brotan de la base de los entrenudos y que dan origen a raicillas secundarias y terciarias. La mayoría de estas son delgadas, largas y fuertes (raíces fibrosas). En algunas especies hay además raíces blancas, suaves y gruesas, de corta duración. La parte activa de la raíz en la absorción de sustancias nutritivas y de agua es la región en que están los pelos absorbentes, cercana al ápice.

La estructura interna varía mucho. La capa externa, pilífera, desaparece y es reemplazada por tejidos más profundos. La región cortical se compone especialmente de parénquima. La endodermis y el periciclo son muy diferentes según la especie, así como el número y estructura de los haces vasculares. Algunas Gramíneas tienen raíces con fibras tan fuertes que pueden usarse para fabricar escobas y cepillos.

Hojas. La hoja está constituida de tres partes: vaina, cuello y lámina. La vaina, que sale del nudo del tallo, es una estructura cilíndrica o aplanada, abierta longitudinalmente, que cubre parcial o totalmente el entrenudo. Por su forma tubular o aplanada y por tener haces vasculares uniformes y numerosos da una protección efectiva a la región basal del entrenudo.

En algunas especies *pratenses*, las vainas en la parte interior de un tallo de entrenudos cortos tienen que crecer una encima de la otra y constituyen una base sólida. Las vainas también forman clorofila y mantienen reservas para la planta. El cuello, o sea la región en que termina la vaina y se inicia la lámina, es una banda horizontal angosta, formada por tejidos duros: haces vasculares y fibras de color claro; casi nunca hay células con clorofila. Esta parte tiene que resistir el peso y tensión a que está sometida la hoja. En el cuello se encuentra en la sección inferior, a manera de prolongación de la vaina, una estructura delgada y transparente, generalmente corta, la lí-

gula; en los bordes de la vaina hay prolongaciones laterales, las aurículas.

La tercera parte de la hoja, la lámina, es una estructura plana en la mayoría de las Gramíneas, delgada, con un nervio central y varios nervios menores paralelos. Los tejidos externos (epidermis) son diferentes en el lado superior e inferior. En el primero se presentan filas longitudinales de células de diferente tamaño, estructura y función. Las más interesantes son las llamadas buliformes, células grandes, de paredes delgadas, que sobresalen del nivel general de la hoja. Se creía que su función era absorber y descargar agua, produciendo en el primer caso la expansión de la lámina, y en el segundo su arrollamiento para prevenir así la pérdida de humedad. Esa función no es exclusiva de estas células sino también de las fibras y otros tejidos de las hojas. Los estomas, en ambas caras, están colocados en filas sencillas o dobles y tienen una forma y estructura típicas de los géneros o especies. Hay otras clases de células superficiales, ocupadas por masas de sílice o con espinas y pelos, que son también características de la especie. La región central de la hoja, el mesofilo, es angosta y está ocupada por células ricas en clorofila. La epidermis inferior es por lo común de estructura más simple que la superior.

Inflorescencia. La inflorescencia de las Gramíneas brota generalmente al extremo de los tallos; el raquis es ramificado o de un solo eje y las espiguillas sésiles o pediceladas. Las inflorescencias presentan, por lo tanto, una serie compleja de panículas, racimos y espigas. La tendencia es a inflorescencias más simples por reducción, de modo que las panículas se consideran las más primitivas y las espigas las más avanzadas.

Hay varias clases de panículas en los pastos, difíciles de diferenciar. Del raquis pueden brotar ramillas de primer, segundo y tercer orden; si las primeras salen aparentemente del mismo punto, como en *Panicum maximum*, la panícula se llama verticilada. En ciertas especies los ejes primarios brotan a lo largo del raquis, como en *Setaria*, y la panícula se denomina racemosa. Es difícil dife-

renciar este tipo de ciertas inflorescencias en racimo. En *Cenchrus* las espiguillas se concentran en determinadas secciones del raquis, formando panículas glomeruladas. En *Pennisetum*, en cambio, las espiguillas se insertan uniformemente a lo largo del raquis, formando una panícula espiciforme.

En la segunda clase de inflorescencia, el racimo, del raquis brotan uno o más ejes floríferos con espiguillas pediceladas. Los racimos salen del mismo punto del raquis, como en *Digitaria*, o están distribuidos a lo largo del raquis, como en *Paspalum*. En las inflorescencias racemosas el eje floral está bien desarrollado y las espiguillas aparecen con frecuencia adheridas a un solo lado. En *Stenotaphrum* el eje, muy engrosado, presenta cavidades ocupadas por las espiguillas.

Las inflorescencias en espigas se presentan en pocas especies tropicales. En ellas las espiguillas salen directamente en los ejes florales, que pueden ser simples o digitados, como en *Cynodon*. La unidad en la inflorescencia de las Gramíneas pratenses es la espiguilla. En el eje de ésta se encuentran en la parte basal dos hipsofilos u hojas transformadas llamadas glumas. Más arriba hay una o más flores; cada una de éstas sale entre dos brácteas, la lema y la pálea; la flor propiamente dicha se compone de dos partes periánticas, los lodículos, tres estambres y un ovario con uno a tres carpelos terminado en una a tres ramas estigmáticas. Hay dentro de este tipo básico de inflorescencia muchos otros según el número de flores y el arreglo distinto de sus partes. Además, otros órganos como las aristas de las lemas y pelos basales hacen muy compleja la inflorescencia en ciertas especies.

Fruto. El fruto es una cariopsis cuya cobertura formada por el pericarpo y la testa rodea una sola semilla, la cual está constituida en su mayor parte de endosperma, con el embrión pequeño situado hacia la base. El endosperma es el tejido nutricio de que se alimentará la plántula en los primeros estados de su desarrollo y está formado de células parenquimáticas cargadas de almidón. A menudo hay una capa externa de aleurona, ri-

ca en proteína. El embrión está unido al endosperma por el escutelo, cuya función es disolver las sustancias nutritivas del endosperma y pasarlas al embrión o a la plántula en desarrollo.

La parte central del embrión es el nudo cotiledonar, debajo del cual está la radícula protegida por una cobertura separada, la coleoriza; la radícula formará la raíz primaria de la plántula. Arriba del nudo está el hipocótilo, un cuerpo cilíndrico que termina en la plúmula; ésta se forma de una envoltura externa, el coleóptilo, que encierra los otros primordios foliares y el punto apical de crecimiento del tallo.

Reproducción. En las Gramíneas pratenses se presenta los dos tipos principales de reproducción: sexual, por el desarrollo de un embrión formado por la fertilización del óvulo por el núcleo generativo de un grano de polen, y asexual, llamada apomixis.

En la reproducción sexual se conoce especies de fertilización cruzada en que el polen de una planta fertiliza óvulos de otra, como ocurre en bermuda, *Cynodon dactylon*, *Setaria sphaecelata* y en la mayoría de los pastos de altura de origen euro-asiático. El número de especies autofértiles es más reducido.

En la apomixis la planta forma semillas sin que haya fertilización verdadera, o sea que no es necesario que el gameto que lleva el polen se una al del óvulo para formar una semilla; esta se desarrolla sola de los tejidos maternos, aunque en ciertos casos sea necesario el estímulo dado por el polen.

Este tipo de reproducción es simplemente una multiplicación de la planta madre, como si se reprodujera por estolones o partes de macolla. La apomixis es de importancia agronómica, pues permite propagar por semilla una planta madre de buenas características, obteniendo un linaje uniforme, comparable a un clon. Es frecuente, sin embargo, que plantas de reproducción apomíctica den un número reducido de semillas. También ocurre que una especie de reproducción apomíctica pueda reproducirse algunas veces por la forma sexual. Entre los pastos tropicales

apomícticos están el guinea, *Panicum maximum*; *Urochloa*; calingueiro, *Melinis minutiflora*; algunos tipos de rhodes, *Chloris gayana*; buffel, *Cenchrus ciliaris*; bahía, *Paspalum notatum*, y otros.

En ciertas especies puede haber tanto reproducción sexual como apomíctica. Así, en *Paspalum notatum* la propagación sexual del clon 'Pensacola' se hace por polinización cruzada, mientras que los tipos corrientes de 'Bahía' se reproducen apomícticamente. En rhodes, *Chloris gayana*, ocurre algo semejante. Otro tipo de reproducción apomíctica que se presenta en algunas Gramíneas es la formación de bulbillos en las axilas de la inflorescencia que producen plantitas perfectas hasta con raíz.

Nomenclatura. La nomenclatura en español para las Gramíneas pratenses es muy pobre. No existe un término común para ellas, equivalente al inglés "grass", por ejemplo, que tenga uso general. Sólo la palabra nahuatl "zacate" reúne esa condición, pero es usada únicamente desde México hasta Costa Rica. En Panamá se les llama "paja" y se dice "paja seca" o "paja verde"; en otros países hierba o pasto, que son términos de muy diferente acepción; en Perú se usa *gras*. Los nombres vulgares tienen también mucha variación regional y al discutir las diferentes especies se indicará los más corrientes.

Clasificación. Las Gramíneas forrajeras se agrupan en tribus de diferente origen geográfico. Las Gramíneas pratenses de las zonas templadas, de origen euro-asiático principalmente, incluyendo algunas especies norteamericanas y que se cultivan en las tierras altas de los trópicos, pertenecen en su mayor parte a las tribus Festuceas, Hordeas y Agrostíneas. Los pastos tropicales que se originan principalmente de África Oriental y Central, con unas pocas especies americanas y asiáticas, pertenecen en su mayoría a las tribus Andropogóneas, Paníceas, Cloríneas y Maíneas.

Para distinguir las especies de Gramíneas forrajeras se utiliza varios caracteres: a) tipo de crecimiento: i) en forma de macolla; ii) extensivo

por estolones o rizomas; en una misma especie pueden presentarse las dos formas de porte e intermedias. b) forma de la hoja: i) linear, cuando son angostas y largas; ii) lanceolada; iii) ovalada. c) forma de la lígula, o sea el órgano que separa la vaina de la hoja de la lámina: i) entera, en forma de membrana; ii) dentada; iii) ciliada. d) tipo de inflorescencia: panícula (abierta, verticilada, racemosa, especiforme, glomerulada); racimo; espiga. e) tipo de espiguilla: sésil o pedicelada; asimétrica o regular; presencia o ausencia de glumas y setas, características de las lemas; lodículos; número de ramas estigmáticas.

Especies de mayor importancia

Tribu Clorídeas

RODES, RHODES, *Chloris gayana*

Crece naturalmente en Africa Oriental y Sur, en sabanas y bosques abiertos, hasta los 2000 m de altura (Fig. 37.6A). Soporta temperaturas medias desde 35° hasta heladas y su importancia es mayor en los subtrópicos de la América del Norte, Australia y Asia que en los trópicos de América. Perenne, forma macollas duras que se extienden por estolones. Los tallos aéreos alcanzan hasta dos metros de alto; hojas por lo general glabras, hasta de 0.5 m de largo. La inflorescencia tiene de seis a 20 espigas dispuestas en uno o dos verticilos. Espiguillas lisas, con dos a tres flores, la inferior bisexual y fértil, la superior generalmente estaminada o raras veces bisexual, la tercera rudimentaria. Las aristas de las flores fértiles llegan hasta 10 mm de largo y dan la apariencia pilosa de la inflorescencia.

Es una especie variable, de polinización cruzada, con poblaciones naturales diploides ($2n=20$) y tetraploides ($2n=40$), sin que aparentemente haya relación entre poliploidia y vigor. Se

conoce muchos cultivares seleccionados en Estados Unidos de América, Kenya y Rodesia: 'Kamtaborá', diploide de Zambia, resistente a la sequía; 'Pokot', tropical, seleccionado en Kenya, de hojas anchas y otros.

ESTRELLA AFRICANA, *Cynodon aethiopicus*, *C. nlemfuensis*

Con el nombre de "estrella africana" se cultivan selecciones de estas dos especies, las cuales habían sido asignadas anteriormente a *C. plectostachyus*.

C. aethiopicus y *C. nlemfuensis* son especies muy afines, nativas de Africa Oriental. *C. aethiopicus* se diferencia de *C. nlemfuensis* por su porte más alto, tallos duros e inflorescencias con dos a cinco, rara vez un verticilo y espiguillas purpúreas; en *C. nlemfuensis* hay uno, rara vez dos verticilos y espiguillas verdes, a veces rojizas.

En ambas especies hay poblaciones naturales diploides ($2n=18$) y tetraploides ($2n=36$), indistinguibles morfológicamente. *C. aethiopicus* forma semilla apomítica, mientras que en *C. nlemfuensis* la polinización cruzada es frecuente. Aunque no se ha hecho mucha selección se conocen clones como 'Star Grass 2' de la primera especie y 'Mugugo', de la segunda, de características prometedoras.

Cynodon nlemfuensis (Fig. 37.6C) es una hierba perenne, estolonífera, sin los rizomas subterráneos característicos del pasto bermuda, *C. dactylon*. Los estolones duros crecen a nivel del suelo y emiten tallos aéreos, suaves, robustos y delegados, que alcanzan de 30-60 cm de alto. Hojas planas, de cinco a 16 cm de largo y dos de seis milímetros de ancho, delgadas, verde claro y con pelos escasos. Inflorescencias de uno, rara vez de dos verticilos de espigas delgadas y flexibles; espiguillas de dos a tres milímetros de largo, verdes o manchadas de rojo o púrpura.

Esta especie ha tenido una expansión muy rápida en las últimas décadas en los trópicos y

subtrópicos, por el alto rendimiento y resistencia al pastoreo. Constituye sin embargo, como su congénere *C. dactylon*, una de las malezas más difíciles de combatir.

BERMUDA, GRAMA, CAPIM DE BURRO, *Cynodon dactylon*

Perenne, estolonífero y rizomatoso, con tallos aéreos finos hasta de 50 cm de alto; hojas lisas, planas y dobladas, glabras o poco pubescentes. Inflorescencias con tres a siete espigas formando un verticilo; espiguillas en dos filas, comprimidas, con una flor bisexual (Fig. 37.6B).

El bermuda no es un pasto importante en los trópicos pero en cambio es una de las peores malezas. Los tipos introducidos primeramente producen tanto rizomas como estolones de gran longitud y vigor. En Africa los tipos estoloníferos que no forman rizomas son los cultivados como pastos. *Cynodon dactylon* tiene una amplia distribución geográfica en el Viejo Mundo; es raro en Africa tropical, poco común en el Norte y Sur de ese continente. Se conoce poblaciones diploides y tetraploides ($2x=18$). Entre los últimos se encuentran los tipos de malezas comunes en los trópicos. Por hibridación entre tipos de diferente origen geográfico, hechos en Estados Unidos de América, se ha obtenido cultivares, como el grupo 'Coastal Bermuda', de alto rendimiento, semilla estéril, alta resistencia a enfermedades y fáciles de erradicar pues los rizomas no son extensos ni vigorosos. Estos híbridos tetraploides se propagan vegetativamente.

Tribu Paníceas

NILO, *Acroceras macrum*

Ampliamente distribuido en Africa Central; introducido a América del Sur (Fig. 37.6D). Pe-

renne, con estolones y rizomas, tallos finos y ramificados hasta de 80 cm de alto. Panícula compuesta de una o varias espigas, espiguillas con dos flores: la inferior pistilada o neutra, la superior bisexual y fértil. Crece en suelos húmedos: bordes de ríos o pantanos, en formaciones compactas. Se propaga por tallos o estolones, que a veces se plantan en pastizales naturales o como reemplazo de cultivos.

ZACATE AMARGO, ALFOMBRA, *Axonopus compressus*, *A. affinis*

Estas y otras especies del género *Axonopus* forman un complejo de difícil delimitación específica. Originarias de los trópicos americanos, donde son parte importante de las praderas naturales, han sido introducidas a Africa, sureste de Asia y áreas subtropicales de Estados Unidos de América y Australia (Fig. 37.6E). Hierbas perennes, rizomatosas, de tallos comprimidos y crecimiento bajo y compacto, por lo que se cultivan en jardines y para protección del suelo. Como pastos son de rendimiento bajo y calidad mediocre, aunque el follaje nuevo es alto en proteína.

Axonopus compressus es la especie de mayor distribución; tetraploide, muy variable. Los tallos y vainas de las hojas son comprimidos, casi planos. Las láminas de cinco a 20 cm de largo y seis a 12 mm de ancho, tienen la base doblada; son planas, lisas o con escasa pubescencia. Inflorescencias axilares en los nudos inferiores; el eje delgado y fino, termina en dos a cinco racimos; las espiguillas elípticas, agudas en el ápice, colocadas en dos filas, miden de dos a tres milímetros de largo. *Axonopus affinis* difiere de la anterior por tener hojas de dos a seis milímetros de ancho e inflorescencias más cortas, con espiguillas de ápice redondeado; es octoploide y posiblemente se hibridiza con la especie anterior. Ambas se propagan por semilla sexual.

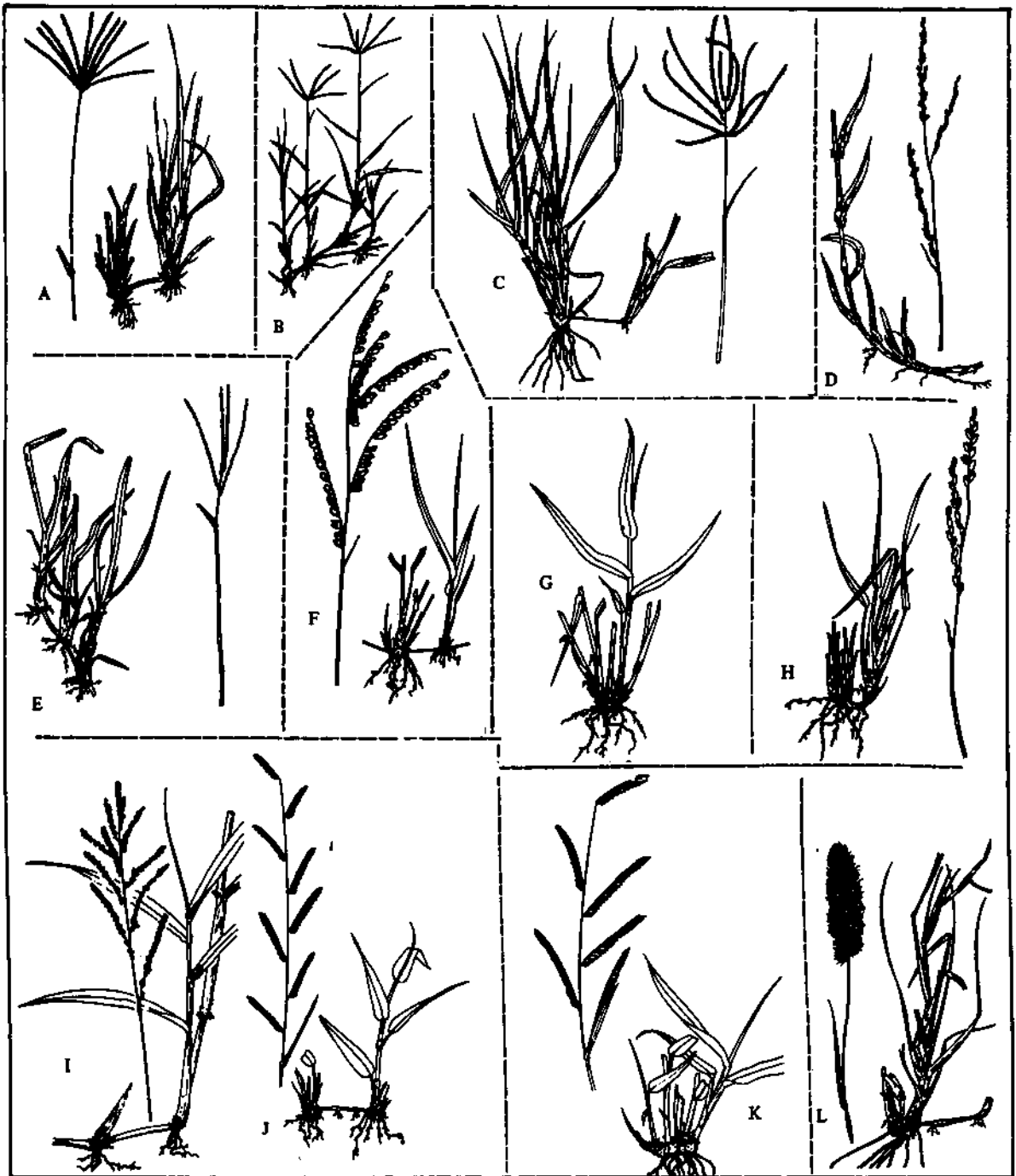


Fig. 37.6. A, *Chloris gayana*. B, *Cynodon dactylon*. C, *Cynodon nlemfuensis*. D, *Acroceras macrum*. E, *Axonopus compressus*. F, *Urochloa brizantha*. G, *Urochloa decumbens*. H, *Urochloa humidicola*. I, *Urochloa mutica*. J, *Urochloa radicans*. K, *Urochloa ruzizensis*. L, *Cenchrus ciliaris*.

IMPERIAL, MICAY, *Axonopus scoparius*

Un clon de esta especie se cultiva intensamente en las regiones templadas (600-1200 m) del norte de América del Sur y América Central, como pasto de corte. Forma macollas densas, hasta de dos metros de alto, de tallos y follaje succulentos, verde claro; las hojas glabras o con pubescencia escasa miden hasta 60 cm de largo y 3.5 cm de ancho. Las inflorescencias, terminales o laterales, llevan de 10 a 50 racimos. La semilla tiene germinación muy baja y el pasto se reproduce por tallos basales. Aunque de alta palatabilidad, su valor nutritivo es más bien bajo.

Una población de mayor dispersión geográfica, el "Micay", ha sido considerada como especie distinta: *A. micay*. La diferencia fundamental es el tipo de crecimiento: en macolla en *A. scoparius*, en tallos rastreros en *A. micay*. Las hojas son de área más reducida en el segundo, de 15-25 cm de largo por uno a dos centímetros de ancho.

BUFEL, *Cenchrus ciliaris*

Su área de distribución natural son las áreas secas desde África Occidental hasta India; es sumamente variable, con linajes que tienen $2n=32, 34, 36, 40, 44, 52, 54$. Se ha extendido recientemente en los trópicos y subtropicos por su alta resistencia a la sequía. Forma una macolla con el rizoma corto y muy duro y raíces numerosas y largas (Fig. 37.6L). Los tallos hasta de 1.2 m de alto son muy ramificados. Las hojas de color verde azulado miden de cinco a 30 cm de largo y 0.5-1 cm de ancho, son lisas y con pubescencia fina y terminan en un ápice muy agudo. La inflorescencia es una espiga de cinco a 15 cm de largo, verde o purpúrea. En este género la inflorescencia es un grupo de espiguillas que tienen en la base un involucro, estructura formada por setas o agujillas unidas en su parte inferior, cuyos extremos son de color rojizo o purpúreo. Las es-

piguillas contienen dos flores diminutas, la inferior estaminada, la superior bisexual.

Cenchrus ciliaris es un magnífico pasto para las zonas secas, de alto valor nutritivo, especialmente en proteínas. Es una especie apomítica, formada por linajes numerosos y de muy diferentes características.

PANGOLA, *Digitaria eriantha* (*D. pentzii*, *D. decumbens*)

Actualmente las especies de *Digitaria* utilizadas como pastos se han reducido a dos: *D. eriantha* (*D. decumbens*, *D. pentzii*) y *D. milanjana*. *D. eriantha*, originaria de Transvaal, en África del Sur, se ha expandido rápidamente desde hace décadas en América tropical, por su producción, adaptabilidad y facilidad de siembra (Fig. 37.7A, B). Estolonífera y perenne, con tallos aéreos muy ramificados hasta de 1.5 m de alto, que emiten raíces en los nudos inferiores. Hojas glabras o pilosas, hasta de 30 cm de largo y 0.5 cm de ancho. Inflorescencias formadas por un grupo terminal de tres a 12 racimos. Espiguillas finas y planas, glabras o con pubescencia muy fina, en pares, una con pedúnculo corto, la otra sécil. El pangola, introducido a los trópicos americanos hace un cuarto de siglo, se expandió rápidamente por su rendimiento y adaptabilidad. Una enfermedad virosa que detiene su crecimiento ha limitado drásticamente su cultivo y está siendo reemplazado por otras Gramíneas.

MILANJE, *Digitaria milanjana*

Originaria de Kenia a África del Sur, introducida a regiones tropicales y subtropicales de América y Asia. Es una planta con estolones muy desarrollados, hasta de 1.20 m de alto, con follaje abundante en la base, color verde claro, con hojas hasta de un centímetro de ancho. La inflorescencia consiste de cuatro a 15 racimos que sa-

len del ápice, de ocho a 20 cm de largo; una característica de esta especie son las espiguillas ásperas, debidas a espinas diminutas en la base de las espiguillas. Como pasto se adapta mejor a suelos secos y es muy resistente a los incendios.

PASTO ALEMÁN, *Echinochloa polystachya*

Originario de América tropical, crece especialmente en lugares húmedos y se le cultiva ampliamente en América del Sur (Fig. 37.7C). Perenne, con hojas de 20-60 cm de largo uno a 2.5 cm de ancho, forma una capa de tallos rastreros en la base, con cañas fuertes que llegan hasta dos metros de alto; los nudos del tallo están cubiertos de pubescencia densa y amarilla. La inflorescencia de 10-30 cm de largo, densa, se forma de numerosos racimos ascendentes y compactos. Las espiguillas lanceoladas en grupos de dos a tres, miden de cinco a siete milímetros de largo y se componen de dos flores, la inferior estaminada o estéril, la superior bisexual y fértil. Se conoce varios cultivares.

PASTO ANTÍLOPE, *Echinochloa pyramidalis*

Originario de Africa Tropical, crece de preferencia en lugares húmedos y se cultiva especialmente en Africa del Sur (Fig. 37.7D). Perenne de tallos erectos y suculentos, hasta de 2.5 m de alto; nudos con ninguna o poca pubescencia. Las hojas alcanzan hasta 60 cm de largo, 2.5 cm de ancho. La inflorescencia de 20-40 cm de largo, con muchos racimos erectos, no es tan compacta como *E. polystachya*. Es una especie muy variable: la mayoría de las poblaciones son tetraploides pero se conoce diploides y triploides. En Africa del Sur se ha seleccionado unos pocos cultivares.

BUGOMA, *Entolasia imbricata*

El género *Entolasia* incluye unas pocas especies de Uganda. Una de ellas, *E. imbricata*, forma macollas densas, hasta de un metro de alto. El follaje verde oscuro y suculento contiene de 15 a 30% de proteína cruda, cantidad extraordinariamente alta para cualquier Gramínea. Esta especie, sin embargo, no se ha "domesticado" propiamente, aunque ha sido introducida a Australia y a América tropical. Se propaga por vástagos basales y por semilla.

CARIBE, *Eriochloa polystachya*

"Janeiro" o "malojilla" crece por lo general asociada con pará, *Panicum purpurascens*, en las tierras bajas y húmedas de los trópicos americanos (Fig. 37.7E); estolonífera, con cañas hasta de dos metros de largo, peludas en los nudos. La inflorescencia terminal es una panícula formada por ramas abiertas, que llevan espiguillas en pares.

HONDURAS, HATICO, *Ixophorus unisetus*

Originario de los trópicos americanos, perenne, forma macollas hasta de dos metros de alto (Fig. 37.7F). Las panículas se componen de numerosos ejes ascendentes a lo largo del eje central. Las espiguillas tienen pelos fuertes y permanentes en la base. El pasto honduras crece mejor en áreas húmedas y fértiles y resiste poco al pastoreo.

CALINGUEIRO, *Melinis minutiflora*

Fue introducido hace varios siglos de Africa a Brasil, en donde se naturalizó tan bien que se ha creído nativo de ese país (Fig. 37.7G). Es una

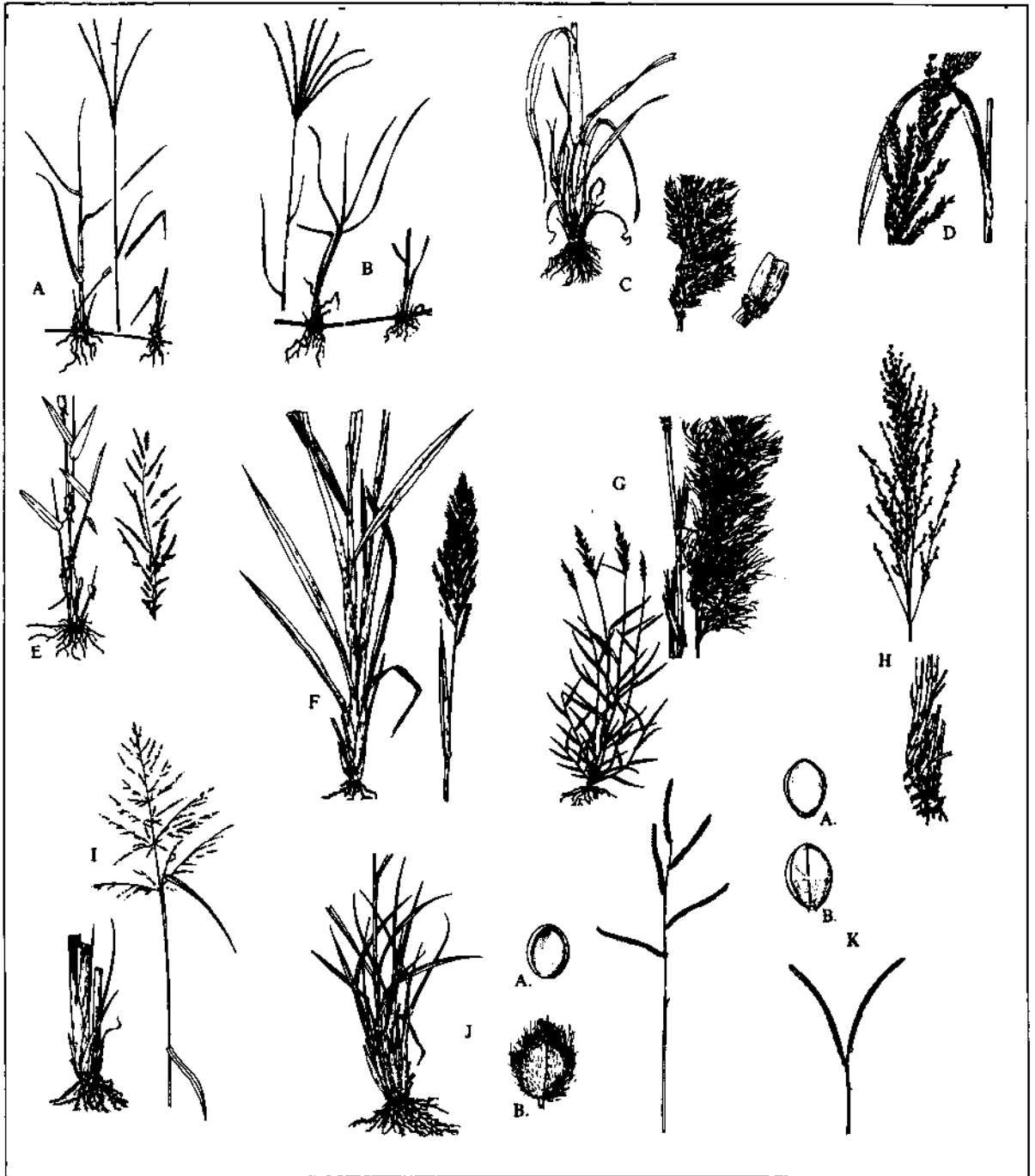


Fig. 37.7. A, B, *Digitaria eriantha*. C, *Echinochloa polystachya*. D, *Echinochloa pyramidalis*. E, *Eriochloa polystachya*. F, *Ixophorus unisetus*. G, *Melinis minutiflora*. H, *Panicum coloratum*. I, *Panicum maximum*. J, *Paspalum dilatatum*. K, *Paspalum notatum*.

hierba baja y poco ramificada; los tallos que emiten raíces en los entrenudos inferiores tienden por lo común a doblarse, pero si crecen en forma densa se levantan verticalmente. Las hojas, que miden hasta 18 cm de largo y 1.5 cm de ancho, tienen áreas rojas o purpúreas y están cubiertas de pubescencia fina. Los pelos del follaje exudan un aceite de olor característico. Las panículas miden de 10-20 cm de largo y son ramificadas y poco compactas. Las espiguillas, muy menudas, de cerca de dos milímetros de largo, son de color púrpura; de ellas sobresale la arista de la lema que llega a medir hasta 15 mm de largo.

Melinis minutiflora es perenne en su hábitat natural en Africa. En los trópicos americanos, en ciertas localidades, se comporta como anual, pero al secarse después de florecer es reemplazado por numerosas plantas nuevas provenientes de semillas. Florece en días cortos.

En Africa se han encontrado tipos muy diferentes, de crecimiento compacto o rastrero, hojas cortas o largas, con o sin aristas en las espiguillas y aun algunos que carecen de las glándulas de aceite. Varios de ellos pueden ser superiores al linaje corriente que se ha extendido por América, Asia y gran parte de Africa, que es altamente uniforme. *Melinis minutiflora* es autofértil, probablemente apomítico.

MAKARIKARI, *Panicum coloratum*

De Africa del Sur y Oriental, perenne, forma macollas con tallos hasta de 1.5 m de alto, de follaje abundante, verde oscuro azulado (Fig. 37.7H). Las hojas de cinco a 40 cm de largo y cinco a 15 mm de ancho, son planas, glabras, suculentas. Las panículas erectas, muy ramificadas, tienen las espiguillas verdes o azuladas, a veces con manchas purpúreas. Se conoce numerosos cultivares que se propagan por semilla o vegetativamente.

GUINEA, *Panicum maximum*

El pasto guinea es uno de los más importantes de los trópicos (Fig. 37.7I). Se utiliza especial-

mente como pasto de corte, aunque cultivares como 'Trichogluma' se plantan para pastoreo. El rendimiento del guinea y su palatabilidad, especialmente ésta última, cuando el pasto es joven, son muy satisfactorios y varían con el cultivar y el manejo. Su adaptabilidad es muy amplia; la mayoría de los cultivares crece bien en áreas húmedas pero algunos de ellos producen bien en zonas secas. Se asocia fácilmente con Leguminosas forrajeras, y en ese caso se ha observado que aumenta de dos a cuatro veces el contenido de proteína cruda. Una de sus variedades, de poca palatabilidad, constituye una de las malezas más abundantes en los trópicos húmedos.

Poblaciones naturales de *P. maximum* se encuentran desde Africa Occidental hasta Africa del Sur, con el centro de diversidad más amplio en Africa Oriental. La mayoría de esas poblaciones son apomíticas y tetraploides ($2n=32$) pero se conoce tipos desde diploides hasta nonaploides ($2n=72$). La apomixis no es total y hay linajes de reproducción sexual. Los diploides ($2n=16$) son de propagación completamente sexual y, por lo tanto, mucho más variables. También se ha notado cierta variabilidad en poblaciones clonales.

Panicum maximum forma macollas compactas que alcanzan hasta 1.5 m de diámetro, formadas por numerosos tallos aéreos que salen de rizomas cortos. Los tallos aéreos, rectos y fuertes, alcanzan en algunos cultivares hasta dos metros de alto y están cubiertos por las vainas de las hojas. El tamaño, forma y textura de la hoja varían con el cultivar; hay tipos con hojas hasta de cuatro centímetros de ancho, otros en que apenas llega a un centímetro.

La pubescencia puede ser escasa o abundante. La panícula mide de 10-40 cm de largo, cónica y muy abierta, formada por ramillas delgadas que salen en grupos, especialmente en la parte inferior alrededor de nudos del raquis. Las espiguillas oblongas, de tres a cuatro milímetros de largo, verdes o purpúreas, constan de una gluma inferior muy corta, mientras que la superior, caracterizada por tener cinco líneas longitudinales, cubre el resto de la espiguilla. Hay dos flores, una inferior estaminada o vacía, cuya lema está

opuesta a la gluma superior; entre la lema y la pálea puede haber tres estambres. La flor superior y fértil, tiene la pálea y la lema con líneas transversales finas. Las semilla elíptica mide unos dos milímetros de largo.

Se ha seleccionado numerosos cultivares de guinea. Se reconoce tipos altos, especialmente para corte, como 'Hamil', 'Coloniao', 'Sempreverde', y tipos bajos para potrero: 'Green panic', 'Makueni', 'Embu'.

BAHÍA, *Paspalum notatum*

Llamado también "jengibrillo" o "cañamazo", originario de América tropical, es un pasto perenne y cespitoso que se extiende por rizomas de los que brotan tallos verticales cortos (Fig. 37.7K). Las vainas largas de las hojas cubren los tallos; las láminas hasta de 15 cm de largo y ocho milímetros de ancho, son lisas o pubescentes. La inflorescencia es un par de racimos de tres a nueve centímetros de largo, con espiguillas compactas y oblongas, de tres a cuatro milímetros de largo, lisas y verdes.

Los tipos más corrientes de bahía son tetraploides y apomícticos. 'Pensacola', un cultivar diploide de fertilización cruzada, se distingue por tener hojas más angostas que los cultivares corrientes.

DALIS, *Paspalum dilatatum*; ROJAS, *P. guenoarum*; VASEY, *P. urvillei*

Especies subtropicales, originarias de la cuenca del río de La Plata, que a veces se cultivan en las tierras altas de los trópicos.

GAMALOTE, *P. fasciculatum*; PASTO AMARGO, *P. conjugatum*

Especies tropicales que forman parte importante de los potreros naturales; se cultivan a ve-

ces pero en la mayoría de los casos son espontáneas; ambas son de rendimiento bajo y son reemplazadas por pastos africanos.

KIKUYO, *Pennisetum clandestinum*

Originario de las tierras altas de África Oriental, perenne, rizomatoso, forma una masa de follaje baja y compacta. Los rizomas, hasta de cinco metros de largo, llevan dos clases de tallos: estériles, de entrenudos cortos y hojas largas, y fértiles, en que las inflorescencias crecen en las axilas de las hojas. Las espiguillas tienen dos flores: una inferior y estéril, la superior fértil, en la cual se destacan los filamentos de los estambres, que miden hasta cinco centímetros de largo y sobresalen del follaje. El kikuyo forma semillas, probablemente apomícticas, pero se propaga vegetativamente.

