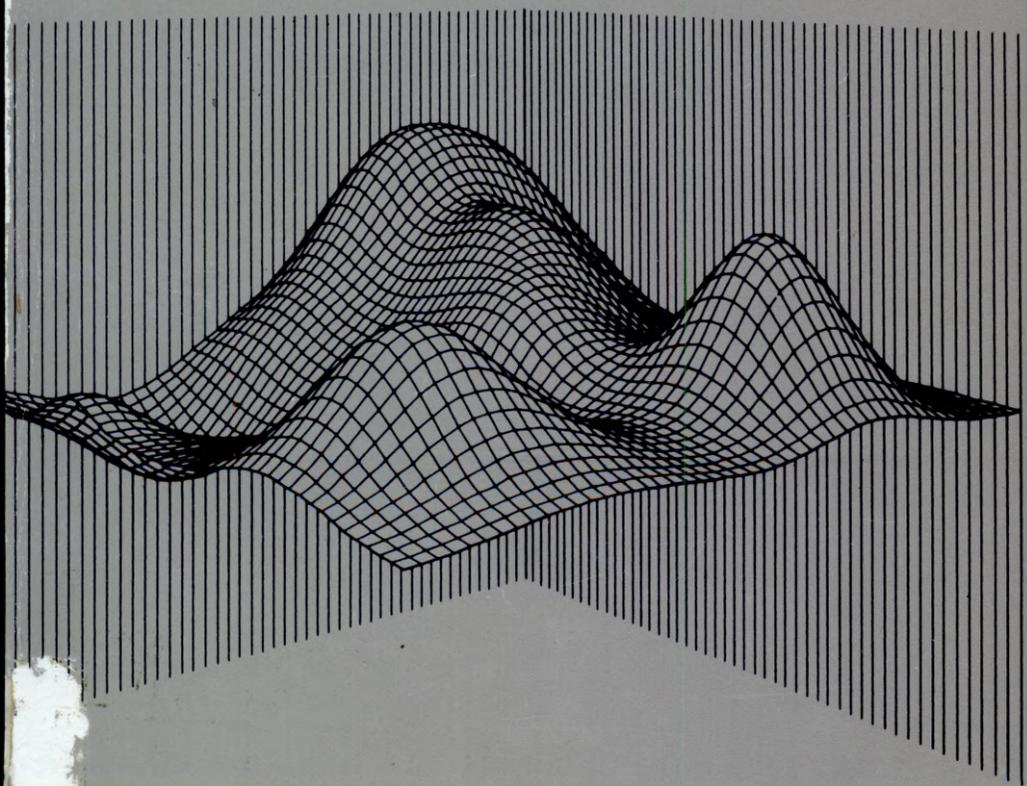


P. MONTALDO

AGROECOLOGIA DEL TROPICO AMERICANO

IICA

Agroecología del trópico americano



Patricio Montaldo



11/21
11/21
11/21

Agroecología del trópico americano

This One



J1EY-7NP-N5ZX

logic

Agroecología del trópico americano

Patricio Montaldo

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA
AGRICULTURA
San José, Costa Rica
1982**

© Patricio Montaldo

© para esta edición, IICA, 1982

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin permiso del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Composición de portada: Guillermo Marín M.

Composición de texto: Walter Meoño S.

Editores de la obra: M. de la Cruz, Ana Miriam de Jiménez

Editor de la Serie: Julio Escoto B.

IICA

LME-51 Montaldo, Patricio

Agroecología del trópico americano. — San José, Costa Rica: IICA, 1982.

xii, 205 p. — (IICA: Serie de libros y materiales educativos; no. 51)

ISBN-92-9039-035-2

1. Agricultura — Ecología. I. Título. II. Serie.

AGRIS F40

DEWEY 581.50913

Serie de Libros y Materiales Educativos No. 51

Este libro fue publicado por el Centro Interamericano de Información y Documentación Agrícola —CIDIA—, del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura —IICA—. La Serie de Libros y Materiales Educativos tiene como fin contribuir al desarrollo agrícola del continente americano.

San José, Costa Rica, 1982

CONTENIDO

Indice de Cuadros	v
Indice de Figuras	xi
Prefacio	7
Introducción	9
CAPITULO 1.	
EL CONCEPTO DE TROPICO AMERICANO	
Antecedentes ecológicos	13
Delimitación del trópico americano	22
Resumen y sugerencias	29
Bibliografía	31
CAPITULO 2.	
PRINCIPIOS Y CONCEPTOS BASICOS DE LOS ECOSISTEMAS	
Sistema	33
Ecosistema	34
Energía	35
Agroecosistema	43
Densidad de siembra	47
Competencia	48
Resumen y sugerencias	50
Bibliografía	52
CAPITULO 3.	
LOS ESTIMULOS AL ECOSISTEMA	
El estímulo climático	55
El estímulo edáfico	74

El estímulo fisiográfico	84
El estímulo biótico	86
El estímulo pánico	93
Resumen	94
Bibliografía	96

CAPITULO 4.

EL AMBIENTE SOCIOECONOMICO

Estructura social y tradición	99
Población	102
Educación	109
Nivel de tecnología	114
Alimentación y nutrición	119
Salubridad y vivienda	125
Capital	129
Resumen y sugerencias	133
Bibliografía	135

CAPITULO 5.

SISTEMAS DE AGRICULTURA O AGROECOSISTEMAS TROPICALES

La agricultura migratoria	139
La agricultura de rotación de cultivo	144
La agricultura de las plantaciones perennes arbustivas	148
Sabanas y pastizales	149
Sistema de cultivos integrados	150
Resumen y conclusiones	156
Bibliografía	158
	159

CAPITULO 6.

REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS DE LOS CULTIVOS

Ajonjolí	163
Algodón	165
Arroz	166
Banano	168
Cacao	170
Café	173
Caña de azúcar	175
Caucho	177
Cocotero	180
Frijoles	181
Maíz	181
Ñame	182
	183

Palma de aceite	185
Piña	186
Sorgo	188
Tabaco	189
Yuca	190
Resumen	194
Bibliografía	195
ANEXO 1	201
ABREVIATURAS USADAS EN EL TEXTO	
ANEXO 2.	203
GLOSARIO	

INDICE DE CUADROS

CUADRO

No.

1. Pisos altitudinales del trópico americano: límites de altura (msnm) y promedios de temperatura (° C) 15
2. Formaciones vegetales en América tropical según la clasificación de Beard (1944 y 1955). 17
3. Agroclimas para el trópico americano de acuerdo a Papadakis, 1960. 19
4. Duración extrema de los días-luz y diferencias a diversas latitudes (en horas y décimas). 21
5. Climas de los países del trópico americano (adaptado de Papadakis, 1975). 25
6. Provincias biogeográficas de Cabrera y Willinks (1973), y tipos climáticos de Papadakis (1975) cortados por los deslindes norte y sur del trópico americano de Montaldo. 27
7. Productividad anual neta de algunos ecosistemas cultivados (promedios mundiales) y naturales, determinados por el método de cosecha (g/m^2). 38

8. Estimación de la productividad anual neta (kcal/m²/año) de varios ecosistemas. 39
9. Biomasa del follaje (ton/ha), contenido de la energía (kcal x 10⁷/ha), productividad neta (kg/ha/día) y eficiencia ecológica (%) de cuatro cultivos en Varanasi, India. 40
10. Eficiencia de transferencia de energía (%) en dos ecosistemas acuáticos en Florida y Minnesota respectivamente. 41
11. Balance de energía de una hectárea de maíz durante una estación de crecimiento de 100 días. 42
12. Relación entre la densidad (plantas/ha) y el rendimiento (kg/ha) en maní. 48
13. Relación entre la densidad (plantas/ha) y el rendimiento (ton/ha) en plátano, en Jamaica. 48
14. Efecto de cuatro herbicidas en yuca, en Maracay, Venezuela. 50
15. Punto de compensación de algunas plántulas expresados en porcentaje de insolación en invierno en Maine, EUA. 65
16. Producción de hojarasca (kg/ha/año) expresado en materia seca para diferentes tipos de vegetación en diversos lugares del trópico. 75
17. Cantidades de organismos vegetales y animales en los primeros 15 cm de un suelo de pastizal (kg/ha). 76
18. Minerales arcillosos predominantes en los grandes grupos de suelos más difundidos en el trópico americano. 77
19. Características generales de suelos de cuatro series en la región amazónica del Estado de Maranhao, Brasil. 78
20. Cambios en pH, C, N y humus bajo diferentes sistemas de explotación agrícola, en los países indicados del trópico. 78
21. Contenido de materia orgánica y N de suelos de América Central. 79

22. Coacciones entre organismos débil y fuerte.	90
23. Superficie y población: total, incremento anual y densidad de las regiones que constituyen el trópico americano.	102
24. Densidad de población de países del trópico americano (hab/km ²). Datos de 1973.	103
25. Expectativa de vida para diversos países del trópico americano.	104
26. Distribución porcentual de la población, por grupos de edad, según los censos recientes en las Américas.	105
27. Promedios de distribución porcentual por clases de edad de la población de 36 países del trópico americano y EUA. Incluyen los países del Cuadro No. 26 con excepción de Martinica y Suriname.	106
28. Población agrícola (miles) en países del trópico americano y distribución porcentual. Año 1970.	107
29. Totales y distribución porcentual de la población económicamente activa en labores agrícolas, forestales y pesqueras en países del trópico americano.	108
30. Población total, agrícola y económicamente activa en labores agrícolas, forestales y pesqueras de 14 países del trópico americano.	108
31. Porcentajes de estudiantes que asisten a escuelas primarias, secundarias y universitarias en países del trópico americano. Año 1970.	111
32. Personas alfabetizadas de 15 años y más (%): población total (año 1974) y población rural (diferentes años), en países del trópico americano.	112
33. Tractores en uso por varios países del trópico americano. Período 1961-1965 y año 1973.	115
34. Consumo de fertilizantes nitrogenados en términos de nitrógeno (miles de ton) en países del trópico americano. Año 1973-1974.	117

35. Rendimiento (kg/ha) obtenido en varios cultivos según tipo de productores en Nariño, Colombia. 118
36. Valor energético de la ración alimenticia (Kcal) y suministro de proteínas (g) por persona y por día en países del trópico americano. Promedio 1969-1971. 121
37. Tasas de mortalidad infantil (por 1 000 nacimientos vivos) en países seleccionados del trópico americano. 124
38. Proporción de médicos y enfermeras graduadas por 10 000 habitantes en países del trópico americano. Datos de 1969, 70, 71, 72 y 73. 126
39. Agua en tuberías y electricidad en la habitación rural de países del trópico americano. 127
40. Porcentaje de población rural servida con sistemas de alcantarillado en países del trópico americano. Año 1973. 128
41. Créditos solicitados y concedidos correspondientes a pequeños y medianos productores durante 1972 por el Banco Agrícola y Pecuario de Venezuela. 132
42. Préstamos agrícolas y ganaderos concedidos (millones de dólares) por los Bancos Ejidal y Agrícola en diversos años. 132
43. Superficie de pastizales permanentes (000 ha) en varios países del trópico americano. Datos de 1974. 151
44. Producción promedio por corte de forraje seco (ton/ha) de pangola (*Digitaria decumbens*) bajo diferentes fuentes y dosis de N. Medellín, Colombia. 154
45. Producción de leche (kg) con pastoreo tradicional versus pasto guinea bien manejado fertilizado y sin fertilización. 156
46. Factores ecológicos directos y procesos fisiológicos que afectan a las plantas. 164
47. Factores ecológicos indirectos y factores directos que son afectados por los indirectos. 164

48. Ajonjolí. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año de 1974. 165
49. Distribución de la lluvia (mm) y producción de semillas (kg/ha) durante el ciclo del ajonjolí en los años 1951-1960 en Maracay, Venezuela. 166
50. Algodón, superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. 167
51. Arroz. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. 168
52. Banano. Superficie plantada (ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1972-1973. 170
53. Influencia de la altitud sobre el período de crecimiento, en banano, en Martinica. 172
54. Cacao. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año de 1974. 173
55. Café. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año de 1974. 175
56. Producción de café que se obtuvo en cinco estaciones del Instituto Agronómico de Campinas, Brasil, en parcelas sombreadas y expuestas al sol. Rendimiento medio de cinco cosechas consecutivas. 177
57. Caña de azúcar. Superficie cosechada (ha) rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. 178
58. Sorgo. Superficie cosechada (000 ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1975. 188

59. Tabaco. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. 189
60. Yuca. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. 191
61. Peso de las raíces reservantes de yuca, a la cosecha por planta (kg) en seis cultivares bajo diverso fotoperíodo (horas). 193

INDICE DE FIGURAS

FIGURA

- | | |
|--|----|
| 1. El cardonal es una formación típica de zona semiárida. | 14 |
| 2. Tierra templada. Campo de papas en Cubiro, estado Lara, Venezuela. | 16 |
| 3. El sisal es una fibra apropiada para ser cultivada en climas semiáridos de tierra caliente. | 16 |
| 4. El maíz es la planta americana que ha sido la de mayor importancia en el desarrollo de las civilizaciones indoamericanas. | 20 |
| 5. Límites de la zona tropical americana según Troll y Paffen y Papadakis. | 24 |
| 6. El trópico americano según Patricio Montaldo. | 28 |
| 7. Modelo de flujo de energía de un ecosistema. | 37 |
| 8. Principales pasos del flujo de energía en un ecosistema de pradera. | 44 |

9. Tres generaciones de campesinos viviendo en condiciones de extrema pobreza.	101
10. La mano de obra campesina es cada día más escasa.	109
11. Alumnos en clase de Ecología en la Escuela de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.	113
12. El uso de arado de madera y bueyes es frecuente en las zonas altas del trópico.	116
13. Mecanización agrícola. Siembra de esquejes de yuca.	117
14. El agente de extensión agrícola tiene como meta ayudar a elevar el nivel de vida del campesino.	122
15. Un extensionista agrícola haciendo una demostración de práctica.	123
16. Los mangos constituyen un frutal de alto contenido vitamínico y ampliamente adaptado en áreas con más de 600 mm de precipitación.	124
17. Casa de habitación campesina común en el trópico americano.	129
18. El monocultivo es un sistema agrícola que disminuye la fertilidad de los suelos.	141
19. Un pastizal artificial bien manejado bajo condiciones de 900 mm de precipitación y riego adicional.	152
20. El cambur o ganano es un alimento básico en la dieta del campesino tropical americano.	171
21. Los ñames se cultivan extensamente en las Antillas.	184
22. La palma africana o de aceite bien cultivada alcanza una de las más altas producciones del trópico americano.	185
23. La piña es una planta americana que requiere suelos bien drenados y soporta un período de sequía.	187

24. La yuca es uno de los grandes recursos alimenticios del trópico americano, en zonas de más de 900 mm de precipitación y menos de 5 meses de sequía. 192

PREFACIO

Fue en la región centro occidental de Venezuela donde el autor permaneció dos años (1977-1978) como profesor de Ecología Vegetal en la Universidad Centro Occidental en Barquisimeto. En ese territorio, fisiográficamente muy heterogéneo, tuvo oportunidad de desarrollar un estudio sobre zonificación ecológica de la yuca o mandioca (*Manihot esculenta*) auspiciado por el Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Venezuela (CONICIT). En cerca de 6 500 000 ha de superficie que comprende los estados Lara, Yaracuy, Portuguesa y Falcon con 1 800 000 habitantes existe un mosaico de factores ecológicos, muchos de ellos limitantes para el desarrollo agrícola, tales como suelos delgados; de mal drenaje, salinos, aridez, semiaridez y otros. Los factores fisiográficos y las precipitaciones son los factores ambientales más significativos que determinan una zonificación en la vegetación, en las explotaciones agroganaderas, en el cultivo potencial de la yuca y en el poblamiento demográfico de la región.