PASTO ELEFANTE, GIGANTE, *Pennisetum purpureum*

De África tropical, llamado también "napier", "merker", "merkeron", perenne, forma macollas hasta de siete metros de alto, formadas por numerosos tallos sólidos, de uno a 2.5 m de alto, ramificados en la parte superior (Fig. 37.8A). Las hojas hasta de un metro de largo y cuatro centímetros de ancho, pubescentes, tienen los márgenes duros y aserrados. La inflorescencia es una panícula de cinco a 30 cm de largo, densamente cubierta de espiguillas. En la base de éstas hay una corona de pelos o cerdas, una más larga. En la espiguilla hay uno a cinco y por lo general dos flores; la inferior estaminada o estéril, la superior bisexual y fértil.

El pasto elefante se cultiva ampliamente para corte, por su alto rendimiento, palatabilidad y valor nutritivo. Es una especie muy variable, con tipos diploides ($2n=28$) y tetraploides. Los tipos bajos y compactos, como el 'Napier', se usan a

veces para pastoreo; los 'Merker', con tallos más altos, para corte. Híbridos entre *P. purpureum* y *P. americanum* (*P. glaucum* o *P. typhoides*), difieren considerablemente entre sí en tamaño, macolla y textura de las hojas. 'King grass', híbrido obtenido en Georgia (EUA), es uno de los más productivos. En India se ha obtenido otros de padres diferentes como el 'Pusa Gigante'.

NANDI, *Setaria sphacelata* (*S. anceps*)

De Africa Oriental y Sur, forma macollas altas, de tallos gruesos hasta de 1.5 m de alto y ramificados en la base; la macolla se extiende a veces por estolones cortos (Fig. 37.8B). Hojas suaves, verde oscuras, de 10-12 cm de largo y 0.5-1.5 cm de ancho. Panícula larga y cilíndrica, delgada y compacta, de 10-30 cm de largo, con espiguillas en grupos en pedúnculos cortos, y con pelos o cerdas basales anaranjadas o marrones. La espiguilla inferior, estaminada o estéril, tiene la pálea y lema suaves; la superior y fértil con pálea y lema compactas y arrugadas.

La especie es muy compleja; la mayoría de los tipos es diploide ($2n=18$) o tetraploide. Esta y otras especies forman grupos interfértiles cuya delimitación es difícil. De *S. anceps* se ha establecido cultivares diploides: 'Nandi', o tetraploides como 'Kuzungala', que se distingue por su porte vigoroso.

SAN AGUSTÍN, *Stenotaphrum secundatum*

Pasto americano originario del área del Caribe en América tropical, de porte bajo, que se propaga por rizomas o estolones (Fig. 37.8C). Las vainas de las hojas son planas y envuelven completamente los tallos; la lámina, de tres a cinco centímetros de largo, está doblada en la base y es plana en la parte superior. La inflorescencia tiene un lado plano, y en el otro se insertan las espigui-

llas, hundidas en el raquis.

El pasto san agustín crece bien en suelos arenosos. Se usa también para césped en jardines.

SIGNAL, *Urochloa brizantha* (*Brachiaria brizantha*)

Un grupo importante de pastos africanos que se asignaban al género *Brachiaria*, se incluyen ahora en el género *Urochloa*. *U. brizantha* originaria de Africa Occidental, se ha extendido en cultivo, en las últimas décadas, por los trópicos de América y Asia (Fig. 37.6F). Perenne; de los rizomas subterráneos cortos salen numerosos tallos aéreos, simples o poco ramificados, que forman macollas más o menos compactas hasta de 0.5 m de diámetro por 1.5 a dos metros de altura, de follaje verde oscuro. Las hojas miden de 20 a 40 cm de largo por uno a dos centímetros de ancho, y son de superficie lisa o peluda, con bordes duros y ásperos.

La inflorescencia está formada por varios racimos solitarios de cuatro a 10 cm de largo, encorvados, con las espiguillas de un sólo lado. El raquis está provisto de pelos finos y numerosos. Las espiguillas oblongas a elípticas, gruesas, de cuatro a seis milímetros de largo, de pedúnculo muy corto, están alineadas en filas sencillas o dobles. Las dos glumas son de tamaño muy diferente; la inferior muy corta, no llega ni a la mitad de la longitud de la espiguilla, mientras que la superior es casi tan larga como ésta. Las glumas encierran dos flores: una basal, estaminada y otra superior, bisexual. Se propaga por semilla apomítica, que se produce en cantidad muy baja.

SURINAM, *Urochloa decumbens* (*Brachiaria decumbens*)

Originaria de Africa Oriental, donde crece a alturas mayores de 600 m. Como la especie anterior, es de introducción reciente en los trópicos

americanos y asiáticos. Perenne, de tallos hasta de un metro de alto, rastreros en la base, con hojas peludas y lanceoladas hasta de 14 cm de largo por 12 mm de ancho. La base de la hoja es aguda, mientras que en *B. brizantha* es ancha en su unión con la vaina. La inflorescencia tiene cuatro a cinco racimos, de tres a cinco centímetros de largo, espiguillas pilosas. Esta especie forma un césped bajo y denso que resiste bien el pastoreo. Como en la especie anterior, la semilla apomíctica es muy escasa y de germinación difícil y la planta se reproduce por estolones. Debido a su mayor resistencia a virus, se cultiva más que la especie anterior (Fig. 37.6G).

CORVINIA, *Urochloa humidicola* (*Brachiaria humidicola*)

Nativa de Africa Oriental introducida en los trópicos americanos y asiáticos como *B. dictyoneura* (Fig. 37.6H). Perenne, estolonífera, de crecimiento rápido y compacto, con tallos aéreos hasta de 50 cm de alto; hojas lanceoladas, glabras; inflorescencia de tres a cinco racimos. Se adapta especialmente a sitios de alta humedad; se usa como pasto de piso y para proteger el suelo.

Urochloa mosambicensis

De Africa Oriental, se ha introducido recientemente en los trópicos americanos (Fig. 37.8D). Perenne, forma macollas hasta de un metro de alto, de tallos ramificados; hojas hasta de 25 cm de largo y 1.5 cm de ancho, cubiertas de pelos blancuzcos. La panícula, con cuatro a 12 ramas, tiene espiguillas con dos flores, la inferior estaminada, la superior bisexual. Es una especie apomíctica, con poblaciones tetraploides y hexaploides; la semilla dura es de latencia larga. Se cultiva por su palatabilidad, que conserva aun en el follaje maduro, y por su resistencia al pastoreo.

PARÁ, *Urochloa mutica* (*Panicum purpurascens*, *Brachiaria mutica*)

Conocido como "pará", "angola" en Brasil, "malojillo" en Puerto Rico, esta especie es posiblemente originaria de Africa Occidental y su introducción fortuita a los trópicos americanos es bien antigua (Fig. 37.6I). Estolonífera, perenne, con tallos que crecen a nivel del suelo hasta más de cinco metros de largo; cuando éstos han enraizado bien, emiten de los nudos vástagos aéreos que alcanzan hasta dos metros de alto. Hojas lisas o poco pubescentes, hasta de 30 cm de largo y dos centímetros de ancho. Inflorescencias con muchos racimos de espiguillas en doble fila.

El pará soporta bien los suelos húmedos y asociado con *Eriochloa punctata*, especie muy similar en sus hábitos de crecimiento, forma buenos potreros en los trópicos húmedos. Se propaga vegetativamente, y su cultivo se ha expandido por la facilidad de la siembra, buen rendimiento y valor nutritivo para pastoreo.

MERMELADA, *Urochloa plantaginea* (*Brachiaria plantaginea*)

Nativa de Africa Occidental, cultivada en Brasil y otros países de América tropical. Anual, de tallos rastreros, ramificados, hasta de un metro de largo; hojas linear-lanceoladas; racimos de tres a 11, el inferior hasta de 10 cm de largo. Como forrajera es de alto rendimiento y buena calidad. Se propaga por semilla o estolones.

TANNER, *Urochloa radicans*

De Africa Central y Oriental, crece naturalmente en lugares húmedos y en porte es parecido al "pará" (*B. mutica*) (Fig. 37.6J). Se ha introducido a América del Sur y Antillas, en donde su rendimiento es comparable a los otros *Urochloa*. Perenne, con tallos verticales hasta de un metro de alto y rizomas cortos. El follaje es poco denso;

las hojas miden hasta 16 cm de largo y 1.5 cm de ancho. La inflorescencia se forma de seis a nueve racimos, con espiguillas sésiles en dos filas. Se ha registrado casos de toxicidad al ganado en Brasil.

RUZI, *Urochloa ruzizensis* (*Brachiaria ruzizensis*)

Crece naturalmente en regiones húmedas de Africa Oriental y Central, y es de introducción reciente en los trópicos americanos. Es cercana a *U. decumbens*, de la que se distingue por su mayor tamaño y por tener la gluma inferior separada del resto de la espiguilla (Fig. 37. 6K). Perenne, hasta de un metro de alto, compacta y con follaje abundante; hojas filosas, hasta de 25 cm de largo; racimos pendientes, curvos, peludos. Crece en suelos húmedos, bien drenados y se le cultiva asociada con leguminosas como *Stylosanthes* y *Desmodium*. Es bien palatable, con el contenido de proteína cruda entre 10-14 %. Florece en abundancia pero forma poca semilla, apomíctica, de latencia larga y baja germinación.

Tribu Andropogóneas

GAMBA, *Andropogon gayanus*

Originario de las sabanas de Africa Occidental, donde se conoce tres variedades (Fig. 37.8E). Las más robustas de ellas, *squamulatus* y *bisquamulatus*, se cultivan tanto en Africa como en Brasil e India por su resistencia a la sequía y palatabilidad. *A. gayanus* forma macollas compactas, hasta de dos metros de alto. Las hojas largas, hasta de dos centímetros de ancho, con el nervio central muy claro y prominente, se caracterizan en algunas poblaciones por tener la base muy angosta. Las inflorescencias con espatas, de las que salen racimos pilosos en pares, miden de cuatro a ocho centímetros de largo. Las espiguillas en

pares son una sésil y bisexual, cuyas lemas terminan en una arista larga y retorcida; la otra, estaminada, con pedicelo corto.

LIMPO, *Hemarthria altissima*

Originaria de Africa Oriental y Sur, se ha extendido por Suramérica, Australia e India. Es muy polimórfica y se conoce poblaciones diploides y tetraploides (Fig. 37.8F). *H. altissima* crece por rizomas, de los que se levantan tallos a menudo postrados, que alcanzan de 80 a 100 cm de alto. Las hojas son delgadas, hasta de 20 cm de largo por cinco centímetros de ancho. Las inflorescencias, generalmente una, brotan de las axilas de las hojas superiores; consisten en un racimo cilíndrico, de cinco a 10 cm de largo, con nudos gruesos y espiguillas en pares, una sésil y bisexual, la otra estaminada, mucho más pequeña y con pedicelo corto. En Florida, EUA, se ha desarrollado varios cultivares, resistentes al frío y de alta producción.

TANGLE, *Heteropogon contortus*

Crece espontáneamente en los trópicos de ambos hemisferios; es muy polimórfica y en Australia han sido seleccionados varios cultivares (Fig. 37.8G). Crece en macollas hasta de un metro de alto, con hojas de 10-20 cm de largo, angostas y duras, con olor a limón cuando están frescas. La inflorescencia se forma de uno o pocos racimos. Las espiguillas en la base de estos son pistiladas y carecen de aristas; las del ápice heterógamas y en cada par hay una plana y estéril y otra fértil que termina en una arista rojiza y sinuosa, de cinco a ocho milímetros de largo. Las espiguillas fértiles, al desprenderse, se unen por las aristas. Su utilización como pasto cultivado es reciente fuera de Australia; se debe particularmente a su resistencia al fuego, pues las aristas largas de las espiguillas que se mueven con la

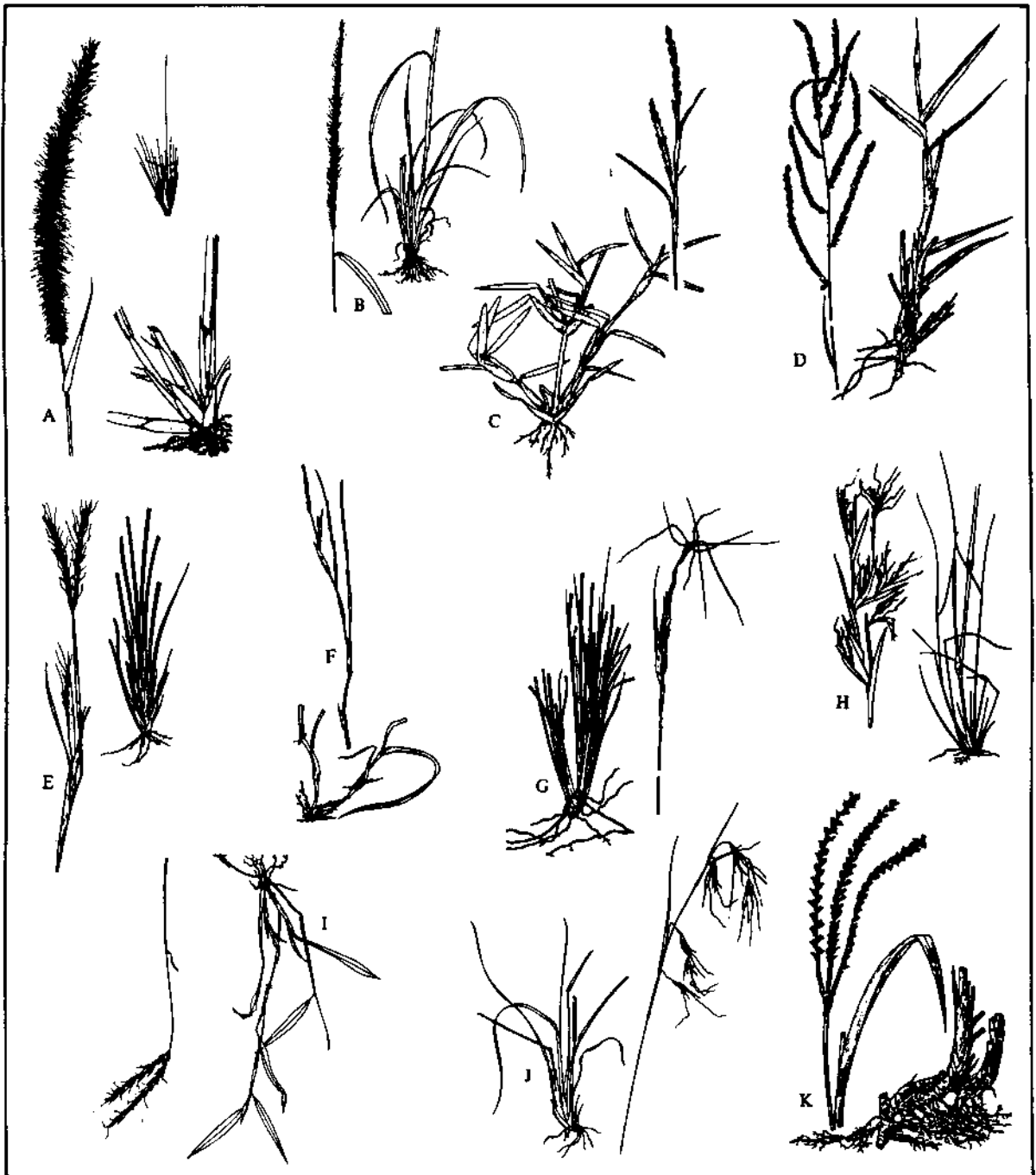


Fig. 37.8. A, *Pennisetum purpureum*. B, *Setaria anceps*. C, *Stenotaphrum secundatum*. D, *Urochloa mosambicensis*. E, *Andropogon gayanus*. F, *Hemarthria altissima*. G, *Heteropogon contortus*. H, *Hyparrhenia rufa*. I, *Ischaemum aristatum*. J, *Themeda triandra*. K, *Tripsacum latifolium*.

humedad del suelo, entierran las semillas y éstas y las cepas brotan rápido después de las quemas.

JARAGUA, PUNTERO, *Hyparrhenia rufa*

El género *Hyparrhenia* contiene varias especies utilizadas en África como pastos naturales. Sólo una de ellas, *H. rufa*, ha sido introducida a América, donde se ha naturalizado ampliamente (Fig. 37.8H). Se adapta bien a regiones de estaciones alternas. La producción abundante de semillas, que son arrastradas por el viento, le ha permitido competir con las Gramíneas nativas, a las que elimina fácilmente. Se adapta al sistema de manejo de pastos común en los trópicos, en que las quemas anuales tienden a destruir a las especies perennes, pues las macollas viejas de *H. rufa* resisten al fuego y la abundancia de semilla restablece las poblaciones después de las quemas.

Hyparrhenia rufa forma macollas compactas, hasta de dos metros de alto. Las hojas duras, lisas y poco pubescentes, se arrollan a menudo longitudinalmente. Las inflorescencias terminales, en racimos, son largas y abiertas. Del eje central, y cubiertas por espátas, salen en cada nudo uno o más racimos, con pedicelos delgados, de dos a seis centímetros de largo. Los racimos se componen de varias espiguillas en pares, rojizas e hirsutas; la inferior es sésil y termina en una arista fina y retorcida que es característica de esta especie, la otra es pedicelada y sin arista.

RATANA, *Ischaemun indicum* (*I. ciliare*)

Se encuentra en estado nativo desde India a Indonesia; han sido descritas algunas variedades silvestres (Fig. 37.8I). Es de porte bajo, en macollas poco compactas de las que brotan estolones largos. Las hojas angostamente lanceoladas, lle-

gan hasta 20 cm de largo por un centímetro de ancho; en la mayoría de los tipos cultivados la pubescencia es escasa. Las inflorescencias, en pedúnculos muy largos, se forman de dos o tres racimos compactos que a menudo crecen juntos. Las espiguillas en pares, una sésil y la otra pedicelada, tienen pelos muy finos en su inserción al eje del racimo, y aristas hasta de 12 mm de largo. *I. indicum* ha sido introducida recientemente a América tropical y se le planta en terrenos nuevos, recién cortado el bosque. Por su tipo de crecimiento no parece resistir la competencia de otras especies de porte más alto y compacto. Se propaga por estolones.

ROIGRÁS, *Themeda triandra*

Especie surafricana que se cultiva esporádicamente en los trópicos. Forma macollas perennes, hasta de 1.5 m de alto (Fig. 37.8J). Las hojas glabras o pubescentes, de tonos verdes a grisáceos, según el cultivar, se cierran en la base y se abren en la parte apical; la base envolvente tiene a menudo manchas de color rojizo característico, que son más marcadas en las hojas viejas.

Themeda triandra es muy polimórfica y algunos de sus cultivares difieren considerablemente en color de las hojas, pubescencia, tamaño de los tallos y otros caracteres.

Otras Andropogóneas cultivadas como forrajeras incluyen los sorgos. *Sorghum bicolor* y *S. halepense*, y ciertos cultivares de la caña de azúcar.

Tribu Maídeas

GUATEMALA, *Tripsacum andersonii*

Tripsacum andersonii se conoce en cultivo y silvestre desde México hasta el norte de América del Sur. Forma una macolla compacta hasta de

tres metros de diámetro, con follaje abundante; hojas lanceoladas, glabras o poco pilosas, hasta de 1.5 m de largo y ocho centímetros de ancho. Las inflorescencias terminales o laterales llevan de uno a siete racimos en las primeras, en las segundas de uno a tres. En los racimos hay en la parte basal espiguillas pistiladas, solitarias, en cúpulas duras; las estaminadas, hacia el ápice, van en pares, una de ellas con pedicelo corto y fuerte, la otra sésil. *T. andersonii* es estéril y se propaga por tallos enraizados o brotes basales. Se le cultiva como pasto de corte por el follaje, de alto rendimiento aunque su valor nutritivo no es excepcional y por su resistencia a la sequía. Se asume que *T. andersonii*, $2n=64$, pudo resultar de un cruce entre *Tripsacum* y maíz, y que diez de sus cromosomas son aportados por esta última especie.

PRODIGIOSO, *Tripsacum latifolium*

Se cultiva esporádicamente como pasto de corte. Forma macollas densas, con hojas hasta de 70 cm de largo y tres a ocho centímetros de ancho, las inferiores con la parte basal angosta, en forma de pecíolo, en lo que se distingue de la especie anterior, así como en las espiguillas estaminadas, que son sésiles las dos. *T. latifolium* tiene poblaciones silvestres diploides y tetraploides en Mesoamérica. Aunque produce semilla normalmente, se le propaga por brotes basales (Fig. 37.8K).

Gramíneas productoras de aceites esenciales

Ciertas especies de Gramíneas, en particular Andropogóneas de los trópicos asiáticos, tienen la propiedad de formar y acumular aceites esenciales en las hojas, tallos, raíces y aún en las glumas. Estos aceites contienen aromas característicos, que se advierten cuando se rompen las par-

tes de la planta en que están contenidos.

Las principales son:

- a) aceites especialmente en las hojas: citronela, *Cymbopogon nardus*; pasto limón, *C. citratus*; pasto malabar, *C. flexuosus*; palmarosa, *C. martini*.
- b) aceites en las raíces: vetiver o pasto violeta, *Vetiveria zizanioides*.

El uso de estos aceites en perfumería y medicina es muy antiguo. En el siglo pasado se inició la extracción de los aceites esenciales utilizando un método muy simple: hervir las hojas y recoger el aceite por destilación. Se intensificó su uso en la fabricación de jabones, en perfumería para servir de base en la elaboración de esencias costosas, como repelente de insectos y en la síntesis de varios productos químicos como mentol y ciertas vitaminas. Un uso popular en América y Asia es la preparación de una tizana, llamada té de limón, usando hojas de *Cymbopogon citratus*.

Las características morfológicas de las especies productoras de aceite en el género *Cymbopogon* son muy similares en sus partes vegetativas. Son Gramíneas perennes, de macollas compactas, con rizomas cortos y sin tallos aéreos, con hojas duras y erectas que en la madurez tienden a doblarse. Los aceites se hallan en el mesofilo, como productos de acumulación, y ocupan bandas de células de varias capas de espesor que pueden ser percibidas en el lado superior de la hoja por su color más claro. La acumulación de aceites es más activa en las hojas jóvenes. Los pastos de aceite presentan una tendencia a florecer tardía e irregularmente y producen semilla normal en raras ocasiones. Por eso su propagación se hace por cepas cortadas de las macollas.

CITRONELA, *Cymbopogon nardus*

Es la especie de mayor importancia comercial; su cultivo se originó en India. El aceite ex-

traído contiene geraniol y citronellol, utilizados en perfumería, jabonería y preparación de insecticidas y repelentes.

Las plantas, de follaje verde claro, miden de uno a tres metros de alto. Se reconoce dos tipos: 'Lenabatu' de Sri Lanka, con hojas delgadas de márgenes duros, que produce un aceite inferior; y 'Mahapangiri', llamado "citronela de Java", que da un aceite superior, aunque su rendimiento es más bajo. Este segundo tipo, que es el que se siembra corrientemente en América, pertenece según algunos autores a una especie distinta, *C. winterianus*.

PASTO LIMÓN, *Cymbopogon citratus*

Originario de India a Malasia, no se conoce en estado silvestre. Se halla muy difundido en América tropical. De esta especie se obtiene un aceite que se utiliza en perfumería, jabonería y como pulidor. Tiene numerosos usos en medicina doméstica y en la preparación de bebidas populares.

Cymbopogon citratus crece en macollas compactas, hasta de dos metros de alto, formadas por muchos tallos cortos que salen de rizomas pequeños. Las hojas, de 20 a 100 cm de largo y uno a 1.5 cm de ancho, tienen los bordes duros y el nervio central fuerte en la sección basal. Las inflorescencias son largas, hasta de 60 cm y pendientes, con espigas grandes en la base de los grupos de espiguillas.

PALMAROSA, *Cymbopogon martini*

Se cultiva en India para la extracción de aceite rico en geraniol, usado en jabonería por su olor a rosas y que se obtiene de la variedad 'Mottia'. Otra variedad, 'Sofia', produce el aceite de "pasto jengibre", usado como perfume.

VETIVER, PASTO VIOLETA, *Vetiveria zizanoides*

Originaria de India a Viet Nam donde crece silvestre, es utilizada por un principio aromático que contienen sus raíces, el aceite de vetiver usado en perfumería. En América como en Asia se utiliza las raíces para dar olor agradable a la ropa y se cree que ahuyenta los insectos.

Vetiveria zizanoides forma macollas compactas, con sistema radical corto y profundo. Las hojas son erectas, finas y duras, de color verde oscuro. Las raíces, fibrosas y duras, contienen un aceite esencial de olor característico, localizado en la endodermis y en las paredes de los tejidos lacunares de la región cortical. No hay aceites ni en la corteza ni en el centro de la raíz. El vetiver se cultiva como ornamental y en franjas para el control de la erosión. Este último uso se está extendiendo por todas las regiones tropicales

Bambúes

La utilización de los bambúes como materiales de construcción, hortalizas y en la elaboración de papel es muy antigua e importante en Oriente. Las especies principales se cultivan desde el sur de China y Japón hasta Malesia; pertenecen a los géneros *Arundinaria*, *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Melocanna*, *Phyllostachys* y otros. En África no hay especies de importancia; en América tropical sólo *Guadua chochoensis*, cultivada en el norte de América del Sur, es comparable en la utilidad a los bambúes de Oriente.

El término bambú, de origen malayo, se aplica a las Gramíneas de cañas duras, generalmente huecas. Son por lo común plantas muy altas, aunque hay bambúes de pocos decímetros de altura. La mayoría de ellos forma macollas densas, de tallos erectos y sin ramificación basal, aunque hay también bambúes trepadores de tallo flexible.

Rizoma. La forma general de la planta depende del tipo de crecimiento del rizoma. En el bambú corriente, *Bambusa vulgaris*, el rizoma es un órgano muy complejo y compuesto de muchas secciones cortas en forma de maza, con la base angosta formada por entrenudos cortos y cubiertos de escamas y la parte apical más ancha, con numerosas raíces y brotes nuevos. De uno de éstos, generalmente lateral, se desarrollan una o más secciones de rizoma por los que se extiende subterráneamente la planta, mientras que de yemas terminales brotan cañas o vástagos aéreos. De esta manera, una macolla de bambú puede extenderse considerablemente y vivir muchos años, pues los tallos aéreos o subterráneos que se secan y desaparecen son reemplazados por brotes nuevos.

En el bambú común el crecimiento de los rizomas es lento y la macolla compacta; en otras especies los rizomas crecen por debajo de la tierra y brotan tallos superficiales a distancia de la planta original, formando una macolla extensa y poco densa.

Raíces. Los bambúes emiten gran cantidad de raíces en la región inferior de los entrenudos de las cañas, que aparecen también en los rizomas en la parte basal o angosta, en filas más o menos regulares; en la porción terminal salen en todas direcciones sin orden alguno. Las raíces subterráneas en el rizoma son de forma muy irregular y tienen ramificaciones laterales absorbentes. De las cañas o tallos aéreos brotan raíces cilíndricas o aplanadas que al llegar al suelo también se ramifican. En una raíz vieja la parte externa es la hipodermis, delgada pero resistente y compuesta por varias capas de células de paredes gruesas. Debajo de ella está la región cortical, que contiene lagunas o espacios aéreos separados por bandas radiales de parénquima; toda esta región cortical tiende a desaparecer conforme envejecen las raíces.

El centro de la raíz se forma de una banda externa fuerte de colénquima, en que hay muchos vasos grandes de xilema. Hacia el centro los

tejidos son más suaves, los que con frecuencia se desintegran dejando un espacio vacío.

Tallo aéreo. La característica más notable de los bambúes es el gran desarrollo de los tallos aéreos, que llegan a alcanzar hasta 40 m de alto en algunas especies. En la mayoría de los bambúes los tallos salen de brotes del rizoma y no se ramifican en tallos secundarios. Un rizoma de crecimiento horizontal se dobla en el extremo y forma el brote aéreo, cubierto al principio por numerosas escamas. Estos brotes son comestibles en muchas especies y en Asia se planta huertas de bambú con el propósito de recolectar los brotes tiernos. Cualquier obstáculo, una piedra por ejemplo, puede cambiar la dirección de crecimiento del rizoma y transformarlo en un brote aéreo, si bien son factores internos de la planta los que por lo general determinan ese proceso.

El tallo aéreo, como en las otras Gramíneas, se forma de nudos y entrenudos cilíndricos y con pocas excepciones, es hueco al centro.

La relación de longitud a diámetro del entrenudo determina que los tallos sean relativamente delgados. El largo de los entrenudos varía mucho, siendo menor en la base y en la porción terminal de las cañas. En una especie asiática se han medido entrenudos hasta de 1.30 m de largo.

El grosor del tallo aéreo está determinado por el diámetro del rizoma de que sale, pues no se ensancha aunque viva muchos años. Los tallos viejos son los más delgados, ya que la planta dispone de mayores reservas y de un sistema radical más desarrollado para los brotes posteriores. La rapidez con que crecen los tallos del bambú es quizás la mayor entre todas las plantas. Se ha registrado casos de tallos que crecen hasta 80 cm en un día; elongaciones de 30 a 60 cm son corrientes. La época de crecimiento más intenso es la estación lluviosa y las cañas alcanzan su altura definitiva de las seis a las 12 semanas.

La característica fundamental de los bambúes es la dureza de las paredes del tallo. Así, puede haber bambúes de pocos decímetros de alto pero de cañas muy duras, dureza que se debe

a que todos los tejidos están impregnados de sílice. Tal es la cantidad de esa sustancia que al cortar tallos de bambú se gasta rápidamente el filo de una herramienta del mejor acero y las astillas de ciertas especies se utilizan en Oriente para afilar cuchillos. La sílice puede encontrarse aún fuera de los tejidos, en el centro vacío del entrenudo, en forma de polvo fino. Se acumula en grandes masas llamadas tabashir, sobre los tabiques que separan los entrenudos.

La estructura del tallo en una planta adulta no difiere esencialmente de las otras Gramíneas. La pared externa de la epidermis es muy gruesa, y debajo de ella, como en la caña de azúcar, hay una zona de fibras finas en cordones, que alternan con tejidos más suaves. Conforme se avanza hacia el centro los cordones de fibras se van haciendo más angostos. Los haces vasculares, de diferente diámetro, están forrados por bandas de esclerénquima; en el xilema hay dos o más vasos muy grandes y el floema ocupa un espacio reducido.

Ramificación. Los bambúes producen ramillas laterales que salen de los nudos, a veces en grupos o distribuidas a todo su alrededor. En algunas especies hay espinas largas en los nudos, que son ramillas modificadas.

Hojas. De cada nudo sale una vaina envolvente. En los brotes basales las vainas dan protección y solidez al tallo joven; en los vástagos aéreos cubren las yemas, aunque caen rápidamente. Las vainas son en realidad hojas completas, formadas de una base envolvente bien desarrollada y de lígula y lámina muy reducidas. Son de tamaño y forma diferentes según la especie, lo que permite usarlas para identificación de éstas. Algunas vainas alcanzan gran tamaño, hasta 40 cm de largo por 50 cm de ancho. La lámina es angosta y larga, con frecuencia de superficie muy irregular, especialmente en los nudos basales.

Por lo general las hojas del bambú son pequeñas en comparación con el tamaño de la planta y se renuevan continuamente. En las ra-

millas están colocadas en un mismo plano y en posición alterna. Se componen de vaina, cuello y lámina; en algunos bambúes el pecíolo es cilíndrico. En *Bambusa vulgaris* las hojas son lanceoladas, de tres a 15 cm de largo. Hay diferencia de textura entre los dos lados de la lámina, lo cual puede observarse mejor si se humedece la hoja; el lado superior permanece húmedo mientras que en el inferior el agua escurre totalmente. En este último la superficie es muy irregular y está cubierta de laminillas y pelos que encierran una capa de aire que no deja penetrar el agua. En esa forma el bambú, que en su hábitat natural vive en ambientes muy húmedos, puede transpirar continuamente.

Floración. Los grandes bambúes florecen sólo una vez, en períodos que varían de 30 a 40 años. Una macolla que va a florecer deja de formar nuevos tallos unos meses antes de la floración. Si se han propagado vegetativamente todas las plantas de un clon, cualquiera que sea su tamaño, edad y lugar, florecerán al mismo tiempo. Los bambúes producen gran cantidad de polen y semillas; estas últimas constituyen un magnífico alimento y se ha registrado un caso en India en que una sola macolla produjo cerca de 140 kg. Pasada la florescencia, la planta se seca y muere.

BAMBÚ COMÚN, *Bambusa vulgaris*

No se conoce en estado silvestre. Tiene muchos usos en construcción, aunque es muy susceptible a los insectos barrenadores; se utiliza también para la obtención de pulpa de papel. Se reconocen clones diferentes por el color de los tallos: verde o amarillo uniformes, o con bandas longitudinales de diferente anchura de un mismo color. Forma macollas abiertas, hasta de 20 metros de alto. Florece rarísima vez. La mayoría de las plantas en cultivo no ha florecido.

GUADUA, *Guadua chocoensis*

Originaria de regiones húmedas del Pacífico de América del Sur, especialmente cultivada en

Colombia y Ecuador como material de construcción, para andamios, conducción de agua, cercas y muchos otros usos. Forma macollas densas hasta de 20 m de alto, con cañas gruesas, de 10-15 cm de diámetro, verdes y con ramillas basales generalmente provistas de espinas cónicas y fuertes, aunque se conoce clones casi inermes. Florece muy rara vez, si bien se conoce un clon de floración anual.

Melocanna baccifera

Originario de India, en donde es un bambú muy utilizado, ha sido introducido a los trópicos americanos. Forma macollas extensas y poco densas, con cañas delgadas hasta de 20 m de alto y tres a cinco centímetros de diámetro. Florece cuando las plantas tienen de 30 a 60 años; las semillas grandes son muy apreciadas como alimento. Se utiliza para pulpa y en construcción por su resistencia a insectos taladradores.

Dendrocalamus strictus

Se utiliza en India en la elaboración de pulpa para papel. Ha sido introducido a los trópicos americanos, donde crece bien. Forma macollas densas, con tallos de 10-15 m de alto y de tres a siete centímetros de diámetro. Florece cada 25-35 años.

Gigantochloa verticillata

Utilizado para la construcción y por los tallos jóvenes, comestibles, los que no son resistentes al sol y al agua pero sirven en Oriente para paredes internas. Son prometedoras como productoras de pulpa. Las macollas son abiertas, hasta de 15 m alto, con cañas hasta de 10 cm de diámetro, verdes y a menudo con bandas amarillas especialmente en los nudos inferiores. Florece rara vez.

REFERENCIAS

- ARTSCHWAGER, E. & E.W. BRANDES. 1958. Sugar cane (*Saccharum officinarum* L.). Origin, classification, characteristics and descriptions of representative clones. U.S. Department of Agriculture. Handbook no. 22.
- AUSTIN, R.A. & K. UEDA. 1970. Bamboo. New York, Wheatherhill.
- BARNES, A.C. 1964. The sugar cane. London, L. Hill.
- BOGDAN, A.V. 1977. Tropical pasture and fodder plants. London, Longman.
- CHALAM, G.V. & J. VENKATESWALRU. 1965. Introduction to agricultural botany in India. New York, Asia Publishing House.
- CHANG, T.T. 1995. Rice *Oryza sativa* and *Oryza glaberrima* (Graminae-Oryzae). In Smartt, J. & M.W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants. London, Longman.
- DILLEWIJN, C. van. 1952. Botany of sugar cane. Waltham, Mass., Chronica Botanica.
- DOGGETT, H. 1988. Sorghum. 3 ed. Harlow, Longman.
- GOODMAN, M.M. 1988. The history and evolution of maize. CRC critical reviews in plant sciences 7:197-220.
- GOODMAN, M.M. 1995. Maize *Zea mays* (Gramineae-Maydeae). In Smartt, J. & M.W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants. London, Longman.
- GRIMSHAW, R.G. & J.W. DUDLEY. ed. 1995. Vetiver grass for soil and water conservation, land rehabilitation and embankment stabilization. Washington, D.C., World Bank.

- GRIST, D.H. 1982. Arroz. México, D.F., CECSA.
- HAYWARD, H.E. 1953. Estructura de las plantas útiles. Buenos Aires, ACME.
- HEINZ, D.J. ed. 1987. Sugar cane improvement through breeding. Amsterdam, Elsevier.
- HUMPHREYS, L.R. 1982. Tropical pastures and fodder crops. 2 ed. London, Longman.
- JOHANNESSEN, S. & C.A. HASTORF. ed. 1994. Corn and culture in the prehistoric New World. Boulder, Colorado, Westview Press.
- KISSELBACH, T.A. 1949. The structure and reproduction of corn. Nebraska Agricultural Experiment Station Research Bulletin no. 161.
- LUH, B.S. 1991. Rice production and utilization, Westport Conn., AVI Publishing Co.
- MANGELSDORF, P.C. 1974. Corn. Its origin, evolution and improvement. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- PORTERES, R. 1976. African cereals: Eleusine, fonio, black fonio, teff, Brachiaria, Paspalum, Pennisetum and African rice. In Harlan, J.R., J.M.J. de Wet & A.B.L. Stemler, ed. Origins of African plant domestication. The Hague, Mouton.
- RACHIE, K.O. & V. MAJMUJAR. 1980. Pearl millet. University Park, Pennsylvania State University Press.
- RAO, A.N., G. DHANARAJAN & C.B. SASTRY. ed. 1987. Recent research in bamboos. Ottawa, IDRC.
- RECHT, C. & M.F. WETTERWAL D. 1992. Bamboos. Portland, Oregon, Timber Press.
- ROACH, B.T. 1995. Sugar cane. *Saccharum* (Graminae-Andropogonae). In Smartt, J. & N.W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants. 2ed. London, Longman.
- SKERMAN, P.J. & F. RIVEROS. 1990. Tropical grasses. Roma, FAO.
- SPRAGUE, G.F. & J.W. DUDLEY. ed. 1988. Corn and corn improvement. 3 ed. Madison, Wisc., American Society of Agronomy.
- WALL, J.S. & W.M. ROSS, ed. 1970. Sorghum production and utilization. Westport, Conn., AVI Publishing Co.

38 BROMELIALES

BROMELIÁCEAS

Las Bromeliáceas constituyen un grupo tropical, casi exclusivamente americano, de hierbas cuyas hojas forman una roseta basal; la inflorescencia terminal está a menudo provista de brácteas vistosas. Muchas especies son epífitas y absorben su nutrimento tanto por las raíces como por las hojas. Las flores tienen perianto doble, constituido por dos series de tres piezas cada una. Hay seis estambres y un pistilo con tres estigmas. Los frutos son bayas o cápsulas; en el caso de la piña se agrupan formando un sincarpio o fruto compuesto.

La especie útil más importante es la piña. Algunas Bromeliáceas suramericanas se utilizan por las fibras de las hojas, como pitafoja, *Aechmea magdalenae* y caroá, *Neoglaziovia variegata*. La barba de viejo, *Tillandsia usneoides*, se usa para relleno de muebles y otros usos menores en los trópicos y en Florida, EUA. Hay muchas Bromeliáceas ornamentales, por lo vistoso del follaje o de las inflorescencias.

PIÑA, ABACAXÍ, *Ananas comosus*

Origen y dispersión. No se ha encontrado aún poblaciones silvestres de *Ananas comosus*. Los piñales espontáneos en selvas y sabanas del norte de América del Sur son restos de siembras abandonadas, pues la propagación vegetativa permite a estas plantas vivir por medio siglo o más sin la intervención del hombre. Tampoco hay evidencia de que *A. comosus* pueda derivar-

se de otros congéneres de frutos comestibles, como *A. bracteatus* y *A. erectifolius*, que son cultivadas por los indios en Brasil y Paraguay más por las fibras de las hojas que por los frutos, los que son de calidad inferior. Tampoco parece derivarse de especies morfológicamente afines, como *A. paraguayensis*. En el estado actual de conocimientos no puede entonces asignarse a *A. comosus* ni un antecesor posible ni área de origen definida. En la domesticación debieron actuar favorablemente varios factores: primero, la falta de semillas por incompatibilidad que se presenta en numerosos cultivares; luego la facilidad de la propagación vegetativa y, en menor importancia, los mutantes sin espinas en las hojas. Las mutaciones de yema suplieron material amplio para selección y algunos de los cultivares comerciales, como 'Cayene', descienden directamente de poblaciones primitivas.

La dispersión prehispánica de la piña abarcó toda el área tropical de América del Sur, Antillas, América Central y México. La fruta llamó poderosamente la atención de los primeros exploradores europeos por su forma y sabor. En el siglo XVI fue llevada a África por portugueses, y al final de ese siglo ya había llegado hasta Filipinas y Java.

Porte. La piña se propaga sólo por vía vegetativa, para lo cual se dispone de tres clases de materiales de siembra: la corona de hojas que hay encima del fruto, que rara vez se usa; los bulbillos que brotan en la mayoría de los cultivares en la base de la fruta y que forman plantas que fructifican entre 18 y 22 meses, y los brotes basales que nacen en las axilas de las hojas que fructifican entre 15 y 18 meses (Fig. 38.1A).

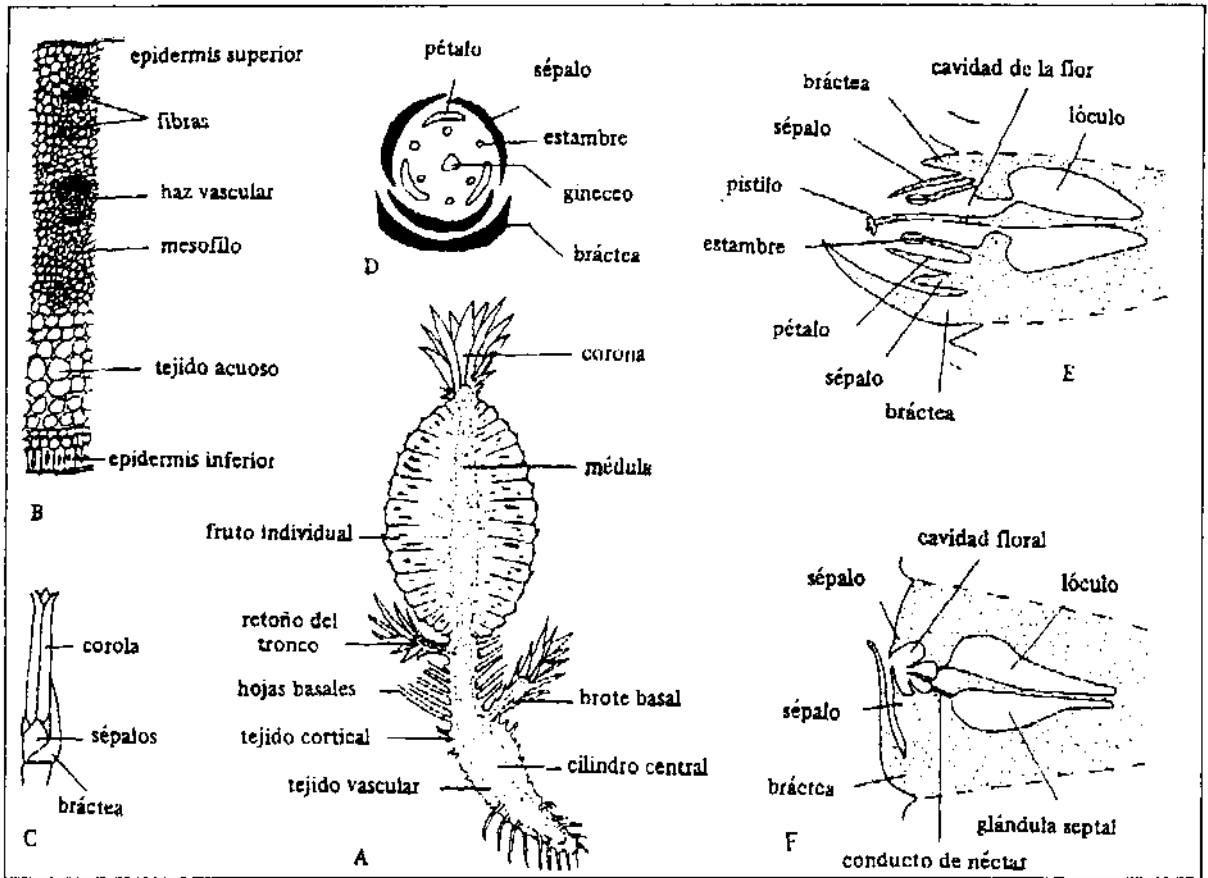


Fig. 38.1. *Ananas comosus*. A, corte longitudinal de la planta. B, estructura de la hoja. C, flor. D, diagrama floral. E, corte longitudinal de la flor. F, corte longitudinal de fruto individual.

El porte varía si se planta bulbillos, que por tener la base engrosada y curva desarrollan plantas con el tallo curvo en la sección basal, o brotes axilares que forman tallos rectos. Al plantar bulbillos o brotes, se les deja marchitar unos días y con frecuencia se les eliminan las hojas inferiores.

En el material de siembra el follaje casi no incrementa en tamaño; son las hojas nuevas las que alcanzan mayor tamaño y cuando la planta está lista para florecer las hojas apicales disminuyen en tamaño. Hojas e inflorescencias se forman de un meristema apical, pero hay yemas laterales en el tallo, el pedúnculo de la inflorescencia y a ve-

ces en el ápice de ésta, de las que se desarrollan brotes axilares o bulbillos. El tallo es de entrenudos muy cortos, con filotaxia de 5/13, lo que da el porte compacto a la piña, pero una vez pasada la fructificación los brotes laterales inician su desarrollo y la planta toma un aspecto irregular; en cultivo esto se evita dejando sólo un brote para la segunda cosecha.

Tallo. El tallo en forma de maza, más ancho en la parte superior, está cubierto por las bases de las hojas, que se secan y desintegran en la región basal. Los entrenudos son muy angostos y en ellos se encuentran yemas axilares y raíces. En el ápice hay un meristema que genera hojas y

que al llegar la madurez forma la inflorescencia. Internamente el tronco de la piña se divide en tres estructuras: epidermis, zona cortical y cilindro central. La separación de estas dos últimas está bien definida por una capa de tejido transparente en la parte apical y media del tallo, que se oscurece en la inferior, recorrida por haces vasculares que van del cilindro central hacia la zona cortical y las hojas. Es de esta zona de separación donde se originan las raíces, que atraviesan la zona cortical y la epidermis para salir al exterior.

El tejido básico del tronco es parénquima compacto, cargado de granos de almidón; hay también células con cristales de oxalato de calcio. Los haces vasculares recorren el cilindro central y la zona cortical en forma muy irregular y son más numerosos en el primero; en la parte superior se dirigen a las hojas nuevas y la inflorescencia. Son colaterales, con el floema hacia la periferia del tallo y con vainas de fibras bien desarrolladas del lado del floema.

Raíces. En las piñas de propagación vegetativa todas las raíces son adventicias. Forman en la base del tronco un sistema corto y compacto, con numerosas raíces fuertes de ramificación escasa. Las raíces que aparecen en la parte superior del tronco salen al exterior, se arrollan y aplanan en el tallo y no alcanzan el suelo.

El corte transversal muestra que en una raíz adulta la epidermis está formada por una o dos capas de células de paredes gruesas, debajo de la cual hay una exodermis. Los tejidos corticales incluyen: una zona de esclerénquima con canales aéreos y otra de parénquima en que hay grandes lagunas o espacios en que las células se disuelven y desaparecen; por último está la endodermis, cuyas paredes hacia el centro de la raíz son muy gruesas. El cilindro central consta de una capa de células externas o periciclo; de cordones de floema separados por áreas de parénquima y de xilema, el cual está colocado frente al floema. El centro de la raíz lo ocupa un tejido duro, esclerenquimatoso, que le da solidez y resistencia.

Hojas. Las hojas de la piña forman una roseta que rodea completamente el tallo. Las inferiores miden apenas unos pocos centímetros; las centrales son más largas —alcanzan de 0.5 hasta un metro de longitud— y las apicales son más cortas. La base de las hojas es envolvente en el tallo y se abre arriba en una lámina lanceolada, acanalada, que termina en un ápice muy agudo. Los bordes están provistos de espinas o son inermes, según el cultivar.

La cara superior de la hoja es cóncava, lisa y verde-oscura o con áreas longitudinales rojizas; la inferior es convexa, acanalada longitudinalmente y cubierta de escamas o tricomas.

La estructura de las hojas de la piña revela características muy interesantes en relación con la economía de agua en la planta (Fig. 38.1B). La epidermis superior, formada por una sola capa de células alargadas en sentido transversal, está cubierta por una cutícula fuerte que obstaculiza la pérdida de agua; con frecuencia las células epidérmicas están ocupadas por masas de sílice.

La hipodermis se forma de varias capas de células, también de paredes gruesas. El tejido acumulador de agua está colocado debajo de la zona protectora formada por la epidermis y la hipodermis. Se compone de varias capas de células de paredes delgadas que ocupan, según la cantidad de agua, desde la mitad hasta un cuarto del grosor de la hoja. Este receptáculo se encuentra sólo al centro de la lámina pues no se presenta hacia los bordes, y su función es almacenar agua por períodos indefinidos; cuando se presenta una sequía el tejido acuífero de la hoja suple la humedad necesaria hasta que, al agotarse, sus células desaparecen y la hoja entera se arruga.

El mesofilo o centro de la hoja, está constituido por numerosas capas de parénquima con abundantes cloroplastos. Este tejido, que ocupa la mayor parte de la hoja está atravesado por fibras, haces vasculares y canales de aireación. Las primeras son de diverso tamaño y se hallan tanto cerca del tejido acuífero como hacia la parte inferior de la hoja. Son fuertes, suaves, blancas y resistentes; la piña se ha explotado algunas veces

por sus fibras comerciales. Los haces vasculares son de dos clases: unos pequeños, superiores, y otros más grandes, que alternan con los primeros, y están rodeados de bandas de esclerenquima, también fibrosas. Los canales aéreos se encuentran hacia la parte inferior del mesofilo y se comunican con los estomas. En la parte inferior de la hoja aparecen de nuevo hipodermis y epidermis. En esta última los estomas, colocados en filas longitudinales, ocupan las depresiones longitudinales o surcos, característicos de la cara inferior.

El lado inferior de la hoja está cubierto por escamas típicas de las Bromeliáceas, los tricomas. Estos cuerpos diminutos semejan un paraguas abierto cuyo mango está incrustado en los surcos de la cara inferior de la hoja y cuya parte superior se abre en la superficie. Su forma y tamaño varían mucho, pues se componen de pocas o muchas células, vacías y muertas y es fácil removerlos con sólo frotar la superficie. Los tricomas dan a la cara inferior el color blancuzco característico. Su función no está bien definida; se ha supuesto que absorben agua y sustancias nutritivas; por otra parte se ha indicado que no ejercen tal función sino que su papel es evitar la pérdida de agua y proteger a la hoja de los rayos del sol. En la cara superior se encuentran pocos tricomas.

El follaje de la piña, como en otras Bromeliáceas, forma un excelente sistema colector del agua de lluvia y polvo atmosférico, y abriga numerosos insectos y otros animales. Funciona como órgano de absorción y a menudo en los cultivos comerciales se aplica abonos líquidos a las hojas. La función del follaje en la piña no es tan importante en ese sentido como en las Bromeliáceas epífitas, en las cuales constituye el medio principal de absorción.

Inflorescencia. El meristema apical forma normalmente una inflorescencia, de muchas flores unidas, cada una con una bráctea inferior; según el cultivar, el eje de la inflorescencia crece y se separa de la corona de hojas y está provisto de brácteas agudas, o bien la inflorescencia aparece como sentada en las hojas. Desde el inicio hay

una fusión completa de los tejidos del eje central, que es una prolongación del tallo, con las brácteas y flores individuales. Estas en número de 100 a 200, están dispuestas en espiral, en filotaxia de 8/21; las primeras flores en abrirse son las inferiores, y como cada día se abren unas pocas el período de floración se extiende por tres a cuatro semanas.

Flor. La flor individual de la piña (Fig. 38.1C) está formada por verticilos de tres partes: tres sépalos, tres pétalos, dos grupos de tres estambres y un gineceo de tres carpelos (Fig. 38.1D). Cada flor tiene una bráctea inferior, ancha y carnosa en la base, la que se fusiona con los tejidos de la flor y con el eje central de la inflorescencia; el ápice de la bráctea es agudo y duro, semejante al de las hojas en su aspecto externo (Fig. 38.1E). Los sépalos son cortos, anchos y de apariencia similar a la bráctea. Los pétalos en cambio son alargados y finos, con dos escamas en el lado interno, blancos en la base y morados en la parte superior. Los seis estambres, un poco más cortos que los pétalos, están colocados tres frente a los sépalos y tres frente a los pétalos. El estilo termina en tres estigmas cada uno con un canal independiente que lo comunica con las celdas del ovario.

La parte superior de la flor forma una cavidad en forma de copa, cerrada arriba por los sépalos y pétalos (Fig. 38.1C). En su parte inferior o basal hay tres conductos o canales que comunican cada uno con una celda del ovario; éstas son angostas arriba, en donde se hallan los óvulos, y se abren hacia el centro de la inflorescencia en cavidades grandes que exudan miel, llamadas nectarios internos. La miel sale por los canales a la cavidad externa y atrae a los insectos. En muchos cultivares no se forman semillas, aunque por polinización artificial se pueden obtener algunas; en otras normalmente se producen en número reducido.

Fruto. La fruta de la piña está constituida por la fusión de los tejidos de los frutos individuales y del eje de la inflorescencia. De cada flor se desarrolla un fruto individual que aparece ha-

cia el exterior en forma de escudete poligonal, duro y prominente (Fig. 38.1F). La mitad inferior del escudete está cubierta por el ápice de la bráctea, que se ha doblado hacia arriba, y la superior por los tres sépalos; el color externo y la textura de brácteas y sépalos es muy similar.

El centro del fruto individual es prominente y debajo está la cavidad externa de la flor, representada por una cámara de paredes endurecidas de cuya base salen los restos de los estambres y del pistilo como hilos negros y duros. Hacia el interior quedan las celdas del ovario, en cuya parte superior están los óvulos o semillas; la inferior está ocupada por las cavidades grandes de paredes brillantes que formaban los nectarios. En algunos cultivares estas cavidades se reducen bastante y sólo se distinguen como tres ranuras que irradian simétricamente de un punto central; en otros aparecen como cámaras vacías de considerable tamaño.

Los tejidos internos, ricos en azúcar, corresponden en pequeña parte a las paredes del ovario y principalmente a la base de la bráctea y de los sépalos. Están unidos directamente al eje del fruto, del cual salen seis grupos de haces vasculares que conectan con las partes de la flor y un grupo independiente que suple a la bráctea. El eje central aumenta de tamaño y contiene también azúcares, pero es más duro y fibroso que los frutos individuales.

Variabilidad. En *A. comosus* la partenocarpia es general. Los cultivares más corrientes son autoincompatibles, aunque a veces se forman semillas diminutas, aplanadas, de tres a cinco milímetros de longitud por uno a dos milímetros de ancho, con la testa de color café oscuro y superficie áspera. En cambio es factible obtener semilla de cruces intervarietales.

Las mutaciones de yema han formado cultivares con características favorables, como es la falta de espinas en las hojas.

Los cultivares se clasifican en grupos por la forma del fruto, presencia de espinas en las hojas, color y otras características de la pulpa. Los

grupos reconocidos son: a) Española: fruto globoso, con surcos profundos, amarillo anaranjado a rojo; pulpa amarilla a blanca con la médula ancha, sabor picante, fibrosa; hojas espinosas; resistente al marchitamiento; susceptible a gomosis. Cultivares: 'Española-Roja', 'Singapore', 'Selangor', 'Castilla', 'Cabezona' (triploide), 'P.R1-67'. b) Queen: fruto cónico, con surcos profundos, amarillo, pulpa muy amarilla, dulce y poco fibrosa, la médula delgada, hojas espinosas. Cultivares: 'Queen', 'Mc Gregor', 'Natal', 'Ripley', 'Alexandria'. c) Abacaxí: fruto cónico, amarillo; pulpa amarillo-pálida a blanca, dulce, suave, jugosa, con médula muy angosta; hojas con espinas. Cultivares: 'Abacaxí', 'Abaka', 'Sugar Loaf', 'Papelón', 'Venezolana'. d) Cayena: fruto cilíndrico a algo cónico y anaranjado, pulpa amarilla y dulce, algo ácida, suave, jugosa, con poca fibra; hojas lisas o con pocas espinas, ápice espinudo; susceptible al marchitamiento. Cultivares: 'Cayena Lisa', 'Guadalupe', 'Baron Rothschild', 'Esmeralda'. e) Maipure: fruto cilíndrico-ovoide, amarillo a anaranjado o rojo; pulpa blanca a amarilla, muy dulce, jugosa, suave, con fibras; la médula mediana; hojas sin espinas. Cultivares: 'Maipure', 'Rondón', 'Perolera', 'Monte Lirio'.

El mejoramiento de la piña es difícil y no se ha conseguido aún obtener ningún cultivar nuevo de valor comercial. Se han logrado híbridos entre cultivares con otras especies del género y también algunos tetraploides. La escogencia de tipos superiores en el campo y su introducción y prueba es el método que han dado mejores resultados. De esta manera se ha aprovechado ciertas mutaciones: en un cultivar de hojas espinudas, por ejemplo, pueden aparecer plantas de hojas inermes o con espinas muy pequeñas, o localizadas sólo en el ápice de las hojas. Este carácter, de naturaleza recesiva, es de gran valor comercial y se ha presentado numerosas veces. En 'Cayena' al principio había plantas con y sin espinas, pero se propagaron sólo las últimas y las piñas espinudas de ese tipo ya no se conocen en cultivo comercial.

REFERENCIAS

- COLLINS, J.L. 1960. The pineapple; botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill.
- KRAUSS, B.H. Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. Botanical Gazette 110:159-217, 333-404, 551-587.
- LEAL, F. 1989. On the history, origin and taxonomy of the pineapple. Interciencia 14:235-241.
- OKINOMOTO, M.C. 1948. Anatomy and histology of the pineapple inflorescence and fruit. Botanical Gazette 110:217-231.
- PY, C. 1968. La piña tropical. Barcelona, Blume.

39. ZINGIBERALES

Las familias de las Musáceas, Zingiberáceas, Cannáceas y Marantáceas forman un grupo natural, de características muy afines, denominado ESCITAMÍNEAS o ZINGIBERALES. Son predominantemente tropicales, herbáceas, aunque a veces alcanzan gran porte. Las flores, complicadas y vistosas, tienen un órgano, el labelo, más grande y de forma diferente que el resto de las partes florales. Entre las Escitamíneas hay especies utilizadas por sus frutos: bananos; fibras: abacá; principios aromáticos: jengibre, cardamomo; cormos comestibles: achira, o por su valor ornamental.

MUSÁCEAS

Familia estrictamente tropical; hierbas altas con bases foliares unidas que forman unseudotallo. La lámina de la hoja es muy grande, con el nervio central muy desarrollado y los secundarios en posición pinnada. Inflorescencias gran-

des, con brácteas vistosas; flores irregulares, unisexuales; las pistiladas con ovarios de tres celdas; las estaminadas con seis estambres fértiles, uno de ellos a menudo convertido en estaminodio. El fruto es una baya o cápsula.

Los bananos y plátanos son utilizados por sus frutos carnosos, sin semillas, y el abacá por las fibras delseudotallo.

BANANOS, *Musa* spp.

Nomenclatura. La nomenclatura de las Musáceas de frutos comestibles es muy confusa, tanto en los nombres técnicos como en los comunes.

Los nombres corrientes en América Latina son en su mayoría importados de África vía España, pero hay también algunos de origen local. Los tres principales, banano, plátano y guineo, son de origen africano; los dos primeros coinciden parcialmente con sus equivalentes en inglés y francés.

Banano se aplica por lo común a los cultivares cuya fruta se come fresca, como el 'Gros Michel', 'Cavendish' y otros tipos de exportación; plátano a los que se comen cocinados o asados. Los frutos de los bananos son en corte transversal más o menos circulares y de pulpa suave; los de plátanos, angulosos y de pulpa dura. Esta nomenclatura no se usa en todos los países americanos. En México, por ejemplo, el término plátano se aplica al primer grupo. Para el propósito de este libro se utilizará los términos "banano" y "plátano" en el sentido mencionado primero, en forma colectiva.

Los nombres técnicos usados hasta ahora son *Musa sapientum* para los bananos y *M. paradisiaca* para los plátanos, conforme a la definición del párrafo anterior. Los modernos estudios genéticos de las *Musas* cultivadas como frutales han mostrado que esos dos nombres no pueden continuar en uso y deben ser reemplazados por *Musa acuminata* y *M. balbisiana*, dentro de ciertas restricciones. Los plátanos y bananos son híbridos entre *M. acuminata* y *M. balbisiana* y requieren una nomenclatura especial. Se designa con A al genomio o grupo de cromosomas procedentes de *M. acuminata*, y con B el de *M. balbisiana*. Hay cultivares diploides de la primera, como 'Sucrrier', 'Bocadillo', 'Banano Ouro', o 'Lady Finger', que se designan entonces con la fórmula AA. Se conoce también muchos tipos silvestres de *M. acuminata*. En cambio de *M. balbisiana* no hay diploides cultivados pero sí silvestres de la fórmula BB, además de híbridos diploides, o sea AB, como el 'Ney Poovan' que se cultiva en el Sur de India. La nomenclatura de triploides y tetraploides será discutida más adelante.

Actualmente se usa para designar una variedad, el genomio seguido de su nombre común; 'AA Matti', 'AB Ney Poovan', 'AAA Cavendish'.

Sistemática. Las Musáceas cultivadas para uso de sus frutos corresponden a dos secciones: EUMUSA y AUSTRALIMUSA, que pueden distinguirse por las brácteas de la inflorescencia: opacas y con el ápice doblado en la primera; lisas y rectas en la segunda, y por la posición de los ra-

cimos: pendientes en la primera, erectos en la segunda.

EUMUSA tiene 11 como número básico de cromosomas; AUSTRALIMUSA, 10. La mayoría de los clones cultivados pertenece a la primera sección; la segunda incluye sólo un grupo, el fei, en que hay varios clones que se cultivan principalmente en Polinesia.

Sección EUMUSA

EUMUSA es un grupo altamente complejo y tanto bananos como plátanos incluyen clones en cultivo indistinguibles de las formas en semicultivo o silvestres.

Los EUMUSA cultivados son diploides, triploides y tetraploides. En América tropical se cultiva principalmente los segundos, pero en los trópicos de Asia y Polinesia se siembra los tres. En los triploides se combinan la esterilidad con la partenocarpia, es decir los procesos que impiden la formación de semillas con los que determinan el crecimiento del fruto sin necesidad de fecundación. Las características favorables del fruto, unidas a la facilidad de su propagación vegetativa, han hecho que bananos y plátanos se hayan expandido por todos los trópicos y tengan una aceptación universal.

Los cultivares más corrientes, triploides y estériles, son de origen híbrido; en su formación han participado las dos especies citadas, *Musa acuminata* y *M. balbisiana*. De la primera se conoce además, como se indicó antes, diploides silvestres y en cultivo en Polinesia; de la segunda no se conoce clones cultivados, pero ha formado con la anterior numerosos híbridos extensamente cultivados.

Las dos especies componentes de los bananos cultivados son nativas de los trópicos asiáticos. Se diferencian tanto por caracteres vegetativos como reproductivos (Fig. 39.1). El color externo del seudotallo tiene manchas oscuras o negras en *M. acuminata* y es uniforme, es decir sin manchas en *M. balbisiana*. La inserción de la

lámina es diferente: en *M. acuminata* la lámina se separa claramente de los bordes del pecíolo; en *M. balbisiana* la lámina es decurrente.

En los caracteres reproductivos se observa una diferencia fundamental: en *M. acuminata* hay dos filas regulares de óvulos en cada lóculo del ovario; en *M. balbisiana* hay cuatro. Las brácteas que rodean las flores son de forma lanceolada en *M. acuminata*, es decir que se angostan progresivamente hacia el ápice mientras que en *M. balbisiana* son anchas y de ápice amplio. En la primera especie, cuando la bráctea está madura el ápice se arrolla, mientras que en la segunda permanece recto. En ambas especies las brácteas son caedizas; en *M. acuminata* las bases que quedan en el eje de la inflorescencia son prominentes, mientras que en *M. balbisiana* son menos notables. En *M. acuminata* las flores masculinas son de color crema uniforme; en *M. balbisiana* tienen áreas rosadas.

Poliploidia. El factor de variación más importante en bananos es la poliploidia. En *Musa* las plantas poliploides son más vigorosas y resistentes, de mayor productividad y más amplia adaptación. La poliploidia en banano se puede presentar en varios niveles:

i) triploides de *Musa acuminata* pura, o sea AAA; este es el grupo principal ya que contiene los clones comerciales más difundidos, como 'Gros Michel' y los 'Cavendish'. El grupo AAA se originó en Malasia y se extendió luego, por su alta calidad, a todas las regiones tropicales, en particular a las áreas húmedas y de suelos fértiles. Pertenece también a este grupo el banano 'Rojo', de baja calidad, cuyos frutos gruesos se comen con preferencia asados;

ii) triploides híbridos de las fórmulas AAB o ABB. En el primer grupo, AAB, están los plátanos, entre los cuales se distingue dos tipos; primero, clones con racimos de frutos numerosos y de tamaño mediano, como el 'Maqueño', y segundo, los de racimos formados por frutas grandes y escasas, como el 'Liberal', 'Curare' y otros. En este grupo hay que incluir también el plátano de seda, 'Pome', 'Maoli', que se cultiva esporádicamente.

En el segundo grupo ABB se conoce el clon 'Cachaco', 'Cuatrofilos' y otros plátanos menos comunes en América. Estos dos grupos de clones parecen ser originarios de India, pero han tenido dos centros de diversificación, en África y Filipinas respectivamente. En América tropical los clones de los grupos AAB y ABB son de importancia especial, pues los plátanos constituyen un elemento corriente en la alimentación. Al contrario de los bananos del grupo AAA, los plátanos crecen bien en zonas secas, con estaciones alternas. Tienen muchos usos menores, entre ellos su empleo como forrajeras y como plantas de sombra en cafetales y cacaoales. La formación de especies triploides en *Musa* puede explicarse si se asume que el gameto femenino aporta el número diploide de cromosomas, según se ha podido observar en cruces hechos artificialmente;

iii) tetraploides, que pueden ser AAAA, de los cuales se conoce clones artificiales pero no naturales. De los AB BB sólo hay un clon, 'Tiparot', notable por su robustez, pero de fruto de calidad inferior; de AAAB y AABB hay muy pocos clones.

Esterilidad. La esterilidad, o sea la carencia de semillas, es un carácter comercial de primera importancia en los frutales. Las semillas son muy raras en los bananos cultivados, aunque de vez en cuando se presentan aún en el 'Gros Michel'. La esterilidad puede deberse al funcionamiento anormal de los gametos al unirse en la fecundación o al mal acoplamiento de dos genomas diferentes. Puede ser debida a que en un clon los granos de polen sean de fertilidad muy baja, pues se ha observado que en los cruzamientos artificiales, cuando se aplica polen en grandes cantidades, se obtiene con frecuencia frutos con semilla. También se ha observado que en cruces entre un triploide estéril, como 'Gros Michel', con un diploide fértil pero de óvulos estériles, las descendencias, son estériles y tetraploides.

Partenocarpia. La partenocarpia determina en los bananos el crecimiento de los tejidos centrales del fruto, independientemente de la fertili-

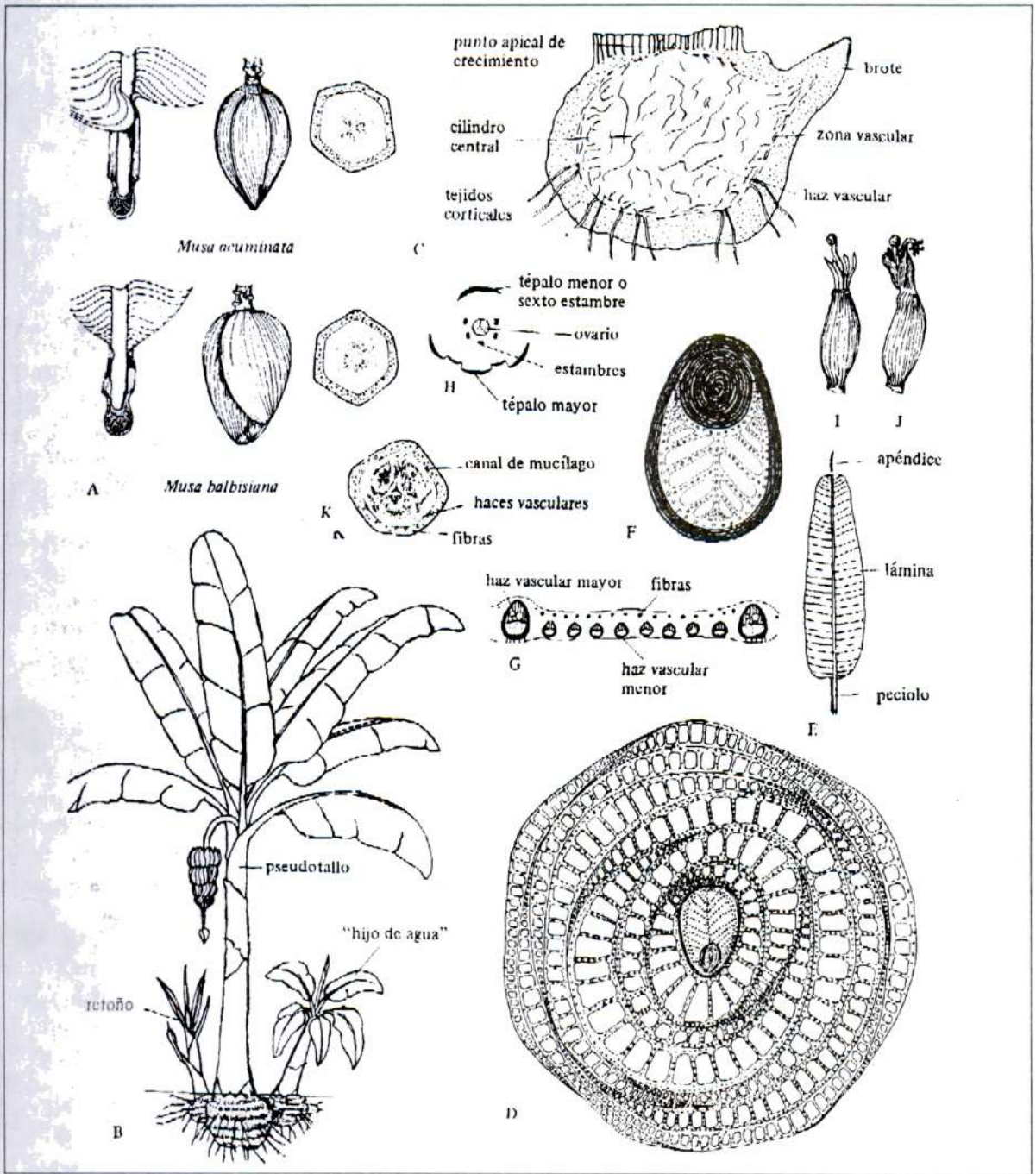


Fig. 39.1. *Musa* sp. A, diferencias entre *Musa acuminata* y *M. balbisiana*. B, porte y tipos de brotes basales. C, corte longitudinal del cormo. D, corte transversal del pseudotallo. E, partes principales de la hoja. F, corte transversal de la hoja cerrada. G, estructura de la hoja. H, diagrama floral. I, flor estaminada. J, flor pistilada. K, corte transversal del fruto.

zación. En realidad entre los cultivares partenocárpicos el desarrollo de esos tejidos se inicia antes de que el ovario sea fertilizado. Para demostrar la partenocarpia en banano se puede cubrir las flores pistiladas de modo que no reciban polen; esto sin embargo no afecta la formación y maduración del fruto. Así, en un cultivar en que hay clones fértiles y clones estériles, el desarrollo del fruto es muy diferente. En 'Gros Michel' los frutos con semillas son de menor tamaño que los sin semillas.

Origen y evolución. Se ha aclarado definitivamente que el área de origen de los bananos de la sección EUMUSA es la región indomalaya. En ella se encuentra aún muchos tipos silvestres y, debido a las condiciones primitivas del cultivo, se conserva numerosas variantes. En el centro de esa región son predominantes los tipos de *M. acuminata*, que parecen crecer mejor en áreas de alta humedad. En cambio hacia la periferia, en India, son más comunes los híbridos triploides con *M. balbisiana*, que se adaptan mejor a zonas más secas. Se ha considerado a India y Filipinas como subcentros activos de domesticación.

En la evolución de los bananos cultivados los tres factores —poliploidia, esterilidad y partenocarpia— han marchado juntos. Este proceso puede explicarse partiendo de diploides androfértiles de *M. acuminata*, de frutos comestibles sin semillas, que se hibridizaran con *M. balbisiana*, con la formación subsecuente de tipos poliploides. La selección por el hombre debió ser un factor casual; el área en que se originaron los bananos, en especial Malaya y las grandes islas de Malasia, es uno de los centros en que el hombre ha aprovechado más las plantas silvestres, sin haber llegado a desarrollar una gran cultura agrícola. Es posible entonces que la selección hecha por el hombre primitivo se redujera a propagar clones superiores por su tamaño y sabor.

La propagación vegetativa, unida a la interacción de esterilidad-poliploidia-partenocarpia, sólo deja una fuente de variación: las mutaciones somáticas. Estas son el origen de muchos de los tipos de banano y plátanos, varios de los cuales

son de naturaleza quimérica. Tipos enanos, por ejemplo, han aparecido en clones diferentes. También se ha registrado cambios de color: de un clon de banano rojo de India brotó una yema que se desarrolló en una planta de racimos verdes. Se conoce otras mutaciones que afectan la forma y tamaño del fruto y otros caracteres. Muchas de estas mutaciones se mantienen en los jardines o huertos de los agricultores en Malasia y Polinesia; si las mismas aparecieran en las grandes plantaciones comerciales probablemente serían eliminadas. Algunas mutaciones son de gran importancia económica; la resistencia a la enfermedad de Panamá, por ejemplo, que se presenta en el grupo de clones 'Cavendish' puede atribuirse a una mutación.

Dispersión a África y América. En algunas regiones de África Oriental los bananos y plátanos tienen una gran importancia y han creado una agricultura nativa casi dominada por ellos. El origen de los clones africanos debe buscarse en la región indomalaya, de donde pudieron llegar a África Oriental por una o dos vías: India-Golfo Pérsico-Arabia-Africa Oriental, o Indonesia-Madagascar-Africa Oriental.

Los bananos se extendieron luego por el resto de África y es posible que los tipos introducidos a Canarias y traídos después a América vieran de Guinea, en África Occidental. A América fueron introducidos después de la conquista; Fray Tomás de Berlanga trajo las primeras cepas a Santo Domingo hacia 1516. Su aceptación por los indígenas fue inmediata y llevó a una dispersión tan rápida que su cultivo iba adelante de los conquistadores, lo que dio base a la creencia de que los bananos eran oriundos de América. Puede indicarse a propósito que restos fósiles, semillas y frutas, son conocidas de Colombia y otros países. Aunque esto sea prueba irrefutable de que estas plantas crecieron en América en épocas geológicas pasadas, no prueba que los bananos actuales sean de origen americano.

El cultivo del banano en los trópicos de América para la exportación a Estados Unidos y a Europa ha sido mucho más intenso e importan-

te que la producción en su área de origen. Es en América tropical también donde se ha avanzado más en el conocimiento de la genética y la fisiología del banano, así como en su producción comercial.