Esta experiencia constituyó una base empírica que permitió cumplir con el deseo del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), —hoy Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura— de publicar un texto didáctico sobre ecología agrícola del trópico de América. Para este fin se recogieron antecedentes bibliográficos principalmente en las bibliotecas del Centro de Investigaciones Agrícolas (CIA) en Maracay y de la Fundación para el Desarrollo

Centro Occidental (FUDECO) en Barquisimeto. Esta información se completó con la experiencia, producto de la observación sistemática del autor, del trópico de América a través de siete años (1960-1964 y 1977-1978).

No habría sido posible la publicación de este manual sin el apoyo desinteresado de muchas personas a quienes se expresa un merecido agradecimiento. En primer lugar a la Srta. Matilde de la Cruz, por entonces Editora del IICA, por su apoyo y dedicación en la corrección del texto; al Dr. Alvaro Montaldo de la Universidad Central de Venezuela por sugerencias en la redacción y la consecución de la mayor parte de las fotografías, a la Dra. Lucía Lorca de la Universidad Austral de Chile, por su ayuda en la redacción del capítulo socioeconómico; al Dr. Francisco Blavia de la Universidad Centro Occidental de Barquisimeto por conseguir el apoyo económico para hacer la primera transcripción de los originales; al Ingeniero Sergio Mora de la Universidad Austral de Chile por conseguir ayuda en la segunda transcripción del texto, y a no pocos científicos y docentes universitarios que a través del análisis de estos temas ayudaron a clarificar los conceptos.

El autor

INTRODUCCION

Al examinar el desarrollo de la agricultura en el trópico americano, se observa que los problemas biológicos que confrontan las prácticas agrícolas son inseparables de los del ambiente socioeconómico, entre otros bajo nivel educacional, y de salubridad, la escasa difusión de la tecnología, los limitados recursos de infraestructura, en que se desenvuelve la población campesina.

En el trópico, aunque la energía luminosa es abundante durante todo el año y los recursos de agua existen en la mayor parte de los casos, ambas fuentes son generalmente mal aprovechadas por lo que esta productividad potencial no se materializa en plantas alimenticias, leche, fibras o forraje como es de esperar.

El campo de la Ecología es muy extenso; se requiere el aporte de muchas ciencias para establecer las relaciones entre los organismos vivos y su ambiente. En este libro se intenta analizar y describir la Ecología Agrícola del trópico americano desde un punto de vista holístico, es decir considerando todos los factores del ambiente, en especial al hombre como parte de él. No agota el tema, ni intenta hacerlo; es más, en él no se han desarrollado el factor ganadería ni avicultura, pero el primero ha sido mencionado en el capítulo sobre sabanas y pastizales. Frecuentemente se hace mención a cuadros estadísticos que con el tiempo quedarán desactualizados. Sin embargo, estos tienen la ventaja de constituir una referencia cuantitativa de los datos y años que representan base de utilidad para estudiar la evolución de diversas situaciones que se desarrollan dentro del ámbito rural del trópico americano.

En el capítulo 1, referente a definición del concepto trópico americano y su delimitación geográfica, se analizan los trabajos más relevantes sobre el tema y se propone una definición del concepto y una delimitación de la zona tropical americana. Este capítulo introduce al lector en un tema poco estudiado en América ya que la mayor parte de los trabajos están hechos a nivel mundial o bien se refieren al trópico húmedo y bajo excluyendo las zonas altas como si estas no fueran tropicales.

Una vez definido y delimitado el trópico americano, el capítulo 2 analiza los conceptos básicos en que se fundamenta la Ecología Agrícola. Se destacan los conceptos de eficiencia ecológica y productividad por el hecho que la elevación de sus índices es el objetivo final en la producción agrícola, forestal, pesquera y pecuaria. Además, se hace notar que la productividad anual neta de los ecosistemas tropicales es la más alta del mundo.

El capítulo 3 lleva al lector a un análisis de los principales estímulos que reciben los ecosistemas. En el caso del estímulo edáfico o de suelo, éste se estudia considerando las acciones y reacciones suelo-planta.

El capítulo 4 desarrolla el tema del ambiente socioeconómico del trópico americano: estructura social y tradiciones, población, educación, nivel de tecnología, alimentación y nutrición, salubridad y vivienda y capital. El análisis de estos puntos, aún cuando muy general, es de importancia básica para desarrollar un sistema social de acuerdo con el sistema de agricultura más conveniente en un determinado ambiente físico, es decir, el que aproveche mejor los recursos naturales en forma sostenida.

El capítulo 5 desarrolla algunas ideas sobre los sistemas agrícolas tropicales más comunes: la agricultura migratoria, la de rotación de cultivos, la de plantaciones perennes arbustivas, la de sabana y pastizales, presentando finalmente como una alternativa, que está en una fase experimental, la de cultivo integrado.

En estos temas se llama la atención sobre la tesis de la estabilidad del ecosistema tropical. Se piensa que, debido a la aparente falta de variación de las condiciones atmosféricas que imperan en el trópico, de año a año, estos sistemas son estables. Sin embargo, en la práctica los campesinos abandonan sus tierras de cultivo después de dos a tres años porque estas empiezan a producir cosechas desalen-

tadoras. La introducción de especies exóticas en sabanas y pastizales es relativamente frecuente, lo que ha traído como consecuencia, en la gran mayoría de los casos, una baja en la productividad del ecosistema. Por otro lado, se llama la atención sobre las nuevas prácticas de cultivo y el uso de la tecnología agrícola introducidas desde países de clima templado donde las condiciones del medio son diferentes a las tropicales. Desde la década del 70 ha sido preocupación preferente de los ecólogos que trabajan en el trópico americano estudiar y ensayar sistemas integrados de cultivos que solucionen con un máximo aprovechamiento los problemas que significan la productividad, fertilidad de los suelos y nivel de vida de las poblaciones rurales.

Finalmente, en el capítulo 6 se analizan los requerimientos ecológicos de los principales cultivos tropicales. Los trópicos favorecen los cultivos de ciclos largos como caña de azúcar, banano, yuca y las plantaciones de café, cacao, palma de aceite y otros. Estos cultivos bien desarrollados pueden constituir, en un futuro cercano, recursos alimenticios para la población mundial, pues producen más por hectárea-año que cualquier cultivo de país templado.

El objetivo principal de este trabajo así, es proporcionar al estudiante de las ciencias de la tierra y al profesional del agro bases generales para comprender los problemas de la agricultura tropical; enfrentarles a la dificultad que representa la solución de problemas agrícolas, advertirlos de la influencia decisiva que tiene el hombre, en especial el técnico, en la conservación y buen uso del ambiente del cual forma parte.

CAPITULO 1

EL CONCEPTO DE TROPICO AMERICANO

ANTECEDENTES ECOLOGICOS

Existen varias definiciones e interpretaciones respecto a lo que se entiende por trópico americano; la mayoría de ellas se basan en aspectos climáticos aún cuando hay algunas que toman en cuenta la vegetación, la población o los sistemas agrícolas. Cualquier solución parece ser arbitraria, sin embargo, ya que considera sólo algunos factores como importantes.

El término trópico comprende la región situada entre los trópicos de Cáncer y Capricornio a 23° 27' de latitud norte y sur respectivamente. Tales deslindes no son los más apropiados para una definición ecológica, ya que esta última debe considerar la integración de los factores ambientales y no solo líneas geográficas. Como ejemplo se recordará que para

muchos autores las regiones altas templadas y frías de Centroamérica, Venezuela, Colombia y Ecuador, no son tropicales.

Otra idea muy generalizada es la que considera tropicales sólo las áreas con selvas altas, sempervirentes y con abundancia de lluvias, aún cuando en el trópico existen zonas áridas y semiáridas cubiertas con cardones y espinares.



Fig. 1. El cardonal es una formación típica de zona semiárida (Fotografía P. Montaldo).

En descripciones climáticas tan divulgadas como la de Koepen (1931), se establece para el trópico un límite de temperatura media de 18° C para el mes más frío debajo del cual no se cataloga como tal. Thornthwaite (1931) incluye como tropicales las regiones cuyos índices de eficiencia térmica sean superiores a 128, lo que sucede solamente en algunas del trópico geográfico.

Para muchas personas el trópico es la región donde se produce cacao, café y caucho. Esta agricultura es propia de la región tropical ya que aprovecha ventajas intrínsecas como son las altas temperaturas durante todo el año y una constante radiación solar. Sin embargo, esta es una idea incompleta de trópico americano.

Una división del trópico americano en pisos altitudinales se basa en el descenso de la temperatura con la altura. Se distinguen y así desde la época de Codazzi (1940) en 1841, o tal vez antes, los siguientes pisos altitudinales: la tierra caliente, la tierra templada, la tierra fría, los páramos y los nevados.

Para diversas regiones del trópico americano, estos pisos altitudinales están delimitados por alturas que varían de acuerdo con las finalidades para las cuales se establecieron: botánica, agrícola, ganadera, faunística, y otras.

En el Cuadro No. 1 se muestran las características de los pisos altitudinales.

CUADRO No. 1. Pisos altitudinales del trópico americano. Límites de altura (msnm) y promedios de temperatura (° C). Fuente: Modificado de Vila (1969).

Pisos altitudinales	Límites de altura (msnm)	Temperaturas (° C)
Tierra caliente	De 0 a 800-1 000	Más de 22° C
Tierra templada	800 a 1 000 a 2 000-2 200	De 22 a 14° C
Tierra fría	2 000-2 200 a 3 200-3 400	De 14 a 8° C
Páramos	3 200-3 400 a 4 600-4 700	De 8 a 0° C
Nevados	Sobre 4 600-4 700	Menos de 0° C

Para Venezuela, Pittier (1926) describe: la tierra caliente o faja basal entre el nivel del mar y los 1 000 m con una temperatura media anual entre 21 y 28° C, la tierra templada o faja intermedia entre los 1 000 y los 2 800 m con una temperatura media anual entre 12 y 20° C y la tierra fría entre los 2 800 y 5 000 m con una temperatura media anual menor de 11° C.

En Centroamérica se reconocen tres fajas altitudinales: 1) del nivel del mar a los 600 m; 2) de los 600 a los 1 800 m; y 3) sobre los 1 800 m, las cuales se denominan tierra caliente, tierra templada y tierra fría respectivamente (Kendrew, 1961).

Por otra parte Lauer, citado por Daubenmire (1978) sugiere las siguientes fajas altitudinales para Centroamérica: 1) Tierra helada con temperatura media anual bajo los 10° C, 2) Tierra fría entre 10-17° C, 3) Tierra templada entre 17-22° C y 4) Tierra caliente sobre 22° C.

En diferentes países del trópico americano se utiliza el método de Holdridge para clasificar la vegetación mundial en zonas de vida,



Fig. 2. Tierra templada. Campo de papas en Cubiro, Estado Lara, Venezuela (Fotografía P. Montaldo).



Fig. 3. El sisal es una fibra apropiada para ser cultivada en climas semiáridos de tierra caliente (Fotografía P. Montaldo).

basándose en datos de biotemperaturas, precipitación media anual y evapotranspiración potencial. Este autor reconoce pisos o fajas altitudinales: basal o tropical, premontano, montano, subalpino, alpino y nival siendo los límites de las biotemperaturas entre cada piso los valores de 24, 12, 6, 3 y 1.5° C repectivamente (Edwell y Madriz, 1968; Holdridge, 1961).

Beard (1944, 1955) publicó una clasificación de la vegetación de América tropical, dividida en seis series de formaciones como se muestra en el Cuadro No. 2.

CUADRO No. 2. Formaciones vegetales en América tropical según la clasificación de Beard (1944 y 1955).

SERIES DE FORMACIONES	FORMACIONES
Formación óptima	Bosque pluvial
Formaciones estacionales	Bosque sempervirente estacional Bosque semideciduo estacional Bosque deciduo estacional Bosque bajo espinoso Matorral bajo de suculentas Desierto
Formaciones montanas	Bosque pluvial montajo bajo Bosque nublado Bosque altomontano Matorral montano Bosque enano de altura Páramo enano de altura Páramo Tundra
Formaciones sempervirentes secas	Bosque pluvial seco Bosque sempervirente seco Bosque bajo sempervirente seco Matorral sempervirente seco Matorral bajo sempervirente Vegetación sobre rocas

(Continuación)

SERIES DE FORMACIONES	FORMACIONES
Formaciones de pantanos estacionales	Bosque de pantano estacional Bosque bajo de pantano estacional Matorral de pantano estacional Sabana
Formaciones de pantano	Bosque de pantano y manglar Bosque bajo de pantano Matorral de pantano Pantano herbáceo

La formación óptima corresponde a los sitios donde la temperatura, humedad y buen drenaje del suelo permiten el apareamiento de un bosque pluvial. Las formaciones estacionales se originan donde la precipitación es estacional; las montañas donde la altura del lugar, la exposición y la pendiente actúan indirectamente sobre los factores climáticos; las formaciones sempervirentes secas agrupan a aquellas formaciones donde, por motivos climáticos, edáficos y fisiológicos, la vegetación está sometida a escasez de agua. Las formaciones de pantano estacional y las de pantano son aquellas controladas en su desarrollo por factores edáficos.

Esta clasificación de Beard, que ha sido ensayada satisfactoriamente en diversos países del área del Caribe, tiene la ventaja de considerar comunidades climax climáticas y edáficas. Cada formación está descrita y por lo tanto es fácilmente reconocible dentro del ámbito geográfico del trópico americano.

Papadakis (1960) estudió y describió a nivel mundial tipos agroclimáticos basados en la adaptación de las plantas de cultivo a factores tales como: el rigor del invierno, el calor del verano y el régimen de humedad. Para el trópico reconoce la existencia de climas de: tierra caliente, tierra templada y tierra fría tal como se muestra en el Cuadro No. 3.

Del Cuadro No. 3 se observa que existen 9 agroclimas en el trópico americano, de los cuales 7 tienen denominaciones de plantas de cultivo, lo que indica que esos climas cumplen los requerimientos ecológicos para ese tipo de planta en particular y para otras similares.

CUADRO No. 3. Agroclimas para el trópico americano de acuerdo con Papadakis, 1960.

TIPOS CLIMATICOS	AGROCLIMAS
Tierra caliente	<i>Hevea</i> Caña de azúcar Monte tropical Casi café
Tierra templada	Café Sabana templada
Tierra fría	Alturas de té Alturas de maíz Alturas de cebada

Los climas de tierra caliente tienen inviernos en que el mes más frío es superior a 23° C; los climas de tierra templada tienen inviernos en que no hiela nunca pero la temperatura del mes más frío es inferior a 23° C y los climas de tierra fría son los que tienen inviernos suficientemente benignos para citrus, trigo de invierno y avena pero no avena de invierno.

En México y América Central los climas de tierra caliente se encuentran en la costa oriental y occidental. Los tipos climáticos de tierra templada son frecuentes en América Central como también en México meridional y las Antillas. Los climas de tierra fría ocupan zonas muy extensas en México y Centroamérica y casi no existen en las Antillas.