Porte. Las *Musas* son hierbas gigantes (Fig. 39.1B). De los tallos subterráneos brotanseudotallos aéreos, formados por las bases envolutas de las hojas, por cuyo centro crecen los ejes florales. El tallo subterráneo se compone de cormos o rizomas cortos, de crecimiento apical.. El primer cormo desarrolla unseudotallo aéreo y un eje floral, y subterráneamente una o más yemas, que a su vez se desarrollan en cormos. La planta crece así en sentido longitudinal o radial, de modo que en torno al primerseudotallo hay varios menores, chupones, hijos o brotes, de diversas formas y edades. Uno o más de ellos producirán flores cuando el primer tallo se seque y desintegre: otros se mantendrán sin desarrollarse y son los "hijos de agua", que se eliminan en el cultivo. Estos chupones se diferencian por el follaje; los que producen frutos llevan hojas angostas al principio, de láminas muy reducidas y luego hojas normales y racimos florales; los segundos sólo tienen hojas cortas y no llegan a florecer.

Las *Musas* son así macollas más o menos compactas, conseudotallos de diferentes edades, y la planta puede alcanzar un gran volumen. El cormo original y sus brotes se secan y desaparecen y nuevos brotes se extienden en todas direcciones. Sin embargo, conforme avanza la formación de nuevas yemas yseudotallos, estos se vuelven más superficiales, hasta producirse arriba del nivel del suelo. En este estado su porte es pobre y caen una vez que alcanzan cierto tamaño. En el cultivo estas condiciones no se presentan pues sólo se deja unas pocas yemas laterales o brotes, y tan pronto el sostén radical y los cormos no logran mantener un crecimiento vigoroso del follaje y del racimo, la macolla se elimina y se reemplaza por otra nueva.

Cormo. El tallo subterráneo del banano ha sido llamado tubérculo, bulbo, rizoma o cormo;

el último término es el más apropiado (Fig. 39.1C). Es una estructura cónica o asimétrica, con el eje central curvo y doblado hacia arriba, formado por muchos entrenudos cortos, marcados por la base o cicatriz de las hojas y escamas que lo atraviesan en gran parte de su anchura.

De los nudos brotan raíces, en grupos de tres o cuatro. En la parte apical del cormo aparecen las hojas, que forman al principio un cono sólido. Nacen de una zona meristemática, la única activa en el tallo, situada en la parte superior y en la que se desarrollan muchas hojas y el escapo floral. Esa zona mide unos tres centímetros a cada lado del punto apical del cormo.

Las yemas que salen del cormo original, destinadas a extender la planta, brotan siguiendo una espiral que se cierra ligeramente hacia arriba. Salen opuestas a una hoja y en los cormos jóvenes la primera tiende a aparecer hacia la base mientras que en los adultos brotan de la parte superior.

La superficie del cormo está cubierta, en estado joven, por la epidermis, que es reemplazada conforme se desarrolla la planta por capas corchosas corticales.

El cormo se compone de la región cortical, más clara, y del cilindro central, oscuro y compacto. La separación de estas dos partes se ve fácilmente al hacer un corte transversal o longitudinal, pues está marcada por una banda más clara, formada por haces vasculares dirigidos en sentido longitudinal. La región cortical es angosta y está recorrida por haces que se dirigen en forma irregular hacia las hojas o al cilindro central, o directamente a las raíces. Tanto en el cilindro central como en la región cortical el tejido básico es parénquima, rico en almidón. Son abundantes también las células cargadas de taninos, que al cortar el cormo se oxidan y le dan un color oscuro y violáceo. Hay también muchos canales de mucílago, que se presentan igualmente en todas las otras partes de la planta.

Los haces vasculares recorren el cormo en forma muy irregular. A menudo un haz que par-

te de una raíz atraviesa el cilindro central y se devuelve hasta conectar con los haces de una hoja del mismo lado de donde partió; otras veces atraviesa el cormo y se conecta a una hoja del lado opuesto. Los haces en el cilindro central se dirigen en dos direcciones: en la parte externa son más o menos horizontales; al centro en cambio siguen una dirección longitudinal.

Raíces. En un cormo bien desarrollado la mayoría de las raíces sale de la parte superior, debajo de la inserción de las hojas, y disminuye en número hacia la parte inferior. Las raíces superiores se extienden en sentido horizontal hasta cinco metros de la planta; las inferiores pueden penetrar hasta 1.5 m de profundidad. Las raíces principales se ramifican en secundarias y éstas llevan en los extremos los pelos absorbentes. La zona principal de raíces absorbentes se localiza en el suelo, de 10 a 15 cm de profundidad, en un radio de unos 25 cm o más del seudotallo.

Las raíces se originan generalmente en grupos de cuatro; son blancas y cilíndricas en sus primeras etapas, de cuatro a ocho milímetros de diámetro con epidermis bien cutinizada. Al avanzar en edad la epidermis es reemplazada por tejidos suberizados más profundos, la exodermis. La región cortical se forma de dos zonas, una externa de parénquima radial, que limita con la endodermis. En el cilindro central aparecen numerosos vasos grandes de xilema y grupos más reducidos de células de floema, rodeados de un tejido uniforme de colénquima. Este último da una estructura fuerte, casi leñosa, al centro de la raíz.

Seudotallo. El seudotallo es la parte aérea de la planta, formado por las vainas envolventes de las hojas. El verdadero tallo aéreo, que se eleva del cormo, termina en la inflorescencia. Ocupa una porción menor del volumen del seudotallo y depende de éste para su soporte.

En corte transversal el seudotallo muestra la disposición de las vainas foliares (Fig. 39.1D), que aparecen como medias lunas compactas, con sus bordes finos ajustados firmemente a las vainas vecinas. Las hojas más nuevas son las inter-

nas, que deben abrirse paso para salir y extender las láminas y se presentan como rollos apretados en el centro del seudotallo.

La forma y tamaño del seudotallo varía según el cultivar: es ligeramente cónico, casi cilíndrico y alcanza hasta cinco metros de altura en 'Gros Michel'; corto, grueso y marcadamente cónico en 'Cavendish enano'.

Tallo floral. Unos ocho a 12 meses después de la siembra, según el cultivar, aparece externamente la inflorescencia al final del tallo floral, órgano que se forma en el ápice del cormo cuando éste ha producido ya una veintena de hojas adultas. Se abre paso por el centro del seudotallo y al crecer hacia arriba desarrolla un escapeo floral cilíndrico, grueso, de cinco a nueve centímetros de diámetro, blanco y con nudos de los que salen unas 15 hojas. Este follaje se mantiene activo durante el crecimiento del racimo, cuando ya las primeras hojas se han secado. Los entrenudos del escapeo floral son más cortos hacia la base y llegan a alcanzar hasta 1.20 m en la parte superior, inmediata al racimo.

La estructura del eje floral es simple. La epidermis es lisa y blanca donde está envuelta por el seudotallo, cubierta de pelos finos y verdes en la parte externa. Los tejidos corticales son muy angostos. El cilindro central ocupa el mayor espacio y está formado por parénquima rico en almidón, recorrido por canales de látex. A menudo hay lagunas en la sección central. Los haces vasculares son finos y están distribuidos por todo el tallo; carecen de las fibras fuertes que los acompañan en las hojas y por eso el escapeo floral es incapaz por sí de mantenerse erecto. Tan pronto cesa de tener el sostén del seudotallo se inclina hacia abajo por el peso de la inflorescencia.

Hojas. Las hojas del banano se forman de cuatro partes: vaina, pecíolo, lámina y apéndice (Fig. 39.1E), cuyo desarrollo varía según la edad, orden de aparición de la hoja y ciclo de vida de la planta. En las primeras hojas, como puede observarse en los brotes o hijos, la vaina es la parte más extensa; el pecíolo es reducido y la lámina una superficie angosta a ambos lados del nervio

central, que termina en un apéndice largo y bien desarrollado. Una hoja desarrollada en la planta adulta, en cambio, tiene la vaina larga y envolvente, que forma parte delseudotallo; el pecíolo es largo y semicilíndrico; la lámina puede alcanzar hasta cuatro metros de largo por 0.5 m de ancho, y el apéndice es una prolongación filiforme, de poca área, que cae poco después de abrirse la hoja. El cambio en forma de las hojas puede observarse en el mismoseudotallo y responde al ciclo de vida de la planta; como en las primeras etapas la planta depende de las reservas del cormo y de la absorción por las raíces, las áreas foliares son de poca extensión. Más adelante necesita una gran superficie fotosintética para la formación de flores y frutos.

La vaina es la parte inferior y envolvente de la hoja. Es más ancha hacia la base y se angosta progresivamente hacia arriba, donde termina en el pecíolo. En corte transversal (Fig. 39.1F) aparece en forma de media luna, de 10 a 20 mm de ancho en el centro, adelgazándose hacia los lados. Se forma de dos paredes: la externa, convexa y más gruesa, de parénquima, en la que se hallan hacia el exterior una o dos hileras de fibras que forman el soporte de la vaina; también hay numerosos canales de mucilago. La pared interna es más delgada, constituida de parénquima y fibras aisladas. Entre ambas, ocupando el espacio mayor, se hallan cámaras de aire formadas por tabiques radiales que van de la pared interna a la externa y que forman así largos canales longitudinales. Estos están interrumpidos por tabiques horizontales más delgados, que dividen a los canales longitudinales en cámaras en forma de prismas rectangulares. En los tabiques radiales se encuentran los haces vasculares; se forman de xilema, colocado hacia la cara inferior de la vaina, compuesto por numerosas traqueidas y uno o dos vasos de gran tamaño que a veces alcanzan hasta un centímetro de largo. El floema contiene numerosos vasos y, como el xilema, está rodeado por un borde de colénquima. Ambas caras de la vaina están cubiertas por epidermis fuertes y brillantes; en la externa hay numerosos estomas.

El pecíolo es acanalado y en corte transversal mantiene la forma de media luna característica de la lámina, aunque es proporcionalmente más grueso. Los tejidos externos se forman de la epidermis, dura y recubierta de cera, debajo de la cual está la hipodermis, constituida por una capa de células alargadas en sentido radial y de otras capas de células isodiamétricas. En esta zona hay haces vasculares en abundancia, delgados y con cordones de fibras, que constituyen el tejido de soporte. Los tabiques que atraviesan el pecíolo no van de una cara a la otra como en la vaina, sino que están interrumpidos por una pared mediana. La cara interna está formada por hipodermis con unos pocos haces vasculares y epidermis de superficie lisa.

La lámina de la hoja del banano es una de las superficies fotosintéticas más grandes que se conoce. Puede llegar a medir hasta cuatro metros de largo por uno de ancho. Su forma general es ovado-oblonga, con el ápice obtuso y un lado ligeramente mayor que el otro. Esta irregularidad es notable en 'Cavendish', se debe a la forma en que se arrolla la hoja antes de abrirse. La mitad derecha de la hoja, vista de frente, se arrolla sobre sí misma y se acomoda en la cavidad del nervio central (Fig. 39.1F). La parte izquierda se arrolla sobre la derecha y sobre el nervio, formando en conjunto un cilindro compacto. Por este arreglo la mitad izquierda se extiende más abajo en el pecíolo y su área es ligeramente mayor que la derecha. La última hoja, que se desarrolla inmediata al racimo, es de forma diferente de las anteriores: es más ancha y de corta duración.

El nervio central es la continuación del pecíolo y no presenta cambios especiales en su estructura. En la parte inferior es semicircular, plano en la superior. En lado superior de la lámina tiene a ambos lados un borde pulvinar, formado de parénquima, cuya función es permitir que la lámina se doble hacia abajo en horas de calor y que tome una posición horizontal durante la noche o en tiempo oscuro. Esta estructura reduce

las pérdidas de agua por transpiración, pues los estomas, situados principalmente en la cara inferior, quedan así protegidos de la luz directa.

Del nervio central parten en ángulo muy obtuso los nervios laterales. Estos forman en la base una curva ascendente, luego van rectos en el centro de la lámina y a cierta distancia del borde doblan hacia arriba. La disposición de los nervios laterales respecto al central determina que la lámina, aún joven, se divida en bandas transversales, disminuyendo así la presión del viento contra la hoja entera. Esta división en segmentos funciona en forma similar a las hojas pinnadas de las palmeras.

La estructura interna de la lámina muestra (Fig. 39.1G) la epidermis superior cubierta en su lado externo por paredes muy gruesas, con enclaves profundos de cutina. Luego viene un tejido acuoso, formado, por lo general de dos o más filas de células. El mesofilo está constituido por parénquima rico en cloroplastos, interrumpido por los nervios laterales, haces vasculares y cámaras de aire. En el lado inferior el tejido acuoso se compone de una sola capa de células. La epidermis inferior tiene muchos estomas y en las hojas jóvenes está cubierta de una capa de cera en forma de diminutos bastoncitos, el que en las hojas maduras disminuye y forma masas irregulares.

El apéndice es una prolongación del nervio central de la lámina. Este órgano permite a la hoja nueva abrirse paso por el seudotallo, pues es cónico y de punta muy delgada. Una vez que la lámina está fuera se marchita y cae rápidamente.

Inflorescencia. El eje de la inflorescencia es la continuación del escapo floral. En él las hojas están reemplazadas por brácteas; las tres a cuatro primeras, más grandes, no recubren ninguna flor. Las siguientes salen de la parte superior de los cojines florales y son caedizas; al extremo de la inflorescencia forman una masa compacta y permanente, la "bellota". Las brácteas son hojas transformadas; en algunos casos anormales aparecen en su ápice prolongaciones semejantes en color y estructura a las láminas foliares.

El eje de la inflorescencia es cilíndrico en la parte superior y aristado en el resto. Las "manos", cojines o glomérulos florales aparecen en la mayoría de los cultivares en grupos aislados o en una espiral continua a manera de un tornillo en algunos plátanos africanos. El ángulo de divergencia de una mano a otra varía de 125 a 130 grados y disminuye hacia el ápice del racimo.

Cada grupo de flores o "mano" subtendidas por una bráctea se forma de dos filas de flores o "dedos" cuatro a ocho por fila, colocados en posición alterna los de una fila con la siguiente. Los dedos o flores están al principio adheridos al eje de la inflorescencia, luego se abren, se separan y crecen en ángulos divergentes.

Las flores son de tres clases: pistiladas, en las manos superiores; neutras en varios cojines centrales, y estaminadas en la parte terminal del racimo. Este orden no es absoluto; puede decirse más apropiadamente que la tendencia de la sexualidad en *Musa* es a la intensificación de los elementos femeninos en la base del racimo y su disminución hacia el ápice.

Flores. El perianto se forma de dos tépalos. El mayor está compuesto de cinco piezas soldadas, alternas, tres grandes y dos pequeñas; es envolvente, largo, entero o dividido al ápice en cinco partes, fuerte y grueso, amarillento o rojizo hacia el extremo según el cultivar. El tépalo menor, opuesto y envuelto por el primero, es mucho más corto y ancho, delgado y casi transparente (Fig. 39.1H).

El ovario es un cuerpo alargado y angosto en la base, por lo común curvo, con tres lados en los dedos externos de las manos y cinco en los centrales. El ápice es plano y ancho, y en él se inserta el perianto, pistilo y estambres, en esta parte hay néctar en abundancia que fluye de la base de la corola y atrae muchos insectos. El ovario es trilocular, con óvulos en dos filas longitudinales en los bananos, como 'Gros Michel', con cuatro en los plátanos como 'Maqueño'.

En las flores pistiladas (Fig. 39.1J) hay unos pocos estambres reducidos, de anteras no funcionales. El pistilo en cambio está bien desarrollado

y termina en un estigma globoso, ancho, dividido en cinco a 10 lobos.

Después de las flores pistiladas que ocupan las manos superiores del racimo y que forman frutos hay, por lo común, una zona de flores neutras o hermafroditas. En éstas el ovario es corto y no se desarrolla, y con frecuencia los estambres son funcionales. En otros casos se pasa directamente de la banda de flores pistiladas a la de estaminadas.

Las flores estaminadas (Fig. 39.11) tienen de cinco a seis estambres, a veces cinco estambres, un estaminodio y un pistilo no funcional.

Fruto. El fruto se desarrolla de los ovarios de las flores pistiladas por el aumento en volumen de las paredes de las tres celdas del ovario, en particular las opuestas al eje central, que rellenan por completo la cavidad de los lóculos. Los óvulos abortan y se ennegrecen y al mismo tiempo los tejidos del pericarpo se engruesan. La actividad de los canales de látex disminuye poco a poco, cesando por completo en el fruto maduro (Fig. 39.1K).

Hay también cambios notables en la posición del fruto. En los 'Gros Michel', por ejemplo, los ovarios de las flores pistiladas están originalmente dirigidos hacia abajo; luego se colocan hacia afuera, en posición horizontal, y finalmente los frutos maduros crecen hacia arriba. En ciertos plátanos la posición final es más o menos horizontal y los dedos crecen torcidos.

La forma del fruto varía según el cultivar. El color es una característica clonal; predomina el amarillo, aunque hay tipos de frutos rojos bronceados o listados de amarillo y verde. En el fruto maduro se separan con mayor o menor facilidad, según el cultivar, los tejidos externos o pericarpo, de los tabiques engrosados del ovario. Es característico de algunos cultivares que la cáscara reviente en la madurez dejando ver la pulpa.

La cáscara o pericarpo del banano se compone del epicarpo, representado por la epidermis, de células con paredes externas duras y brillantes. En el mesocarpo se distingue la zona externa, coloreada, con fibras y haces vasculares. La más

interna, de parénquima incoloro y más suelto, está rellena como la anterior de almidón y en ella hay abundantes células con taninos. En el corte transversal aparecen muchos haces vasculares, como puntos de color más claro sobre el fondo blanco del parénquima. El endocarpo está representado por células de paredes delgadas, radiales, que en la madurez permiten separar la cáscara de la parte central de la fruta.

La parte comestible que resulta del engrosamiento de las paredes del ovario es una masa de parénquima cargada de azúcar y almidón. En la madurez no hay células activas de taninos, ni tejidos fibrosos. Al centro aparecen las placentas y óvulos ennegrecidos y suaves. Los tres lóculos que forman el ovario se pueden separar longitudinalmente por sus planos de unión. Detrás de cada lóculo e inmediato a la cáscara se encuentra un surco fino longitudinal, que corresponde a cada uno de los tres haces vasculares principales.

El fruto maduro contiene de 12 a 16 % de azúcares; en almidón varía del 10 a 18 % en los plátanos y alrededor del seis por ciento en los bananos. Es bajo en proteínas, pues no contiene más del dos por ciento; en cambio es rico en vitaminas y minerales.

Cultivares. No existe una lista completa de los cultivares de bananos y plátanos; sobre los primeros se ha hecho estudios detallados de los cultivados para exportación. Los plátanos constituyen un grupo menos conocido, aunque en América Latina y África tropical son de la mayor importancia en la alimentación local.

'Gros Michel' o 'Roatán' (AAA) es un clon originario de Malasia, cuyo cultivo se extendió por los trópicos americanos, y hasta hace pocos años era el banano de mayor producción: los frutos son grandes y mameionados en el ápice. Por el tamaño del racimo y del fruto, y sus características de sabor y textura, se le ha reconocido como el tipo por excelencia para comer como fruta. Su cultivo disminuye rápidamente debido a su alta susceptibilidad a la enfermedad de Panamá.

'Cavendish Enano' y 'Valery' (AAA) son los bananos comerciales que están reemplazando al 'Gros Michel' por su tolerancia a la enfermedad

de Panamá. Sus frutos son grandes, de ápice más redondo que el anterior y de calidad comparable. El 'Cavendish Gigante' se llama así no porque su tamaño sea extraordinario sino por comparación con el 'Cavendish Enano', que es más conocido; el último se produce actualmente en Centroamérica, Brasil, Colombia y Ecuador.

'Congo' y un clon comercial llamado impropriadamente 'Lacatán' en Centroamérica, pertenecen también al grupo 'Cavendish'. Estos y 'Gros Michel' son triploides, originarios de *Musa acuminata* (AAA). Los 'Guineos', 'Tafetán' y otros forman un grupo de clones que posiblemente pertenezcan también al grupo de AAA. Son utilizados por sus frutos cortos y amarillos, muy inferiores al 'Gros Michel', y se consumen verdes y cocinados o frescos en la madurez; sirven corrientemente para la fabricación de vinagre y la alimentación de cerdos.

Otros bananos de comer como fruta fresca son 'Mysore', de India, de frutos grandes y de sabor ácido y agradable; es inmune a la enfermedad de Panamá y de alta resistencia a enfermedades foliares. 'Manzano' o 'Silk' es de frutos pequeños, con cáscara que se abre fácilmente, de sabor agrídulce. 'Pome' y 'Maoli', llamado en América tropical 'Pampo', son de menor importancia.

Hasta ahora, los cultivares de bananos y plátanos han sido el producto de cruces o mutaciones naturales. Sin embargo, en la última década, se han obtenido cultivares del tipo AAAB mediante cruces entre diploides AA y triploides AAB, que por los caracteres de calidad del fruto y por la resistencia a enfermedades como la sigatoka negra, son de mucha promesa.

Los plátanos se originaron de cruces entre *M. acuminata* y *M. balbisiana*, cuyas fórmulas son AAB o ABB. En el primer grupo AAB se distinguen los que tienen racimos con un buen número de frutos pequeños, como 'Dominico', 'Negrito', 'Truncho', 'Maqueño', y los que tienen racimos con pocos frutos muy grandes: 'Liberal', 'Curare', 'Hartón'. En el 'Liberal' se presenta una mutación enana, de tallo corto y frutos normales,

el 'Plátano Enano'. En el grupo ABB está el clon 'Bluggoe', que recibe en América tropical diferentes nombres: 'Mafalo', 'Cuatrofilos', 'Chamalucó' y 'Cachaco', de frutos medianos que se comen cocinados, verdes o maduros.

BANANOS FEI

Este grupo de cultivares pertenece a la serie AUSTRALIMUSA, y se diferencia de los otros bananos por el crecimiento erecto del racimo, la savia roja a amarillenta, y por tener $2x:10$, como las otras especies de esta serie. Se encuentran desde Nueva Guinea, donde crece silvestre una especie, *M. maclayi*, que parece ser su antecesor, hasta las islas Marquesas y Hawai. Los frutos son gruesos y cortos, anaranjados en algunos cultivares, con pulpa harinosa y poco azucarada, a menudo con semillas, y sólo se comen asados o cocidos.

Es un grupo de cultivo antiguo y domesticación independiente.

ABACÁ, *Musa textilis*

El abacá fue un cultivo de cierta importancia en Filipinas y América Central hasta fines de la última Guerra Mundial, por su uso en cordelería marina, en lo que ha sido reemplazado por fibras sintéticas. Las fibras, que se obtienen del seudotallo, están entre las más resistentes de las fibras vegetales. Actualmente tienen una utilización reducida en fabricación de papel, bolsas para té y otros usos.

ENSETE, *Ensete ventricosum*

El ensete crece en las tierras altas de África Oriental, pero se cultiva sólo en Etiopía. Es de porte semejante a los bananos, pero con el tronco corto y grueso y las hojas erectas. Los frutos contienen numerosas semillas y no son comestibles.

La parte útil es elseudotallo y los cormos, que se cortan para extraer la pulpa, la cual se deja fermentar por meses, y la harina que queda después de lavarla, se usa para sopas y panes.

ZINGIBERÁCEAS

La familia de las Zingiberáceas es estrictamente tropical e incluye varias especies que contienen aceites en los rizomas o semillas usados para agregar un sabor picante y agradable a alimentos y bebidas. Las más importantes son: jengibre, cardamomo, granos del paraíso y cúrcuma. Muchas Zingiberáceas se cultivan como ornamentales.

Las plantas consisten de un tallo subterráneo, rizomatoso, del que se levantan brotes aéreos foliares y floríferos, separados en ciertas especies; en otras la inflorescencia es terminal en los tallos con hojas. Las flores son complejas y se caracterizan por un elemento notorio, el labelo, que es un estaminodio petaloide. Numerosas Zingiberáceas son cultivadas como ornamentales, por el follaje: *Alpinia sanderae*, *Kaempferia rotunda*; por las flores, *Costus speciosus*, *Curcuma roscoeana*, *Hedychium coronarium*, o por las inflorescencias de brácteas vistosas: *Alpinia purpurata*, *Ettingera elatior*, *Zingiber spectabile*.

JENGIBRE, *Zingiber officinale*

Origen. El jengibre es originario del área indomalaya. No se conoce en estado silvestre y su cultivo es muy antiguo, especialmente en China; en Europa fue conocido desde la antigüedad por griegos y romanos.

La producción comercial en épocas recientes es importante, especialmente en Jamaica, que da la mejor calidad. Como especia para consumo doméstico es común en todos los países tropicales.

Porte. La planta de jengibre se forma de un rizoma subterráneo del que parten vástagos aé-

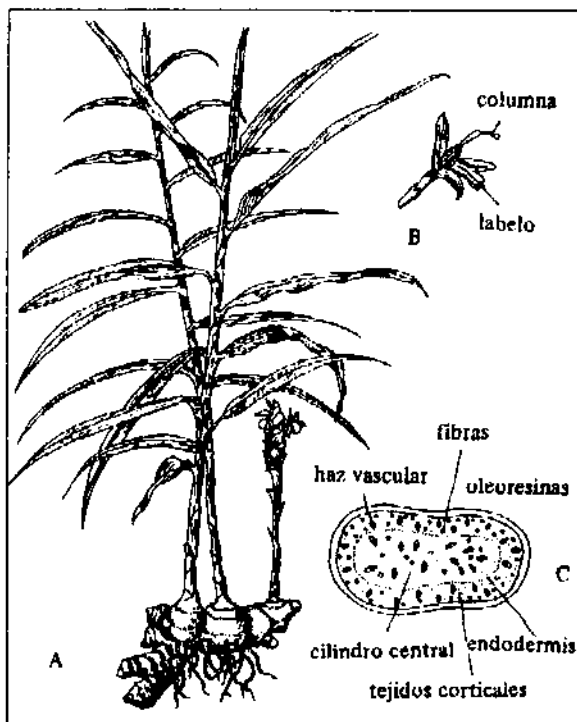


Fig. 39.2. *Zingiber officinale*. A, porte. B, flor. C, corte transversal del rizoma.

reos en posición oblicua, cubiertos por las vainas envolventes de las hojas (Fig. 39.2A). La planta alcanza hasta un metro de alto; el follaje es de color verde pálido característico. La hoja tiene una vaina envolvente que termina en una lígula pequeña; el pecíolo es muy corto y la lámina, lanceolada y muy aguda al ápice, mide de 12 a 22 cm de largo y 1.5 a 2.5 cm de ancho. Las hojas están bien espaciadas en el tallo aéreo, se colocan en posición horizontal en la parte inferior y oblicuamente en la superior, con lo que aprovechan la mayor cantidad de luz.

En el jengibre normalmente hay un tallo sin hojas que lleva la inflorescencia, aunque en ocasiones sucede que un tallo foliar corriente produce una inflorescencia en el ápice. El tallo floral es un vástago de 10 a 30 cm de largo por un centímetro de diámetro, cubierto de brácteas en su parte inferior; en el ápice lleva una espiga cónica, de cuatro a seis centímetros de largo, forrada por

brácteas compactas. La espiga tiene numerosas flores, de las cuales se abren una o dos cada día. La flor está rodeada por dos brácteas, una anterior, grande, ovoidea, verde claro con el borde amarillento, y otra posterior más pequeña. La flor del jengibre es asimétrica (Fig. 39.2B).

El cáliz tubular y corto se divide en tres dientes. La corola, cilíndrica en la base, se abre arriba en tres pétalos oblongos, uno superior y dos laterales. Los estambres salen del tubo de la corola; dos se han convertido en estaminodios pequeños; un tercero forma el estambre fértil y los otros dos se unen formando el labelo, que es la parte más notable de la flor. El estilo sale por un canal que atraviesa el estambre fértil y termina en un estigma largo y curvo; el ovario es de tres celdas.

Rizomas. Los rizomas del jengibre son tallos monopodiales, hasta de 50 cm de largo, achataados, enteros o divididos como los dedos de la mano. Tienen nudos prominentes, que son las bases de hojas escamiformes; del lado inferior en los rizomas viejos salen abundantes raicillas.

Un corte transversal (Fig. 39.2C) muestra que el rizoma se forma de tres partes esenciales: capas de corcho, región cortical y cilindro central. Las capas de corcho son producidas en la hipodermis y forman de cuatro a ocho estratos de células de parénquima, alargadas en sentido tangencial, que se renuevan constantemente y dan el aspecto seco y corchoso característico del jengibre. Esta capa se remueve al preparar el producto comercial. La región cortical está constituida por un tejido básico de parénquima, que aparece como una capa más oscura y grisácea, en contraste con el cilindro central que es amarillento. En los tejidos corticales hay muchas células que contienen oleoresinas, que aparecen como cuerpos elipsoides u ovoides rellenoando casi todo el espacio celular. Hay también haces vasculares, los externos menos desarrollados y los internos con una banda extensa de colénquima.

El cilindro central está separado de los tejidos corticales por la endodermis, que aparece co-

mo una banda más clara cuyas células no contienen almidón. En el cilindro central el tejido básico es parénquima, rico en almidón; los granos de oleoresinas son también abundantes. Hay numerosos haces vasculares, la mayoría de ellos con bandas de colénquima que al secarse el rizoma aparecen como fibras suaves.

El sabor picante del jengibre se debe a resinas y el aroma a aceites. Además de almidón los rizomas contienen hierro, fósforo y ácido ascórbico en cantidades apreciables.

Variación. La propagación vegetativa es la regla en el jengibre, ya que casi nunca produce semilla. No hay diferencias morfológicas aparentes en el material de siembra pero sí existen en rendimiento entre clones de diferente procedencia.

En el comercio el jengibre se clasifica por la calidad del rizoma, que resulta de factores intrínsecos y de su preparación para el mercado. Para conservas se recoge rizomas jóvenes, y como especia los maduros, que están de recoger cuando se seca el follaje.

CARDAMOMO, *Elettaria cardamomum*

Los frutos aún no completamente maduros de esta especie se venden en el comercio por sus semillas de sabor picante y aromático, usadas en pastelería y en la elaboración de dulces y licores; en Asia se usan como masticatorios. La producción comercial de cardamomo está localizada principalmente en las tierras húmedas y cálidas de India, Sri Lanka, Guatemala y El Salvador.

Porte. Las especies de *Elettaria* son hierbas altas, con rizomas duros y bien ramificados (Fig. 39.3A). Las raíces fibrosas se extienden hasta un metro de los rizomas. Los tallos aéreos son de dos tipos: foliares, cañas suaves de uno a tres metros de alto, envueltas por las vainas de las hojas; y floríferos, más delgados, de 50 a 90 cm de largo, rastreros o semirastreros, muy ramificados, sin hojas pero con brácteas grandes en los nudos y numerosas inflorescencias.

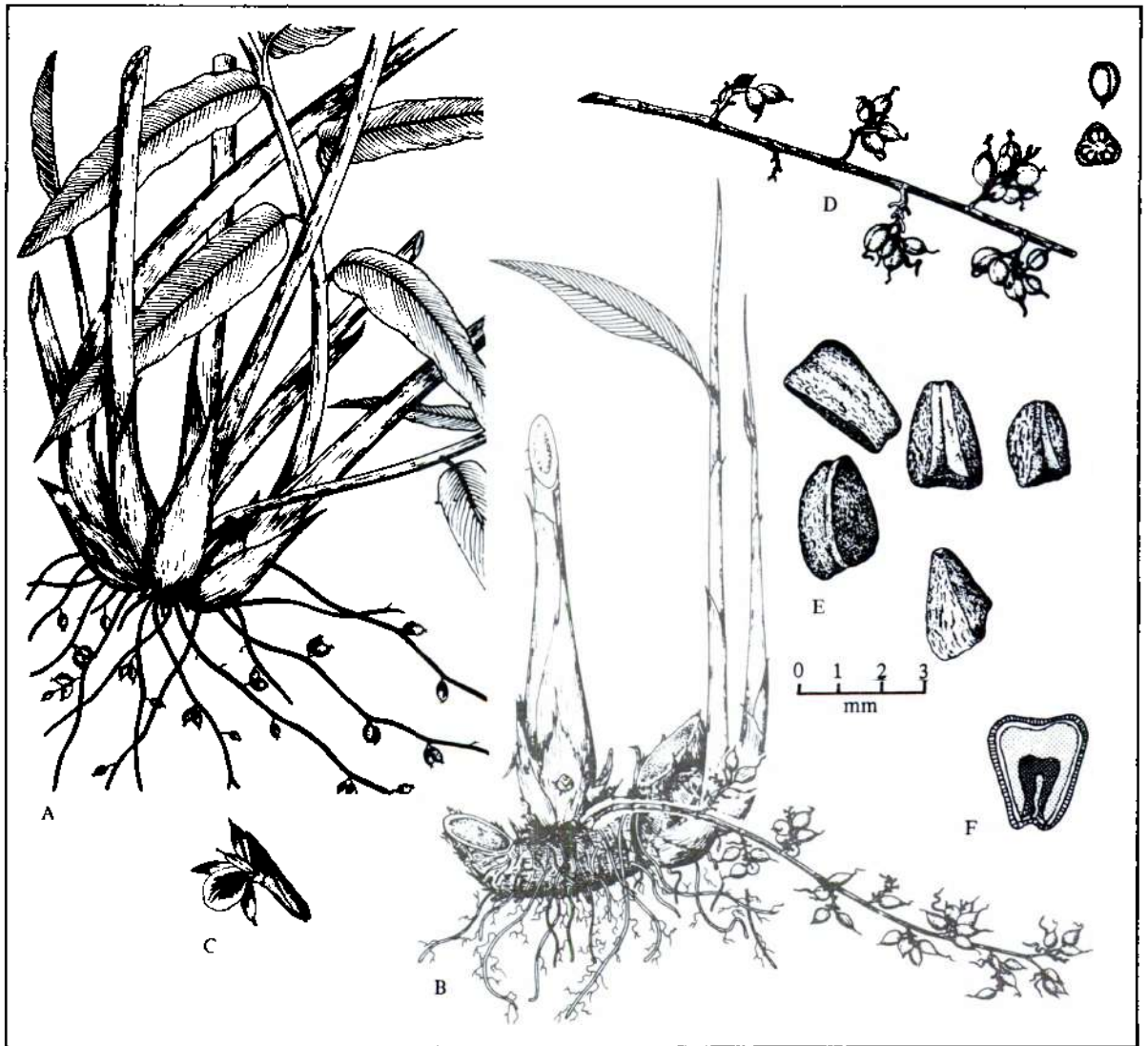


Fig. 39.3. *Elettaria cardamomum*. A, porte. B, rizoma, brotes aéreos y racimo de frutos. C, flor. D, frutos y corte transversal. E, semillas. F, corte longitudinal de una semilla.

Las hojas lanceoladas de bordes doblados están recubiertas de pubescencia fina en la cara inferior en algunos cultivares; miden de 25 a 175 cm de largo por 15 a 25 cm de ancho.

Las flores (Fig. 39.3C) aparecen en los nudos de los tallos. Como en las demás especies de esta

familia, son irregulares: el cáliz verde, de unos 3 mm de largo, es tubular y termina en tres dientes anchos. La corola es cilíndrica y delgada en la base y se abre en tres pétalos angostos, verduscos y de un centímetro de largo. La parte más llamativa de la flor es el labelo, un estaminodio trans-

formado en pétalo, espatulado, con bordes finos y ondulados, de 1.5 cm de largo, blanco con líneas purpúreas que salen de la base. En el medio de la flor hay un estambre, por cuyo centro pasa el pistilo, formando una sola columna.

Fruto y semilla. El fruto del cardamomo es una cápsula oblonga, de uno a 2.5 cm de largo, con tres lados más o menos marcados y terminada en un ápice corto y curvo (Fig. 39.3D). En la madurez se torna amarillo y se abre en tres valvas. Para obtener el producto comercial se recogen los frutos antes de que maduren, a fin de que las semillas fermenten dentro del mismo fruto, luego se secan al sol, se someten a un proceso de lavado y se empacan para el comercio. El corte transversal del fruto muestra que la cáscara se forma de una epidermis fuerte y lustrosa, de mesocarpo y endocarpo carnosos constituidos por parénquima con numerosos cristales de oxalato de calcio y depósitos de resinas. El fruto se divide por tres tabiques en otras tantas celdas (Fig. 39.3D).

Las semillas (Fig. 39.3E) pequeñas, piramidales, de uno a dos milímetros de largo, negras y de superficie irregular, están cubiertas por un arilo delgado formado por tres capas de parénquima. Debajo de la epidermis está la capa de células grandes que contiene los aceites amarillos que le dan el aroma y sabor picante característicos. Como el aroma de las semillas se pierde fácilmente, los frutos se mantienen sin abrir hasta que se utilicen las semillas.

Variedades. Se conoce pocos cultivares comerciales: 'Ceilán', caracterizado por el tinte rosado de la base de los tallos y semillas numerosas pero poco aromáticas; 'Malabar', de tallos verdes, mayor crecimiento, hojas más finas que el anterior y pubescentes en el reverso, con ramas floríferas que se arrastran por el suelo; 'Misoré', plantas muy robustas con tallos floríferos erectos y de hojas lisas en el reverso; lleva de tres a cinco frutos cada racimo. Este cultivar puede crecer bien hasta 900 m de altitud.

CÚRCUMA, *Curcuma longa* (*C. domestica*)

La cúrcuma es originaria de India, donde es de uso muy antiguo como medicinal, especia y tintórea. Los rizomas contienen curcumina, una sustancia colorante que forma cristales anaranjados y aceites esenciales de olor picante. El uso de *C. longa* es muy común en Asia en la preparación de curries así como para colorear el arroz, al cual le agrega algunas vitaminas. La utilización en otras regiones tropicales es menor, por la competencia de otros colorantes, como *Bixa orellana*.

Porte. *Curcuma longa* es una hierba hasta de un metro de alto (Fig. 39.4A). El tallo subterráneo es un rizoma muy ramificado, del que salen numerosas raicillas. En la misma planta se pueden encontrar rizomas viejos, más o menos aplanados y divididos como dedos; rizomas maduros, fusiformes y succulentos, llamados a veces bulbos, que son los que dan un mejor producto y brotes nuevos o retoños, blancuzcos y delgados. En esta especie los tallos aéreos no están bien desarrollados; brotan entre las hojas y llevan un eje floral corto.

Las hojas son grandes y suaves, de un verde claro típico, con la base ancha y envolvente y el pecíolo largo y acanalado. La lámina elíptica mide de 20 a 90 cm de largo por cinco a 12 cm de ancho, y como es característico de la familia tiene un nervio central del que parten oblicuamente los nervios laterales.