En Suramérica, Colombia, Venezuela, Guayanas, Ecuador y Brasil se presentan todos los climas tropicales de Papadakis.

Garnier (1961) define los trópicos húmedos como los lugares donde la temperatura media mensual iguala o excede los 20° C a lo menos durante 8 meses al año; la presión de vapor y la humedad relativa en un mínimo de seis meses al año, es de 20 milibares y 65 % respectivamente y la precipitación promedio anual alcanza por lo menos a 1 000 mm con precipitaciones de 75 mm mensuales durante 6 meses aproximadamente.

Recalde (1975) menciona una zonificación geoagroalimentaria para América Latina basada en factores climáticos y étnicos principalmente. Recalde, reconoce entre otras, la existencia de una zona de consumo de maíz en la tierra templada que va desde México a Perú, cuya población es indoamericana con cultura alimentaria basada en el maíz; una zona de consumo de yuca o mandioca en la tierra baja tropical y una zona de consumo de papas en la tierra templada, desde Colombia a Bolivia.



Fig. 4. El maíz es la planta americana de mayor importancia en el desarrollo de las civilizaciones indoamericanas (Fotografía del MAG).

La zonificación de Recalde tiene la ventaja de reconocer la dependencia de grupos de habitantes americanos de determinadas dietas alimentarias las que a su vez fueron impuestas por el medio físico que hizo posible el desarrollo de estos cultivos desde tiempos inmemoriales.

Con base en los antecedentes expuestos, en este libro se propone la siguiente definición para el trópico americano (Montaldo, 1978):

Para que una zona sea considerada tropical debe tener las siguientes características:

- a. Las isotermas anuales calculadas a nivel de mar deben ser sobre 21°C ;
- b. la oscilación térmica anual no mayor de 6°C ;
- c. las variaciones fotoperiódicas entre los meses extremos inferiores a 3 horas y
- d. la dieta alimenticia de sus habitantes basada tradicionalmente en maíz, yuca, papas, frijoles, arroz y plátano.

La definición anterior incluye todas las zonas que en el trópico americano se denominan tierras templadas, frías y páramos. Por ejemplo, la localidad de Mucuchíes, en los Andes venezolanos, situada a 3 000 m de altitud, tiene una temperatura media anual de 11°C ; en enero 10.2°C que es el mes más frío y en mayo 11.8°C que es el mes más cálido. Si se reduce la temperatura media anual de 11°C (la isoterma anual) a nivel del mar, se obtiene una isoterma de 26°C calculando una gradiente térmica de 0.5°C por cada 100 m de diferencia en altura. Por otra parte, la diferencia entre las isotermas reales de enero y mayo es de 1.6°C .

De acuerdo con su latitud ($8^{\circ} 45'$) la diferencia de fotoperíodo es de 1:10 horas. Además, los habitantes de esta localidad andina venezolana cultivan y consumen principalmente papas, por lo que, de acuerdo con los criterios planteados, Mucuchíes es una localidad tropical.

CUADRO No. 4. Duración extrema de los días-luz y diferencias a diversas latitudes (en horas y décimas). Fuente: Modificado Angladette (1969).

REGION	LATITUD (Grados)	DURACION DEL	
		DIA-LUZ (horas)	DIFERENCIA (horas)
Ecuatorial	0-10	11.4 a 12.7	1.3
Tropical	10-20	10.9 a 13.3	2.4
Subtropical	20-30	10.2 a 14.0	3.6

DELIMITACION DEL TROPICO AMERICANO

El problema de la delimitación del área tropical de América ha sido abordado por muchos autores.

De acuerdo con la distribución de las precipitaciones en los trópicos, a nivel mundial, se reconocen tres subdivisiones:

- a. Zona ecuatorial, que se extiende entre los 10° latitud N y 10° latitud S del Ecuador. En esta zona el aire húmedo y caliente se eleva dando origen a las lluvias por convección. Existen dos períodos de máxima precipitación y dos períodos intermedios entre ellos.
- b. Zona intermedia, situada a cada lado de la zona ecuatorial que se extiende entre los 10 y 20° latitud N y S respectivamente. Existe un período lluvioso y uno seco.
- c. Zona de los alisios, entre los 20 y los 30° de latitud N y S respectivamente con un promedio inferior a los 750 mm que caen en una estación húmeda.

En líneas generales el esquema anterior de Beckinsale (1957) es válido para el trópico americano. Hay que agregar que el monto real de la precipitación sobre un punto es una cifra muy variable ya que depende principalmente de los accidentes orográficos. Este criterio de Beckinsale ayuda al intento de delimitar el trópico americano señalando que la zona de los alisios llega a los 30° de latitud N y S respectivamente.

Kuchler (1961) divide el trópico húmedo a nivel mundial en dos sectores: zonas más o menos permanentemente húmedas con bosques de lluvia y zonas más o menos periódicamente húmedas con bosques semidecíduos. En el mapa que él presenta, delimita el trópico húmedo que corresponde a América por el sur, mediante una línea que incluye la mitad de Paraguay (entre los ríos Paraná y Paraguay) y una parte de Argentina, el norte de Jujuy.

Troll y Paffen (1966) dividen el trópico a nivel mundial en cinco zonas climáticas: 1) Tropical lluvioso, 2) tropical con veranos húmedos, 3) tropical húmedo seco, 4) tropical seco, y 5) tropical semidesértico y desértico. En su mapa climático, aparecen para el trópico americano estas cinco zonas. Además, delimitan la zona tropical de

las subtropicales contiguas en el hemisferio norte y sur respectivamente. En América del Norte incluyen como tropical solamente la parte sur de México y el sur de la península de Florida. En Suramérica incluyen hasta la mitad norte de Paraguay y el norte centro de Argentina (Fig. 5).

Harris (1971) tomando como base la zona tropical de Troll y Paffen la subdividió de acuerdo con la duración del período de sequía anual en:

- a. trópicos húmedos con menos de dos y medio meses de sequía,
- b. trópicos intermedios con dos y medio a siete y medio meses de sequía.
- c. trópicos secos, con más de siete y medio meses de sequía.

Bazilevich, Rodin y Rozov, citados por Walter (1973) indican a nivel mundial zonas térmicas y regiones bioclimáticas. La zona termal tropical la dividen en tres regiones bioclimáticas: húmeda, semiárida y árida. En el mapa de estos autores el trópico americano por su extremo norte incluye solamente una región semiárida de México que ocupa aproximadamente un tercio de su territorio y en el extremo sur incluyen la parte norte-centro de Argentina.

Papadakis (1960) describe el tipo climático tropical como un clima libre de heladas, siendo el promedio de las mínimas absolutas en el mes más frío mayor a siete grados Celcius. Reconoce la existencia de 10 tipos climáticos que son: tropical, tierra fría, desierto, subtropical, pampeano, mediterráneo, marino, continental húmedo, estepa y polar-alpino, cada uno de los cuales está a su vez subdividido.

Los grupos climáticos de Papadakis están definidos en términos de la temperatura promedio de las mínimas absolutas, las temperaturas promedio de las mínimas y de las máximas diarias y del balance hídrico. A su vez, el balance hídrico lo determina con los datos de la precipitación y evapotranspiración potencial, la que es computada con base en los promedios de las máximas diarias y de la humedad del aire.

Para el trópico americano desde México por el norte a Argentina por el sur, Papadakis reconoce los climas según el Cuadro No. 5.

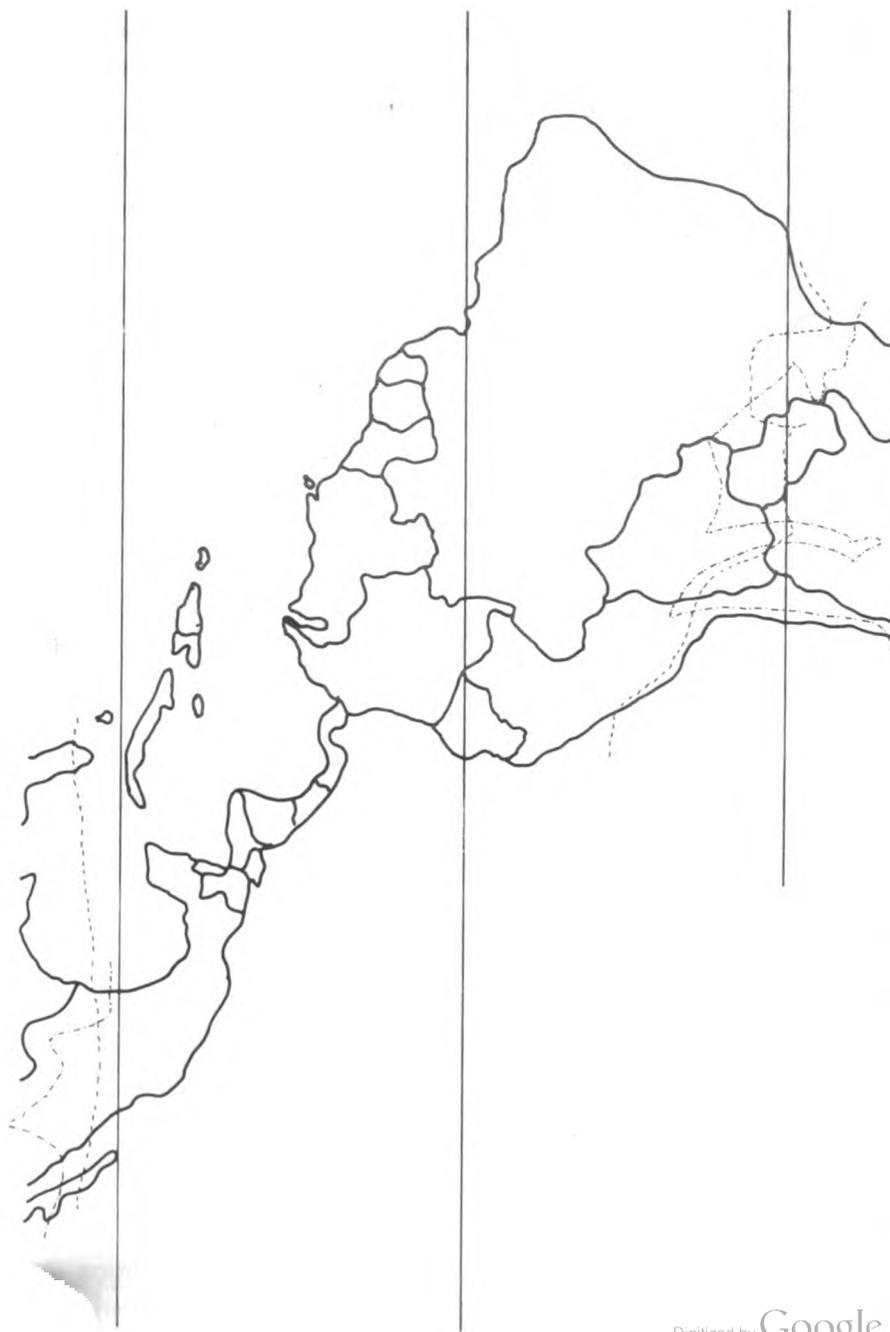


Fig. 5. Límites de la zona tropical americana según Troll y Paffen y Papadakis.

**CUADRO No. 5. Climas de los países del trópico americano
(adaptado de Papadakis, 1975).**

CLIMAS	PAISES
1.1 Ecuatorial húmedo	México, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, el Caribe, Colombia, Venezuela, Guayana, Ecuador, Perú y Brasil.
1.2 Tropical húmedo	México, el Caribe, Bolivia, Brasil.
1.3 Sabana marino	México, Nicaragua, Guatemala, Colombia, Venezuela, Ecuador y Brasil.
1.4 Sabana continental	México, El Salvador, el Caribe, Colombia, Venezuela, Guayana, Bolivia y Brasil.
1.5 Tropical semiárido	El Caribe, Colombia, Venezuela, Ecuador y Brasil.
1.6 Tropical frío	Brasil.
1.7 Tierra húmeda templada	México, Costa Rica, Panamá, Guatemala, el Caribe, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia y Brasil.
1.8 Tierra seca templada	Colombia, Venezuela, Bolivia y Brasil.
1.9 Tropical de invierno fresco	México y Brasil.
2. Tierra fría	México y Argentina.
2.1 Tierra fría semitropical	México, Guatemala, Bolivia y Brasil.
2.2 Tierra fría baja	México y Brasil.
2.3 Tierra fría media	México, Guatemala, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia.
2.4 Tierra fría alta	México, Colombia, Perú y Bolivia.

(Continuación)

CLIMAS	PAISES
2.5 Andino bajo	Perú y Bolivia.
2.6 Subandino	Venezuela, Brasil, Perú y Bolivia.
3.1 Desierto tropical cálido	Colombia, Venezuela y Perú.
3.2 Desierto tropical marítimo	Ecuador, Perú y Chile.

En el Cuadro No. 5 se observa que para el trópico americano se mencionan 9 subtipos climáticos del tipo tropical, 7 del tipo tierra fría y 2 del tipo desierto.

Al delimitar geográficamente los climas tropicales Papadakis deja fuera del trópico a Paraguay, la parte sur de Brasil, parte del Altiplano y Chaco boliviano. Por otra parte incluye en el clima tropical el norcentro argentino y la costa norte de Chile. En América del Norte considera a la península de Florida como subtropical y deja la parte norte de México, alrededor de un 20 % del total del país, fuera del trópico americano (Fig. 5).

Por su parte Montiel (1974) coincide en que todo el Paraguay está dentro del clima subtropical.

Macías (1974) también sostiene que la región altiplánica de Bolivia no es tropical por su temperatura y que la planicie Chaco-Beni tiene oscilaciones anuales de temperatura que pasan los 10° C y son zonas subtropicales.

La Puna argentina en su parte norte quedaría dentro del trópico americano; sin embargo, por datos proporcionados por Cabezas (1974) la amplitud térmica anual varía entre 7 y 11° C, lo que la excluiría de esta categoría.

Tossi (1960) afirma que Perú tiene el 47.4 % de área tropical; el resto se considera subtropical.

Canales (1974) indica que los climas tropicales seco y húmedo ocupan aproximadamente el 30 % de la superficie de México.

En el mapa de suelos zonales del mundo, publicado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los EE.UU., se observa que en el trópico americano la mayor parte de Suramérica, Centroamérica y el Caribe tienen suelos dominados por latosoles. La parte occidental de Suramérica tropical, el sur de México y el norte de Centroamérica tienen suelos de montaña, dominados por litosoles. La faja occidental de Perú y Ecuador tiene suelos desérticos (Hardy, 1970). El criterio que usaron los autores del mapa es aplicable a nivel de todo el trópico y por lo reducido de su escala no se presta para delimitar el trópico americano.

Un antecedente importante para delimitar el trópico americano lo constituye el trabajo sobre las provincias biogeográficas de América Latina que presentan Cabrera y Willinks (1973). Para establecer estas provincias, estos autores se basaron en los requerimientos ecológicos de los organismos dominantes y el área geográfica ocupada.

Basados en los antecedentes expuestos y en la definición de trópico americano que se señala en este capítulo, se dibujó un mapa en que se delimita el trópico americano (Fig. 6).

Los deslindes norte y sur que aparecen en el mapa son los de mayor criticismo. Estos deslindes cortan las provincias biogeográficas y los tipos climáticos según se observa en el Cuadro No. 6.