El tallo floral mide de cinco a 20 cm de largo (Fig. 39.4B) y está en gran parte cubierto por las hojas; por entre los pecíolos de éstas aparece la inflorescencia, cuyas partes más visibles son las brácteas grandes y verdosas que salen de la base de las flores y miden hasta cinco centímetros de largo; con frecuencia las brácteas superiores adquieren un tinte rojizo. Cada bráctea cubre dos flores, que no se abren simultáneamente. El cáliz es tubular y corto y la corola se compone de tres

pétalos triangulares. De los tres estaminodios el más notable es el labelo, blancuzco con una mancha amarilla al centro; el estambre fértil y el estilo están unidos en una columna.

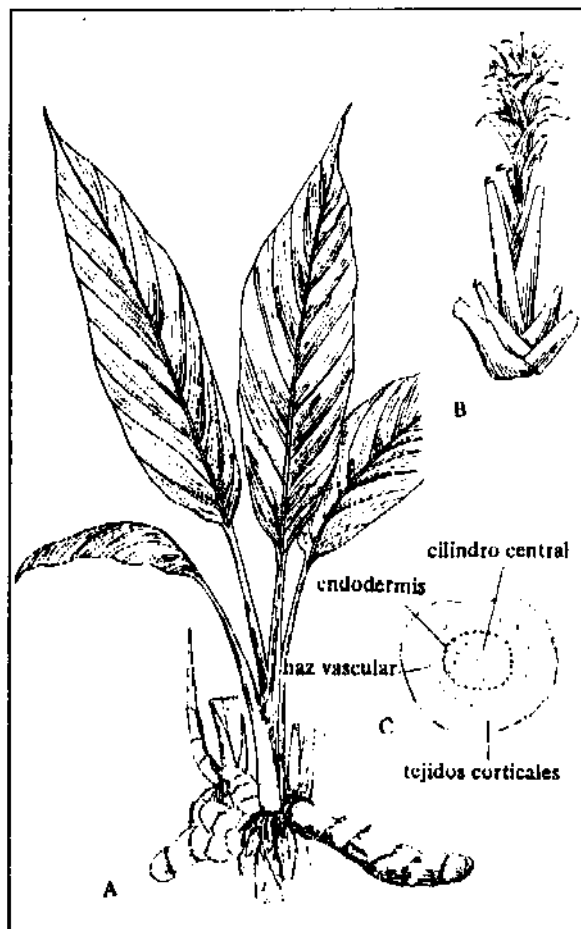


Fig. 39.4. *Curcuma longa*. A, porte. B, inflorescencia. C, corte transversal del rizoma.

Rizomas. Los rizomas son aplanados o cilíndricos, ramificados o digitados, con nudos bien marcados que representan la inserción de las escamas; el color externo varía de grisáceo a amarillo. En el corte transversal se distingue tres secciones bien marcadas (Fig. 39.4C): la epidermis y tejido subyacente, formado por cerca de ocho ca-

pas de células comprimidas que dan una apariencia corchosa a la superficie del rizoma; los tejidos corticales de color amarillo claro, formados por parénquima en el que se distingue dos clases de haces vasculares, unos más grandes que forman un círculo interrumpido y otros menores, dentro y fuera de ese círculo; finalmente el cilindro central, de parénquima amarillo más oscuro que la sección cortical, recorrido por haces vasculares finos sin orden alguno.

El color del rizoma es dado por los pigmentos que aparecen como esferitas o cuerpos elipsoidales que rellenan las células, a veces por completo, otras adheridas a las paredes, en forma de granos largos y agudos. Sólo las células que rodean los haces vasculares carecen de pigmentos. Hay también canales de resinas, tanto en la parte cortical como en el cilindro central.

La cúrcuma es originaria del archipiélago indomalayo. Es una especie triploide, desconocida en estado silvestre. Es posible que la primera utilización de la cúrcuma fuera como tinte para piel o telas de algodón a las que da un hermoso tono amarillo que no es permanente. En varias regiones de Asia se usa aún como tinte para fines ceremoniales y de ella se obtiene también un colorante que se emplea en los laboratorios en el papel de cúrcuma.

ZEDOARY, *Curcuma zedoaria*

Originaria de India y Malasia, donde se cultiva como la especie anterior por los rizomas, es de pulpa amarilla, olor agradable y sabor picante. Son de alto contenido en almidón, que se extrae en India para usarlo en la alimentación de niños y enfermos. La planta alcanza hasta 1.5 metros de alto, con tallos foliares que llevan hojas grandes hasta de 40 cm de longitud y tallos floríferos separados.

Otras especies, *C. amada*, *C. mangga*, *C. xanthorrhiza*, se cultivan en India por los rizomas aromáticos usados como especia o para fines medicinales.

GRANOS DEL PARAÍSO, *Aframomum melegueta*

Las semillas de ésta y otras especies de *Aframomum* sirven como especias por su sabor picante mientras que los frutos se mastican como estimulantes. En Europa se usaron las semillas para mezclarlas a licores y vino pero esta práctica desapareció hace siglos; actualmente tiene un consumo reducido en medicina veterinaria.

Aframomum melegueta, originaria de Africa Occidental y cultivada en Surinam y Guyana, es una planta perenne, hasta de dos metros del alto, con tallos florales y floríferos separados que salen de rizomas cortos. Las hojas sésiles y angostas llegan hasta 25 cm de largo. Los tallos florales son muy cortos, hasta de 15 cm de alto, con varias flores cubiertas por brácteas rojizas. Los frutos elipsoidales a ovoides, de cuatro a nueve centímetros de largo y lisos, amarillos o rojizos, tienen el pericarpo blanco, suave y comestible, y numerosas semillas café oscuras de tres a cuatro milímetros de largo, con la superficie granulada. La semilla contiene aceites aromáticos, picantes y almidón.

GALANGAL, *Alpinia galanga*

Se encuentra de India a Malasia, y es cultivado por los rizomas, útiles como especia y para usos medicinales. Los rizomas contienen galangol, un aceite volátil y picante y las semillas son usadas como las del cardamomo. La planta mide hasta dos metros de altura y lleva inflorescencias terminales en tallos con hojas. Los rizomas amarillos son usados directamente en las comidas. *A. officinarum*, de China, tiene mayor contenido de aceite en los rizomas que *A. galanga*. Otras especies del género y de géneros afines como *Kaempferia*, *Ammomum* y otros, son utilizados en Malasia con fines medicinales o alimenticios.

CANNÁCEAS

Esta pequeña familia tropical se caracteriza por su porte herbáceo, con tallos subterráneos permanentes y vástagos aéreos envueltos por las hojas. Las flores son zigomorfas y vistosas, con los estambres transformados en estaminodios petaloides, uno de los cuales lleva la antera fértil.

Entre las Cannáceas hay muchas de valor ornamental. *C. edulis* de América del Sur se cultiva como forrajera y por el almidón y azúcares que contienen sus cormos.

ACHIRA, *Canna edulis*

La achira, originaria de los trópicos americanos, se cultiva por sus cormos, que contienen almidón y azúcar, y que se comen asados o cocidos. En Queensland se cultivó para la producción de sagú y como forrajera.

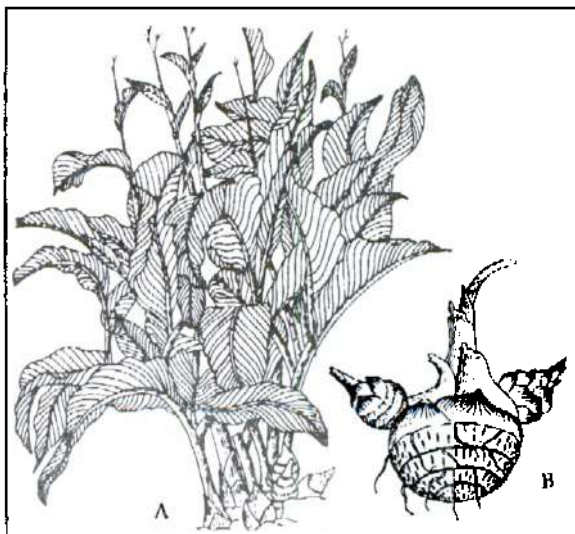


Fig. 39.5. *Canna edulis*. A, porte. B, cormo.

Porte. *Canna edulis* se propaga vegetativamente sembrando un cormo, del que brotan yemas que se desarrollan en cormos de primer or-

den; de estos salen los de segundo orden y así sucesivamente. De los cormos brotan también yemas que se desarrollan en tallos aéreos y forman una macolla compacta, que alcanza hasta dos metros de alto (Fig. 39.5A).

Los brotes aéreos están cubiertos en la base por las vainas envolventes de las hojas, que no alcanzan sin embargo a formar un pseudotallo como en el banano. Los pecíolos son cortos y las láminas elípticas miden de 10 a 70 cm de largo por cinco a 20 cm de ancho. Como en la familia afín de las Musáceas, el nervio central es prominente y de él parten los nervios laterales.

Las flores brotan en racimos al final de un vástago que crece entre la base envolvente de las hojas; cada flor tiene en la base dos brácteas. El cáliz se compone de tres sépalos, de un centímetro de largo. La corola roja tiene tres pétalos delgados de cuatro a seis centímetros de largo. Hay varios estambres petaloides, rojos, que forman la parte más notable de la flor; uno de ellos lleva en el borde las anteras funcionales y otro se transforma en el labelo. Los frutos son cápsulas de tres celdas, con numerosas semillas esféricas.

Cormo. Los cormos que se utilizan en la alimentación tardan de 10 a 12 meses para alcanzar la madurez (Fig. 39.5B). Son esféricos o en forma de trompo, con la base más ancha y miden de cinco a 15 cm de largo por tres a 12 cm de ancho. En la superficie presentan surcos transversales, que marcan la base de las escamas que los cubren. De la porción inferior salen raicillas blancas y cilíndricas y del ápice las hojas y el vástago floral. En corte transversal la estructura del cormo de *Canna* se parece mucho a la del banano. La epidermis está constituida por tejidos fuertes, suberizados en las partes expuestas, frescos y suaves en las que aún están cubiertas por escamas. La región cortical es angosta, más clara y compacta que el resto y pobre en almidón. El cilindro central grisáceo, de parénquima abundante en almidón y azúcar, está recorrido por muchos haces vasculares que aparecen de tono más claro. El cormo contiene hasta tres por ciento de azúcar. Los granos de almidón de *Canna* son de los más grandes, algunos visibles a simple vista.

Se conoce un número muy reducido de clones de achira. Algunos de ellos pueden ser cultivados hasta los 2000 m de altura.

MARANTÁCEAS

Las Marantáceas se distinguen de las otras Escitamiáceas por tener el pecíolo en forma de pulvino bien desarrollado, por la presencia de numerosos estaminodios, un sólo estambre fértil y por el ovario de una a tres celdas con un óvulo en cada una.

Son plantas herbáceas tropicales; dos especies americanas, el arrorruz y el lairén, se cultivan como alimenticias. Hay muchas Marantáceas de follaje ornamental.

ARRORRUZ, *Maranta arundinacea*

Maranta arundinacea suple una de las harinas de mejor sabor y más alta digestibilidad. Es un cultivo americano relativamente nuevo pues no existen pruebas de que fuera conocido al arribo de los europeos. El almidón de los rizomas se utilizó primero como antídoto para el veneno de las flechas. De este primer uso se deriva su nombre en inglés "arrowroot" ("raíz de flecha") del cual se originan el español "arrorruz" y el portugués "araruta". El uso de los tubérculos para obtener almidón se inició posteriormente en las Antillas Menores. El producto comercial se conoce con el nombre de "sagú de San Vicente", por ser St. Vincent, en las Antillas, la principal área productora. El arrorruz se planta en pequeñas cantidades en todos los países del trópico americano, para consumo local, pero hay también una exportación limitada a Europa.

Maranta arundinacea no es conocida en estado silvestre. Se supone originaria del norte de América del Sur y de las Antillas; especies del mismo género, muy afines morfológicamente, se hallan en Venezuela y Brasil.

Porte. *Maranta arundinacea* es una hierba hasta de 1.5 m de alto, en forma de macolla formada por pocos tallos cuyas bases están cubiertas por las vainas envolventes de las hojas (Fig. 39.6A). Como éstas salen opuestas y las vainas son angostas y en forma de quilla, los brotes tienen su base marcadamente aplanada. El tallo verdadero es delgado, cilíndrico, crece en zigzag y termina en una inflorescencia.

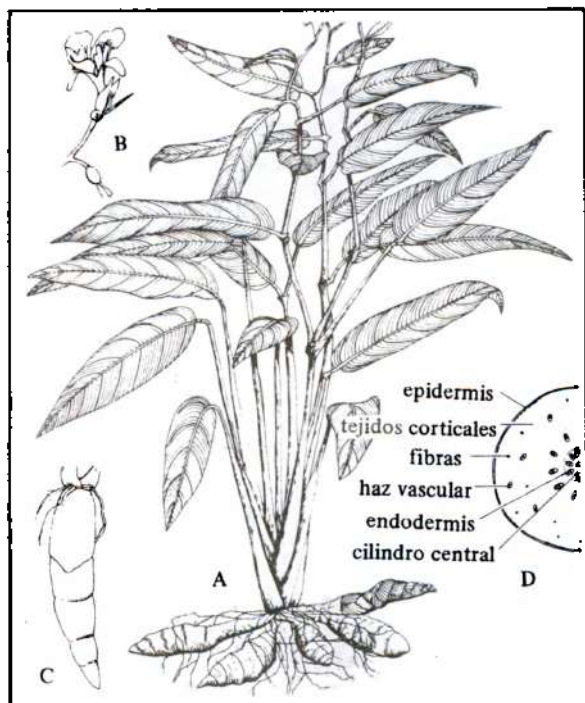


Fig. 39.6. *Maranta arundinacea*. A, porte. B, inflorescencia. C, rizoma. D, corte transversal del rizoma.

Las hojas tienen la base conduplicada y el pecíolo cilíndrico y duro, hasta de 20 cm de largo. En su inserción a la lámina hay un pulvino bien desarrollado. La lámina es lanceolada, de cinco a 30 cm de largo por nueve a ocho centímetros de ancho, verde oscuro en el lado superior, con un nervio central bien marcado del que salen nervios laterales oblicuos. Las láminas se colocan

en distintos ángulos con respecto al pecíolo, pues el pulvino facilita esos movimientos. La sequedad del suelo o las altas temperaturas determinan que las láminas se arrollen para exponer la menor superficie.

La inflorescencia es una panícula de flores escasas y dispersas, arregladas como las hojas, en dos filas en el mismo plano (Fig. 39.6B). Cada flor tiene un pedicelo fino de cuatro a cinco centímetros de largo y lleva una bráctea grande, caediza, de unos cinco centímetros de longitud. El cáliz se compone de tres sépalos verduscos y agudos. La corola blanca, es de forma irregular; está compuesta por tres pétalos unidos en la base en un tubo, dos de ellos terminados en una lámina fina, el tercero en forma de capuchón. Hay un estambre fértil y tres estaminodios petaloides. El estilo es corto y doblado; el fruto es una cápsula elipsoidal, de cinco a ocho milímetros de largo.

Rizoma. La base de la macolla emite muchas raicillas finas y uno o varios rizomas que pueden crecer lateralmente cerca de la superficie o hacia abajo, adquiriendo una forma cónica o cilíndrica, con abundantes tejidos de reserva (Fig. 39.6C). Por fuera son blancos, lisos y brillantes, cubiertos por escamas que se caen pronto. De estos rizomas, que alcanzan hasta 20 cm de longitud y cinco centímetros de diámetro, se obtiene el producto comercial.

El corte transversal (Fig. 39.6D) muestra que la epidermis está integrada por células pequeñas, de paredes externas muy gruesas, que constituyen una protección contra la pérdida de agua o el ataque de insectos. Los tejidos corticales formados de parénquima cargado de almidón ocupan el mayor volumen del rizoma; están además atravesados por fibras y haces vasculares finos. Hacia adentro y muy cerca del cilindro central, aparecen de 10 a 12 haces grandes, distribuidos simétricamente en círculo; el cilindro central está muy bien delimitado y su volumen disminuye en proporción conforme se engruesa el rizoma. Las células de la endodermis contienen muy poco almidón y aparecen como un anillo más claro.

Al centro del cilindro hay haces vasculares, con los vasos del xilema muy desarrollados.

Para preparar el sagú se elimina los tejidos externos y se muele el resto del rizoma. Por decantación se separa el almidón, que es de granos muy finos y tamaño uniforme, se seca y empaqa. Aproximadamente el 20% del rizoma es almidón.

Maranta arundinacea produce semillas, pero su propagación en cultivo se hace por vía vegetativa. Por lo común se deja en el campo numerosos rizomas que después de la cosecha emiten brotes aéreos y forman nuevas macollas. No se conoce mucho de la variación en arrorruz; en las Antillas se distingue dos clones: 'Creole', de rizomas cónicos, que crecen hacia abajo, y 'Banana', de rizomas cortos con el ápice redondeado, que se desarrollan cerca de la superficie del suelo.

LAIRÉN, *Calathea allouia*

El cultivo de *C. allouia* estaba expandido por las Antillas y el norte de Suramérica a la llegada de los europeos. Los tubérculos, ricos en almidón, se consumen cocinados.

Calathea allouia forma macollas hasta de 1.5 m de alto (Fig. 39.7A). La parte subterránea y perenne es un rizoma ramificado del que brotanseudotallos aéreos y cortos, con follaje denso, que se secan al año. Los nuevosseudotallos aparecen después del inicio de la estación lluviosa. La base de las hojas es envolvente y formaseudotallos cortos, los pecíolos son largos y acanalados. La lámina, oblonga y asimétrica, con la lígula sólida y fuerte, mide de 20 a 60 cm de largo por cinco a 20 cm de ancho. Los tallos floríferos tienen una hoja basal y miden de 10 a 30 cm de largo. La inflorescencia es una espiga de cinco a 10 cm de largo, con las flores insertadas en espiral. Las brácteas de la inflorescencia, verdes, miden unos dos centímetros de largo. El cáliz está compuesto de dos sépalos lanceolados; la corola amarilla o blanca, de tres tépalos unidos en la ba-

se, libres arriba, mide 2.5 cm de largo. Hay un sólo estaminodio blanco y un estambre fértil por cuyo centro pasa el estilo; el ovario tiene tres celdas.

Raíces tuberosas. De los nudos inferiores del rizoma salen muchas raíces fibrosas, duras y retorcidas. Al final de ellas se forman cuerpos tuberosos, elipsoidales a ovoideos, que constituyen la parte comestible (Fig. 39.7C, D). Miden de uno a cinco centímetros de largo por 0.5 a tres centímetros de ancho y están recubiertos por una cáscara dura, amarilla y brillante, con protuberancias espinosas. En corte transversal se observa que los tejidos externos, coriáceos y amarillentos, ocupan una porción considerable. Debajo de estos hay una zona más clara, parenquimatosa, que

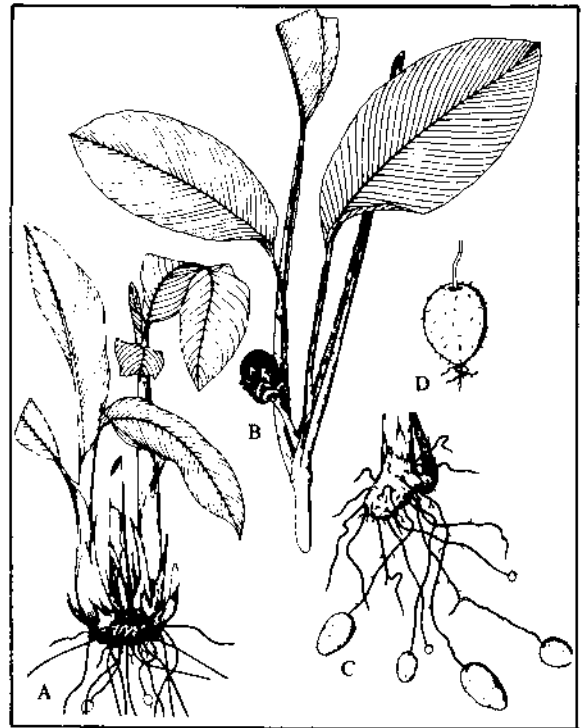


Fig. 39.7. *Calathea allouia*. A, base de la planta. B, inflorescencia. C, tallo subterráneo y tubérculos. D, tubérculo.

contiene almidón. El centro es de nuevo oscuro, a menudo vacío.

Calathea allouia se propaga vegetativamente por pedazos de rizoma con unseudotallo. No se conoce su variación clonal. Ha sido introducida al cultivo en Asia y Africa, sin que se haya expandido mucho en alguna área.

Calathea macrosepala, una especie muy similar, conocida como "chucte", es utilizada en América Central por las inflorescencias tiernas, que se comen en sopas, a las que da un sabor agradable.

REFERENCIAS

- CASTRO SOBRINHO, A. 1919. A araruta, cultura e industria. Rio de Janeiro, Mendez.
- CHAMPION, J. 1967. Les bananiers et leur culture. I. Botanique et genetique. Paris, Institute de Recherches sur les fruits et les agrumes. SETCO.
- CHAPARRO, R. & H. CORTES. 1978. La achira, *Canna edulis* Ker. Cultivo, industrialización, utilidad forrajera. Bogotá, Orientación Agropecuaria 131:7-52.
- ERDMANN, M.D. & B.A. ERDMANN. 1984. Arrowroot (*Maranta arundinacea*) food, feed, fuel and fibre resource. Economic Botany 38:332-341.
- GADE, D.W. 1966. Achira, the edible canna, its cultivation and use in the Peruvian Andes. Economic Botany 20:407-415.
- GOWEN, S.R. 1995. Bananas and plantains. London, Chapman Hall.
- HARTEN, A.M. 1970. Melegueta pepper. Economic Botany 24:208-216.
- HILJE, I. & G. MATAMOROS. 1981. El cultivo del cardamomo. San José, Costa Rica, Cafesa.
- MAISTRE, J. 1969. Las plantas de especias. Barcelona, Blume.
- MARTIN, F.W. & E. CABANILLAS. 1976. Leren (*Calathea allouia*), a little known tuberous root crop of the Caribbean. Economic Botany 30:249-256.
- NAIR, M. K. et al. 1982. Ginger and turmeric. Kasaragod, India, Central Plant Crops Research Institute.
- PURSEGLOVE, J.W.; E.G. BROWN; C.K. GREEN & S.R.J. ROBBINS. 1981. Spices. London, Longman. 2 vol.
- RAYMOND, W. & J. SQUIRES. 1959. Arrowroot (*Maranta arundinacea*, L.). Tropical Science 1:182-191.
- RIVALS, P. & A.H. MANSUR. 1974. Sur les cardamomes de Malabar. Journal d'Agriculture tropicale et Botanique Appliquée 21:37-43.
- ROBINSON, J.C. 1966. Bananas and plantains. Wallingford, England, CAB International
- ROWE, P. R. & F.E. ROSALES. 1993. Bananas and plantains. In Janick, J.J. & J.E. Moore, ed. Advances in fruit breeding. Portland, Oregon, Timber Press.
- SAMARAWIRA, I. 1972. Cardamom. World Crops 24:76-78.
- SIMMONDS, N.W. 1962. The evolution of bananas. London, Longmans.
- SIMMONDS, N.W. 1995. Bananas. *Musa* (*Musaceae*). In Smartt, J. & N.W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants. 2 ed. London, Longman.

- SKUTCH, A.F. 1927. Anatomy of leaf of banana, *Musa sapientum* L. var. Hort. Gros Michel. Botanical Gazette 84:337-391.
- SKUTCH, A.F. 1937. Anatomy of the axis of the banana. Botanical Gazette 93:233-258.
- SOPHER, D.E. 1964. Indigenous uses of turmeric, *Curcuma domestica*, in Asia and Oceania. Anthropos 19:93-127.
- STOVER, R.H. & N.W. SIMMONDS. 1987. Bananas. 3 ed. London, Longman.

40. LILIALES

AGAVÁCEAS

Las Agaváceas son las principales productoras de fibras duras. Se llaman así las fibras delgadas y fuertes obtenidas de las hojas de Monocotiledóneas: *Agave*, *Furcraea*, *Musa*, *Sansevieria* y *Phormium*. Se usan principalmente en la elaboración de cuerdas y sacos, utilización que ha disminuido drásticamente en las últimas décadas al ser reemplazadas por fibras sintéticas.

Además de la producción de fibras duras las Agaváceas se usan en la preparación de productos químicos y bebidas refrescantes y fermentadas; numerosas especies son cultivadas por su valor ornamental.

Las Agaváceas son hierbas altas, de tallo simple en *Agave* o ramificado en *Yucca*. La presencia de cambiumes en el tronco determina que puedan incrementar su volumen con tejidos secundarios, lo cual no es común en las Monocotiledóneas.

SISAL, *Agave sisalana*

El uso de las fibras de agave para elaborar cordeles y redes se originó en México y se cono-

cía en la región central de ese país hace unos 9000 años. Más tarde se utilizó en la preparación de bebidas frescas o fermentadas y en la elaboración de papel rústico.

El cultivo de sisal es de poca importancia en su país de origen, donde se siembra más el henequén. La producción comercial está concentrada en Africa Oriental: Tanzania-Kenya-Uganda, Mozambique y Angola. En América, el sisal se cultiva especialmente en Brasil y Haití.

Porte. El sisal es una hierba gigantesca (Fig. 40.1A) formada por un tallo central sin ramificación, hasta de 1.5 m de alto, cubierto por un centenar o más de hojas largas y suculentas. El follaje se forma en el ápice del tallo; las hojas nuevas permanecen juntas por algún tiempo y desarrollan en la parte superior de la planta un cuerpo semejante a un huso; cuando se abren ya han alcanzado su tamaño definitivo. Las hojas inferiores son cortas, las centrales más largas y las que produce la planta al final de su vida son las de menor tamaño. Del ápice del tallo crece, después de varios años, un vástago florífero; al desarrollarse las flores y frutos la planta inicia su decadencia y muere algunos meses después.

Tallo y raíces. El tallo central es cilíndrico en la base, cónico hasta el ápice, y está cubierto por la base de las hojas o en los lugares expuestos por

una epidermis dura. El centro es una masa de parénquima, recorrido por haces vasculares y fibras, sin que haya una separación clara entre la región cortical y el cilindro central. El tallo actúa como órgano de reserva de agua y sustancias nutritivas.

De la parte basal, en los entrenudos inferiores, salen varios rizomas que crecen subterráneamente. Son cilíndricos y gruesos, hasta de 15 cm de diámetro, sin raíces y provistos de escamas puntiagudas. Cuando llegan a la superficie forman en el extremo uno o más brotes similares a la planta madre; por lo común esto ocurre en el sisal después de un año de sembrado y se forma así una macolla con brotes numerosos. Es corriente en el cultivo arrancar esos brotes laterales para utilizarlos en la propagación vegetativa.

Flores y frutos. Cuando la planta alcanza la madurez aparece por el centro de las hojas el escapo floral, un tallo cilíndrico de entrenudos largos, que lleva hojas cortas y triangulares, con el ápice espinudo. Crece de cinco a seis metros de alto y se ramifica desde la base. En las plantas cultivadas, en las que las hojas son cortadas a menudo, la ramificación del escapo floral se presenta sólo en el extremo del tallo. Las ramas primarias del vástago florífero llevan numerosas ramillas que crecen horizontales y se dividen varias veces de tres en tres; al final de éstas divisiones crecen las flores.

La flor tiene el perianto amarillento o verdoso, de seis partes unidas en la base en un tubo y libres arriba. Hay seis estambres, que sobresalen del perianto; el pistilo, de ovario súpero, termina en un estilo cilíndrico (Fig. 40.1H). Las flores que primero se abren son las situadas en las ramas inferiores y el período de floración puede durar más de un mes. Los estambres desarrollan los filamentos fuera de la flor y las anteras sueltan el polen antes de que el pistilo sea receptivo. La polinización cruzada es normal y ocurre por insectos o por el viento.

Los frutos son cápsulas de tres celdas, llenas de semillas planas y negruzcas. Es muy corriente que en el sisal no se desarrollen los frutos nor-

malmente, pues la flor completa cae poco después de abrirse, debido a que hay una zona activa de abscisión en el pedicelo.

Bulbillos. Una de las formas de reproducción vegetativa común en los agaves es la formación de bulbillos. Estos son plantas en miniatura con unas pocas hojas, tallo corto y algunas raíces que aparecen en los pedúnculos florales, debajo de la zona de abscisión, a menudo antes de que se abran las flores. En una planta puede haber centenares de bulbillos, que una vez que se comienza a secar el tallo florífero caen al suelo y enraizan rápidamente.

Los bulbillos se usan para la reproducción vegetativa. En Africa Oriental se comprobó experimentalmente que plantas obtenidas de bulbillos crecen más que las provenientes de brotes basales.

Hojas y fibras. Las hojas en el sisal son el principal medio de almacenamiento de agua y sustancias nutritivas. Están colocadas siguiendo varias espirales, de modo que entre una hoja y la que está colocada en la misma línea vertical, arriba o abajo, hay 34 hojas intermedias. Esto permite a la planta aprovechar muy eficientemente la luz, sin lo cual las hojas crecerían delgadas y flácidas, así como para recoger el agua de lluvia, muy escasa en el hábitat original del sisal, y conducirla hacia la base de la planta, donde es absorbida por las raíces.

El color de la lámina es verde claro, algunas veces con áreas longitudinales de diferentes tonos. Las hojas vistas por el lado superior son lanceoladas, con un cuello angosto hacia la base, de bordes casi paralelos en la parte central y que terminan en un aguijón cónico y duro (Fig. 40.1B).

En corte transversal (Fig. 40.1C) muestran una sección ancha triangular en la inserción al tallo, que se angosta luego en el cuello, para disminuir en grosor y aumentar en anchura conforme se asciende en la hoja. En el sisal la cara superior es ligeramente cóncava y la inferior convexa, con los bordes levantados. La longitud de la hoja varía según la posición en la planta, desde 20 cm a dos metros, con un promedio de uno a 1.20 m; la

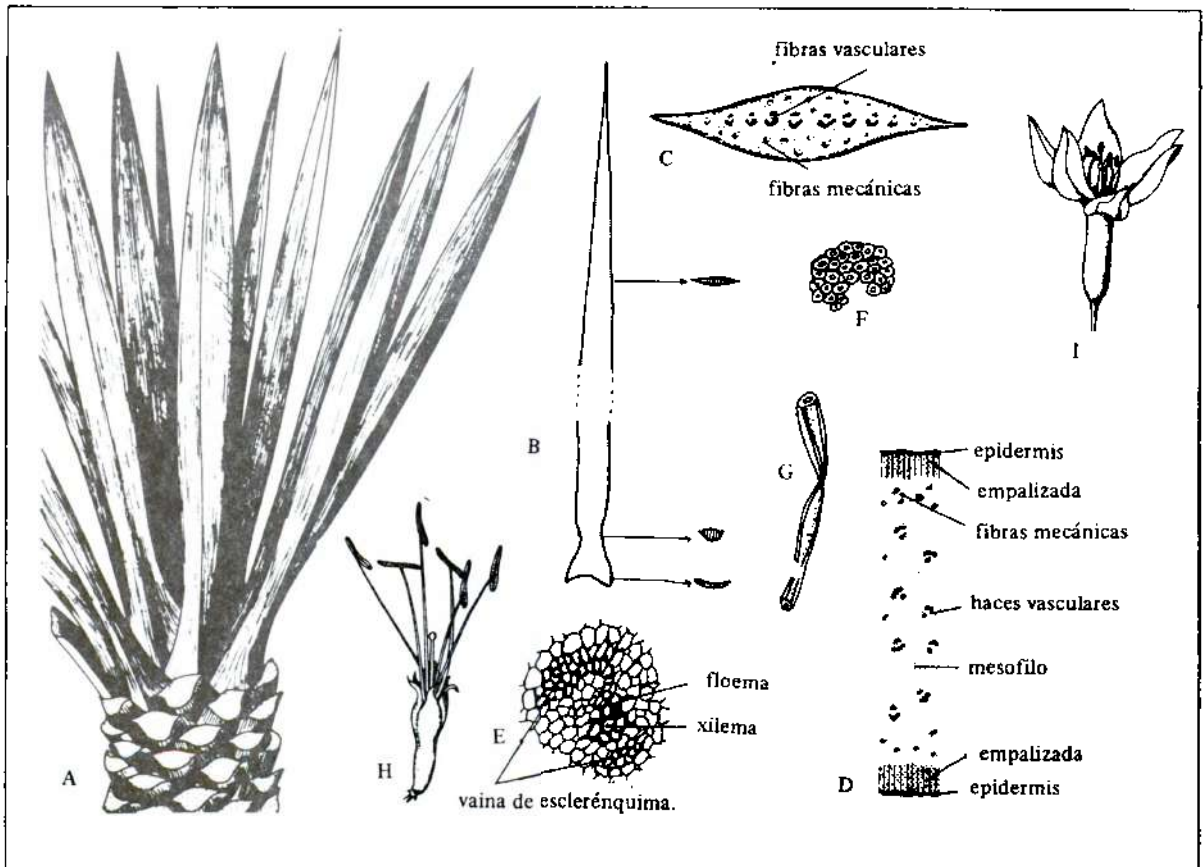


Fig. 40.1. *Agave sisalana*. A, porte. B, hojas y cortes transversales. C, corte transversal de una hoja mostrando las fibras. D, estructura esquemática de la hoja en corte transversal. E, estructura de una fibra. F, cordón de fibras. G, fibra. H, flor. I, flor de *Furcraea*.

anchura fluctúa entre 7 a 15 cm. En los sisales cultivados las hojas carecen de espinas en los bordes, lo cual es de gran importancia comercial.

La epidermis (Fig. 40.1D) en ambas caras se compone de una capa de células de paredes externas muy gruesas, cubiertas de cera y transparentes, que dejan pasar la luz y protegen los tejidos internos de las altas temperaturas. Los estomas son numerosos y profundos, y al contrario de la generalidad de las plantas se cierran de día y abren de noche. Debajo de la epidermis hay varias capas de parénquima en empalizada, cuyas células angostas y largas tienen el eje mayor en sentido vertical. En el parénquima lagunoso que

sigue se encuentran las fibras mecánicas, cuyo corte transversal es circular o en forma de herradura gruesa.

Estas fibras se hallan también en el centro de la hoja pero son más abundantes hacia la periferia en ambos lados; corren en toda la longitud de la lámina y constituyen su principal soporte. Se forman de grupos de células largas y delgadas, algunas de hasta cinco milímetros de longitud y de paredes muy gruesas. Las células se ensamblan una en la otra en cordones continuos hasta de dos metros de largo. Estas fibras son las más resistentes, pues no se rompen al extraerlas, y de su número y peso depende el rendimiento. En

una hoja de sisal hay alrededor de 1000 fibras, de las cuales aproximadamente 700 son de esta clase.

El segundo tipo de fibra corresponde a las bandas de esclerénquima que acompañan a los haces vasculares. En un corte transversal de la hoja se observa que los haces no se distribuyen al azar sino que se concentran en la zona mediana, que atraviesa horizontalmente la hoja (Fig. 40.1C). En cada haz hay dos bandas de fibras; las primeras en forma de media luna, adyacentes al floema, están bien desarrolladas (Fig. 40.1E). Estas bandas recorren con el haz vascular toda la longitud de la hoja y se componen de células largas, de paredes gruesas. Al extraer estas fibras se separan en sentido longitudinal y por ello carecen de valor comercial. La segunda banda es mucho más pequeña y limita exteriormente al xilema; es aún más débil y se desintegra con facilidad en la extracción.

Las fibras comerciales constituyen alrededor del tres por ciento del peso fresco de la hoja. Una vez extraídas forman cordones hasta de 1.5 m de largo, de color crema o blanco, flexibles y resistentes (Fig. 40.1F, G). Las células individuales que las forman son largas y agudas en los ápices, en que se ensamblan una con otra. Miden de 1.5 a 4 mm de longitud por 20 a 30 micras de anchura. Se componen de paredes de celulosa muy gruesa, con el lumen o centro de la célula completamente vacío.

Número cromosómico. En el género *Agave* es común la poliploidía. El número básico es $x=30$ y el sisal es un pentaploide de $2n=150$. Esto indica que es seguramente de origen híbrido, lo cual se comprueba en las progenies obtenidas de flores autofecundadas, las que muestran una gran variación de caracteres. Algunos de éstos, como la falta de espinas en las hojas, lo que es característico de los cultivares comerciales, puede aparecer modificado, con presencia de espinas en número muy variable.

HENEQUÉN, *Agave fourcroydes*

El henequén es originario de las áreas secas de la península de Yucatán, México, donde su cultivo tuvo mucha importancia.

La planta de henequén tiene en general las mismas características morfológicas del sisal. Es de mayor tamaño, pues el tronco alcanza hasta dos metros de alto. Difiere también en las hojas, que miden de 1.25 a 2.5 m de largo por 10 a 20 cm de ancho, y son de tono grisáceo. En la mayoría de los cultivares hay numerosas espinas en los bordes de las hojas, recurvadas hacia arriba, y un agujón apical a veces curvo.

La producción anual de fibra es mayor en el henequén que en el sisal, pero el primero tarda más años para alcanzar un rendimiento comercial. La distribución de las fibras es similar en ambas especies. Las células individuales miden de 1.5 a 4 mm de largo por 20 a 30 micras de ancho; tienen paredes más delgadas que en las fibras de sisal. Los cordones miden de 0.50 a 1.60 m y son de tono amarillo rojizo.

Especies de *Agave* de menor importancia

AGAVE AZUL, *Agave amaniensis*

De origen desconocido, fue introducido a África desde América. Se le cultiva en forma limitada en Tanzania y Kenya. Las hojas miden de 1.5 a 2 m de largo y cinco a 10 cm de ancho, de color azulado, sin espinas. *A. amaniensis* es diploide y se le ha hibridizado con *A. angustifolia*, una especie ornamental de hojas cortas y espinudas, también diploide. Los híbridos se han retrocruzado a *A. amaniensis* y uno de los retrocruces, N-11648, ha resultado prometedor por el gran número de hojas.

CANTALA, *Agave cantala*

Originaria de México, se cultiva en varios países de Asia, especialmente en Filipinas e Indonesia. El cantala, como el sisal, es una planta baja, de hojas de 1 a 2.25 m de largo y cinco a 10 cm de ancho, de color verde oscuro, con numerosas espinas negras y curvas.

IZTLE, *Agave lecheguilla*

Del norte de México, se explota para la fabricación de brochas y cepillos; en esta especie se recoge sólo las hojas más tiernas. Un uso semejante se le da al paumave, *A. junkiana*, del cual también se utiliza sólo las hojas nuevas.

AGAVE DE EL SALVADOR, *Agave angustifolia*

Originario de El Salvador, se siembra sólo en ese país. Tiene un tronco alto, hasta de 1.5 m; hojas de 1.25 a 2 m de largo por cinco a 10 cm de ancho, de color verde azulado, con numerosas espinas.

MAGUEY, *Agave salmiana*

La producción de pulque en el centro y sur de México, se basa principalmente en esta especie, y secundariamente en *A. mapisaga* y *A. atrovirens*, con las cuales se interplanta a menudo. *A. salmiana* alcanza hasta dos metros de alto; tiene numerosas hojas hasta de dos metros de longitud, gruesas y carnosas, verde grisáceas, con numerosas espinas en los bordes; es característico de esta especie el ápice agudo y curvo de las hojas. El escapo floral llega hasta ocho metros de

alto; las flores amarillas, miden cerca de 10 cm de largo.

El pulque resulta de la fermentación de la aguamiel, líquido que se obtiene haciendo una cavidad en el centro de la planta, en la base de las hojas y removiendo algunas de éstas, cuando la planta va a iniciar la formación del escapo floral. El pulque es de alto contenido en vitamina C, un buen complemento en la dieta local.

TEQUILA, *Agave tequilana*

Varias especies de *Agave* se utilizan en la preparación del mezcal, una bebida destilada, de invención colonial, que se obtiene cortando todas las hojas de los troncos de ciertos agaves cuando van a florecer. Las "cabezas", como se llama a los troncos desprovistos de las hojas, se desmenuzan a mano o mecánicamente, se les calienta para que los almidones que contienen se conviertan en azúcares, y éste se fermenta y destila. *A. tequilana* se distingue por las hojas angostas, rectas, de color verde azulado, provistas de espinas.

Especies de *Furcraea*

FIQUE, CABUYA, *Furcraea* spp.

Varias especies de *Furcraea* son cultivadas en América por sus fibras, de utilización similar a las de *Agave*. Crecen hasta los 3000 m de altura y son más importantes en las regiones andinas, desde el sur de Centroamérica hasta Bolivia. Las especies de este género son muy difíciles de diferenciar.

En forma y estructura las *Furcraea* son similares a los agaves. El tronco lleva una roseta de hojas, entre 75 a 150, más delgadas que las de sisal. Se forman como en *Agave* por un meristema apical, pero a diferencia de las especies del último género las hojas continúan alargándose después de que se han separado del huso central.

Por esta forma de crecimiento resultan más delgadas y frágiles. Como en el sisal, la base es ancha, de corte triangular, pero la lámina es proporcionalmente mucho más delgada. Contiene también menos fibras y como el número de hojas que forma en el año es también menor, su rendimiento es más bajo.

La floración y estructura general de la inflorescencia son similares en *Agave* y *Furcraea*. Difiere, sin embargo, en la forma de la flor (Fig. 40.11). En *Furcraea* no hay tubo basal del perianto sino que las partes de éste se separan desde la base y los estambres son más cortos. Como en *Agave* la propagación por bulbillos es común en *Furcraea*. La mayoría de las especies produce muy pocas semillas; en *Furcraea* no se ha hecho trabajos de mejoramiento. Todas las especies estudiadas son diploides, con $2n=60$.

La producción de fibras de *Furcraea* tiene importancia local en América y África, en especial en los países andinos, de la primera, y la isla Mauritius, de la segunda. Su aporte al comercio mundial de fibras duras es insignificante. El consumo local se destina a la elaboración de cordeles, sacos, alfombras y objetos de adorno.

PITEIRA, PITA, *Furcraea foetida* (*F. gigantea*)

Se cultiva especialmente en Brasil y Mauritius. Es una planta en forma de roseta con hojas verdes de 1.5 a dos metros de largo por 15 a 20 cm de ancho. Hay varios cultivares y el más importante, 'Willemetiana', se produce comercialmente en África. Los cultivares difieren en el tipo de espina, color de la hoja, producción de fibras y otras características. En ésta y otras especies del género se encuentran plantas con o sin espinas en los bordes de las hojas.

CABUYA, *Furcraea cabuya*

Del sur de Centroamérica, es posiblemente la misma especie de la anterior. Las hojas son de

mayor tamaño, 1.5 a 2.5 m de largo y hay cultivares, como 'Olancho', que son completamente inermes o con pocas espinas. En Costa Rica hay plantaciones comerciales para uso local.

FIQUE, *Furcraea macrophylla*

De Colombia, es una planta pequeña con el tronco de unos 30 cm de alto y hojas de 1.5 a 2 m de largo por 7.5 a 15 cm de ancho. La forma de las hojas difiere de las otras *Furcraea* por tener la base de la lámina muy larga y por ser proporcionalmente muy angostas. Los bordes tienen espinas curvas, rojizas y duras.

CHUCHAO, CABUYA, *Furcraea andina*

Crece hasta los 3000 m en los Andes, donde tiene una utilización apreciable. Es una planta de tronco corto, con hojas de uno a 1.8 m de largo por 10 a 15 cm de ancho, verde grisáceo. De Ecuador a Bolivia se le utiliza en industrias domésticas, para necesidades locales.

COCUIZA, *Furcraea humboldtiana*

El tronco de esta especie mide hasta 3 m de altura y las hojas de uno a 1.8 m de largo por 12 a 15 cm de ancho. Una característica de esta especie es la presencia, en la base de la hoja, de espinas grandes en pares, con los ápices en direcciones opuestas. Se le cultiva en las áreas secas de Venezuela para consumo local.

PITRE, PITA, *Furcraea hexapetala*

Se cultiva en las Antillas y es una planta baja con hojas verdes y planas, de 0.8 a 1.7 m de largo por seis a 10 cm de ancho, con bordes espinosos. Además de tener hojas angostas es característico de esta especie que las espinas sean rectas, en especial hacia el centro de la lámina.

SANSEVIERIA, *Sansevieria* spp.

Varias especies de *Sansevieria*, nativas de los bosques secos o semisecos de Africa, han sido introducidas como ornamentales a los trópicos de otros continentes. En su área de origen se las utiliza por las fibras de las hojas, especialmente para hacer arcos de flechas, redes y tejidos bastos.

En las últimas décadas algunas especies han sido ensayadas como productoras de fibra. La más corriente, *S. hyacinthoides*, tiene fibra más fina que la del sisal o la cabuya, comparable en dureza al abacá. El bajo rendimiento por área no ha permitido, sin embargo, el desarrollo comercial de su cultivo.

Las sansevierias son plantas perennes, con rizomas subterráneos amarillos y cilíndricos, de los que salen muchas raíces que se ramifican profusamente. Las hojas brotan en grupos, con las bases arrolladas; las láminas son lanceoladas, más angostas en la base, hasta de 1.5 m de largo, carnosas, de color verde oscuro o grisáceo, con franjas transversales más claras. En algunas especies aparecen en los bordes, después de cierto tiempo, bandas longitudinales amarillas. Las inflorescencias son espigas que salen directamente del rizoma y llevan numerosas flores verduscas.

Como en las otras Agaváceas, en las hojas de *Sansevieria* hay dos clases de fibras: las mecánicas, más angostas y de paredes más gruesas, se hallan cerca de la superficie y son las de mayor valor comercial; las vasculares que rodean los haces son más frecuentes en el centro de la hoja.

Las *Sansevieria* se propagan vegetativamente, por cortes de rizoma o de hojas maduras que forman raíces numerosas.

DIOSCOREÁCEAS

Familia casi exclusivamente tropical, de hierbas trepadoras con un tallo rizomatoso subterráneo, con tendencia a mantenerse perenne, y tallos aéreos que arrollan el soporte a la derecha

o izquierda, según la especie; hojas a menudo opuestas en la base de los tallos y alternas arriba, con varios nervios principales y nervación secundaria reticulada. El tallo subterráneo se compone de un órgano, llamado corno, que emite tallos aéreos, raíces y tubérculos, estos últimos directamente o al final de estolones. La parte utilizada como alimento son los tubérculos.

En alimentación se utiliza numerosas especies de *Dioscorea*, algunas cultivadas extensamente en todas las regiones tropicales, otras de importancia regional; en tiempos de hambruna se recolecta algunas especies silvestres.

En las últimas décadas se explota dos especies por su contenido de diosgenina. Aunque gran parte de los materiales utilizados para ese propósito vienen de plantas silvestres, se ha iniciado ya su cultivo.

ÑAME GRANDE, *Dioscorea alata*

Dioscorea alata (Fig. 40.2) y otras especies del género, suplen alimentos de importancia básica en los trópicos. Entre las raíces y tubérculos, incluyendo la papa, se distinguen por su mayor productividad y su valor alimenticio superior. Su utilización, hasta ahora reducida al consumo directo como alimento, puede diversificarse mucho; las *Dioscoreas* pueden ser consideradas entre los cultivos de promesa para la producción de alcohol y otros usos industriales.

Origen. El área de origen se extiende desde el este de India hasta Nueva Guinea, y en ella pudo haber sido domesticado independientemente en más de un lugar, como lo sugieren las concentraciones de cultivares en varias regiones. De Asia se expandió a la costa oriental de Africa y de allí hasta el Atlántico, pero no alcanzó en este continente mayor importancia, por la competencia con las especies locales. De Africa vino a América con el comercio de esclavos y es actualmente la especie más difundida, desde la costa norte de Honduras hasta Brasil, en áreas de alta precipitación.

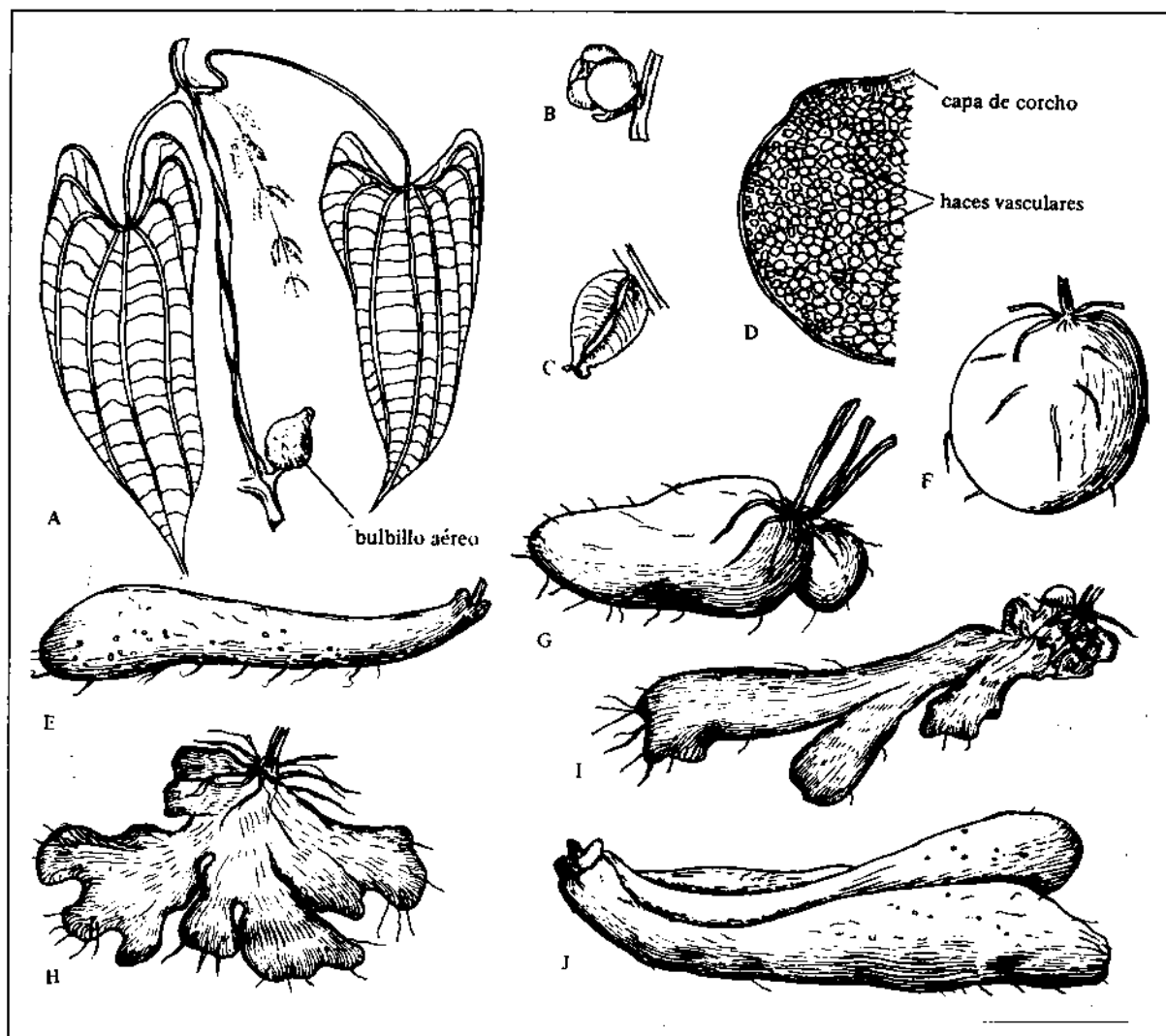


Fig. 40.2. *Dioscorea alata*. A, rama florífera con bulbillo aéreo. B, flor estaminada. C, flor pistilada. D, corte transversal del tubérculo. E-J, tubérculos típicos de diferentes clones.

Parte subterránea. La porción subterránea consiste en un cormo, del que se derivan tallos aéreos, raíces y tubérculos. El desarrollo de estos órganos depende del material de siembra: semillas o tubérculos. En *D. alata* y las otras especies comerciales la propagación corriente es vegetativa, mediante siembra de tubérculos enteros o secciones transversales, que brotan después de un período de latencia. Si se planta tubérculos

enteros, las yemas aparecen en la parte basal; cuando se siembra secciones de tubérculo en todas brotan yemas, sólo que la brotación es más rápida en las secciones basales o centrales que en las apicales.

Las yemas se derivan de una capa meristemática situada debajo de la corteza del tubérculo; cuando salen aparecen como masas blancas, de crecimiento rápido, que se transforman en

cormos. De la superficie de contacto entre éste y el material de siembra nacen raíces permanentes, mientras que de la parte central del corno brotarán los tubérculos y del ápice los tallos aéreos. En la formación de yemas en *Dioscorea* hay predominio de ciertas yemas sobre otras y la brotación depende de la duración de la latencia, por lo cual si se siembra tubérculos recién recogidos la brotación no se inicia hasta que transcurra el período normal de latencia.

La forma de los tubérculos (Fig. 40.1E, I) varía según el cultivar: hay desde casi esféricos (Fig. 40.1E-J), como 'Asa-coco', de Brasil, hasta completamente irregulares; predominan en esta especie los clones con tubérculos cilíndricos o digitados. También varía mucho la profundidad a que crecen, y éste es un factor de importancia agronómica. Un caso extremo es un clon de Filipinas, en que los tubérculos tienden a crecer arriba del suelo y requieren la formación de montículos para su desarrollo.

El tubérculo es el órgano de almacenamiento que permite a la planta continuar indefinidamente su crecimiento. Las sustancias de reserva, elaboradas por la planta en el follaje, son acumuladas en el tubérculo. Cuando los tallos aéreos cesan de crecer y se secan, el tubérculo entra en una fase de latencia, para emitir después yemas que se transformarán en cormos, de los que brotarán nuevos tubérculos y tallos aéreos.

El tubérculo crece por un meristema apical, generalmente con geotropismo negativo. Está cubierto por una corteza corchosa, derivada de un felógeno que permanece activo aún después de que se arranca el tubérculo (Fig. 40.2D). Debajo de la corteza se halla la zona cortical, formada por parénquima con bajo contenido de almidón e inmediata la zona de meristemas en que se forman las yemas. La mayor porción del tubérculo lo ocupa el cilindro central, formado por parénquima rico en almidón y agua; hay haces vasculares numerosos, que aparecen rodeados de parénquima menos denso, por lo que se destacan como áreas más claras en un corte transversal del tubérculo. Hay además fibras, cristales de oxala-

to de calcio y canales de mucílago y en algunos cultivares aparecen áreas con antocianinas, que dan un color morado a la pulpa; el color básico de ésta varía de blanco a amarillo. En la mayoría de los cultivares hay raicillas en los tubérculos, cuya longitud y densidad varían según el clon.

Tallos y follaje. Los tallos aéreos, trepadores, de *D. alata*, de tres a 30 m de largo, arrollan hacia la derecha; son carnosos y retorcidos, con cuatro lados y en las esquinas provistos de alas membranosas, onduladas, con el margen recortado; en algunos cultivares las alas están muy poco desarrolladas y en otros son reemplazadas por filas de espinas. Su función parece ser fijar mejor el tallo al objeto en que se arrolla.

Las hojas (Fig. 40.2A) son de forma y tamaño muy variable. La forma básica es cordada, con la apertura o seno basal muy distinto según el cultivar, y el ápice más o menos largo; los nervios principales son seis y salen de la inserción del pecíolo.

En algunos cultivares aparecen tubérculos aéreos en las axilas de las hojas, llamados corrientemente "bulbillos" (Fig. 40.2A), que son similares en forma a los tubérculos subterráneos. Se desprenden fácilmente y al caer forman una nueva planta.

Flores y frutos. En *Dioscorea alata* las inflorescencias pistiladas y estaminadas aparecen en plantas distintas. Las estaminadas en paniculas axilares al final de las ramas, con muchas flores diminutas de tres sépalos, tres pétalos y tres a seis estambres (fig. 40.1B); las pistiladas (Fig. 40.1C) en espigas axilares con tres sépalos, tres pétalos más grandes que en las estaminadas, pistilo con ovario de tres lóculos y tres estigmas. Hay muchos clones que no florecen el primer año de siembra.

El fruto es una cápsula alada que se abre en tres partes, cada una con una a dos semillas planas y aladas.

Clones. La antigüedad del cultivo de *Dioscorea alata* se refleja en el gran número de clones conocidos, cuya clasificación es muy difícil. Del punto de vista agronómico, los cultivares de tu-

bérculos simples, no ramificados, de crecimiento a poca profundidad y pulpa compacta, son los más deseables, aunque los de tubérculos digitados y profundos sean los más rendidores. Son también de importancia los caracteres que contribuyen a mayor durabilidad en el almacenamiento y resistencia al transporte. Clones como 'Oriental', 'Coconut Lisbon' y 'Barbados', son de crecimiento poco profundo; 'Hunge' tiene buenas características para almacenamiento; 'Florido', de tubérculos cilíndricos y buena calidad, es de baja resistencia a ciertas enfermedades; 'Forastero', de tubérculos digitados, es de calidad superior por sus características culinarias.

PAPA CARIBE, *Dioscorea bulbifera*

Hay dos grupos de poblaciones nativas de esta especie, uno en Asia, de India a Nueva Guinea y otro en Africa Occidental. Esta distribución discontinua es difícil de explicar. Ambos grupos difieren en la forma de los tubérculos aéreos y en número cromosómico: el grupo asiático es una serie poliploide basada en $x=10$; el africano en $x=10$ ó 9 . *Dioscorea bulbifera* ha sido introducido a los trópicos americanos. Se cultiva por los tubérculos aéreos, aunque en algunos cultivares hay desarrollo de tubérculos subterráneos.

Dioscorea bulbifera (Fig. 40.3) tiene tallos aéreos cilíndricos y lisos, hasta de 12 m de largo que arrollan a la izquierda. Hojas con pecíolos envolventes en la base, orbiculares, con ápice agudo y base cordada, glabras. Plantas unisexuales, de floración regular; inflorescencia estaminada en racimos hasta de 20 cm de largo, con flores relativamente grandes, verdosas o rosado-pálido, con tres sépalos, tres pétalos y dos ciclos de tres estambres cada uno; inflorescencia pistilada en pares de racimos, con el perianto similar a las anteriores y pistilo con estigma trifido. Los frutos con cápsulas triloculares de dos a cinco centímetros de largo, con dos semillas en cada lóculo; las semillas están rodeadas sólo en parte por una ala membranosa.

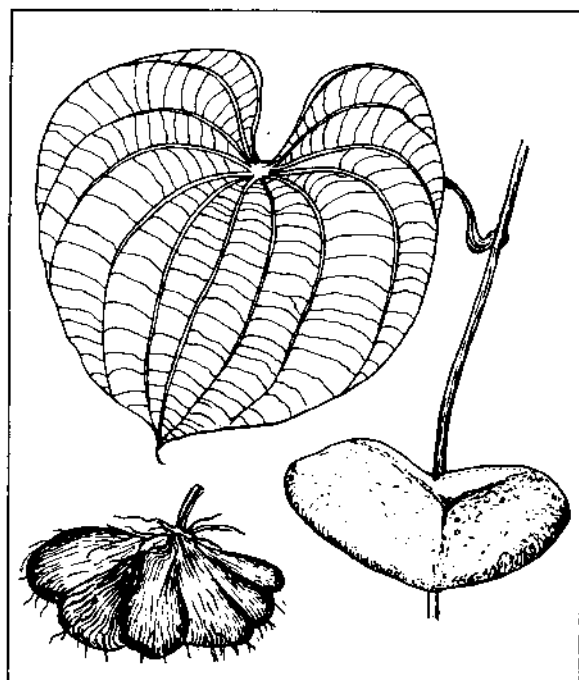


Fig. 40.3. *Dioscorea bulbifera*. Tallo con bulbillo aéreo y tubérculos.

Los tubérculos aéreos o "bulbillos" nacen en las axilas de las hojas; al inicio son pequeñas esferas que se desarrollan rápido y que alcanzando la madurez se desprenden de la planta. Los cultivares asiáticos tienen "bulbillos" esféricos o elipsoidales, de 3-8 cm de diámetro amarillentos o grises, con muchas lenticelas. En los cultivares africanos son angulosos, grises a café oscuro, con la superficie marcada por depresiones y miden de 7-20 cm de ancho. En el interior del bulbillo el córtex aparece muy delgado y es verdoso a menudo por clorofila; la pulpa es uniforme, con pocas fibras y amarillenta, aunque hay cultivares en que las antocianinas la tiñen de tonos oscuros y exuda mucílago abundante.

El tubérculo subterráneo, que no se desarrolla en varios cultivares, es generalmente esférico o elipsoidal en los tipos asiáticos, digitado o irregular en los africanos.

Se conoce muchas variedades de *D. bulbifera* y hay una gradación continua entre las silvestres y las cultivadas. En éstas los cultivares de India y Malasia son muy superiores en calidad a los africanos; estos últimos son los más expandidos en América tropical. El nombre de "papa caribe" o "papa de aire" es común en las Antillas; en Brasil 'cará de as' o "cará de zapateiro".

ÑAME AFRICANO, *Dioscorea x cayenensis* (*D. rotundata*)

Dioscorea x cayenensis (Fig. 40.4) tiene tallos trepadores cilíndricos y lisos, provistos de espinas en la porción basal, que arrollan hacia la derecha. Las hojas cordadas a triangulares, acuminadas, de color verde oscuro, brillantes, miden de seis a 20 cm de largo. Las inflorescencias pistiladas y estaminadas están en plantas distintas, aún cuando hay casos de plantas con flores hermafroditas. Las flores estaminadas, de uno a tres milímetros de diámetro, tienen tres sépalos verdosos y tres pétalos amarillentos, y dos verticilos de tres estambres cada uno. Las plantas con flores pistiladas son raras; las flores tienen cáliz y corola de tres partes, pistilo de estigma trifido y a veces hay dos o tres estaminodios. El fruto es una cápsula que se abre en tres partes, cada una con dos semillas planas, rodeadas por una ala muy fina.

La forma de los tubérculos es menos variable que en *D. alata*; predominan los cilíndricos, con los extremos redondeados, que si encuentran algún obstáculo en el suelo desarrollan apéndices globosos. La cáscara es oscura corrugada y da una buena protección para el almacenamiento y el transporte. La pulpa blanca o amarilla, con haces vasculares más claros, es compacta y uniforme. Los tubérculos llegan a pesar hasta 25 kg y su textura fina los hace preferibles a los de otras especies.

Los cultivares conocidos en África Occidental llegan a centenares, quizás miles, debido po-

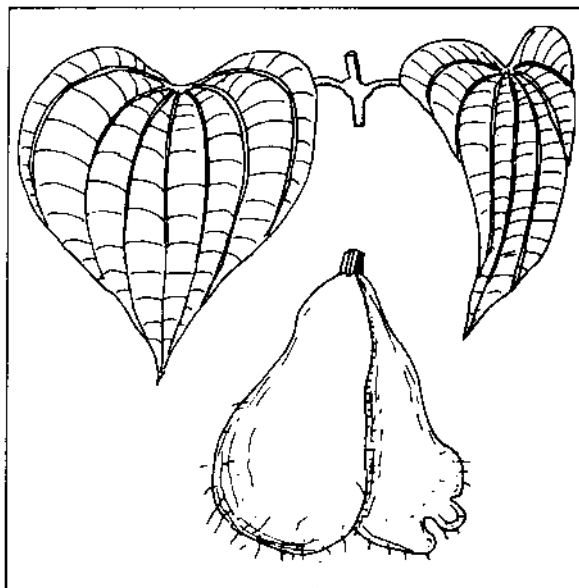


Fig. 40.4. *Dioscorea x cayenensis*. Tallo y tubérculos.

siblemente a la propagación clonal de híbridos resultantes de cruces entre cultivares diferentes. Los más notables en rendimiento son 'Guinea blanco', 'Zaria', 'Negro', 'Etentu'. Esta especie fue introducida por esclavos africanos a América del Sur, y descrita originalmente de Cayena.

Dioscorea dumetorum

Dioscorea dumetorum, de África Occidental, incluye poblaciones silvestres de tubérculos muy venenosos y variedades cultivadas con bajo contenido de alcaloides. Es, con frecuencia, un alimento para tiempo de hambruna. Tiene tallos aéreos espinosos, que arrollan a la izquierda; hojas con tres folíolos, los laterales a menudo lobados, pubescentes, bulbillos espinosos, abundantes y tubérculos simples o en grupos, enteros o ramificados, de pulpa amarilla o blanca.

Se conoce numerosas variedades pero su cultivo no se expande por lo difícil de recoger y pelar los tubérculos, o por su contenido venenoso.

TONGO, *Dioscorea esculenta*

Originaria del sureste de Asia y de cultivo muy antiguo, posiblemente nativa de Indochina se ha expandido por las islas del Pacífico, China y Filipinas. Ha sido introducida a África Occidental y a las Antillas, donde se le llama "tongo" o "papachina".

En *Dioscorea esculenta* (Fig. 40.5) los tallos aéreos cilíndricos, espinosos, arrollan a la izquierda. Las hojas orbiculares de ápice agudo y base cordada, son rugosas y pubescentes, de 12-15 cm de largo. Los pecíolos tienen cuatro espinas duras. Inflorescencias pistiladas y estaminadas en plantas separadas; flores estaminadas de tres sépalos, tres pétalos y seis estambres en dos ciclos; flores pistiladas, con el mismo perianto que las estaminadas, pistilo de ovario trilocular y estigma trifido. Fruto capsular, de tres celdas, con dos semillas cada una; esta especie florece muy erráticamente.

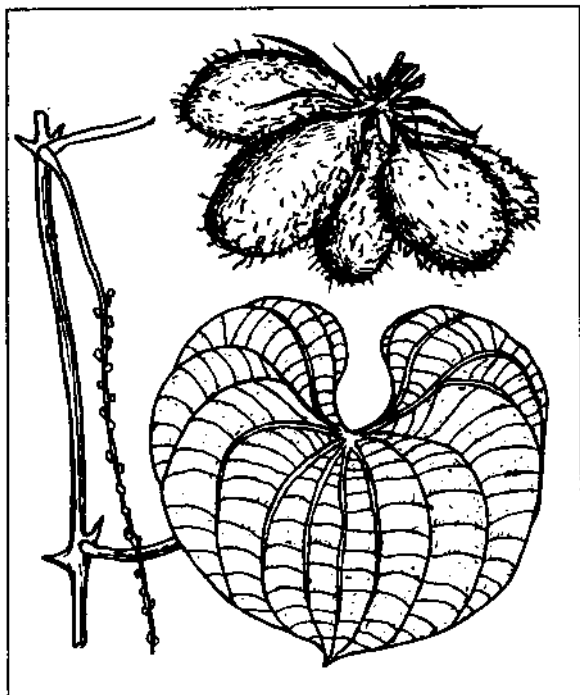


Fig. 40.5. *Dioscorea esculenta*. Tallo aéreo y tubérculos.

El cormo está reducido a un cuerpo delgado y corto, del que salen muchas raíces provistas de espinas y estolones inermes, de cinco a 50 cm de largo, según el cultivar. Cada estolón termina en un tubérculo elipsoidal o fusiforme, de ocho a 10 cm de largo y dos a tres centímetros de diámetro, lisos o con depresiones y pocas raicillas. La zona cortical muy delgada es generalmente blanca, pero hay cultivares en que es rosada o roja. El cilindro central o pulpa, blanco o amarillo, es de textura uniforme, con pocas fibras y en algunos cultivares con abundantes canales de mucílago, que exudan un líquido pegajoso.

Se conoce numerosas variedades silvestres desde el sureste de Asia hasta Nueva Guinea. Posee cultivares numerosos, la mayor parte primitivos. Esta especie merece ser cultivada y seleccionada por su buen sabor y alto rendimiento.

Dioscorea hispida

Dioscorea hispida, distribuida de India a Polinesia, se cultiva poco pero es un alimento importante en épocas de escasez o hambrunas. Los tubérculos muy grandes y fáciles de extraer deben lavarse cuidadosamente, ser reducidos a pasta y aplicarle sal para eliminar los alcaloides, que son mortales. Los tallos aéreos y pubescentes arrollan a la derecha; hojas con tres folíolos ovales, apiculados. Los tubérculos, generalmente muchos en cada planta, son de forma muy diversa, elipsoidales a ovoides, simples o ramificados, redondeados en el ápice y con muchas raíces cortas y espinudas; la banda cortical castaña o verdosa, la pulpa blanca o amarillenta.

Dioscorea nummularia

Dioscorea nummularia, cultivada desde el sureste de Asia hasta Polinesia, es silvestre en Malasia. Tallos espinosos en la base, arrollando a la derecha; hojas cordadas. Los tubérculos crecen

hasta un metro de profundidad, sencillos hasta muy ramificados, perennes, con muchas raíces cortas; la pulpa es blanca a rojiza.

Dioscorea pentaphylla

Dioscorea pentaphylla, del sureste de Asia, con muchos cultivares adaptados a condiciones ecológicas muy diferentes. Tallos aéreos cilíndricos y espinosos que arrollan hacia la izquierda. Hojas palmeadas, con tres a cinco segmentos, en la base produce abundantes "bulbillos". Tubérculos de formas muy variadas: cilíndricos, digitados, con raíces duras y cortas; pulpa blanca, amarilla o con manchas de antocianina.

MAPUEY, CUSH-CUSH,

Dioscorea trifida

Es entre las especies cultivadas la única de origen americano. Su área de origen parece ser Guyana, donde hay mucha diversidad varietal y poblaciones silvestres, y se extiende en cultivo desde el oriente de Perú hasta México y las Antillas. Su cultivo disminuye por la competencia de otros ñames, particularmente *D. alata* y *D. x cayenensis*. Ha sido introducida a Asia y Africa, pero su cultivo no se ha expandido.

Dioscorea trifida (Fig. 40.6) tiene tallos delgados que arrollan hacia la izquierda, provistos de dos a ocho alas membranosas, generalmente en mayor número y desarrollo en la parte inferior de los tallos. Las hojas digitadas, con tres a siete segmentos o lobos, el central más grande, miden hasta 25 cm de largo. Las plantas son unisexuales; las inflorescencias estaminadas son racimos simples o muy ramificados, con flores verduscas, de cuatro a seis milímetros de diámetro, con tres sépalos, tres pétalos y dos ciclos de tres estambres. Las inflorescencias pistiladas consisten de dos racimos simples, que nacen de la misma axila, y llevan flores de 12 a 14 milímetros de largo, con el perianto similar a las estaminadas, seis es-

taminodios y estilo con tres estigmas. Esta especie florece más regularmente que las otras Dioscoreas cultivadas. El fruto capsular tiene tres lóculos, cada uno con dos semillas diminutas, aladas.

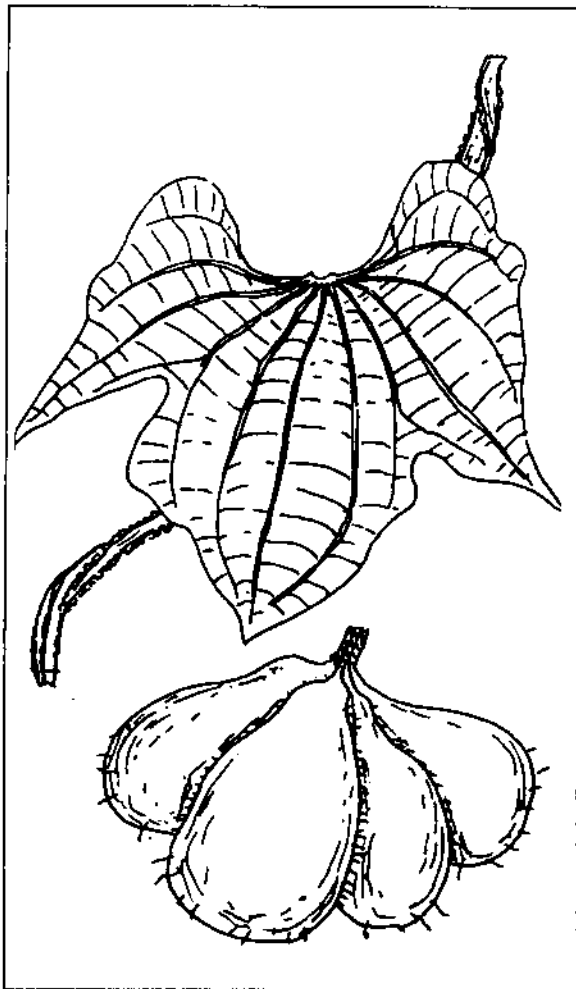


Fig. 40.6. *Dioscorea trifida*. Rama y tubérculos.

El tallo subterráneo es un órgano de forma irregular y corto, del que salen los tallos aéreos, raíces y estolones, estos últimos en círculos sucesivos. El estolón, que mide hasta 70 cm de largo, se ensancha formando el tubérculo. En una mis-

ma planta los tubérculos varían mucho en forma y tamaño; pueden ser esféricos, fusiformes, claviformes y a menudo con ramificaciones muy cortas. La superficie es rugosa, a veces con raicillas. La pulpa es uniforme, compacta y varía en color desde amarillento hasta púrpura. El sabor y apariencia después de cocinado son muy agradables.

Se conoce numerosos cultivares en la Antillas: 'IRAT-60', 'Genuina' 'Patte à cheval' y otros.

Hay varias *Dioscorea* en Brasil de cultivo incipiente = *D. dodecaneura*, *D. subhastata* y otros.

Dioscoreas productoras de diosgeninas

Dioscorea composita

Dioscorea composita y la especie siguiente, llamadas "cabeza de negro" de México y América Central, son las fuentes más eficientes de diosgenina, una saponina usada en la síntesis de esteroides, con aplicación amplia en medicina. Gran parte del producto viene aún de plantas silvestres, pero como éstas van desapareciendo rápidamente, se ha iniciado cultivos de estas dos especies.

Dioscorea composita se encuentra en selvas húmedas de México; es perenne, con varios tallos cilíndricos y hojas acorazonadas largas, con siete a nueve nervios longitudinales; cápsula, en perfil, elíptica. Los tubérculos son irregularmente ramificados, por lo general crecen cerca de la superficie; pulpa blanca.

Dioscorea floribunda

Originaria de México a Guatemala, de tallos cilíndricos y lisos, hojas acorazonadas, alargadas, con siete a nueve nervios longitudinales; cápsulas angostas en la base; tubérculos profundos, muy ramificados, de pulpa amarillo brillante.

En ambas especies hay variación en el contenido de diosgenina: cuatro a seis por ciento en *D. composita*, seis a ocho por ciento en *D. floribunda*, según la procedencia del clon y factores ambientales.

REFERENCIAS

- COURSEY, D.G. 1967. Yams. London, Longmans.
- DEGAS, L. 1993. The yam. A tropical root crop. London, MacMillan.
- GENTRY, H.S. 1982. Agaves of continental North America. Tucson, University of Arizona Press.
- KIRBY, R.H. 1963. Vegetable fibers: botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill.
- LOCK, G.W. 1969. Sisal. Londres, Longman.
- MARTIN, F.W. 1974. Tropical yams and their potential. Part 1. *Dioscorea esculenta*. U.S.D.A. Agriculture Handbook no. 457.
- MARTIN, F.W. 1974. Tropical yams and their potential. Part 2. *Dioscorea bulbifera*. U.S.D.A. Agriculture Handbook no. 466.
- MARTIN, F.W. 1976. Tropical yams and their potential. Part 3. *Dioscorea alata*. U.S.D.A. Agriculture Handbook no. 495.
- MARTIN, F.W. & S. SADIK. 1977. Tropical yams and their potential. Part 4. *Dioscorea rotundata* and *Dioscorea cayenensis*. U.S.D.A. Agriculture Handbook no. 502.
- MARTIN, F.W. & L. DEGRAS. 1978. Tropical yams and their potential. Part 5. *Dioscorea trifida*. U.S.D.A. Agriculture Handbook no. 522.