CUADRO No. 6. Provincias biogeográficas de Cabrera y Willinks (1973) y tipos climáticos de Papadakis (1975) cortados por los deslindes norte y sur del trópico americano de Montaldo.

DESLINDES	PROVINCIAS BIOGEOGRAFICAS	TIPOS CLIMATICOS Y PAISES
Norte	Xerófila mexicana Mesoamericana de montaña	México: Tierra fría y Tropical con inviernos frescos.
Sur	Paranense Chaqueña De los Yungas Altoandina	Brasil: Subhúmedo y Subtropical marino. Paraguay: Semitropical húmedo, Subtropical semiestépico y semitropical continental Bolivia: Tierra fría.

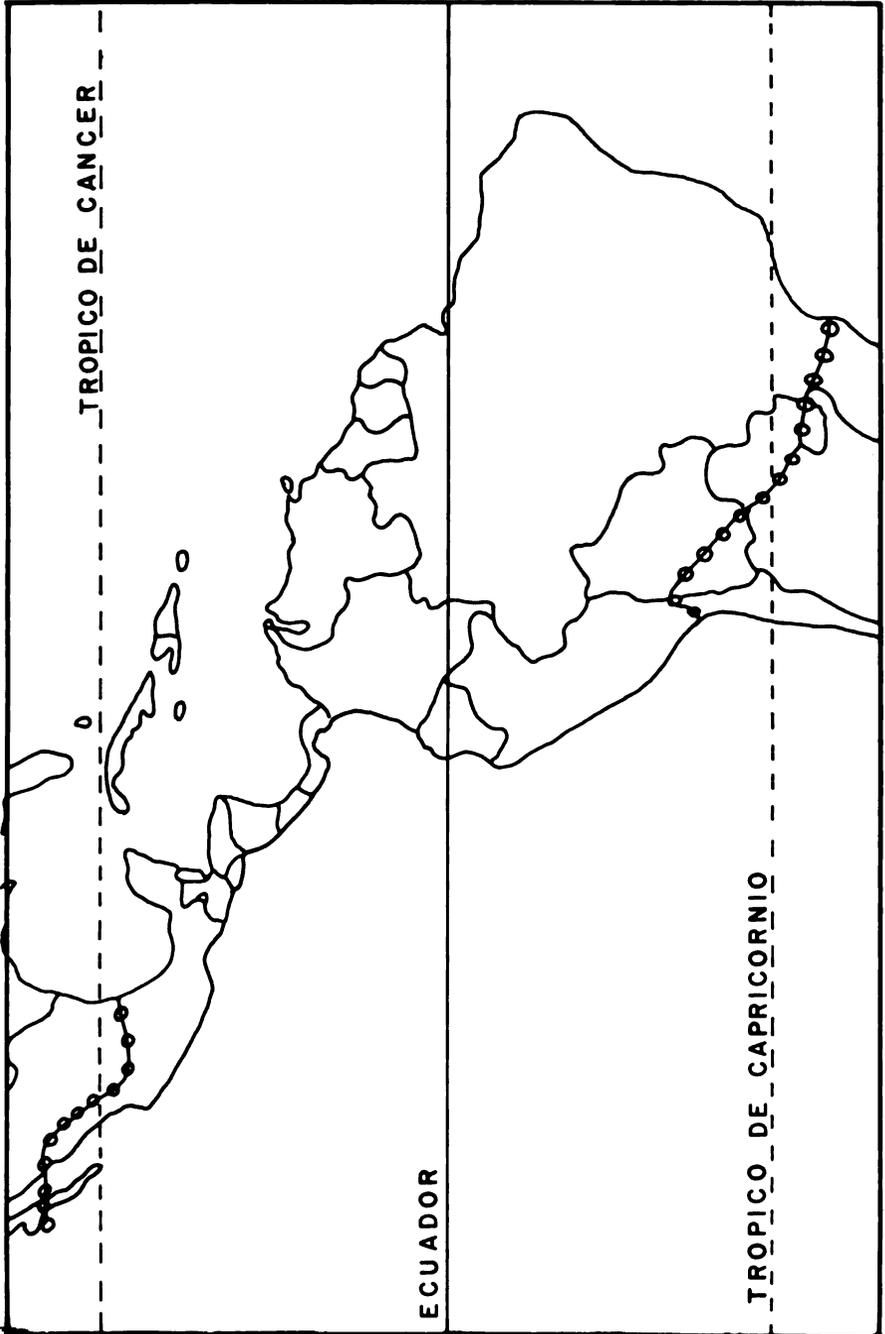


Fig. 6. El Trópico Americano según Patricio Montaldo.

En el Cuadro No. 6 se observa la relación entre las provincias biogeográficas y los tipos climáticos. Así para las provincias Mesoamericana de montaña y Altoandina corresponde la Tierra fría y para las provincias Paranense, Chaqueña y De los Yungas corresponden climas subtropicales y semitropicales.

En términos geopolíticos, el trópico americano abarca en América del Norte, casi el 50 % de México; en Centroamérica, todos los países que la componen; en las Antillas, todo el territorio y en América del Sur quedan fuera solamente Uruguay, Argentina y Chile, en consideración a que estos países no presentan características ecológicas afines al trópico americano.

RESUMEN Y SUGERENCIAS

Se exponen diferentes antecedentes sobre definición del concepto trópico americano y su delimitación geográfica. Se concluye que la mayor parte de las informaciones disponibles se desprende de estudios a nivel mundial y, por lo tanto, existen pocos trabajos sobre este concepto que se refieran exclusivamente a América.

La mayor parte de las definiciones y divisiones del trópico americano se basan en parámetros climáticos, algunos en la vegetación presente, otros en las plantas de cultivos en relación con los tipos climáticos, otros en un criterio geoagroalimentario.

La división del trópico americano en trópico húmedo y trópico seco se basa principalmente en datos de precipitación y duración del período de sequía.

La división en pisos altitudinales es la más difundida del trópico americano.

En este capítulo se define trópico americano con base en las isothermas anuales a nivel de mar, la oscilación térmica anual; la variación anual fotoperiódica y la dieta alimenticia tradicional de sus habitantes.

Los escasos datos que señalan los deslindes entre el trópico americano y las zonas subtropicales son contradictorios y poco precisos.

En este libro se intenta delimitar provisionalmente el trópico americano quedando sus deslindes boreal y austral sujetos a futuras modificaciones.

Se sugiere a los investigadores buscar relaciones entre otros parámetros además de los tradicionales con el objeto de llegar a conclusiones holísticas en la problemática de definir y delimitar el trópico americano.

En el siguiente capítulo se analizarán los principios y conceptos básicos en relación con el ecosistema.

BIBLIOGRAFIA

1. ANGLADETTE, A. El arroz. Barcelona, Ed. Blume. 1969. 867 p.
2. BEARD, J. Climax vegetation in Tropical America. *Ecology* 25 (2): 127-158. 1944.
3. ——— Classification of tropical american vegetation types. *Ecology* 36 (1):89-100. 1955.
4. BECKINSALE, R. Nature of tropical rainfall. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 34 (2):76-89. 1957.
5. CABEZAS, V. Diagnóstico de los recursos naturales renovables de la Puna argentina. Nariño, *In* Cuarta reunión del programa regional cooperativo de los Andes altos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Universidad de Nariño, 1974. pp. 54-105.
6. CABRERA, A. y A. WILLINKS. Biogeografía de América Latina. Washington, D.C. Organización de los Estados Americanos. Monografía 13. 1973. 120 p.
7. CANALES, B. Alternativa de empleo de las zonas áridas y semi-áridas en México. Roma, *In* Seminario internazionale sulla valutazione delle terre delle zone aride e semiaride dell' America Latina. Inst. Italo-Latinoamericano, 1974. pp. 625-45.
8. CODAZZI, A. Resumen de la geografía de Venezuela. Caracas, Ministerio de Educación Nacional. 1940.
9. DAUBENMIRE, R. Plant Geography. Academic Press, 1978. 338 p.
10. EWELL, J. y A. MADRIZ. Zonas de vida de Venezuela. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría. 1968. 264 p.
11. GARNIER, B. Mapping the humid tropics: climatic criteria. *The Geographical Review* 51 (3):339-346. 1961.
12. HARDY, F. Suelos tropicales. *Pedología tropical con énfasis en América*. México, Herrero Hnos. 1970. 334 p.
13. HARRIS, D. The ecology of swidden cultivation in the Upper Orinoco rain forest, Venezuela. *The Geographical Review* 61 (4):475-495. 1971.
14. HOLDRIDGE, L. Curso de Ecología Vegetal. Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela. 1961. 60 p. (multigrafiado).
15. KENDREW, W. *Climates of the continents*. Oxford, Clarendon Press. 1961. 608 p.
16. KOEPEN, W. *Climatología*. México, Fondo de Cultura Económica. 1931. 478 p.

17. KUCHLER, A. Mapping the humid tropics: vegetation criteria. *The Geographical Review* 51 (3):346-347. 1961.
18. MACIAS, M. Zonas áridas y semiáridas en Bolivia. Roma, *In Seminario internazionale sulla valutazione delle terre delle zone aride et semiaride dell'America Latina*. Inst. Italo-Latinoamericano, 1974. pp. 527-530.
19. MONTALDO, P. El concepto de Trópico Americano y su delimitación. Barquisimeto, *In Memorias del Quinto Congreso venezolano de Botánica*. Univ. Centro Occidental, 1978. pp. 87-88. (Compendiado).
20. MONTIEL, R. Informe del Paraguay sobre las finalidades, los progresos y problemas relativos a la evaluación de las tierras. Roma, *In Seminario internazionale sulla valutazione delle terre delle zone aride e semiaride dell'America Latina*. Inst. Italo-Latinoamericano, 1974. pp. 647-663.
21. PAPADAKIS, J. *Geografía agrícola mundial*. Barcelona, Salvat Ed. 1960. 649 p.
22. _____ *Climates of the world and their potentialities*. Buenos Aires, Ed. Papadakis. 1975. 200 p.
23. PITTIER, h. *Manual de las plantas usuales de Venezuela*. Caracas. 1926. 458 p.
24. RECALDE, F. La alimentación y nutrición en América Latina. Roma, *In Seminario internazionale sulla alimentazione e il problema proteico in America Latina*. Inst. Italo-Latinoamericano, 1975. pp. 13-39.
25. THORTHWAITE, C. The climates of North America according to a new classification. *The Geographical Review* 26:633-655. 1931.
26. TOSSI, J. *Zonas de vida natural del Perú*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1960. 271 p.
27. TROLL, C. y K. PAFFEN. *Seasonal climates of the earth*. Heidelberg, Springer-Verlag. 1966.
28. VILA, P. *Geografía de Venezuela*. Caracas, Ministerio de Educación. Tomo I. 1969. 455 p.
29. WALTER, H. *Vegetation of the Earth*. London, The English Universities Press. 1973. 237 p. (Trad. del alemán).

CAPITULO 2

PRINCIPIOS Y CONCEPTOS BASICOS DE LOS ECOSISTEMAS

El ecosistema o sistema ecológico se considera en ecología como la unidad funcional básica así como la especie lo es para la taxonomía (Tansley, 1935).

Primeramente se explicará lo que es un ecosistema y sus propiedades para luego analizar lo que es un ecosistema, sus propiedades y sus características estructurales y funcionales. Se hará énfasis en la energía y su flujo a través del sistema y se definirán conceptos fundamentales sobre productividad y eficiencia ecológica.

Finalmente se presentará una explicación de agrosistema y sus características deseables teniendo como objetivo el mejoramiento de la productividad agrícola.

SISTEMA

Sistema es un conjunto de elementos en interacción, estando

condicionad el estado de cada uno de ellos por el estado de los otros componentes del sistema; en otros términos, un sistema está compuesto por elementos que son interdependientes y que forman un todo unificado (Odum, 1972).

Los sistemas tienen características sumatorias y constitutivas. Las primeras son aquellas en que conociendo las partes y sumando sus características dan la idea de la totalidad del sistema. Las segundas son aquellas que presentan todo el sistema, sin que se pueda deducir el comportamiento aislado de cada parte.

El sistema depende de las características de los elementos constituyentes, los estados que tienen estos elementos, del tipo de comunicación que exista entre los elementos y de las acciones a que está sometido el sistema (entradas del sistema). Su comportamiento será las salidas de este sistema. Lo sucedido dentro del sistema es una incógnita, sólo se conocen las entradas y las salidas.

ECOSISTEMA

Ecosistema es un sistema abierto que resulta de la suma de todos los organismos vivos y de los componentes físicos y químicos de un área determinada en el espacio y en el tiempo, que están interactuando recíprocamente.

Las propiedades generales del ecosistema se resumen en los siguientes:

- a. La totalidad u holismo. Se refiere al comportamiento global que no se puede interpretar tomando una de sus partes.
- b. La interacción entre los elementos bióticos y abióticos del sistema y,
- c. La complejidad, dada por miles de procesos de vía causa-efecto recíprocos. Esto ha llevado a que se recurra a la caja negra en la que se conocen las entradas y las salidas sin preocuparse de lo que sucede adentro.

El ecosistema consta de una parte abiótica o no viviente y de una parte biótica. La primera está compuesta por elementos como viento, luz, humedad, textura del suelo, agua del suelo, y otros. En ecología se quiere saber en qué sentido la luz actúa sobre los organismos y viceversa.

La parte biótica puede clasificarse según sea la función que cumplen dentro del sistema en:

- a. Organismos productores que son las plantas provistas de clorofila u otro pigmento que les permite sintetizar alimento.
- b. Organismos consumidores que son los animales herbívoros, carnívoros, fitófagos, parásitos y otros.
- c. Organismos regeneradores que son los que recuperan los desechos para ofrecerlos nuevamente a los productores y como ejemplo están las bacterias, hongos, y otros.

Existen fundamentalmente tres tipos de comunicaciones entre las partes de un ecosistema: acción, reacción y coacción.

La acción es el efecto de un componente no viviente sobre la parte viva del sistema y esta acción puede ser positiva o negativa. Ejemplos: la acción de la temperatura sobre la absorción radicular de las plantas; la acción de la luz sobre la difusión del CO_2 por la planta.

La reacción es lo opuesto a la acción y representan las modificaciones de factores abióticos del ecosistema por parte de los organismos vivos. Ejemplos: cambio de pH en los suelos por efecto de la acción del sistema radicular de algunas plantas o por parte de la acción de grupos de organismos del suelo.

Las coacciones son las interrelaciones en los organismos vivos y como ejemplos están el parasitismo, la competencia entre las plantas, la simbiosis, y otros.

ENERGIA

Para que funcione un ecosistema se necesita que se produzca un flujo de energía entre los componentes del sistema. La energía se define como la capacidad de producir trabajo.

Para comprender el flujo de energía existen dos leyes fundamentales que son las siguientes:

- a. No puede haber creación de energía, o sea que si hay cierta cantidad de energía a disposición de un eslabón, en el eslabón siguiente no puede haber más y,
- b. La transferencia de energía de un tipo a otro se hace con cierta pérdida, no hay eficiencia del 100 % en las transformaciones de energía.

Para entender el funcionamiento de un ecosistema hay que recurrir a un modelo, el llamado cadena de alimentación, flujo de energía o cadena trófica. Un modelo es una formulación que imita un fenómeno del mundo real y por medio del cual se pueden efectuar predicciones (Odum, 1972). La cadena de alimentación está integrada por la luz, los vegetales, los herbívoros, los carnívoros, los depredadores, y otros. Por lo tanto, el paso de energía de un nivel trófico a otro es mejor expresarlo en forma lineal. Ejemplos de cadenas tróficas: 1) hierba, conejo, zorro, puma; 2) hierba, vaca, hombre y, 3) algas, fitoplancton, zooplancton, crustáceos, peces, hombre. Las cadenas acuáticas son más largas que las terrestres.

La energía se mide en calorías y una caloría se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14.5 a 15.5° C.

Dentro del ecosistema hay tres tipos de energía: 1) la solar o lumínica; 2) la energía química de los compuestos orgánicos o potencial; y 3) la energía térmica.

En una cadena trófica la primera transformación es el paso de energía lumínica a potencial midiéndose las pérdidas en energía térmica (Fig. 7).

La Fig. 7 se explica de la siguiente manera: la luz total (LT) es la cantidad de luz por metro cuadrado que llega al ecosistema. Una cantidad que supera al 90 % normalmente no es utilizada por los vegetales y se pierde principalmente por reflexión y evaporación. Esta pérdida es la luz no utilizada (LNU). La luz utilizable (LU) es la usada por las plantas en gran parte en la fotosíntesis, pero los procesos de fotosíntesis se realizan dentro de ciertas longitudes de onda, entre 400 y 750 milimicrones, por lo cual una parte de la luz no es asimilada (LNA).

La cantidad de luz entendida como energía que entra en la planta, es decir la cantidad de energía solar que se transforma en tejido de la planta constituye la productividad bruta (PB) o fotosíntesis bruta.

La productividad bruta se define como la cantidad de energía potencial (química de los tejidos) producida por la vegetación en una unidad de tiempo y de superficie. Se mide en cal/m²/día o cal/ha/año.

Una parte de la energía que ha sido asimilada directamente por las plantas no queda en ellas sino que se pierde bajo forma de respiración (R) y otros desechos.

Si a la productividad bruta se le resta la respiración queda la productividad neta (PN), que es la cantidad de energía que realmente interesa al hombre o bien al eslabón siguiente que puede ser un herbívoro.

El eslabón siguiente, por ejemplo un conejo, dejará una parte de la productividad neta sin consumir (raíces). Esta parte se llama no utilizable (NU_1) y otra parte será ingerida (I_1). De lo ingerido, una parte en algunos casos, entre el 80 y 90 %, se elimina bajo formas de excretas (NA_1). Si a la parte ingerida se le resta la no asimilada queda la cantidad asimilada (A_1). De esta parte asimilada, una parte se pierde a través de los fenómenos de combustión interna fundamentalmente de respiración (R_1). La productividad bruta secundaria es entonces A_1 . Parte de esta energía se pierde por respiración (R_1) y lo que queda es aprovechada como productividad neta secundaria (PNS_1). Una parte de esta energía no es utilizada (NU_2); la energía sobrante es ingerida (I_2); una parte no es aprovechada (NA_2), es la energía no asimilada; el resto es asimilado (A_2) pero a su vez existe pérdida por respiración (R_2) y el saldo se aprovecha como productividad neta secundaria (PNS_2), etc., etc. (Fig. 7).

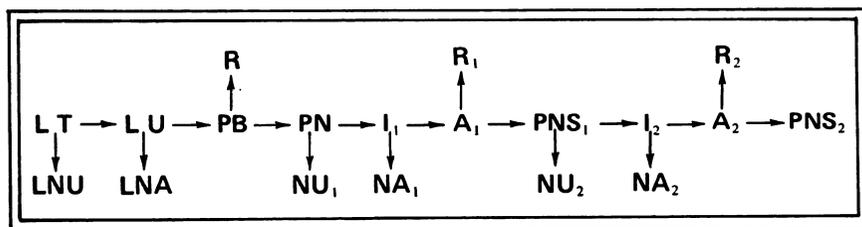


Fig. 7. Modelo de flujo de energía de un ecosistema.

En el Cuadro No. 7 se observa la productividad anual neta de algunos ecosistemas cultivados y naturales.

En el Cuadro No. 7 se aprecia que entre los ecosistemas cultivados, los de caña de azúcar de climas tropicales y subtropicales son los de mayor producción neta anual y diaria. Entre los ecosistemas na-

CUADRO No. 7. Productividad anual neta (promedios mundiales) de algunos ecosistemas cultivados y naturales determinados por el método de cosecha (g/m^2). Fuente: (Modificado de Odum, 1959).

ECOSISTEMAS	PRODUCCION NETA (g/m^2)	
	Anual	Diaria
Cultivados		
Trigo	344	0.94 (2.3)
Avena	359	0.98 (2.4)
Maíz	412	1.13 (2.3)
Arroz	497	1.36 (2.7)
Papas	385	1.10 (2.6)
Remolachas	765	2.10 (4.3)
Caña de azúcar	1 725	4.73 (4.7)
Naturales		
Bosque de pinos	3 180	6.0 (6.0)
Bosque decíduo	1 560	3.0 (6.0)
Praderas altas	446	1.2 (3.0)
Desierto (5 mm)	40	0.1 (0.2)

Nota: Las cifras entre paréntesis corresponden a la productividad diaria con respecto al ciclo vegetativo.

turales, el bosque sempervirente de pinos tiene la mayor productividad ya que fotosintetiza durante todo el año.

En el Cuadro No. 8 se presentan los valores de productividad anual neta de varios ecosistemas tanto acuáticos como terrestres de países templados y tropicales.

Del Cuadro No. 8 se derivan dos conclusiones: en primer lugar, la productividad de los ecosistemas tropicales es superior a los de clima templado, y en segundo lugar, en los ecosistemas de plantas perennes la productividad es mayor que en los de plantas anuales.

La productividad medida en una pradera en una cosecha de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) se acerca a la productividad neta, ya que lo que se está midiendo es lo que ha quedado del pasto des-

CUADRO No. 8. Estimación de la productividad anual neta (kcal/m²/año) de varios ecosistemas. (Modificado de Kormondy, 1969).

ECOSISTEMA	CLIMA	PRODUCTIVIDAD NETA (kcal/m ² /año)
Desierto	Arido	400 ± 200
Fitoplancton		
Océano	—	800 ± 400
Lago	Templado	800 ± 400
Lago eutrófico	Templado	2 400 ± 1 200
Macrofitas sumergidas		
Agua dulce	Templado	2 400 ± 480
Agua dulce	Tropical	6 800 ± 1 700
Marino	Templado	11 600 ± 1 740
Marino	Tropical	14 000 ± 2 100
Bosques		
Deciduos	Templado	4 800 ± 1 200
Coníferas	Templado	11 200 ± 2 800
Pluvioso	Tropical	20 000 ± 4 000
Agricultura		
Anual	Templado	8 800 ± 1 320
Perenne	Templado	12 000 ± 2 400
Anual	Tropical	12 000 ± 2 400
Perenne	Tropical	30 000 ± 4 500
Pantanos		
Salinos	—	12 000 ± 2 400
De junquillos	Templado	17 100 ± 3 400
De junquillos	Tropical	30 000 ± 4 500

pués de haber asimilado cierta cantidad de sustancia y de haber perdido también cierta cantidad de energía a través de los procesos de respiración. Podría ser productividad bruta si las plantas no hubiesen respirado. Para que la cosecha de pasto elefante fuera propiamente productividad neta le falta el resto de la planta pues ha habido crecimiento de raíces.

Desde el punto de vista del agricultor, la productividad del pasto es lo que se cosecha para traspasar a los animales domésticos, pero en una visión total de la energía producida en el ecosistema hay que tomar en cuenta una serie de partes que el hombre no utiliza pero que han aportado mayor cantidad de sustancias y energía al sistema que pueden ser aprovechadas por otros componentes del suelo tales como: bacterias, artrópodos, y otros.

La medición de cosecha es una medición de biomasa, entendiéndose por biomasa el peso seco de sustancia viviente en un momento determinado.

Los rendimientos están dados por las características del paso de energía de un nivel trófico a otro. Se entiende por rendimiento una unidad de eficiencia. El rendimiento de cualquier eslabón se puede medir en relación con la energía que recibe y transforma en otro tipo de energía. El rendimiento se puede expresar por una relación porcentual. Esta relación se denomina eficiencia ecológica y es la energía que se aprovecha en el paso de un eslabón a otro del sistema.

En el Cuadro No. 9 se observan cuatro cultivos en la India, con los datos respectivos de biomasa, energía, productividad y eficiencia ecológica.

CUADRO No. 9. Biomasa del follaje (ton/ha), contenido de energía (kcal x 10⁷ /ha), productividad neta (kg/ha/día) y eficiencia ecológica (%) de cuatro cultivos en Varanasi, India. (Adaptado de Misra y Pandey, 1972).

Cultivos	Biomasa (ton/ha)	Energía (kcal)	Productividad (kg/ha/día)	Eficiencia ecológica (%)
Maíz Vijai	9.74	4.00	83.6	1.67
Arroz T-9	14.92	6.65	106.5	2.29
Trigo K-68	18.79	6.94	156.5	2.58
Millo	25.35	—	211.2	—

La eficiencia ecológica en sistemas naturales no pasa del 10 %; en algunos sistemas artificiales puede llegar al 20 % como ocurre con la crianza de cerdos.

Se estima que las plantas en condiciones naturales fijan un promedio del 2 % de la energía luminosa absorbida pero como solamente

la mitad de la radiación incidente del sol está en las longitudes de onda absorbidas por la clorofila, la fijación es del 1 %.

En el Cuadro No. 10, se observa la eficiencia de la transferencia de la energía en dos ecosistemas acuáticos norteamericanos analizados a cuatro niveles tróficos.

CUADRO No. 10. Eficiencia de transferencia de energía (%) en dos ecosistemas acuáticos en Florida y Minnesota respectivamente. (Adaptado de Odum, 1969).

NIVELES TROFICOS	EFICIENCIA (%)	
	FLORIDA	MINNESOTA
Plantas verdes	1.2	0.10
Herbívoros	16.0	13.30
Pequeños carnívoros	11.0	22.30
Grandes carnívoros	6.0	—

Cada paso de un nivel trófico a otro implica una pérdida del 90 % de la energía y a nivel de vegetales la pérdida es aún mayor.

Otro principio general es que la eficiencia ecológica es mayor a medida que se avanza en la cadena trófica. Por ejemplo, con una luz total de 1 000 cal-g, conociendo los porcentajes de eficiencia de cada nivel trófico se pueden calcular las calorías correspondientes a cada eslabón.

Calorías-g.	1 000	5.0	0.5	?	?	?
Eslabones	LT	PN	PS ₁	PS ₂	PS ₃	PS ₄
Eficiencia (%)		0.5	10	12	15	20

Si se calculan los valores con signos de interrogación se verá que a medida que avanza la cadena la pérdida es cada vez menor.

Si la cadena anterior se lleva a nivel de un campo de cultivo la cantidad de calorías que existe por unidad de superficie de vacunos (PS₁) es muy inferior a la cantidad de calorías que hay en pastos (PN).

La productividad es un término que debe aplicarse únicamente a las unidades de superficie o volumen, incluso desde el punto de vista

económico debería de hablarse de litros de leche producida por hectárea.

Concluyendo, el concepto de eficiencia ecológica aplicado a la agricultura y a la silvicultura es la meta final que persigue la aplicación de las prácticas culturales y de manejo.

Para analizar el flujo de energía de un ecosistema es necesario que el investigador comience por conocer lo que sucede en el primer nivel, o sea en las plantas productoras.

El ejemplo que expone Transeau (1926) es un caso clásico. El midió el flujo de energía sobre un campo de maíz durante 100 días, que corresponde a la estación de crecimiento. La población en el campo fue de 25 000 plantas por hectárea. Al final del ensayo obtuvo un rendimiento de 5 400 kilogramos de peso seco de maíz por hectárea como muestra el Cuadro No. 11.

CUADRO No. 11. Balance de energía de una hectárea de maíz durante una estación de crecimiento de 100 días. (Adaptado de Transeau, 1926).

	Glucosa (kg)	kcal (10 ⁶)	Energía solar utilizada (%)
Radiación solar incidente		5 107	100.0
Utilización biológica			
Energía incorporada			
Producción neta	16 717+	63.2+	1.2+
Respiración	5 112	18.8	0.4
Producción bruta	21 829	82.0	1.6
Energía usada en transpiración		2 275.0	44.4
Energía no utilizada		2 750.0	54.0

Transeau calculó que las 25 000 plantas de maíz contenían 16 717 kg de glucosa. A esta productividad neta agregó el equivalente de glucosa que había sido metabolizada por la respiración celular durante el período de crecimiento y obtuvo 5 112 kg con una productividad bruta de 21 829 kg.

Como se necesitan 3 760 kcal para producir un kg de glucosa, se usaron 82 millones de kcal para la producción bruta del ejemplo, de las cuales 18.8 millones se usaron en actividades metabólicas.

Transeau estimó que el área transpiró 3 750 000 kg de agua (30 cm de agua por hectárea) para lo cual se necesitó una energía de 2 275 millones de kcal.

Como el total de energía solar disponible en el campo de maíz era conocido, se calculó la eficiencia de la energía utilizada de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Producción total}}{\text{Radiación solar}} \times 100 = \frac{82 \text{ millones kcal}}{5\,112 \text{ millones kcal}} \times 100 = 1.6 \%$$

Finalmente, se presenta en la Fig. 8 un esquema de los principales pasos del flujo de energía en un ecosistema tropical de pradera.

AGROECOSISTEMA

Agroecosistema es un sistema originado por la acción del hombre sobre el ecosistema natural y tiene como objetivos la utilización del medio en forma sostenida para obtener plantas o animales de consumo inmediato o transformables.

Jantzen (1973), al analizar los agroecosistemas tropicales sugiere que estos deben cambiar, del tipo de una explotación a corto plazo, a una explotación sostenida. Sin embargo, añade que el desarrollo de una agricultura sostenida trae consigo problemas derivados del calor, durante todo el año.

Los agrosistemas son sistemas fotosintéticos o sea, captadores de luz para realizar la fotosíntesis y almacenar esa energía en enlaces químicos de productos útiles para la alimentación del hombre y animales.

Las características básicas de todo agroecosistema son tres:

- a. Eficiencia del sistema fotosintético, o sea que se buscan plantas que capten el máximo de energía solar y la transformen en energía aprovechable como es el caso de las variedades de arroz y trigos enanos.

- b. Que las plantas tengan un bajo nivel de pérdida de energía por respiración. La planta acumula energía y a la vez ocupa de esa energía en sus procesos vitales.
En los genotipos experimentales se busca una alta asimilación neta. Se desea que la tasa de asimilación neta sea cada vez mayor, y la energía utilizada en respiración cada vez menor.
- c. Se busca que la tasa de asimilación neta se reparta en diferentes partes del cultivo, especialmente hacia órganos que sean útiles al hombre, como granos en caso de los cereales; tubérculos en el caso de las papas; raíces en el caso de la yuca; tallos en el caso de la caña de azúcar.

El objetivo básico del investigador agrícola es llevar la energía hacia productos útiles como aceites, proteínas, almidón, y otros.