- MEDINA, J.C. 1954. O sisal. São Paulo, Secretaria de Agricultura.
- MIEGE, J. & S.N. LYONGA. 1982. Yams-Ignames. Oxford, Oxford University Press.
- OSBORNE, J.F. & D.P. SINGH. 1980. Sisal and other long fibre agaves. In American Society of Agronomy, Hybridization of crop plants. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy.
- PEREZ, J.A. 1974. El fique. Medellín, Colombia, Compañía de Empaques.
- WIENK, J.F. 1995. Sisal and relatives. Agave (*Agavaceae-Agave*). In Smartt, J. & N.W. Simmonds, ed. Evolution of crop plants. 2 ed. London, Longman.

41. ORQUIDALES

ORQUIDÁCEAS

La familia de las orquídeas es la más numerosa de todas. Sin embargo, contiene sólo una especie de valor industrial, la vainilla. Las orquídeas ornamentales son muy numerosas y de alto valor económico.

Esta familia incluye especies predominantemente tropicales. Muchas de ellas crecen epífitas y muestran numerosas adaptaciones a esa condición. Tienen raíces absorbentes y los tallos y hojas actúan como órganos de almacenamiento; la estructura de la epidermis impide la pérdida excesiva de agua. Las flores en racimos, espigas o panículas son de un tipo especial: por lo común los tres sépalos son iguales y los dos pétalos laterales también son similares entre sí. El tercero o labelo, que ocupa una posición central, es más desarrollado y por su forma y color constituye la parte más llamativa de la flor. Los órganos de reproducción se encuentran en una columna; el ovario es infero. El fruto es una cápsula con muchas semillas diminutas, que carecen de endosperma.

VAINILLA, *Vanilla planifolia* (*V. fragans*)

La vainilla comercial se obtiene de los frutos elaborados de varias especies del género *Vanilla*, que por sus propiedades aromáticas tienen uso en confitería, preparación de helados, bebidas y perfumes. En las últimas décadas el producto natural ha sido reemplazado por otro sintético, pero recientemente en algunos países las regulaciones sanitarias han limitado el uso del último y la producción de vainilla natural se ha vuelto a incrementar. La vainilla se cultiva comercialmente en cuatro regiones: Madagascar y Reunión que exportan el 85 % del consumo mundial, estimado en 3 000 000 de libras; México, que exporta cerca del 10 %; Tahití y otras islas en Oceanía Francesa, y las Antillas.

La principal especie en producción comercial es *Vanilla planifolia* (*V. fragans*) (Fig. 41.1). Su área de distribución natural son las tierras continentales húmedas y bajas, de menos de 800 m, desde el sur de México hasta el norte de Bolivia. Es también la especie cultivada en las Antillas y

en Madagascar, donde fue introducida en el siglo pasado. Como el cacao, a cuya utilización estaba íntimamente asociada, la vainilla fue domesticada por tribus indias del sur de México, que la utilizaron especialmente para dar aroma al chocolate. Los españoles aprendieron a usarla y establecieron un comercio activo con Europa. La producción comercial fuera del área de origen se desarrolló particularmente en las antiguas colonias francesas.

La vainilla es una liana de tallo simple o ramificado, cilíndrico, verde y carnosos, con entrenudos en zigzag, que se adhiere por medio de raíces adventicias a los troncos. En cultivo crece sobre árboles sembrados expuestos o en soportes bajos de concreto. De cada nudo salen una o varias raíces adventicias, opuestas a la hoja. Su función principal es de soporte, pero tienen, como las raíces típicas de las orquídeas, una estructura exterior, el velamen, que les permite absorber y retener el agua. Las raíces alimentadoras están en los entrenudos inferiores y crecen entre las hojas descompuestas del suelo del bosque, formando un sistema radical denso y relativamente corto.

Las hojas de esta especie son casi sésiles, oblongas o lanceoladas, agudas en el ápice, de cinco a 25 cm de largo por dos a 10 cm de ancho. Son planas o cóncavas, gruesas y carnosas, pues constituyen el órgano principal de almacenamiento de la planta.

Las inflorescencias salen de las axilas de las hojas; el eje corto y succulento, lleva de cuatro a 20 flores carnosas, verduscas o amarillentas (Fig. 41.1B). Los tres sépalos son lineares, de cuatro a siete centímetros de largo. Hay tres pétalos, dos semejantes a los sépalos; el tercero o labelo, en forma de trompeta, con el tubo basal cerrado y la parte terminal abierta y curvada hacia afuera, tiene en el centro varios surcos papilosos en sentido longitudinal.

Los órganos reproductores, como en todas las orquídeas forman una sola columna; en la vainilla es fusiforme, verdosa, de dos a tres centímetros de largo, y sobresale del centro del labelo.

El ovario está debajo de la columna; en el ápice (Fig. 41.1C) está el androceo, formado por dos masas de polen, las polinias; poco más abajo están las áreas estigmáticas, abiertas y húmedas. Las anteras están separadas del estigma por un cuerpo en forma de lámina delgada, el rostelo. Este órgano representa el tercer estigma, estéril, y por su posición impide que las polinias alcancen a los estigmas fértiles. En la vainilla, como en muchas otras orquídeas, esta disposición de los órganos sexuales no favorece la autopolinización.

En las áreas en que la vainilla crece naturalmente la polinización se hace por abejas silvestres del género *Melipona* y la formación de frutos es escasa. En la producción comercial se ha recurrido a la polinización artificial, descubierta en Madagascar y ahora usada en todas las otras regiones productoras. Esa operación consiste en levantar el rostelo con una aguja fina y larga que se maneja con la mano derecha y presionar con el pulgar izquierdo la parte superior de la columna para que las masas de polen alcancen el estigma (Fig. 41.1D).

Para facilitar el trabajo de polinizar la vainilla no se la deja crecer a mucha altura y los tallos se doblan hacia abajo o se podan; estas operaciones aumentan también el número de flores. En una inflorescencia se abren dos o tres flores diariamente, las que se marchitan el mismo día. Como la floración ocurre en estaciones marcadas, de dos meses por lo común, el trabajo de polinización artificial es muy intenso durante ese período. Se poliniza sólo las flores de la parte inferior del racimo, pues las superiores dan frutos cortos y curvos.

Fruto. El ovario se forma de paredes gruesas y contiene miles de óvulos. Su crecimiento se inicia inmediatamente después de la polinización, antes de que los granos de polen alcancen los óvulos. Al mes y medio termina de crecer y aumenta del tamaño original de cuatro a seis centímetros hasta 16 a 20 cm de longitud. Los frutos maduros (Fig. 41.1E, F) se tornan amarillentos, comenzando por el ápice, se suavizan, oscurecen

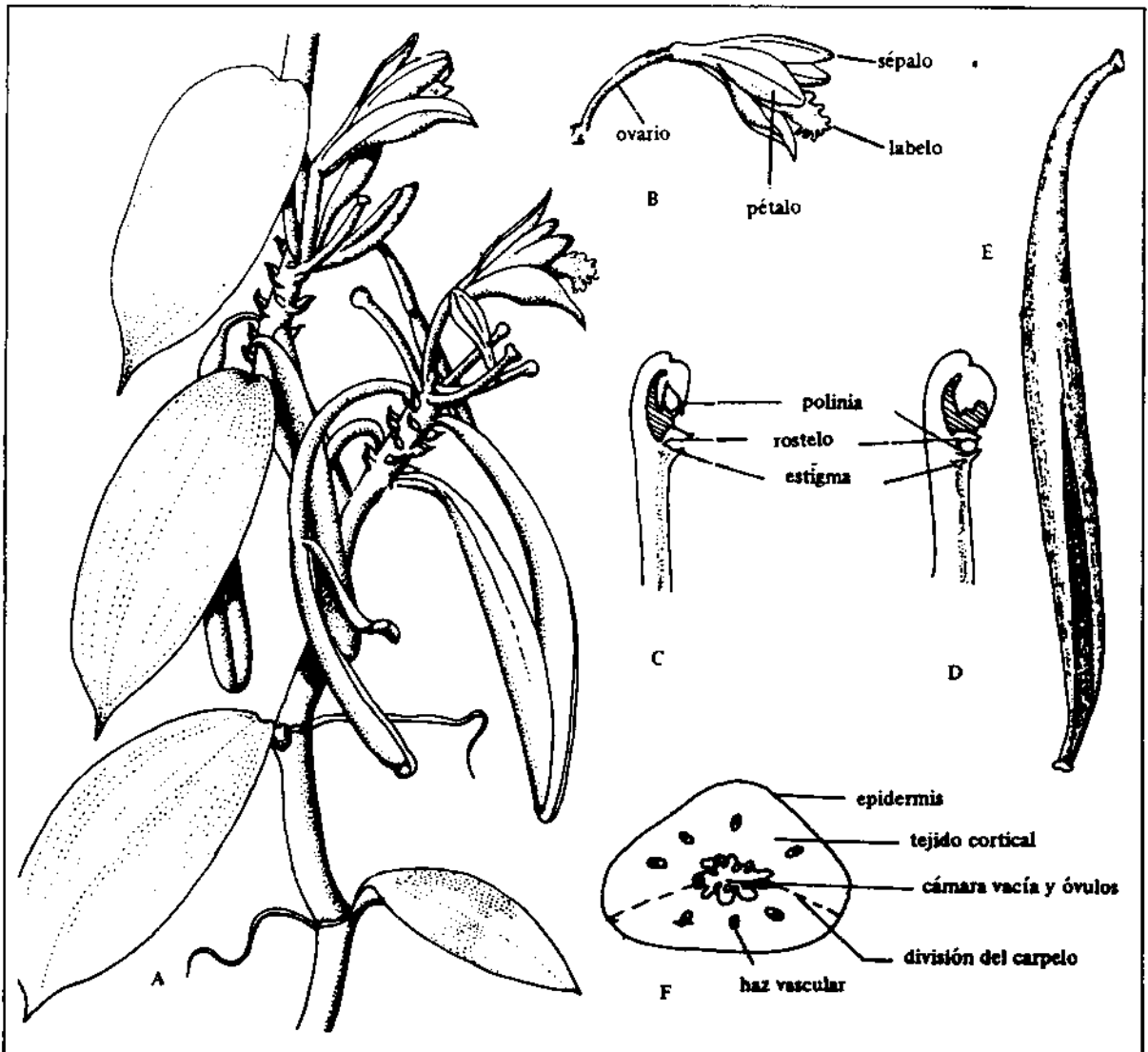


Fig. 41.1. *Vanilla planifolia*. A, tallo con flores y frutos. B, flor. C, columna de la flor, mostrando la posición natural de las polinias y el estigma. D, la misma, después de la polinización artificial. E, fruto maduro, abriéndose por el ápice. F, corte transversal del fruto.

y tienden a abrirse en dos valvas longitudinales. Si se dejan en la planta en la superficie se forman gotas de bálsamo de vainilla.

Para la preparación comercial los frutos deben recogerse cuando están aún amarillentos y compactos; se cortan con cuidado y se someten a

un proceso de beneficio complicado: marchitamiento por calor, calentamiento para que adquieran la textura y flexibilidad deseadas, secamiento, almacenamiento bajo condiciones especiales de temperatura y humedad. El objetivo del beneficio es promover en los frutos la formación

de vainillina y otros compuestos que no se hallan en la fruta fresca y que son los que dan el valor comercial al producto.

Selección. La vainilla es diploide, $2n=32$; los intentos de inducir poliploidia artificial no han dado resultados prácticos. La hibridación interespecífica ofrece buenas posibilidades, si no afecta el tamaño y otras características comerciales del fruto. Hay problemas, en particular enfermedades de la raíz y del follaje, que en otras especies son menos serios que en *V. planifolia*.

La propagación vegetativa de materiales superiores es el método más frecuente de selección y en el establecimiento de clones superiores se pueden usar tanto los métodos tradicionales de enraizamiento como el cultivo de tejidos.

VAINILLÓN, *Vanilla pompona*

Se cultiva en Guadalupe, Dominica y Martinica, y da un producto inferior al de *V. planifolia*. Se distingue de ésta por tener hojas más gruesas, de 15-30 cm de longitud por 4-12 cm de ancho; por las flores de mayor tamaño, con sépalos y pétalos de 7.5 cm de largo y el labelo sin líneas verrucosas, y por los frutos más cortos y gruesos, que no se abren en la madurez.

VAINILLA DE TAHITÍ, *Vanilla tahitensis*

Es la otra especie comercial de menor importancia. Se cultiva en Tahití e islas vecinas y Hawái; difiere de *V. planifolia* por sus hojas más delgadas, de 12-14 cm de largo por 2.5-3 cm de ancho, y por los frutos rojizos, más cortos y gruesos, de 12-14 cm de largo y cinco milímetros de diámetro.

ORQUÍDEAS ORNAMENTALES

Las orquídeas ornamentales no tienen en América tropical el valor económico que han ad-

quirido en cultivos de invernadero en Europa y Estados Unidos de América o a campo abierto en los trópicos asiáticos. Varios factores impiden que su cultivo se desarrolle en América Latina, entre ellos el desconocimiento de técnicas de manejo, en particular la propagación *in vitro* y la hibridación, que fueron descubiertas y perfeccionadas en Europa y Estados Unidos, y factores naturales como la alta frecuencia de enfermedades e insectos dañinos. A pesar de esto existen casos de explotación comercial de orquídeas, que permiten juzgar que esta empresa podría ser de gran valor en los trópicos americanos.

Raíces. Las raíces de las orquídeas epífitas constituyen órganos de sostén y absorción muy bien adaptados a condiciones variables de humedad. Son al principio cilíndricas, luego se aplanan y fijan a los troncos por papilas que aparecen en la cara inferior, de modo que no es posible separarlas por completo de la superficie a que se adhieren. Con frecuencia su geotropismo es positivo o indeterminado. La estructura de la raíz presenta características especiales: la epidermis constituida por una sola capa de células, cubre el velamen, formado por seis a 12 capas de células alargadas en sentido radial, con abundantes espacios aéreos.

La función principal del velamen es la protección de los tejidos centrales contra las pérdidas de agua y funciona además como un órgano de absorción, lo cual se puede observar colocando una gota de agua en una raíz seca, por la que es rápidamente absorbida. La exodermis, que limita el velamen, es una soía capa de células en que alternan una célula grande con otra más angosta. Los tejidos corticales están constituidos por parénquima lleno de cloroplastos; con frecuencia está ocupado o destruido por micorrizas, que viven en simbiosis con la orquídea. Debajo está la endodermis, en la que alternan células de paredes gruesas con otras de paredes delgadas. El cilindro central se forma de periciclo, en que hay muchas fibras, y grupos de xilema y floema. Es muy común la presencia de espacios vacíos en la región central.

Tallos y hojas. El tallo es un rizoma, simple o ramificado, de crecimiento simpodial. En *Cattleya* y otros géneros el rizoma produce yemas que forman tallos aéreos, llamados comúnmente pseudobulbos. La yema y el tallo aéreo están cubiertos por hojas escamiformes no permanentes, que se caen o secan conforme crece la planta; hay una o más hojas permanentes al extremo del tallo. En otros géneros el tallo aéreo es cilíndrico, ovoide o casi esférico. En *Odontoglossum* no existen pseudobulbos y en *Vanda* los hay en unas especies y faltan en otras. El tallo aéreo es fotosintético y funciona como un órgano de almacenamiento de agua y sustancias de reserva; los haces vasculares que lo recorren en sentido longitudinal tienen una cubierta de fibras fuertes.

Las hojas de las orquídeas son gruesas en muchos géneros, como *Cattleya* y muy delgadas en otros. En todos es presenta una estructura de protección contra pérdidas de agua, sea por las paredes gruesas de la epidermis como por los tejidos de almacenamiento en el mesofilo.

Inflorescencia. El valor comercial de las orquídeas ornamentales lo determina la forma, tamaño y color de sus flores. La duración es otro carácter de importancia; en las especies que no se autopolinizan las flores duran varios días.

La forma básica de la inflorescencia es el racimo. En *Cattleya* y en muchos otros géneros es terminal y brota del ápice del tallo aéreo, protegida por una espata dura; en *Vanda* y *Pescatorea* sale de las axilas de las hojas; en *Stanhopea* los racimos brotan de la parte inferior del tallo.

La forma básica de la flor de una orquídea fue descrita en la vainilla. Los tres sépalos son por lo común más pequeños y de colores menos brillantes. De los pétalos, dos son de tamaño similar y el tercero, o labelo, forma en la base una envoltura tubular alrededor de la columna y se abre en la parte terminal en prolongaciones de formas y colores muy variados.

Los órganos de reproducción están soldados en un sólo cuerpo. En la parte inferior, debajo de la envoltura floral, está el ovario, y encima la columna, formada por la unión de estambres y pis-

tilo. Los estambres se reducen por lo común a uno y el polen se agrupa en masas o polinias. Los estigmas fértiles son dos; el tercero, estéril, forma el rostelo, que por lo común aparece como un reborde que separa las polinias de las superficies estigmáticas.

La polinización se hace por agentes especiales, insectos principalmente, y las relaciones entre la estructura de la flor y los hábitos de éstos son a menudo tan específicos que faltando esos agentes polinizadores no hay formación de fruto. Las polinias se sueltan movidas por los insectos y tocan las superficies estigmáticas de la misma flor, o son llevadas por éstos a las flores de otra inflorescencia donde se adhieren y descargan el polen.

Los frutos son cápsulas dehiscentes, que contienen muchos miles de semillas minúsculas formadas sólo por el embrión y su cobertura. Para germinar y crecer estas semillas necesitan que ciertas micorrizas penetren en sus tejidos y promuevan el desarrollo del embrión y la formación de raicillas. La simbiosis con micorrizas es general para todas las orquídeas durante el período de germinación. Por algún tiempo se practicó su aplicación artificial para lograr la germinación, colocando las semillas en las raíces de la planta madre, pues las micorrizas son por lo general diferentes para cada especie. Después se desarrolló otro método que consistía en aislar y cultivar las micorrizas para sembrar en ella las semillas. Los métodos modernos de germinación reemplazan la acción de la micorriza con sustancias nutritivas, agar y otros, que la semilla puede absorber directamente. Más corriente es ahora el cultivo de meristemas.

Especies e híbridos. La mayoría de las orquídeas comerciales son híbridos triploides o tetraploides. En esta familia, la más rica en especies, es donde la hibridación se ha realizado más intensamente. Desde un comienzo los híbridos se hicieron no sólo entre especies del mismo género sino entre especies de géneros diferentes, al punto de que hay híbridos en que se ha incluido padres de cuatro géneros. 'Pottinara Juliette', por

ejemplo, es un cruce de dos padres que se originan de especies de los géneros, *Cattleya* x *Brassovola* y *Laelia* x *Sophranitis*.

Entre los géneros de valor comercial, *Cattleya* ocupa el primer lugar. Este es un género americano, de flores grandes y vistosas. Es también de las que mejor combina con géneros vecinos; *Laelia*, género americano afín al anterior, ha dado también híbridos numerosos. *Oncidium*, *Odontoglossum*, *Miltonia*, *Cymbidium*, *Epidendrum* incluyen muchas especies americanas de valor comercial. Entre los géneros de los trópicos del Viejo Mundo, *Vanda*, *Phalaenopsis* y *Dendrobium* son los más cultivados por sus flores vistosas y duraderas.

REFERENCIAS

- ASHLEY, J. 1980. The culture of vanilla in Uganda. *World Crops* 32:124-129.
- BOURIQUET, G. 1964. Le vanillier et la vanille dans le monde. Paris, Lechevalier.
- CORREL, D.S. 1944. Vanilla: its history, cultivation and improvement. *Lloydia* 7:236-254.
- CHILDERS, N.F. & H.R. CIBES. 1948. Vanilla culture in Puerto Rico. United States Department of Agriculture, Federal Experiment Station in Puerto Rico Circular no. 28.

REFERENCIAS GENERALES

- ALVIM, P. de T. & T.T. KOWSLOWSKI. eds. 1977. *Ecophysiology of tropical crops*. New York, Academic Press.
- BARRAU, J. 1962. *Plantes alimentaires de l'Océanie*. Marseille, Faculté des Sciences.
- BROWN, W.H. 1951-1958. *Useful plants of the Philippines*. Manila, Bureau of Printing. 3 vol.
- BRUCHER, H. 1989. *Useful plants of neotropical origin*. Berlin, Springer.
- BURKILL, I.H. 1935. *A dictionary of economic products of the Malay peninsula*. London, Crown. 2 vol.
- BURKILL, H.M. 1985. *The useful plants of tropical Africa*. Kew, U.K., Royal Botanic Gardens.
- BUSSON, F. 1965. *Plantes alimentaires de l'Ouest Africain*. Marseille, Le Cointe.
- CHANDRA, S. ed. 1984. *Edible aroids*. Oxford, Clarendon Press.
- COBLEY, L.S. 1976. *An introduction to the botany of tropical crops*. Rev. por W.M. Steele. London, Longman.
- CRONQUIST, C. 1981. *An integrated system of flowering plants*. New York, Columbia University Press.
- DAHLGREN, E. 1947. *Tropical and subtropical fruits*. Chicago, Natural History Museum.
- DUKE, J.A. 1981. *Handbook of legumes of world economic importance*. New York, Plenum.
- FERWERDA, F.P. & F. WIT. eds. 1969. *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. Wageningen, Holanda, H. Veenman & Zonen. (Traducción al español: *Genotecnia de cultivos tropicales perennes*. 1987. México, D.F., A. G. T.; traductor: R. Mosqueda Vásquez).
- HERNÁNDEZ - BERMEJO, E. & J. LEÓN. eds. 1992. *Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492*. Roma, FAO.
- HUMPHREYS, L.R. 1988. *Tropical pastures and fodder crops*. 2 ed. London, Longman.
- IRVINE, F.R. 1969. *West African crops*. 3 ed. London, Oxford University Press.
- KOCHHAR, S.L. 1986. *Tropical crops*. London, Macmillan.
- LEAKEY, C.L.A. & J.B. WILLIS. eds. 1977. *Food crops of the lowland tropics*. Oxford, Oxford University Press.
- MACMILLAN, H.F. 1962. *A handbook of tropical gardening and planting*. London, Macmillan.
- MAISTRE, J. 1964. *Les plantes à épices*. Paris, Maisonneuve & Larose.
- MAITI, R. 1997. *World fibers crops*. Enfield, New Hampshire, EE.UU., Science Publishers.
- MARTIN, F.W. ed. 1984. *Handbook of tropical food crops*. Boca Raton, EE.UU., CRC.

- MENNINGER, E.A. 1977. Edible nuts of the world. Stuart, Fla., EE.UU., Horticultural Books.
- MORTON, J. 1987. Fruits of warm countries. Winterville, N.C., EE.UU., Creative Resources Systems.
- NAGY, S. & P.E. SHAW. eds. 1980. Tropical and subtropical fruits. Composition, properties and uses. Westport, Conn., EE.UU., AVI Publishing Co.
- NORMAN, M.J.T., C.J. PEARSON & P.G.E. SEARLE. 1984. The ecology of tropical food crops. Cambridge, U.K., Cambridge University Press.
- OCHSE, J.J., M.J. SOULE, M.J. DIJKMAN & C. WEHLBURG. 1961. Tropical and subtropical agriculture. New York, Macmillan, 2 vols. (Traducción al español: Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. 1965. México, D.F., Centro Regional de Ayuda Técnica; traductor: Alonso Blackaller).
- ONWUEME, I.C. 1978. The tropical tuber crops. Chichester, U.K., Wiley.
- OPEKE, L.K. 1982. Tropical tree crops. Chichester, U.K., Wiley.
- PLANT RESOURCES of South East Asia. 1989. Wageningen, Holanda, PUDOC. 11 vols.
- POPENOE, W. 1920. Manual of tropical and subtropical fruits. New York, Macmillan. (Edición facsimile: 1974. New York, Hafner).
- PURSEGLOVE, J. 1968-1972. Tropical crops. London, Longman. 4 vols.
- PURSEGLOVE, J., E.G. BROWN, C.L. GREEN & S.R.J. ROBBINS. 1981. Spices. London, Longman. 2 vols.
- REHM, S. & G. ESPIG. 1991. The cultivated plants of the tropics and subtropics. Weikersheim, Alemania, Margraf.
- ROBBLELEN, G., R.K. DOWNEY & A. ASHRI. 1989. Oil crops of the world: their breeding and utilization. New York, McGraw Hill.
- ROSENGARTEN, F. 1973. The book of spices. New York, Pyramid Books.
- SÁNCHEZ MONGE, E. 1981. Diccionario de plantas agrícolas. Madrid, Ministerio de Agricultura.
- SCHULTES, R.E. & A.F. HILL. 1960. Plants and human affairs. Cambridge, Mass., EE.UU., Harvard University.
- SCHULTZE-MOTEL, J. ed. 1986. Rudolf Mansfeld verzeichnis Landwirtschaftlicher und gartnerischer kulturpflanzen. Berlin, Akademie. 4 vols.
- SKERMAN, P.J., D.G. CAMERON & F. RIVEROS. 1988. Tropical forage grasses. Roma, FAO.
- SKERMAN, P.J. & F. RIVEROS. 1990. Tropical grasses. Roma, FAO.
- SMARTT, J. 1977. Tropical pulses. London, Longman.
- SMARTT, J. & N.W. SIMMONDS. eds. 1995. Evolution of crop plants. 2 ed. London, Longman.

- SMITH, N.J.H., J.T. WILLIAMS, D.L. PLUCKNETT & J.P. TALBOT. 1992. *Tropical forests and their crops*. Ithaca, N.Y., EE.UU., Cornell University Press.
- U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. ed. 1978. *Underexploited tropical plants with promising economic value*. Washington D. C.
- U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. ed. 1979. *Tropical legumes: resources for the future*. Washington, D. C.
- U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. ed. 1989. *Lost crops of the Incas*. Washington, D. C.
- WEALTH OF INDIA. 1948-1976. New Delhi, Council of Scientific and Industrial Research. 3 vol.
- WICKENS, G.E., N. HAQ & P. DAY. eds. 1989. *New crops for food and industry*. London, Chapman 7 Hall.
- WILLIAMS, C.N., W.Y. CHEW & J.H. RAJARATNAM. 1980. *Tree and field crops for the wetter regions of the tropics*. London, Longman.
- ZEVEN, A.C. & J.M.J. de WET. 1982. *Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity*. Wageningen, Holanda, PUDOC.

ÍNDICE ALFABÉTICO DE FAMILIAS

AGAVÁCEAS	482	LAMIÁCEAS (LABIADAS)	344
AMARANTÁCEAS	84	LAURÁCEAS	60
ANACARDIÁCEAS	281	LECTITIDÁCEAS	127
ANONÁCEAS	50	MALPIGIÁCEAS	269
APIÁCEAS (UMBELÍFERAS)	312	MALVÁCEAS	114
APOCINÁCEAS	314	MARANTÁCEAS	478
AQUIFOLIÁCEAS	246	MELIÁCEAS	290
ARÁCEAS	397	MIMOSÁCEAS	227
ARECÁCEAS	370	MIRISTICÁCEAS	57
ASTERÁCEAS (COMPUESTAS)	364	MIRTÁCEAS	233
BASELÁCEAS	86	MORÁCEAS	71
BIXÁCEAS	133	MUSÁCEAS	461
BOMBACÁCEAS	111	ORQUIDÁCEAS	496
BROMELIÁCEAS	456	OXALIDÁCEAS	310
BURSERÁCEAS	279	PAPILIONÁCEAS	189
CACTÁCEAS	79	PASIFLORÁCEAS	135
CANNABIDÁCEAS	70	PEDALIÁCEAS	346
CANNÁCEAS	477	PIPERÁCEAS	66
CARICÁCEAS	139	POÁCEAS (GRAMÍNEAS)	403
CARIOCARÁCEAS	90	PORTULACÁCEAS	85
CECROPIÁCEAS	76	PROTEÁCEAS	230
CESALPINIÁCEAS	226	PUNICÁCEAS	245
CLUSIÁCEAS (GUTÍFERAS)	95	QUENOPODIÁCEAS	82
CONVOLVULÁCEAS	338	RAMNÁCEAS	266
CRISOBALANÁCEAS	184	ROSÁCEAS	182
CUCURBITÁCEAS	145	RUBLÁCEAS	350
DILLENIÁCEAS	89	RUTÁCEAS	292
DIOSCOREÁCEAS	488	SAPINDÁCEAS	271
EBENÁCEAS	180	SAPOTÁCEAS	171
ELEAGNÁCEAS	230	SIMARUBÁCEAS	289
ERITROXILÁCEAS	267	SOLANÁCEAS	317
ESTERCULIÁCEAS	103	TEÁCEAS	92
EUFORBIÁCEAS	247	TILIÁCEAS	100
FABÁCEAS (LEGUMINOSAS)	187	URTICÁCEAS	76
FLACOURTIÁCEAS	130	ZINGIBERÁCEAS	472
ICACINÁCEAS	247		

ÍNDICE DE NOMBRES CIENTÍFICOS (Sinónimos entre paréntesis)

- Abelmoschus esculentus*, 30, 124
Abelmoschus manihot, 125
Abelmoschus moschatus, 126
(*Aberia gardneri*), 132
Acca sellowiana, 241
(*Achras zapota*), 171
Acmeilla oleracea, 38, 368
Acroceras macrum, 438
Acrocomia aculeata, 386
Aegle marmelos, 26, 307
Aeschynomene falcata, 221
Aframomum melegueta, 30, 477
Agave amaniensis, 485
Agave angustifolia, 34, 486
Agave cantala, 34, 486
Agave fourcroydes, 34, 485
Agave lecheguilla, 486
Agave mapisaga, 34, 486
Agave salmiana, 34, 486
Agave sisalana, 34, 482
Agave tequilana, 34, 486
Aleurites fordii, 260
Aleurites moluccana, 27, 260
Aleurites montana, 260
Alocasia macrorrhiza, 27, 402
Alpinia galanga, 477
Alpinia officinarum, 477
Alysicarpus vaginalis, 221
(*Amaranthus edulis*), 84
(*Amaranthus blitum*), 85
Amaranthus caudatus, 36, 84
Amaranthus cruentus, 34, 85
Amaranthus dubius, 85
(*Amaranthus gangeticus*), 85
Amaranthus hybridus, 84, 85
(*Amaranthus hypochondriacus*), 34, 84
(*Amaranthus leucocarpus*), 84
Amaranthus lividus, 85
Amaranthus tricolor, 27, 85
(*Amorphophallus campanulatus*), 402
Amorphophallus paeoniifolius, 27, 402
Anacardium occidentale, 38, 285
Ananas comosus, 38, 456
Andropogon gayanus, 30, 447
Annona cherimola, 36, 50
Annona cherimola x squamosa, 53
Annona diversifolia, 34, 54
Annona muricata, 38, 54
Annona purpurea, 56
Annona reticulata, 53
Annona scleroderma, 34, 55
Annona squamosa, 38, 52
Antidesma bunioides, 26, 263
Arachis glabrata, 219, 221
Arachis hypogaea, 39, 216
Arachis monticola, 221
Arachis pintoi, 219
Areca catechu, 26, 394
Arenga pinnata, 389
(*Arenga saccharifera*), 27, 389
Arracacia xanthorrhiza, 36, 312
Artocarpus altilis, 26, 71
(*Artocarpus champeden*), 75
(*Artocarpus communis*), 71
Artocarpus heterophyllus, 26, 74
Artocarpus integer, 26, 75
(*Artocarpus integrifolius*), 74
Artocarpus odoratissimus, 26, 75
Astrocaryum aculeatum, 386
Astrocaryum vulgare, 386
Attalea butyracea, 388
Attalea funifera, 394
Attalea speciosa, 387
Averrhoa bilimbi, 26, 311
Averrhoa carambola, 26, 311
Axonopus affinis, 438

- Axonopus compressus*, 438
Axonopus scoparius, 440
- Baccaurea dulcis*, 264
Baccaurea motleyana, 26, 263
Baccaurea racemosa, 264
Baccaurea ramiflora, 264
Bactris gasipaes, 38, 389
Bambusa vulgaris, 26, 453
Basella alba, 86
 (*Basella rubra*), 27, 86
 (*Benincasa cerifera*), 155
Benincasa hispida, 27, 155
Bertholletia excelsa, 38, 127
Bixa orellana, 38, 133
Blighia sapida, 30, 277
Boehmeria nivea, 76
Borassus flabellifer, 26
Borjoa patinoi, 363
Borjoa sorbilis, 38, 363
 (*Bouea gandaria*), 289
Bouea macrophylla, 26, 289
 (*Brachiaria brizantha*), 445
 (*Brachiaria decumbens*), 445
 (*Brachiaria humidicola*), 446
 (*Brachiaria mutica*), 446
 (*Brachiaria plantaginea*), 446
 (*Brachiaria ruzizensis*), 447
Brassica juncea, 27
 (*Britoa acida*), 241
 (*Britoa acutangulum*), 241
 (*Britoa sellowiana*), 241
Byrsonima crassifolia, 270
Byrsonima intermedia, 270
Byrsonima sericea, 270
Byrsonima spicata, 270
- Cajanus cajan*, 27, 206
 (*Cajanus indicus*), 206
Calamus spp., 395
Calamus caesius, 396
Calathea allouia, 38, 480
Calathea macrantha, 481
Calathea macrosepala, 34, 481
 (*Calocarpum mammosum*), 174
Calopogonium mucunoides, 214
Camellia sinensis, 26, 92
Campomanesia guazumifolia, 241
Campomanesia lineatifolia, 38, 241
Campomanesia phaea, 39
Cananga odorata, 56
Canarium indicum, 281
Canarium luzonicum, 26, 281
Canarium ovatum, 26, 279
 (*Canarium vulgare*), 281
Canavalia ensiformis, 212
Canavalia gladiata, 213
Canavalia plagiosperma, 213
Canna edulis, 36, 477
Cannabis sativa, 70
Capsicum annuum, 34, 330
Capsicum baccatum, 38, 334
Capsicum chinense, 38, 334
Capsicum frutescens, 34, 334
 (*Capsicum pendulum*), 334
Capsicum pubescens, 36, 334
 (*Carica candamarcensis*), 144
 (*Carica chrysopetala*), 145
Carica monoica, 145
Carica papaya, 139
 (*Carica pentagona*), 145
Carica pubescens, 36, 144
Carica stipulata, 36
Carica x heilbornii, 36, 145
 (*Carissa arduina*), 315
Carissa bispinosa, 315
Carissa carandas, 26, 315
 (*Carissa congesta*), 315
Carissa grandiflora, 314
 (*Carissa macrocarpa*), 30, 314
Carthamus tinctorius, 366
Caryocar amygdaliferum, 92
Caryocar brasiliense, 38, 90
Caryocar nuciferum, 38, 90
Caryocar villosum, 38, 90
Caryodendron orinocense, 261
Casimiroa edulis, 34, 307
Castilla elastica, 76
Cattleya spp., 500, 501
Cattleya x Brassovola, 501
Ceiba pentandra, 111
Celosia argentea, 85

- Cenchrus ciliaris*, 30, 440
Centrosema pubescens, 215
Chamaedorea tepejilote, 34, 391
Chenopodium ambrosioides, 34
Chenopodium berlandieri, 34, 83
(*Chenopodium nuttalliae*), 83
Chenopodium pallidicaule, 36, 82
Chenopodium quinoa, 36, 82
Chloris gayana, 30, 437
Chrysobalanus icaco, 38, 184
Chrysophyllum cainito, 38, 178
Cinchona spp., 361
Cinchona officinalis, 362
Cinchona pubescens, 362
Cinnamomum aromaticum, 65
Cinnamomum burmannii, 66
(*Cinnamomum cassia*), 26, 65
Cinnamomum loureirii, 66
Cinnamomum verum, 26, 64
(*Cinnamomum zeylanicum*), 64
Citrullus lanatus, 30, 156
(*Citrullus vulgaris*), 156
(*Citrullus vulgaris* var. *fistulosus*), 164
Citrus spp., 292
Citrus aurantifolia, 26, 295, 300
Citrus aurantium, 26, 295, 299
(*Citrus grandis*), 26, 301
Citrus jambhiri, 306
Citrus limetta, 305
Citrus limettoides, 305
Citrus limon, 295, 304
Citrus maxima, 295, 301
Citrus medica, 26, 295, 305
Citrus reticulata, 26, 295, 302
Citrus sinensis, 26, 295, 296
Citrus x paradisi, 295, 302
Clausena lansium, 26, 306
Cnidioscolus chayamansa, 34, 265
Coccinia grandis, 27, 157
(*Coccinia indica*), 157
Cocos nucifera, 26, 27, 370
Coffea arabica, 30, 350
Coffea canephora, 30, 357
(*Coffea kouilouensis*), 357
(*Coffea laurentii*), 357
Coffea liberica, 30, 359
(*Coffea robusta*), 357
Coix lachryma-jobi, 26, 426
Cola acuminata, 30, 110, 111
Cola nitida, 30, 110
(*Coleus dazo*), 345
(*Coleus rotundifolius*), 344
Colocasia esculenta, 27, 397
Copernicia alba, 389
(*Copernicia cerifera*), 388
Copernicia prunifera, 388
Corchorus capsularis, 26, 100
Corchorus olitorius, 102
(*Corozo oleifera*), 387
Couepia bracteosa, 38, 185
Couepia longipendula, 185
Couepia polyandra, 34, 185
Couepia subcordata, 38
Couma utilis, 38, 316
Crataegus pubescens, 34, 182
Crotalaria spp., 222
Crotalaria alata, 222
Crotalaria micans, 222
Crotalaria juncea, 222
Crotalaria longirostrata, 34, 222
Crotalaria paulina, 222
Crotalaria retusa, 222
Crotalaria spectabilis, 222
Cucumeriopsis mannii, 160
Cucumis anguria, 30, 157
Cucumis melo, 30, 158
Cucumis metuliferus, 160
Cucumis sativus, 159
Cucurbita argyrosperma, 34, 152
Cucurbita ficifolia, 34, 154
Cucurbita maxima, 39, 151
(*Cucurbita mixta*), 152
Cucurbita moschata, 34, 146
Cucurbita pepo, 34, 149
Curcuma amada, 476
(*Curcuma domestica*), 26, 475
Curcuma longa, 475
Curcuma mangga, 476
Curcuma xanthorrhiza, 476
Curcuma zedoaria, 476
(*Cyamopsis psoraloides*), 224
Cyamopsis tetragonoloba, 30, 224

- Cyclanthera pedata*, 36, 169
Cymbidium spp., 501
Cymbopogon citratus, 27, 451
Cymbopogon flexuosus, 450
Cymbopogon martini, 27, 451
Cymbopogon nardus, 27, 450
Cynodon aethiopicus, 437
Cynodon dactylon, 30, 438
Cynodon nlemfuensis, 30, 437
Cyphomandra betacea, 36, 329
Cyphomandra cajanumensis, 330
(*Cyrtosperma chamissonis*), 402
Cyrtosperma merkusii, 27, 402
- Dendrobium* spp., 501
Dendrocalamus asper, 26, 27
Dendrocalamus strictus, 454
Derris elliptica, 27, 222
Derris malaccensis, 222
Desmodium intortum, 220
Desmodium uncinatum, 220
(*Digitaria decumbens*), 440
Digitaria eriantha, 30, 440
Digitaria exilis, 30, 424
Digitaria iburua, 424
Digitaria milanjiana, 30, 440
(*Digitaria pentzii*), 440
Dillenia indica, 89
Dimocarpus longan, 26, 275
Dioscorea alata, 27, 488
Dioscorea bulbifera, 27, 491
Dioscorea cayenensis, 30
Dioscorea composita, 495
Dioscorea dodecaneura, 38, 495
Dioscorea dumetorum, 492
Dioscorea esculenta, 27, 493
Dioscorea floribunda, 495
Dioscorea hispida, 493
Dioscorea nummularia, 493
Dioscorea pentaphylla, 494
(*Dioscorea rotundata*), 492
Dioscorea subhastata, 38, 495
Dioscorea trifida, 38, 494
Dioscorea x cayenensis, 492
Diospyros blancoi, 26, 180
Diospyros digyna, 34, 180
(*Diospyros discolor*), 180
(*Diospyros ebenaster*), 180
Diospyros kaki, 181
Dipterix odorata, 38, 224
(*Dolichos lablab*), 208
Dovyalis abyssynica, 132
Dovyalis caffra, 30, 133
Dovyalis hebecarpa, 26, 132
Durio kutejensis, 114
Durio zibethinus, 26, 113
- Echinochloa polystachya*, 441
Echinochloa pyramidalis, 441
Elaeis guineensis, 30, 378
(*Elaeis melanococca*), 387
Elaeis oleifera, 387
Eleagnus philippensis, 230
Elettaria cardamomum, 26, 473
Eleusine coracana, 30, 425
Ensete ventricosum, 471
Entolasia imbricata, 441
Eragrostis teff, 30, 425
Eriobotrya japonica, 182
Eriochloa polystachya, 441
Eryngium foetidum, 313
Epidendrum spp., 501
Erythrina berteroaana, 214
Erythrina edulis, 214
Erythrina fusca, 214
Erythrina peopiggiana, 214
Erythrina spp., 214
Erythroxylum coca, 38, 267
Erythroxylum novogranatense, 36, 267
Eugenia aggregata, 39, 237
(*Eugenia aromatica*), 242
(*Eugenia brasiliensis*), 237
Eugenia dombeyi, 38, 237
(*Eugenia jambos*), 238
Eugenia klotzschiana, 39, 237
Eugenia luschnathiana, 39, 237
(*Eugenia malaccensis*), 239
(*Eugenia pyriformis*), 238
Eugenia stipitata, 38, 236
Eugenia uniflora, 39, 235
Eugenia uvalha, 39, 238
(*Euphoria longana*), 275

- Euterpe oleracea*, 38, 391
Fagopyrum esculentum, 84
 (*Feijoa sellowiana*), 39, 241
 (*Flacourtia cataphracta*), 131
Flacourtia indica, 26, 130
Flacourtia inermis, 26, 130
Flacourtia jangomas, 131
 (*Flacourtia ramontchi*), 130
Flacourtia rukam, 131
Flemingia vestita, 211
Fortunella margarita, 306
Furcraea spp., 486
Furcraea andina, 36, 487
Furcraea cabuya, 34, 487
Furcraea foetida, 487
 (*Furcraea gigantea*), 487
Furcraea hexapetala, 487
Furcraea humboldtiana, 487
Furcraea macrophylla, 487

Garcinia atroviridis, 97
Garcinia cowa, 26
Garcinia dulcis, 26, 97
Garcinia livingstonei, 97
Garcinia macrophylla, 97
Garcinia madruno, 97
Garcinia mangostana, 26, 96
Garcinia prainiana, 97
Genipa americana, 38, 362
 (*Genipa caruto*), 362
Gigantochloa apus, 26
Gigantochloa verticillata, 454
 (*Glycine javanica*), 216
Glycine max, 205
 (*Glycine soja*), 205
 (*Glycine wightii*), 30, 216
Gossypium arboreum, 26, 120
Gossypium barbadense, 38, 120
Gossypium herbaceum, 30, 120
Gossypium hirsutum, 34, 115
Grewia asiatica, 26, 103
Grias neuberthii, 129
Guadua chochoensis, 453
 (*Guilielma gasipaes*), 389
 (*Guilielma utilis*), 389

Guizotia abyssinica, 367
Gustavia superba, 128
Hancornia speciosa, 38, 315
Helianthus annuus, 365
Hemarthria altissima, 447
Heteropogon contortus, 447
Hevea brasiliensis, 38, 253
Hibiscus cannabinus, 30, 120
 (*Hibiscus esculentus*), 124
Hibiscus lunarifolius, 124
Hibiscus quinquelobus, 124
Hibiscus sabdariffa, 30, 122
Hylocereus spp., 38, 81
Hylocereus costaricensis, 81
Hylocereus ocampensis, 81
Hylocereus polyrhizus, 81
Hylocereus undatus, 34, 81
Hymenaea courbaril, 226
Hyparrhenia rufa, 30, 449
Hyptis spp., 344
Hyptis suaveolens, 345

Ilex paraguariensis, 39, 246
Indigofera endecaphylla, 225
Indigofera tinctoria, 224
Inga spp., 227
Inga cinnamomea, 38, 227
Inga edulis, 38, 227
Inga feuillei, 36, 227
Inga jinicuil, 34, 227
Inga macrophylla, 38
Inga paterno, 34
 (*Inocarpus edulis*), 26, 225
Inocarpus fagifer, 225
Ipomoea aquatica, 27, 342
Ipomoea batatas, 38, 338
 (*Ipomoea reptans*), 342
Ischaemum aristatum, 448
 (*Ischaemum ciliare*), 449
Ischaemum indicum, 449
Ixophorus unisetus, 441

Jathropa curcas, 261
Juglans neotropica, 36

 (*Kerstingiella geocarpa*), 212

(*Lablab niger*), 208
Lablab purpureus, 30, 208
Laelia spp., 501
Laelia x *Sophranitis*, 501
Lagenaria siceraria, 30, 160
Lansium domesticum, 26, 291
Lecythis ollaria, 128
Lecythis pisonis, 38, 128
 (*Lecythis usitata*), 128
Lecythis zabucajo, 38, 128
Lepidium meyeri, 36
 (*Leucaena glauca*), 227
Leucaena leucocephala, 227
Licania platypus, 34, 186
Licania pyriformis, 186
Licania rigida, 186
Licania salzmanni, 186
Licania tomentosa, 186
Litchi chinensis, 26, 274
Lonchocarpus nicou, 223
Lonchocarpus urucu, 222, 223
Lonchocarpus utilis, 222, 223
Lototonis bainesii, 30, 215
 (*Lucuma bifera*), 177
 (*Lucuma nervosa*), 175
Luffa acutangula, 27, 163
Luffa aegyptiaca, 27, 162
 (*Luffa cylindrica*), 162
Lupinus mutabilis, 36
Lycopersicon esculentum, 34, 317

Macadamia integrifolia, 230
Macadamia tetraphylla, 232
Macroptilium atropurpureum, 215
Macrotyloma geocarpum, 30, 212
 (*Malpighia emarginata*), 269
Malpighia glabra, 38, 269
 (*Malpighia puniceifolia*), 269
Mammea americana, 38, 98
Mangifera caesia, 26, 284
Mangifera foetida, 26, 284
Mangifera indica, 26, 281
Mangifera longipetiolata, 284
Mangifera microphylla, 284
Mangifera odorata, 26, 285
Mangifera pentandra, 284

Mangifera quadrifida, 284
Manihot esculenta, 38, 248
 (*Manihot utilissima*), 248
Manilkara zapota, 34, 171
 (*Manilkara zapotilla*), 171
Maranta arundinacea, 38, 478
Matisia cordata, 38, 113
Mauritia flexuosa, 391
Melicoccus bijugatus, 38, 276
Melinis minutiflora, 30, 441
Melocanna baccifera, 454
Mentha spp., 344
Metroxylon sagu, 27, 392
Miltonia spp., 501
Miscanthus floridulus, 427
 (*Moghania vestita*), 211
Momordica charantia, 27, 164
 (*Moquilea macrocarpa*), 186
Mucuna deeringiana, 213
Muntingia calabura, 103
Musa spp., 26, 27, 461
Musa acuminata, 462
Musa balbisiana, 462
Musa maclayi, 471
Musa textilis, 26, 471
Myrciaria spp., 39, 240
Myrciaria cauliflora, 240
Myrciaria dubia, 241
Myrciaria jaboticaba, 241
 (*Myrciaria paraensis*), 241
Myrciaria trunciflora, 241
Myristica fragrans, 26, 57

Neonotonia wightii, 216
Nephelium lappaceum, 26, 271
 (*Nephelium mutabile*), 273
Nephelium ramboutan-ake, 26, 273
Nicotiana rustica, 36, 337
Nicotiana tabacum, 36, 334
Nypa fruticans, 392

Ocimum basilicum, 344
Odontoglossum spp., 500, 501
Oenocarpus bataua, 387
Oncidium spp., 501
Opuntia ficus-indica, 34, 79

- Opuntia streptacantha*, 34
(Orbygnia martiana), 387
Oryza glaberrima, 30, 419
Oryza sativa, 26, 411
Oxalis tuberosa, 36, 310
- Pachyrhizus* spp., 209
Pachyrhizus ahipa, 36, 211
Pachyrhizus erosus, 34, 209
Pachyrhizus tuberosus, 38, 210
Pandanus tectorius, 26
Panicum coloratum, 443
Panicum maximum, 30, 443
Panicum miliaceum, 425
(Panicum miliare), 425
(Panicum purpurascens), 446
Panicum sumatrense, 425
Parmentiera aculeata, 34
Paspalum conjugatum, 444
Paspalum dilatatum, 444
Paspalum fasciculatum, 444
Paspalum guenoarum, 444
Paspalum notatum, 444
Paspalum scrobiculatum, 425
Paspalum urvillei, 444
Passiflora alata, 139
Passiflora antioquiensis, 139
Passiflora edulis, 38, 135
Passiflora laurifolia, 38, 137
Passiflora ligularis, 36, 137
Passiflora maliformis, 38, 138
Passiflora mixta, 139
Passiflora mollissima, 36, 139
Passiflora nitida, 38, 138
Passiflora pinnastipula, 36, 139
Passiflora popenovii, 36, 138
Passiflora psilantha, 139
Passiflora quadrangularis, 38, 135, 138
Passiflora tripartita, 139
Paullinia cupana, 38, 278
(Pennisetum americanum), 30, 424
Pennisetum clandestinum, 30, 444
Pennisetum glaucum, 424
Pennisetum purpureum, 30, 444
(Pennisetum typhoides), 424
Pereskia aculeata, 82
- Persea americana*, 34, 60
(Persea gratissima), 60
Persea schiedeana, 34, 64
Pescatorea spp., 500
Phalaenopsis spp., 501
(Phaseolus aconitifolius), 202
Phaseolus acutifolius, 34, 199
(Phaseolus aureus), 203
(Phaseolus calcaratus), 204
Phaseolus coccineus, 34, 197
Phaseolus lunatus, 195
(Phaseolus multiflorus), 197
(Phaseolus mungo), 203
Phaseolus polyanthus, 34, 198
(Phaseolus radiatus), 203
Phaseolus vulgaris, 34, 36, 190
Phyllanthus acidus, 26, 262
(Phyllanthus distichus), 262
Phyllanthus emblica, 26, 262
(Physalis ixocarpa), 328
Physalis peruviana, 36, 329
Physalis philadelphica, 34, 328
Phytalephas macrocarpa, 395
(Pimenta acris), 245
Pimenta dioica, 34, 243
(Pimenta officinalis), 243
Pimenta racemosa, 245
Piper betle, 26, 70
Piper cubeba, 26, 69
Piper guineense, 70
Piper longum, 69
Piper methysticum, 26
Piper nigrum, 26, 66
(Piper officinarum), 69
Piper retrofractum, 69
Platonia esculenta, 99
(Platonia insignis), 38, 99
Plectranthus amboinicus, 345
Plectranthus esculentus, 30, 345
Plectranthus rotundifolius, 30, 344
Pogostemon spp., 344
Pogostemon cablin, 345
Pogostemon heyneanus, 345
Pogostemon hortensis, 345
(Polymnia sonchifolia), 367
Poncirus trifoliata, 306

- Poraqueiba paraensis*, 38, 247
Poraqueiba sericea, 38, 247
Pourouma cecropiifolia, 38, 76
Pouteria caimito, 38, 177
Pouteria campechiana, 34, 175
Pouteria fossicola, 175
Pouteria glomerata, 34, 178
(Pouteria hypoglauca), 178
Pouteria lucuma, 36, 177
Pouteria macrophylla, 38
(Pouteria mammosa), 174
(Pouteria obovata), 177
(Pouteria salicifolia), 175
Pouteria sapota, 34, 174
Pouteria viridis, 34, 175
Praecitrullus fistulosus, 27, 164
Prunus serotina var. *capuli*, 34, 183
(Psidium acutangulum), 241
(Psidium araca), 235
Psidium cattleianum, 235
Psidium friederichstahlianum, 235
Psidium guajava, 38, 233
Psidium guineense, 235
(Psidium littorale), 36, 235
(Psidium molle), 235
Psophocarpus tetragonolobus, 27, 221
Psychotria emetica, 360
Psychotria ipecacuanha, 360
(Pueraria javanica), 27, 216
Pueraria phaseoloides, 216
Punica granatum, 245

(Quararibea cordata), 113
Quassia simarouba, 290

Raphia farinifera, 394
Rauwolfia spp., 316
Rauwolfia serpentina, 316
Rauwolfia vomitoria, 316
Ricinus communis, 30, 258
Rollinia mucosa, 38, 56
Rosmarinus officinalis, 344
Rubus adenotrichus, 183
(Rubus albescens), 184
Rubus glaucus, 183
Rubus macrocarpa, 183
Rubus niveus, 184
Rubus rosifolius, 26, 184
Rungia klosii, 27

Saccharum spp., 426
Saccharum barberi, 27, 426
Saccharum edule, 27
Saccharum officinarum, 27, 426
Saccharum robustum, 426
Saccharum sinense, 27
Saccharum spontaneum, 27, 426
(Salacca edulis), 393
Salacca zalacca, 26, 393
Salvia spp., 344
Salvia hispanica, 34, 345
Sandoricum koetjape, 27, 291
Sansevieria spp., 488
(Sansevieria guineensis), 30
Sansevieria hyacinthoides, 30, 488
(Sansevieria trifasciata), 30, 488
Sauropus androgynus, 27, 265
Sechium edule, 34, 166
Sechium tacaco, 34, 168
Selenicereus spp., 81
Selenicereus megalanthus, 38, 81
(Sesamum indicum), 30, 346
Sesamum orientale, 346
(Setaria anceps), 30, 445
Setaria italica, 425
Setaria sphacelata, 30, 445
Sicana odorifera, 38, 165
Sida rhombifolia, 124
(Simarouba glauca), 290
Smallanthus sonchifolius, 36, 367
Solanum aethiopicum, 30, 325
Solanum ajanhuiri, 36
Solanum chaucha, 36
Solanum curtilobum, 36
Solanum gilo, 325
Solanum integrifolium, 325
Solanum juzepczukii, 36
Solanum macrocarpum, 30, 326
Solanum melongena, 27, 323
Solanum muricatum, 36, 322
Solanum nigrum, 325
Solanum phureja, 36
Solanum quitoense, 36, 321
Solanum sessiliflorum, 322
Solanum stenotomum, 36
Solanum tabacoense, 323
(Solanum topiro), 322
Solanum tuberosum, 36, 326
Solanum wendlandii, 326

- (Solenostemon rotundifolius)*, 30, 344
Sorghum bicolor, 30, 419
Sorghum halepense, 449
Sorghum sudanense, 30
Sphenostylis stenocarpa, 211
(Spilanthus oleracea), 368
Spondias cytherea, 27, 288
(Spondias dulcis), 288
(Spondias lutea), 287
(Spondias mangifera), 289
Spondias mombin, 38, 287
Spondias pinnata, 27, 289
Spondias purpurea, 34, 287
Spondias tuberosa, 288
Stanhopea spp., 500
Stelechocarpus burahol, 27
Stenocereus queretaroensis, 34, 81
Stenotaphrum secundatum, 445
Stevia rebaudiana, 39, 368
(Stizolobium deeringianum), 213
Stylosanthes fruticosa, 221
(Stylosanthes gracilis), 221
Stylosanthes guianensis, 221
Stylosanthes hamata, 221
Stylosanthes humilis, 221
Stylosanthes montevidensis, 221
Syagrus coronata, 389
Syzygium aqueum, 27, 239
Syzygium aromaticum, 26, 242
Syzygium cuminii, 27, 239
Syzygium jambos, 27, 238
(Syzygium javanicum), 240
Syzygium malaccense, 27, 239
Syzygium samarangense, 27, 240

Talinum fruticosum, 85
(Talinum triangulare), 85
Talisia esculenta, 38, 277
Talisia olivaeformis, 276
Tamarindus indica, 30, 226
Tanacetum cinerarifolium, 367
Telfairia occidentalis, 30, 166
Telfairia pedata, 165
Tephrosia candida, 225
Tephrosia purpurea, 225
Tephrosia vogelii, 225
(Thea sinensis), 92
Themeda triandra, 449

Theobroma bicolor, 110
Theobroma cacao L., 34, 38, 104
Theobroma grandiflorum, 38, 110
(Thielodoxia sorbilis), 363
Tigridia pavonia, 34
(Trichosanthes anguina), 154
Trichosanthes cucumerina, 27, 154
Tripsacum andersonii, 449
Tripsacum latifolium, 450

Ullucus tuberosus, 36, 87
Urena lobata, 124
Urochloa brizantha, 30, 445
Urochloa decumbens, 30, 445
Urochloa humidicola, 446
Urochloa mosambicensis, 446
Urochloa mutica, 446
Urochloa plantaginea, 446
Urochloa radicans, 446
Urochloa ruzizensis, 447

Vanda spp., 500, 501
(Vangueria edulis), 363
Vangueria madagascariensis, 363
(Vanilla fragans), 496
Vanilla planifolia, 34, 496
Vanilla pompona, 499
Vanilla tahitensis, 499
Vetiveria zizanoides, 27, 451
Vigna aconitifolia, 27, 202
(Vigna catjang), 200
Vigna mungo, 27, 203
Vigna radiata, 27, 203
(Vigna sinensis), 200
Vigna subterranea, 30, 204
Vigna umbellata, 27, 204
Vigna unguiculata, 30, 200
(Voandzeia subterranea), 204

Xanthosoma spp., 38, 399
Xanthosoma brasiliense, 38, 402

Zea mays, 34, 403
Zingiber officinale, 26, 472
Ziziphus joazeiro, 267
Ziziphus mauritiana, 27, 266

ÍNDICE DE NOMBRES VULGARES

- abacá, 26, 471
abacaxí, 456
abiu, 177
aceituno, 290
acerola de las Antillas, 38, 269
achiote, 38, 133
achira, 36, 477
achís, 36, 84
adlay, 26, 426
agave azul, 485
agave de El Salvador, 34, 486
aguacate, 34, 60
aguaje, 391
ahupa, 36, 211
aibika, 125
ají, 330
ajonjolí, 30, 346
akí, 30, 277
alazor, 366
albahaca, 344
alegría, 34, 84
alfalfa de Townsville, 221
alfombra, 438
algodón, 26, 30, 34, 38, 115
alhucema, 344
almendra de India, 27
almendra de Java, 26, 281
almizcillo, 126
alubia, 200
amantugulu, 315
ambarela, 27, 288
amendoim, 216
amra, 27, 289
arunato, 133
anona, 38, 50, 52, 53
anona blanca, 54
añil, 224
aprin, 266
araçá vermelho, 235
aramina, 124
arazá-boi, 38, 236
arazá pera, 241
arracacha, 36, 312
arroz, 26, 411
arroz africano, 30, 419
arrozuz, 38, 478
asaí, 38, 391
ata, 52
atemoya, 53
auyama, 146
ayocote, 34, 197
ayote, 34, 146
babaco, 36, 145
babasú, 387
bachang, 26, 284
bacurí, 38, 99
bacuripari, 97
badea, 38, 138
bael, 26, 307
bago, 27
bahía, 444
balsamina, 27, 164
bambara, 30, 204
bambú, 27
bambú común, 453
bananos, 26, 461
bananos fei, 471
Barbados cherry, 269
barbascos, 222
barhal, 26
bataua, 387
bauno, 26, 284
bayrum, 245
belembe, 38, 402
ber, 27, 266
berenjena, 27, 323
berenjena africana, 30, 326
bermuda, 30, 438
berro de Pará, 368
bertalha, 86
betel, 26, 70, 394
bignai, 26, 263
bilimbi, 26, 311
binjái, 284
biribá, 38, 56
black gram, 203
borojó, 363
bucare, 214
bufel, 30, 440
bugoma, 441
burahol, 27
cabuya, 34, 486, 487
cacahuete, 216
cacao, 34, 38, 104
cacomite, 34
caejé, 39, 368
café arábigo, 30, 350
café de Liberia, 30, 359
café robusta, 30, 357
caigua, 169
caihua, 36, 169
caimito, 38, 178
caimo, 38, 177
caja-mango, 288
cajú, 285
cajuba, 165
calabaza, 30, 146, 149, 160
calabura, 103
calingueiro, 30, 441
calisaya, 362
calopo, 214
cambuci, 39

- camote, 38, 338
 camu-camu, 241
 canari, 281
 canela, 26, 64
 canistel, 34, 175
 cantala, 34, 486
 cantang, 30, 344
 caña de azúcar, 27, 426
 cáñamo, 70
 cañas indias, 427
 cañihua, 36, 82
 capim de burro, 438
 capulí, 34, 183
 capulín, 103
 cará de as, 492
 cará de zapateiro, 492
 carambola, 26, 311
 caranday, 389
 cardamomo, 26, 473
 cardamomo de Bengala, 26
 caribe, 441
 carnauba, 388
 cártamo, 366
 cas, 235
 casabanana, 38, 165
 casana, 330
 casia de China, 26, 65
 casia de Indonesia, 66
 casia de Vietnam, 66
 castanha de galinha, 185
 caucho, 38, 253
 caupí, 30, 200
 centro, 215
 chambira, 386
 chamburo, 145
 champedak, 26, 75
 chaya, 34, 265
 chayote, 34, 166
 chian, 34, 345
 chico, 171
 chicozapote, 34, 171
 chihualcán, 144
 chilacayote, 34, 154
 chile, 34, 38, 330
 chinini, 64
 chipilín, 34
 chirimoya, 36, 50
 chiverre, 154
 chontaduro, 389
 chuchao, 487
 chucte, 34, 481
 cidro, 26, 305
 ciruela de Natal, 30, 314
 ciruela de Río Grande, 39, 237
 ciruela gobernadora, 26, 130
 ciruelo, 287
 cítricos, 292
 citronela, 27, 450
 clavo de olor, 26, 242
 coca, 36, 38, 267
 cocona, 322
 cocotero, 26, 27, 370
 cocuiza, 487
 cohombro de olor, 165
 cohune, 388
 coimi, 84
 col de montaña, 145
 coracán, 30, 425
 corazón de buey, 53
 corosol, 56
 corozo, 388
 corvinia, 446
 cotoperiz, 276
 coufal, 26
 couma, 38, 316
 courbaril, 226
 coyo, 34, 64
 crotalarias, 222
 cuajilote, 34
 cube, 222, 223
 cubeba, 26, 69
 cubio, 310, 322
 culantro de monte, 313
 cundeamor, 164
 cupana, 278
 cupuassú, 38, 110
 cúrcuma, 26, 475
 curuba, 139
 cush-cush, 494
 cutite, 38
 dalis, 444
 dasheen, 397
 derris, 222
 duku, 291
 durián, 26, 113
 egusi, 160
 ensete, 471
 escomite, 199
 espinaca de Ceilán, 27, 86
 espinaca de Suriname, 85
 espliego, 344
 esponja vegetal, 27, 162
 estilo, 221
 estrella africana, 30, 437
 falsa, 26, 103
 feijao-espada, 212
 feijoa, 39, 241
 fique, 36, 486, 487
 fonio, 30, 424
 frambuesa de Ceilán, 184
 frambuesa de India, 26, 184
 frijol alado, 27, 221
 frijol común, 34, 36, 190
 frijol de arroz, 27, 204
 frijol de palo, 206
 frijol terciopelo, 213
 frijol trepador, 208
 fruta de pan, 26, 71
 fruta do conde, 52
 galangal, 477
 galupa, 36
 gallán, 402
 gamalote, 444
 gamba, 30, 447
 gandaria, 26, 289
 gandul, 27, 206
 gangica, 270
 genipa, 362
 gherkin, 157
 ghora, 203
 gigante, 444
 girasol, 365
 girigori, 211
 grama, 438

- granadilla, 36, 38, 137, 138
 granadilla de Quijos, 36, 138
 granadilla real, 138
 granado, 245
 granos del paraíso, 30, 477
 grapefruit, 302
 graviola, 54
 green gram, 203
 grosella, 26, 262, 311
 grosella de Florida, 82
 grumichana, 38, 237
 guadua, 453
 guaje, 227
 guamacho, 82
 guamos, 227
 guanábana, 38, 54
 guapinol, 226
 guar, 30, 224
 guaraná, 38, 278
 guaribará, 241
 guatemala, 449
 guaxima, 124
 guayaba, 38
 guayaba agria, 235
 guayaba de leche, 241
 guayaba japonesa, 39, 235
 guayabo, 233
 guayabo de sabana, 235
 guayabo pesgua, 239
 guayo, 276
 guinea, 30, 443
 gumbo, 124
- haba de caballo, 212
 hatico, 441
 henequén, 34, 485
 higacho, 145
 higuera, 30, 258
 hondapara, 89
 honduras, 441
 huahtli, 34, 84
 huauzontle, 34, 83
 huicoy, 34, 149
 hule, 76
- iburu, 424
- icaco, 38, 184
 igbo, 325
 ilama, 34, 54
 imbe, 97
 imbú, 288
 imperial, 440
 inchi, 261
 índigo, 224
 inga, 38
 inga azú, 38
 inga peua, 38
 injerto, 34, 175
 ipecacuana, 360
 isaño, 36
 ixtapacal, 195
 ixtlán, 326
 iztle, 486
- jaboticaba, 39, 240
 jaboticaba de cabinho, 241
 jaboticaba-sabarasa, 241
 jaboticaba-tuba, 241
 jaca, 26, 74
 jack fruit, 74
 jagua, 38, 362
 jamaica, 30, 34, 243
 jambolán, 27, 239
 jaragua, 30, 449
 jebe, 253
 jengibre, 26, 472
 jetirana, 215
 jícama, 34, 38, 209, 210
 jícama africana, 211
 jinicuil, 34, 227
 joazeiro, 267
 jobo, 38, 287
 jocote, 34, 287
 joko, 146
- kaki, 181
 kangkong, 27, 342
 kapok, 111
 kapundung, 264
 karonda, 26, 315
 katuk, 27, 265
 kava, 26
- kaweni, 26, 285
 kei, 30, 133
 kenaf, 30, 120
 kerkup, 131
 ketaki, 26
 ketembilla, 26, 132
 khat, 30
 kikuyo, 30, 444
 kiwano, 160
 kodo, 425
 kola, 30, 110
 kudzu tropical, 27, 216
 kundri, 27, 157
- lablab, 30, 208
 lai, 114
 lairén, 38, 480
 langsat, 291
 lansón, 26, 291
 latka, 264
 lechosa, 139
 ledgeriana, 362
 lenteja de tierra, 30, 212
 lichi, 26, 274
 licuri, 389
 lima, 195, 305
 limón, 304
 limón agrio, 26, 300
 limón dulce, 305
 limón rugoso, 306
 limpo, 447
 língaro, 230
 longán, 26, 275
 lontar, 26
 lototonis, 30, 215
 lovi-lovi, 130
 lúcuma, 36, 177
 lufa, 27, 163
 lulo, 321
 lumbang, 260
- mabolo, 26, 180
 macadamia, 230
 macauba, 386
 madroño, 97
 maguey, 34, 486

- maíz, 34, 403
 makarikari, 443
 makopa, 27, 240
 malagueta, 245
 malanga, 38, 399
 mamão, 139
 mamey, 38, 98
 mamey zapote, 174
 mamón, 38, 276
 mamoncillo, 276
 mandarina, 26, 302
 mandioca, 248
 mandoquinha, 312
 mandú, 26, 97
 mangabeira, 38, 315
 mango, 26, 281
 mangostán, 26, 96
 maní, 39, 216
 maní forrajero, 219
 maní rastrero, 219
 manzana de agua, 27, 239
 manzana de Malaya, 239
 manzana rosa, 27, 238
 manzanita, 34, 182
 mapatí, 38, 76
 mapuey, 38, 494
 maracuyá, 38, 135
 maracuyá grande, 139
 maracuyá-suspiro, 138
 marang, 26, 75
 marañón, 38, 285
 mari, 38
 maricao, 270
 marijuana, 70
 mashishe, 157
 mat, 27, 202
 matasano, 34, 307
 mejorana, 344
 meladinho, 221
 melloco, 87
 melón, 30, 158
 melón blanco, 27, 155
 menta, 344
 merecure, 186
 merey, 285
 mermelada, 446
 micay, 440
 michinche, 241
 mijo negro, 30, 424
 milanje, 440
 millos, 425
 miltomate, 34, 328
 mora de Castilla, 183
 moranga, 151
 moriche, 391
 moth, 202
 mukambura, 132
 mung, 27, 203
 murici, 270
 murutungo, 198
 nagami, 306
 nance, 270
 nandi, 30, 445
 naranjilla, 36, 321
 naranjo agrio, 26, 299
 naranjo dulce, 26, 296
 naranjo trifoliado, 306
 neli, 26, 262
 nilo, 438
 nipa, 392
 níspero, 171
 níspero de Japón, 182
 nopal, 79
 nuez de Brasil, 38, 127
 nuez del paraíso, 38, 128
 nuez de ostra, 165
 nuez de Tahití, 26, 225
 nuez moscada, 26, 57
 nuez pili, 26, 279
 ñame africano, 492
 ñame blanco, 30
 ñame grande, 27, 488
 oca, 36, 310
 oiticica, 186
 oiti da Bahia, 186
 okra, 30, 124
 olosapo, 34, 185
 orégano, 344
 oroko, 30, 166
 orquídeas ornamentales, 499
 osún, 30, 325
 pacae, 36, 227
 pacaya, 34, 391
 paco, 128
 palillo, 38, 241
 pallar, 195
 pallar de los gentiles, 213
 palma africana de aceite, 30, 378
 palma americana de aceite, 387
 palma de azúcar, 27, 389
 palma real, 388
 palmarosa, 27, 451
 palta, 60
 pan de la vida, 34, 178
 pangola, 30, 440
 panizo, 425
 papa ajawiri, 36
 papa amarga, 36
 papa amarilla, 36
 papa caribe, 27, 491
 papa chaucha, 36
 papa de aire, 492
 papa hausa, 30
 papa kafir, 30, 345
 papas, 36, 326
 papasán, 157
 papaya, 139
 papayuela, 36, 144
 pará, 446
 parcha, 38, 137
 parcha granadina, 138
 parvi grande, 38, 363
 paste, 162
 pasto alemán, 441
 pasto amargo, 444
 pasto antilope, 441
 pasto elefante, 30, 444
 pasto limón, 27, 451
 pasto malabar, 450
 pasto violeta, 451
 pataste, 110
 patchuli, 344, 345
 patola, 27, 154
 payura, 38, 185

- pega-pega, 220
 pejobaye, 38, 389
 pepino, 159
 pepino de sabana, 30, 157
 pepino dulce, 36, 322
 pequi, 38, 90
 pera do campo, 39, 237
 piasava de Bahía, 394
 piloy, 34, 198
 pimienta, 66
 pimienta de Guinea, 70
 pimienta de Jamaica, 243
 pimienta de Java, 69
 pimienta larga, 69
 pimienta negra, 26, 66
 pimienta do reino, 66
 piña, 38, 456
 piñón, 261
 pipián, 152
 piquiá, 38, 90
 piretro, 367
 pita, 487
 pitahaya, 34, 81
 pitahaya amarilla, 38, 81
 pitanga, 39, 235
 pitayo, 34, 81
 piteira, 487
 pito, 214
 pitomba, 38, 39, 237, 277
 pitre, 487
 plátanos, 26, 27, 462
 poaia, 360
 pomarosa, 238
 pomelo, 26, 301
 poroto, 190
 poshtë, 34, 55
 prodigioso, 450
 proso, 425
 pulasán, 26, 273
 pulque, 34
 puntero, 449
 pupunha, 389

 quilquiña, 36
 quina de Cartagena, 362
 quinas, 361

 quintonil, 85
 quinua, 36, 82

 rafia, 394
 raicilla, 360
 rambai, 26, 263
 rambután, 26, 271
 ramio, 76
 ramma, 124
 ramontchi, 130
 ramtil, 367
 ratán, 395
 ratana, 449
 rhodes, 437
 ricino, 258
 rocoto, 36, 334
 rodes, 30, 437
 roigrás, 449
 rojas, 444
 romero, 344
 romeritos, 34
 rosella, 30, 122
 rukam, 26, 131
 rungia, 27
 ruzi, 447

 sacchamango, 129
 sagú, 27, 392
 sakil, 34, 152
 salaka, 26, 393
 salvia, 344
 san agustín, 445
 sandía, 30, 156
 sansevieria, 30, 488
 santol, 27, 291
 sapucaia, 38, 128
 sarrapia, 38, 224
 sarumuyo, 52
 segadilla, 221
 seje, 387
 semeruco, 269
 seringueira, 253
 sésamo, 346
 seso vegetal, 277
 signal, 30, 445
 siratro, 215

 sisal, 34, 482
 soncoya, 56
 sophlong, 211
 sorgo, 30, 419
 soya, 205
 soya perenne, 30, 216
 suarí, 38, 90
 succirubra, 362
 sudán, 30
 surán, 402
 surinam, 30, 445

 tabaco, 36, 334
 tacaco, 34, 168
 tacay, 261
 tacso, 36, 139
 tagua, 395
 tamalayote, 152
 tamarindo, 30, 226
 tambis, 27, 239
 tampala, 27, 85
 tangle, 447
 tarner, 446
 taparebá, 287
 taro, 27, 397
 taro de pantano, 27, 402
 taro gigante, 27, 402
 tarwi, 36
 té, 26, 92
 teff, 30, 425
 tefrosia, 225
 tempate, 261
 tépari, 34, 199
 tequila, 34, 486
 timbo, 223
 tinda, 27, 164
 tiquisque, 399
 tiriguro, 311
 tjupa, 264
 tomate, 34, 317
 tomate de árbol, 36, 329
 tomate de cáscara, 328
 tomillo, 344
 tongo, 27, 493
 tonka, 224
 toronchi, 36

toronja, 302
totali, 386
trigo sarraceno, 84
tucum, 386
tucuma, 386
tuna, 34, 79
tung, 27, 260
tzocohuite, 178

uampi, 26, 306
uchuba, 36, 329
ulluco, 36, 87
umarí, 38, 247
umarirana, 38
urd, 27, 203
urucu, 133
uvalha, 39, 238

uvilla, 76

vainilla, 34, 496
vainilla de Tahití, 499
vainillón, 499
vasey, 444
vetiver, 27, 451
victoria, 154
voavanga, 363

xuxu, 166

yacón, 36, 367
yambo, 239
yambú, 38, 368
yas, 64
yautía, 399

yerba mate, 39, 246
yerba mora, 325
yilo, 325
ylangylang, 56
yuca, 38, 248
yute, 26, 100
yute africano, 124
yuyube, 266

zacate amargo, 438
zapallo, 39, 151
zapote, 34, 113, 174, 175
zapote amarillo, 38, 113
zapote blanco, 175
zapote negro, 34, 180
zedoary, 476
zonzapote, 34, 186

Esta edición se terminó de imprimir
en la Imprenta del IICA
en Coronado, San José, Costa Rica,
en el mes de enero del 2000,
con un tiraje de 1000 ejemplares.

CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION
" RODRIGO PEÑA "
IUCA - COLOMBIA

ISBN 92-9039-395 5

El desarrollo de los trópicos está ligado directamente al incremento de la producción agrícola para el consumo local y la exportación. Lo anterior demanda un conocimiento detallado de las plantas cultivadas, dirigido a enfocar y resolver los problemas de su manejo y utilización. **Botánica de los Cultivos Tropicales** presenta los conceptos básicos sobre el origen, la diversidad, la forma y la estructura de los cultivos tropicales, a fin de que sirvan en las fases aplicadas de su mejoramiento y manejo. La presente edición, enfocada hacia las necesidades de los estudiantes de agronomía de América Latina, especialmente los de la región tropical, mantiene el propósito de contribuir al incremento de la productividad y la diversificación agrícola en los trópicos.

Jorge León (costarricense), Ph.D., F.L.S., une a su larga experiencia docente una amplia labor investigativa en los trópicos americanos. Sus ocupaciones científicas lo han llevado a diversas regiones del mundo, entre ellas África Tropical y el Sureste de Asia. También ha realizado variados trabajos sobre plantas alimenticias en los trópicos andinos. En su desempeño profesional, trabajó para el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y fungió como consultor de otras organizaciones internacionales. Organizó el proyecto de recursos genéticos de la FAO en Roma y el del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Además, ejerció el profesorado en la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. El Dr. León ha publicado numerosos artículos científicos y varios libros de su especialidad.