Cada planta tiene diferente poder de captación, acumulación y transformación de la energía solar. Si alguna de estas tres propiedades varía ésta influye en su rendimiento (Bidwell, 1974).

Para que la planta aumente su absorción de energía debe aumentar su área foliar. El área foliar es la superficie verde, por tanto fotosintéticamente activa, de que dispone una planta para elaborar biomasa.

Se denomina índice de área foliar a la relación que existe entre la superficie de la hoja por unidad de superficie de suelo. Por ejemplo si el IAF es 5 significa que por un cm^2 de suelo hay 5 cm^2 de superficie foliar (Chang, 1968).

La asimilación total es igual a la asimilación neta por el índice de área foliar y estos dos últimos términos forman en conjunto lo que se llama tasa de asimilación neta.

La tasa de asimilación neta es la cantidad de materia seca producida por unidad de superficie y por unidad de tiempo (Alvim, 1959).

Una planta alcanza el índice de área foliar óptimo cuando el follaje intercepta el 95 % de la energía solar que llega al cultivo. Se alcanza el índice de área foliar máximo cuando la sombra mutua entre las plantas es completa y la asimilación neta es igual a cero.

Hay algunas especies que alcanzan lo que se llama el índice de área foliar crítico que es el que se mantiene constante con la máxima

producción e interceptando siempre el 95 % de la radiación solar. Este índice de área foliar crítico es el que mantienen algunas forrajeras las que a medida que se les seca el follaje se regeneran o las que mediante el corte o pastoreo se mantienen en el índice de área foliar óptimo.

Se ha demostrado que un pastoreo ligero permite que el dosel de ciertas forrajeras se mantenga cerca del IAF óptimo. En cambio en los cereales, la papa, la yuca, y otros, el follaje se seca paulatinamente y por lo tanto declina el índice de área foliar.

Gallegos (1976) determinó en Costa Rica que el IAF óptimo para la yuca era de 1.44 y se alcanzaba a los 6 meses. Barrios (1972) determinó un IAF a la cosecha en yuca entre 0.2 y 2.1 en Maracay, Venezuela.

Según algunos autores no existe un IAF óptimo para maíz, soya, algodón, trébol y alfalfa, porque se ha encontrado que la asimilación de estas plantas no disminuye con un IAF alto.

En las especies forrajeras es importante la duración del área foliar porque indica la habilidad de una planta para producir hojas por un largo tiempo. Existen cultivos con una alta tasa de asimilación neta que tienen follaje de larga duración capaces de producir gran cantidad de materia seca por año, como la caña de azúcar y el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*).

Valores de 80 toneladas de materia seca se obtuvieron con pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) en Puerto Rico, en El Salvador y en Venezuela; estas producciones corresponden a conversiones de luz superiores al 6 %, las cuales son mayores que las producciones de más de 60 ton/ha reportadas para caña de azúcar en Hawaii. Estas plantas se llaman C4 (Medina, 1972), cuyo metabolismo fotosintético responde a las siguientes características: se saturan lumínicamente a altas intensidades, 60 000 lux o más; la temperatura óptima para la fotosíntesis está entre 30 y 40° C; tienen gran resistencia a la difusión estomática, por lo tanto baja tasa de transpiración y muy baja resistencia intercelular al CO₂, por lo que la planta posee mayor eficacia fotosintética aún con concentraciones bajas de CO₂. Ejemplos de plantas C4: sorgo, maíz, caña de azúcar, pasto elefante (Wittingham, 1976).

DENSIDAD DE SIEMBRA

Densidad significa el número de plantas por unidad de superficie. La densidad de siembra afecta el futuro rendimiento de la cosecha principalmente por los procesos de competencia. En el trópico, en plantas que poseen un sistema de ramificación libre o tienen la característica de emitir macollos, se puede usar un ámbito amplio de densidades de plantación ya que se ha visto que se llega a rendimientos semejantes.

Aldrich, en 1963, observó que para batatas no se producían diferencias de rendimiento entre 12 500 y 50 000 plantas por hectárea. Meredith, en 1964, en variedades de maní de hábito rastroso no encontró diferencias de rendimiento con densidades entre 47 500 y 322 500 plantas por hectárea (Williams y Joseph, 1970).

Se alcanzaron en Venezuela rendimientos similares en una variedad de yuca con densidades de plantación entre 10 412 y 31 350 plantas por hectárea (Montaldo y Montilla, 1976).

De acuerdo con lo explicado anteriormente en este capítulo, existe un índice de área foliar óptima para la producción neta, el cual es diferente para cada especie y según sea la intensidad luminosa. Es así que a medida que aumenta la luminosidad aumenta el índice de área foliar óptimo.

Por lo anterior, las densidades de siembra varían según sea la luminosidad del ambiente. Alvim (1978) cita que en la Sierra peruana la densidad de maíz va de 60 a 80 000 plantas por hectárea y en la Costa Central con mayor radiación no se recomiendan densidades mayores de 50 000 plantas por hectárea.

En los Cuadros Nos. 12 y 13 se presentan casos tabulados de las relaciones entre densidad de plantación y rendimiento para maní y plátano respectivamente.

En el Cuadro No. 12 se demuestra que los mejores rendimientos en maní se obtuvieron con densidades entre 132 500 y 220 000 plantas por hectárea.

En el Cuadro No. 13 se demuestra que los rendimientos sufren gran variación en relación con las densidades de plantación de plátano.

CUADRO No. 12. Relación entre la densidad (plantas/ha) y el rendimiento (kg/ha) en maní. (Fuente: adaptado de Williams y Joseph, 1970).

DENSIDADES (plantas/ha)	RENDIMIENTOS (kg/ha)
42 500	1 962
75 000	2 389
132 500	2 851
220 000	2 766

CUADRO No. 13. Relación entre la densidad (plantas/ha) y el rendimiento (ton/ha) en plátano, en Jamaica. (Fuente: Simmonds, 1966, tomado por Williams y Joseph, 1970).

DENSIDADES	RENDIMIENTOS PRIMERA COSECHA
900	250
1 200	315
1 550	390
1 950	470
2 550	570

De los ejemplos anteriores se concluye que la densidad de plantación es un factor crítico en cultivos con un hábito de ramificación restringido. Una explicación a la caída del rendimiento en plantaciones muy densas se encuentra en la estructura del dosel de hojas ya que si ésta es muy densa no permitirá una buena penetración de la luz.

COMPETENCIA

Se produce competencia cuando la cantidad de materia útil o energía cae bajo el nivel necesario para el crecimiento máximo de dos o más organismos que necesitan de la misma fuente. Mientras más similares sean las necesidades de dos organismos, más intensa se hace la competencia, por lo que la intraespecífica es más intensa que la interespecífica.

En las plantas de cultivo la competencia se produce por: 1) *agua*, si la humedad del suelo es subóptima en alguna época del desarrollo, 2) *por luz*, si la energía luminosa es subóptima para una planta como resultado de la sombra que produce otra, 3) *nutrimentos*, si la concentración de uno o más nutrimentos es subóptima, 4) *por calor*, si en ambientes fríos la energía radiante es interceptada por el dosel de follaje más alto de una planta en perjuicio de otra y, 5) *por baja concentración de anhídrido carbónico* cuando la vegetación es densa y la fotosíntesis es intensa.

La competencia se observa por los efectos que produce. Generalmente se desconocen a simple vista las causas responsables de estos efectos, porque los factores no actúan aisladamente sino que interactúan (Daubenmire, 1968).

Se ha determinado que cuando se tiene déficit de humedad se debe disminuir la densidad de plantas con el propósito de elevar los rendimientos. En cambio cuando hay agua se debe aumentar la densidad.

Con escasez de agua, al disminuir el número de plantas disminuye la evapotranspiración. Si el agua no fuera un factor limitante entonces los limitantes principales serían la radiación y los nutrimentos.

Existen dos tipos de competencia: la intraespecífica y la interespecífica.

La competencia intraespecífica puede ser del tipo cooperativo o competitivo. Un ejemplo de competencia cooperativa es el de una población de plantas de maíz de diferentes variedades con ejemplares altos y bajos. A medida que se aumenta la densidad las plantas bajas tratan de alcanzar en altura a las plantas altas; es decir, la tasa de elongación del tallo de las plantas altas es menor que la tasa de elongación de las plantas bajas.

Un ejemplo de competencia competitiva también en maíz se observó cuando se producía una disminución del rendimiento en granos de maíz entre plantas con diferencias de 10 cm en altura, lo que se debía a la sombra de las plantas altas sobre las bajas.

En relación con la competencia interespecífica se puede observar en el Cuadro No. 14 el efecto de las malezas sobre yuca.

CUADRO No. 14. Efecto de cuatro herbicidas en yuca, en Maracay, Venezuela. (Fuente: Barrios, 1972).

	Tratamientos*				
	1	2	3	4	T
Dosis activo (kg/ha)	1.5	1.6	1.6	2.4	—
Parte aérea (ton/ha)	11.6	10.4	4.3	3.9	2.1
Hojas completas (ton/ha)	5.1	4.4	1.7	1.6	0.8
Láminas (m ²)	3.6	2.9	1.0	1.1	0.5
IAF	2.1	2.1	0.6	0.6	0.2
Raíces (base húmeda, ton/ha)	6.2	4.8	2.0	1.7	0.6
Peso malezas (M. seca, ton/ha)	2.7	1.8	1.3	1.2	0.8

*Nota: 1 = Fluometurón, 2 = Atrazín, 3 = Prometín, y 4 = Difenamida. T = testigo.

En el Cuadro No. 14 se muestra que el tratamiento 1 fue el más efectivo para disminuir la competencia interespecífica entre diversas especies de malezas y la yuca. Le siguen en orden de importancia los tratamientos 2, 3 y 4. En el testigo se produjo una competencia entre las diversas malezas y las plantas de yuca como se puede observar en los valores de IAF y producción de raíces por hectárea.

En los tratamientos 3 y 4 aún cuando con menos malezas que los tratamientos 1 y 2, los rendimientos son inferiores porque se produjo una fuerte competencia intraespecífica.

RESUMEN Y SUGERENCIAS

Los agrosistemas o sistemas agrícolas son básicamente sistemas fotosintéticos en los que el hombre debe procurar una mejor eficiencia ecológica para convertir la energía luminosa en productividad primaria y finalmente en productos útiles.

Para entender el funcionamiento de los agrosistemas se ha recurrido a un modelo lineal de transferencia de energía entre los diversos eslabones que constituyen las cadenas tróficas de los ecosistemas.

Se presentan varios cuadros sobre productividad de diferentes ecosistemas donde se puede observar que la productividad neta de los sistemas tropicales duplica, y a veces triplica, la de los ecosistemas desarrollados en climas templados que tienen una estructura y funcionamiento parecidos.

Se concluye que el concepto de eficiencia ecológica aplicado a los ecosistemas agrícolas, silvícolas y acuáticos es el objetivo final que persigue la aplicación de las prácticas culturales y de manejo.

Los agroecosistemas se originan por la acción del hombre sobre el ecosistema natural, reemplaza la mayor parte de las veces, la cubierta vegetal por poblaciones vegetales uniformes o mixtas y modifican el microambiente por medio de las prácticas agrícolas.

Un agroecosistema eficiente debe tener una asimilación neta alta, para lo cual es necesario, entre otros factores, aumentar la absorción de energía por parte de la planta, aumentando el área foliar.

La densidad de siembra varía con el índice de área foliar óptimo y con la intensidad luminosa del lugar. En general, a mayor luminosidad menor densidad de plantas.

La competencia es un proceso multiacondicionado que se reconoce por los efectos que produce, generalmente, disminuye la producción de materia útil.

Se sugiere a los especialistas analizar los resultados de los ensayos con herbicidas haciendo énfasis en los procesos de competencia.

Se considera que una vez analizado el concepto de agroecosistema corresponde tratar los estímulos que están recibiendo estos ecosistemas.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVIM, P. Bases fisiológicas de la producción agrícola. *In* Curso Internacional de bases fisiológicas de la producción agrícola. Lima, Perú. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1959.
2. _____ Los factores de la productividad agrícola. *In* Memorias del Quinto Congreso venezolano de botánica. Barquisimeto, Universidad Centro Occidental Conicit. 1978. pp. 165-187.
3. BARRIOS, J. Herbicidas en yuca. Maracay, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1972. 72 p.
4. BIDWELL, R. Plant Physiology. New York, Mc Millan, 1974. 643. p.
5. CHANG, J. Climate and agriculture, an ecological survey. Chicago, Aldine, 1968. 304 p.
6. DAUBENMIRE, R. Plant communities. New York, Harper and Row Pu, 1968. 300 p.
7. GALLEGOS, R. Evaluación de producción agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluyen yuca. (*Manihot esculenta* Crants). (Tesis M.S.). Turrialba Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1976. 122 p.
8. JANZEN, D. Tropical agroecosystems. *Science* 182: 1212-1219. American Association for the Advancement of Science. 1973.
9. KORMONDY, E. Concepts of ecology. Englewood Cliffts, New Jersey, Prentice-Hall, 1969. 209 p.
10. MEDINA, E. Aspectos ecológicos de la fisiología del metabolismo. *In* Memorias del Primer Congreso Latinoamericano y Quinto Mexicano de Botánica. México, 1972. 301-320.
11. MISRA, K. y H. PANDEY. Primary production of four crops in Varanasi (a monsoon area). *In* Papers from Symposium on Tropical Ecology. International Society of Tropical Ecology. Athens, Georgia, 1972. pp. 115-120.
12. MONTALDO, A. y J. MONTILLA. Producción de follaje de yuca. Informe de la delegación venezolana a las Autoridades de la Universidad sobre el Cuarto Simposio Internacional de Cultivo de Raíces Tropicales. *Rev. Fac. de Agronomía (Venezuela)* Alcance 24. 1976. pp. 30-65.
13. ODUM, E. Fundamentals of Ecology. Saunders Co., 1959. 546 p.
14. _____ Ecología. México D.F., Interamericana, 1972. 639 p.

15. TANSLEY, A. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 284-307. 1935.
16. TRANSEAU, E. The accumulation of energy by plants. *Ohio Journal of Science* 26: 1-10. 1926.
17. WHITTINGHAM, C. El mecanismo de la fotosíntesis. H.B. Ediciones Madrid, 1976. 176 p. (Traducción del inglés).
18. WILLIAMS, C. y K. JOSEPH. *Climates, soil and crop production in humid tropics*. Singapore, Oxford University Press, 1970. 177 p.

CAPITULO 3

LOS ESTIMULOS AL ECOSISTEMA

EL ESTIMULO CLIMATICO **Energía radiante**

La radiación o energía radiante que llega a la tierra desde el sol es en forma de energía calórica y luminosa. Estos tipos de energía son los que controlan todos los fenómenos climáticos y hacen posible el desarrollo de los fenómenos bióticos.

De la energía radiada desde el sol, la superficie externa de la atmósfera (una capa de alrededor de 80 a 100 km de espesor) recibe 1.94 cal-gr/cm²/min.

Una parte de la energía radiante, la ultravioleta, es absorbida por el ozono en la estratósfera y reirradiada, ya sea al espacio o hacia la tierra. Una porción de la energía es reflejada hacia el espacio o hacia la tierra por las moléculas de gas (CO₂) y las partículas de polvo, vapor de agua y nubes de las capas más próximas a la superficie.

Otra parte de la insolación es absorbida por el vapor de agua y el anhídrido carbónico.

De la energía absorbida, reflejada y dispersada, un porcentaje puede finalmente ser conducido a la tierra. Este porcentaje junto con la energía solar radiante que no ha sido interceptada constituyen la energía efectiva de la tierra.

La cantidad de energía absorbida por las masas de tierra y los cuerpos de agua depende de factores tales como largo del día, altitud del lugar, albedo o potencia reflectora de las superficies, ángulo de incidencia y calor específico del material superficial. Por lo anterior, la cantidad de energía que llega hasta los ecosistemas terrestres y acuáticos es variable de un punto a otro y a lo largo del año.

En la superficie de la tierra se produce diariamente un balance entre la intensidad de radiación recibida por radiación y la pérdida por reirradiación. Es así como la energía absorbida por el sustrato tierra-agua se pierde en el aire y en el espacio por radiación, conducción, turbulencia y por los procesos de transpiración y evaporación (Haurwitz y Austin, 1944).

Sánchez, Ramírez y Pérez (1975) dieron a conocer la influencia de la radiación solar en los rendimientos de arroz, en Perú.

TEMPERATURA

La temperatura tiene una gran importancia en el desarrollo de las plantas así como en su distribución geográfica. La temperatura afecta la intensidad y la velocidad de los procesos fisiológicos así como también actúa en forma indirecta sobre la humedad y la evaporación afectando la morfología vegetal. Los índices de temperatura son de importancia capital para el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Azzi, 1959).

VARIACIONES

Las variaciones más importantes de la temperatura que afectan el comportamiento de las plantas son producidas por el ciclo anual y diario de la temperatura, la altitud del lugar, el color y contenido de humedad de los suelos y finalmente por la acción de la vegetación (Klages, 1942; Oosting, 1951 y Wilsie, 1966).

Ciclo anual. La traslación de la tierra alrededor del sol produce un ciclo climático anual que es más evidente en las regiones fuera de la zona tropical, cuyos habitantes sienten los efectos del invierno, primavera, verano y otoño. En el trópico americano se llama verano a la estación seca, e invierno a la estación lluviosa. En las regiones tropicales donde la longitud del día fluctúa entre 11:30 y 14:30 horas y la temperatura se mantiene sensiblemente pareja todo el año, no se perciben las cuatro estaciones como en las regiones templadas.

En dos posiciones de la órbita terrestre el sol cae perpendicular a la línea de los trópicos ($23^{\circ} 27'$) y se producen los solsticios, con los días y las noches más largas del año. Cuando el sol cae perpendicularmente sobre la línea ecuatorial se producen días y noches de igual longitud que se denominan equinoccios. Para el hemisferio norte el solsticio de verano ocurre el 21 de junio y el de invierno el 21 de diciembre, y para el hemisferio sur sucede lo contrario.

Ciclo diario. Diariamente se produce un ciclo de temperatura. Cuando el sol sale en la mañana la superficie de la tierra comienza a calentarse y la temperatura sube rápidamente. Después de unas horas se llega a una temperatura relativamente alta en la superficie y la radiación ganada es aproximadamente igual a la pérdida por reirradiación y conducción. Este equilibrio se mantiene hasta que la insolación se hace mayor que la pérdida, lo que sucede entre el mediodía y la media tarde que comienza a debilitarse. Después que el sol se pone la superficie de la tierra calentada continúa entregando el calor acumulado a la atmósfera, por radiación, y al no recibir más esta energía desde el sol, su temperatura declina durante la noche. Esta pérdida nocturna de calor es acelerada por el efecto enfriante de evaporación del suelo, de tal modo que las temperaturas del suelo caen bajo las temperaturas del aire ocurriendo la mínima temperatura superficial justamente antes de la salida del sol. Se ha observado que la temperatura superficial del suelo expuesto, sin vegetación, fluctúa más ampliamente cada 24 horas que las temperaturas del aire en ese mismo período. Excepto para la superficie del suelo las temperaturas máxima y mínima se alcanzan retardadamente con respecto a las del aire. La mayor oscilación al igual que el mínimo retardo de temperatura se alcanza en la superficie.

Cualquier dato de temperatura del suelo debe darse acompañado de la hora y de la profundidad de suelo en que fue tomado.

El suelo. De Vries (1966) enfatiza el rol de la porosidad y la naturaleza de los minerales que forman el suelo en relación con las propie-

dades térmicas de éste. El color de la superficie de un suelo afecta la cantidad de radiación que pueda absorber y por lo tanto, la cantidad de calor que pueda almacenar y reirradiar a la atmósfera. El color blanco refleja toda la radiación y el negro la absorbe completamente. Cuando un suelo sin vegetación, con colores ligeros, está sujeto a insolación, la reflexión que se produce es tan intensa que la capa de aire más baja llega a calentarse mucho pero el suelo permanece frío. Por otro lado, un suelo de superficie oscura, por ejemplo un suelo quemado, absorbe más insolación y llega a ser relativamente caliente (Daubenmire, 1964).

Suelos gruesos y bien agregados responden más rápidamente a la insolación que los suelos pesados y pobremente agregados, debido a las diferencias de drenaje y contenido de agua. Mientras más húmedo el suelo, más lentamente cambia su temperatura debido a que el calor específico del agua es cinco veces mayor que el de las partículas minerales. Esto significa que se requiere cinco veces más calor para elevar la temperatura del agua contenida en los espacios porosos, que la que se requeriría para calentar un volumen equivalente de minerales del suelo.

Suelos muy secos responden muy lentamente al calor aplicado en la superficie, debido al pobre contacto termal entre las partículas. Suelos de contenido de humedad intermedio, aproximadamente la capacidad de campo, exhiben la mayor alza de temperatura para una aplicación de calor determinada.

Vegetación. La sombra producida por la vegetación, aún cuando ésta sea rala, reduce el calentamiento del suelo por radiación solar. Bajo bosque denso las temperaturas en la superficie del suelo permanecen más frías que las temperaturas del aire aún en las horas más calientes del día. La mayor humedad del aire bajo la vegetación incrementa la cantidad de calor necesaria para subir su temperatura apreciablemente. Por esta razón los bosques ayudan en lo general a bajar la temperatura máxima del aire tanto como la máxima del suelo.

Altura. Mientras mayor sea la altura de un punto más intensamente caen los rayos solares, ya que es menor la depresión o efecto amortiguador de la atmósfera. Sin embargo, a mayor altura corresponde por lo regular una temperatura más baja. Se ha calculado que por cada aumento de 1 000 m de altura se produce un descenso de la temperatura entre 4 y 8° C; es decir, tanto como un acercamiento a los polos de casi 10 grados de latitud.

Cuando una porción de aire se eleva aumenta de volumen porque disminuye de presión, y como ninguna porción de aire puede elevarse sin que otra porción descienda y se caliente por compresión, resulta que la primera porción debe enfriarse y obliga a descender y calentarse a la otra (Almeyda, 1955).

En las regiones de topografía montañosa el aire frío de las laderas superiores tiene una mayor densidad que el aire caliente que se acumula en el valle durante el día. Debido a un drenaje de aire frío el piso del valle es ocupado en la noche por una capa de aire que fluye lentamente en espesor, siendo más fría que la capa inmediatamente superior que está en contacto con los faldeos y las colinas. Esto se denomina inversión de temperaturas. En los países templados y fríos el daño por las heladas se produce principalmente en el fondo de los valles quedando los faldeos más protegidos.

Temperaturas cardinales para las plantas

Se llaman temperaturas cardinales o fundamentales aquellas que representan el mínimo bajo el cual una función no se realiza o el máximo sobre la cual tampoco se realiza. Temperatura óptima es aquella en la que la función progresa a la máxima velocidad (Klages, 1942).

Las temperaturas cardinales difieren para la misma función en diferentes plantas. Por ejemplo, la temperatura mínima para hacer crecer melones, sorgos y palmas datileras es de 15 a 18° C, mientras que para arveja, arroz y trigo está entre -2 y 5° C.

Funciones diferentes de la misma planta pueden tener diferentes temperaturas cardinales. En la mayoría de las plantas la temperatura óptima para la fotosíntesis es generalmente menor que el óptimo para la respiración. En ciertas variedades de papas la velocidad de fotosíntesis alcanza un máximo a los 20° C, pero la respiración a esa temperatura es solamente del 12 % de la velocidad máxima. Cuando la temperatura sube alrededor de 48° C la respiración alcanza el óptimo, pero la fotosíntesis declina a cero. Debido a que tanto el crecimiento como la reproducción de las plantas dependen de una rápida velocidad de acumulación, más que de oxidación de compuestos orgánicos, las plantas están en desventaja si la temperatura sube sobre el óptimo para la fotosíntesis.

Las temperaturas cardinales varían también con la edad de la planta, con su condición fisiológica, con la duración de un nivel de temperatura determinado y con las variaciones de otros factores ambientales. Las temperaturas cardinales se convierten, entonces, en márgenes amplios más que en puntos fijos en la escala de valores.

Termoperiodicidad

La salida y puesta diaria del sol pone en movimiento variaciones complejas y rítmicas en varios factores ambientales importantes. Cuando el sol sale la humedad relativa del aire decrece, mientras que la intensidad de la luz y la temperatura aumentan, la dirección de estos cambios es algunas veces inverso después de mediodía. La mayor parte de las plantas se han ajustado a esta secuencia diaria rítmica. La respuesta de las plantas a las fluctuaciones rítmicas diarias de la temperatura se llama termoperiodicidad. La base fisiológica es que los procesos tienen diferentes temperaturas cardinales (Chang, 1968).

Experimentos de laboratorio han demostrado que si se coloca una planta para que crezca a una temperatura constante, día y noche, el crecimiento no es tan efectivo como si creciera a la misma temperatura durante el día y a otra menor en la noche. Pareciera ser que las temperaturas nocturnas son la causa del desarrollo de una serie de procesos de la planta que influyen sobre el crecimiento, floración y fructificación.

Temperatura y fenología

Fenología es el estudio de las relaciones entre los factores climáticos y los fenómenos periódicos en las plantas, como por ejemplo florecimiento, fructificación, caída de hojas, y otros.

En muchas plantas el comienzo de la actividad en primavera depende de la temperatura. Eventos fenológicos se retardan alrededor de 4 días por cada grado de latitud hacia los polos o por cada 5 grados en dirección al este (en E.U.A.) o a 1 000 m de altitud. Estos promedios están sujetos a muchas desviaciones causadas por factores locales de topografía.

Luz. La luz se considera uno de los factores más importantes del medio, ya que es parte integrante del proceso de la fotosíntesis en las plantas (Bidwell, 1974).

Las longitudes de onda entre 400 y 750 milimicrones se llaman luz o energía luminosa porque solamente estas longitudes de onda pueden ser vistas por el ojo humano. Dentro de ellas caen las longitudes de onda que sirven para la fotosíntesis. Las plantas verdes crecen normalmente sólo cuando están expuestas a la combinación de la mayor parte de estas longitudes de onda.

La intensidad luminosa se expresa en diversas unidades de medida: lux, bujía estándar, bujía-pie, y otras. La intensidad de luz de una bujía estándar colocada a un pie de distancia recibe el nombre de bujía-pie y equivale a 10.7 luxes. A menudo se expresa la cantidad de luz recibida bajo un dosel arbóreo como un porcentaje de la cantidad recibida si esta influencia no operara. La base de comparación es la plena luz solar.

La luz tiene tres variables importantes: intensidad, calidad y duración, pero solamente la intensidad y la duración han demostrado ser factores críticos importantes del ambiente (Billings, 1968).

Variaciones

La intensidad luminosa puede variar de acuerdo con los efectos de la atmósfera, capas de agua, partículas suspendidas, vegetación y topografía.

Efectos de la atmósfera. Los gases atmosféricos especialmente el nitrógeno y el oxígeno absorben y dispersan una pequeña cantidad de rayos luminosos de onda más corta cuando pasan a través de las capas atmosféricas que envuelven la tierra. A mayor elevación sobre el nivel del mar, es más delgada la capa de aire y, por lo tanto, más brillante la luz. Montañas a 3 000 m reciben alrededor de 129 000 lux y a nivel de mar sólo 107 000 lux.

Por su parte, la humedad contenida en el aire, tanto vapores visibles como invisibles, ejerce un poderoso efecto dispersante. Por esta razón la intensidad de la luz es mayor en climas secos que en húmedos y es baja donde las nubes y las neblinas son abundantes.

La luz dispersada por las moléculas de gas y las gotas de agua de la atmósfera forman la luz difusa que en días claros puede llegar a constituir del 10 al 15 % del total, mientras que en días de tormentas pueden llegar hasta el 100 % del total.

También son importantes las variaciones latitudinales en la intensidad de la luz debido a la altura del sol sobre el horizonte. En las regiones ecuatoriales, la luz es más intensa y progresivamente en dirección a los polos, la intensidad disminuye y el porcentaje de luz difusa aumenta.

Efectos de las capas de agua. Las plantas sumergidas están sujetas a una iluminación más débil que las terrestres porque parte de la luz que cae sobre las superficies de agua es reflejada y el remanente es, en su mayor parte, absorbido por las capas superiores. El color verdoso o azulado de las aguas indica que las principales longitudes de onda reflejadas están en el lado corto del espectro, especialmente entre los 420 y 550 milimicrones. Cuando la superficie de agua está en movimiento la reflexión aumenta varias veces.

A medida que la luz penetra en el agua su intensidad decrece geoméricamente mientras la profundidad aumenta aritméticamente. Aún en aguas muy claras solamente el 50 % de la luz que llega a la superficie penetra hasta unos 18 m de tal manera, que a los 50 m hay apenas luz para efectuar una débil fotosíntesis.

Efectos de las partículas suspendidas. Las partículas sólidas suspendidas en el aire (polvo, humo) o en el agua (arcilla, limo, plancton) tiene un efecto tamizante. Ellas interceptan la mayor parte de los rayos ultravioletas y los de luz de longitudes de onda más corta.

La acción dispersante de los iones de sodio se refleja en lo turbio de los cursos de agua que bajan de las zonas áridas. En cambio los cursos de agua de las regiones calcáreas tienen aguas que permanecen claras, lo más del tiempo, por la acción floculante de los iones de calcio. Debido a la erosión, muchos cursos de agua que eran claros, hoy están cargados con partículas de suelo coloidal. Esta situación obliga a las plantas a sumergirse y, consecuentemente, a desaparecer la vida animal que depende de ellas.

En áreas urbanas el humo puede impedir la penetración de hasta un 90 % de la luz. Aún más perjudiciales son los efectos de estas partículas cuando se acumulan como finas películas sobre la superficie de las plantas.

Efectos de las capas de vegetación. La mayor parte de la luz pasa a través del follaje como luz difusa por su acción tamizante.

En una comunidad vegetal con varios estratos la altura de una planta cualquiera en relación con sus vecinas determina la cantidad de luz que éstas reciben. En un bosque sólo los árboles maduros de las especies de mayor altura son los que reciben plena insolación. Los árboles de estratos inferiores reciben menos luz, el sotobosque aún menos y las hierbas del piso escasa iluminación. Cuando el dosel arbóreo es muy denso puede llegar a reducirse la luz aún a menos del 1 % de la iluminación a pleno sol.

La reducción de la luz por un dosel de vegetación es ecológicamente muy importante sobre todo cuando la intensidad se ha reducido a un 20 % debido a que otros factores tales como humedad relativa, viento, humedad de suelo y temperatura varían con la reducción de la luz. Es por lo tanto problemático valorar la influencia de la luz independientemente de otros factores (Daubenmire, 1964).

Efectos de la topografía. La exposición y la pendiente de la superficie terrestre causan marcada variación en la intensidad y duración diaria de la iluminación. A altas latitudes, en pendientes que miran al norte (hemisferio norte), la luz solar directa puede faltar casi completamente y las plantas no requerir sino luz difusa para crecer, que es sólo un 17 % tan intensa de la luz recibida por una superficie plana. Para que una planta obtenga el máximo posible de luz solar ésta debe crecer donde accidentes topográficos de los alrededores no impidan el paso de la luz directa.

Variaciones temporales de la luz

Al amanecer y a la puesta del sol la intensidad de la luz es más débil porque las ondas atraviesan una mayor distancia a través de la atmósfera y la mayor parte de la luz es absorbida, especialmente las de ondas de longitudes más cortas. Cuando el sol está en el horizonte los rayos pasan a través de aproximadamente 20 veces el espesor del aire que ellos tienen que penetrar cuando el sol está en el cenit. Por esta razón la intensidad diurna está representada por una amplia curva que alcanza un máximo al mediodía cuando la luz solar provee hasta el 83 % de la energía disponible.

La duración de la luz efectiva se observa desde antes de la salida del sol hasta un tiempo después de que éste se pone. En el Ecuador la luz dura 12 horas durante todo el año.

La iluminación de los microclimas o comunidades vegetales de poca densidad varía de hora en hora y de minuto en minuto. Bajo un estrato vegetal el movimiento de las hojas por el viento junto a las variaciones en los movimientos de los rayos del sol producen sombras ocasionales que dan como resultado una amplia variabilidad en la cantidad de luz recibida en un punto.

Debido a la influencia del viento, cambio del ángulo solar, hora del día, estación del año y efectos del tiempo atmosférico, las mediciones de la intensidad de luz bajo un estrato vegetal no pueden interpretarse con mucha confianza.

Importancia de la luz para las plantas

Los valores cardinales de la luz para las plantas tienden a variar con la función particular, la clase de planta, el estado del ciclo vital y las variaciones de otros factores.

El hecho que la fotosíntesis utiliza los rayos visibles de la radiación es significativo porque ésta es la región del espectro con mayores valores de energía. A pesar de esta aparente eficiencia no se hace uso total de la energía luminosa y bajo plena insolación hay un exceso de luz que no se utiliza.

En promedio, las plantas usan cerca del 1 % de la luz visible en la fotosíntesis. La cantidad de luz requerida por la fotosíntesis para igualar el uso de los compuestos de carbono en la respiración, o sea para que el CO_2 no sea absorbido ni expulsado, se llama punto de compensación. Este valor es siempre más alto que el mínimo absoluto para fotosintetizar variando desde 27 a 4 200 lux. Con plántulas de árboles, el valor generalmente cae entre 2 y 3 % del total de luz solar como se observa en el Cuadro No. 15.

La respiración es un proceso continuo dentro de los protoplastos, por el cual los compuestos de carbono se oxidan para liberar energía y mantener la actividad vital.

El crecimiento equivale a fotosíntesis en exceso a la respiración. Luego, los mínimos requerimientos para esta función se encuentran solamente cuando la intensidad de la luz excede o ha excedido el punto de compensación. Así el punto de compensación para plántulas de *Pinus strobus* es de 1 830 lux pero se requiere el doble de esta

CUADRO No. 15. Punto de compensación de algunas plántulas expresado en porcentaje de insolación en invierno en Maine, EUA. (Adaptado de Daubenmire, 1964).

ESPECIES	PUNTO DE COMPENSACION (%)
<i>Pinus ponderosa</i>	30.6
<i>Pinus sylvestris</i>	28.7
<i>Thuja occidentalis</i>	18.6
<i>Quercus borealis</i>	13.6
<i>Celtis occidentalis</i>	11.5
<i>Acer saccharum</i>	3.4

cantidad de energía para mantener el crecimiento. Un aumento de luz causa un pequeño incremento de la respiración, tanto como de la fotosíntesis y por lo tanto se eleva el punto de compensación.

Para casi todos los órganos fotosintéticos la luz del sol es la mayoría del tiempo o demasiado débil o demasiado intensa para una asimilación máxima. La intensidad óptima es aquella en que, solamente bajo ciertas combinaciones de factores del hábitat, el efecto neto de las condiciones de luminosidad en un considerable período de tiempo es favorable para la fotosíntesis.

Plantas heliófitas y ombrófitas

Las plantas pueden clasificarse ecológicamente de acuerdo con sus requerimientos relativos de luz solar o sombra. Aquellas que crecen mejor a plena luz solar se llaman heliófitas y las que crecen mejor a bajas intensidades luminosas se llaman ombrófitas. Las ombrófitas se saturan a 11 000 lux y las heliófitas a más de 27 000 lux.

Entre las heliófitas hay algunas especies que aunque crecen mejor al sol pueden crecer bien bajo sombra. Estas se llaman ombrófitas facultativas mientras que las que necesitan siempre sol son las heliófitas obligadas. Las ombrófitas igualmente pueden ser divididas en dos grupos, según su relativa habilidad para tolerar plena luz solar: ombrófitas obligadas y heliófitas facultativas.

Relaciones luminosas en comunidades vegetales

Entre las plantas altas de una comunidad vegetal los requerimientos de luz son más importantes en los estadios de plántulas, porque cuando ellas están adultas el follaje ocupa una posición elevada y reciben buena iluminación. Debido a que las plántulas de los diferentes árboles tienen distintos requerimientos de luz y sombra, algunas tienen éxito solamente en hábitats donde otras fallan. Las heliófitas generalmente llegan a establecerse a plena luz solar en el hábitat original.

Aunque las plántulas tolerantes a la sombra puedan vivir en sombra densa no crecen normalmente allí; son sólo capaces de sobrevivir por un período largo en comparación con las otras; por lo tanto aumentan sus posibilidades de beneficiarse por la caída de algún árbol maduro que podría dejar un claro en el bosque.

En silvicultura son muy importantes las diferencias en las reacciones de las plántulas a la sombra. El aspecto más importante en silvicultura consiste en permitir una buena reproducción natural del bosque. Por lo tanto, la aplicación de un método de cosecha es muy importante porque determinará la cantidad de luz solar disponible para las plántulas que llegarán a establecerse. Si las especies tolerantes a la sombra son las más valiosas, las talas de los árboles no deben ser excesivas sino más bien dejar suficiente sombra para estimular estas especies y no perjudicar a las otras. Por otra parte, si las especies más valiosas son las que requieren luz, la mayor parte de los árboles debe eliminarse.

Fotoperiodismo

La longitud del fotoperíodo es de gran importancia para muchas plantas y sus variadas respuestas a este aspecto del factor luz es lo que se designa como fotoperiodismo (Clarke, 1963).

Las plantas que se desarrollan normalmente sólo cuando el fotoperíodo es menor que el máximo crítico se llaman plantas de día corto y las que exigen un fotoperíodo sobre ciertos mínimos críticos se llaman plantas de día largo. El fotoperíodo crítico varía con la especie pero generalmente cae entre 12 y 14 horas para plantas de día corto y largo. Para una variedad de crisantemos X, 13 horas puede ser el máximo crítico y para otra variedad puede ser 14 horas.

Aún cuando muchas especies no son sensitivas a este factor, la duración del día determina para algunas plantas su producción de flores o si permanecerán indefinidamente vegetativas y si los entrenudos se alargarán o acortarán respecto a lo normal.

En plantas de día corto la duración del día, en exceso del período crítico, da como resultado partes vegetativas enormes y la supresión de la floración. Dentro del ámbito de oscilación de la duración del día corto suficiente para que estas plantas florezcan, a más corto el fotoperíodo, más corto el ciclo de vida. Por ejemplo en una serie de experimentos en soya de la variedad Biloxi, éstas florecieron en 110 días bajo fotoperíodos de 12 horas y sólo necesitaron 27 días bajo fotoperíodos de 5 horas, siendo 12 horas el máximo crítico para esta variedad.

En las plantas de día largo que se exponen a días de más corta duración que el período crítico, sus entrenudos se acortan y a veces las plantas toman formas arrosetadas y la floración se suprime.

Generalmente los máximos crecimientos de los tallos son opuestos al florecimiento y a la máxima acumulación de las reservas alimenticias. Así, las cebollas de días cortos y las remolachas producen órganos de reserva más grandes bajo longitudes de días no óptimos para el crecimiento del resto de la planta. En las regiones tropicales solamente unas pocas especies responden a una diferencia estacional en la duración del día.

Las especies que crecen en latitudes altas deben ser plantas de día largo porque la breve estación de crecimiento se produce en la parte del año cuando los días son más largos que el período crítico.

Aplicaciones prácticas del fotoperiodismo

La importancia del fotoperiodismo en relación con la extensión del área de cultivo de las plantas de importancia económica para el hombre tiene aspectos positivos. Por un lado el fotoperiodismo puede indicar el posible grado de desplazamiento latitudinal y, por otro, puede ser deseable un fotoperiodismo anormal. Por ejemplo, a las variedades subtropicales de maíces, en altas latitudes se las cultiva como plantas forrajeras. El ejemplo clásico del buen uso de comportamiento anormal lo constituye la variedad de tabaco Maryland Mammoth.. Esta variedad no florece en Maryland a 45° latitud norte

y su esterilidad y gigantismo produce excelentes cosechas de hojas, pero las semillas se producen en Florida a 30° latitud norte, donde, aunque la calidad del follaje es muy baja las plantas florecen vigorosamente y fructifican.

Mediante el uso de luz artificial muchos criadores de plantas obtienen dos o más cosechas de flores al año con menos de 11 lux para producir el estímulo adecuado.

AGUA

Importancia del agua en las plantas

El agua es un factor de primordial importancia en la diferenciación morfológica y en la fisiología de las plantas. Disuelve todos los minerales contenidos en el suelo y es el medio por el cual los solutos entran a la planta y se mueven a través de los tejidos. Es esencial en la fotosíntesis y en el mantenimiento de la turgidez sin la cual, las células no pueden funcionar activamente. El hecho que el agua pueda absorber mucho calor de áreas vecinas más calientes con relativamente poco cambio de temperatura tiende a disminuir los cambios de temperatura en el protoplasma y así uniformizar las condiciones térmicas que afectan la velocidad de las reacciones bioquímicas.

Parte del agua del suelo pasa a la planta y el sistema completo es un constante movimiento ascendente, ya que los tallos pierden agua pasándola a la atmósfera constantemente. Casi toda el agua que sube a la planta se pierde por transpiración, y solamente cerca del 0.1 a 0.3 % se usa en compuestos químicos.

Desde el punto de vista ecológico la ascensión del agua por la planta es poco importante, pero su absorción y su pérdida se afectan por las condiciones del medio.

Humedad atmosférica

El vapor de agua atmosférico existe en cantidades muy variables, desde muy pequeñas a temperaturas inferiores a 0° C, hasta un 4 % en aire muy cálido y muy húmedo. Esta cantidad no puede pasar de cierto límite fijo para cada temperatura. El vapor de agua es capaz de absorber ciertas radiaciones infrarrojas, lo que tiene gran influencia

sobre las plantas. Cuando el aire está húmedo las radiaciones que la tierra emite, que son principalmente infrarrojas, no se pierden en los espacios siderales; estas radiaciones son absorbidas por el vapor de agua del aire cercano al cual calientan, y ésta a su vez abriga la tierra y evita las heladas. Algo parecido sucede con el anhídrido carbónico pero como la cantidad que el aire tiene de este elemento no varía apreciablemente es el vapor de agua que es sumamente variable el que determina las heladas.

La cantidad de vapor de agua que tiene el aire se aprecia de tres maneras diferentes:

- a. Por la cantidad en peso del vapor que el aire tiene por unidad de volumen, lo que se llama humedad absoluta.
- b. Por la presión que ejerce y que se aprecia en milímetros de mercurio.
- c. Por la cantidad que existe en el aire en un momento dado y la máxima que podría contener a la misma temperatura, lo que se llama humedad relativa.

El aire a 20° C puede contener hasta 17 gr de vapor por metro cúbico, pero si éste contiene sólo 5 gr por metro cúbico es húmedo si está frío y seco si está caliente.

La humedad absoluta varía poco durante el día pero es algo mayor a mediodía porque se agrega al aire, el vapor que el calor de esas horas evapora de todos los cuerpos húmedos.

La humedad relativa normalmente describe un ritmo diario y cambia de baja, durante el día, a alta, durante la noche, cuando el aire se enfría. En los hábitats de bosques pluviales la baja diaria puede permanecer sobre un 80 %, en cambio en los desiertos puede bajar del 10 %.

Ciertas especies de plantas son muy sensitivas al aire seco y consecuentemente se encuentran solamente en hábitats donde la humedad es siempre alta; estas plantas se llaman higrófitas. Los helechos de frondas finas en los interiores sombreados de los bosques, son un ejemplo de plantas que pertenecen a esta categoría ecológica. Entre las higrófitas criptógamas, los hongos causantes del "sancocho" o de la caída de los almácigos son muy importantes debido a la alta mortalidad de los almácigos. El aire húmedo favorece muchos otros hongos que llegan a ser serias pestes en plantas superiores solamente bajo

humedades altas. El tiempo nebuloso o una serie de chubascos en un corto período son causa del desarrollo de "royas" o polvillos y otros parásitos que se diseminan rápidamente a través de los cultivos.

Poder evaporante del aire

La atmósfera está casi siempre algo seca, lo suficiente como para permitir la evaporación de las superficies de las plantas, del suelo y de las masas de agua. Tan grande es su capacidad para retener humedad que aproximadamente las 3/4 partes de la precipitación que cae sobre la superficie de la tierra se devuelve al aire antes de que se escurra hacia los océanos.

El poder evaporante del aire aumenta por las altas temperaturas y por el viento, tanto como por la humedad atmosférica baja. Si dos de estos factores permanecen constantes, el poder evaporante del aire varía con el tercero directamente. Por lo general es influido por los tres simultáneamente.

Plantas que crecen una al lado de la otra pueden estar bajo diferentes condiciones evaporativas cuando ellas difieren en la altura de su follaje. Esta estratificación vertical es principalmente el resultado de la influencia de la vegetación. Cuando un área desnuda se ve cubierta por vegetación la sombra reduce la temperatura del aire, hay una interferencia en el movimiento del aire, todo lo cual reduce la velocidad relativa de evaporación.

Precipitación

La precipitación o lluvia es un fenómeno atmosférico en virtud del cual el vapor de agua acumulado en la atmósfera, en forma de nubes, se condensa y cae a la superficie de la tierra en forma líquida o sólida.

Para que se produzca la precipitación es necesario que una masa de aire caliente y cargada de humedad sufra un proceso de enfriamiento que haga posible la condensación.

Se distinguen tres clases de lluvias: de convección, ciclónicas y de relieve u orográficas.

Se llama convecciones a los movimientos ascendentes de la atmósfera originados por un rápido calentamiento de las capas inferiores en contacto con la tierra calentada por el sol.

Los ciclones son el producto del encuentro de los vientos cálidos y húmedos que parten del Ecuador, o sean los contraalísios, con los vientos secos y fríos que parten de las altas latitudes. El viento frío y denso se introduce bajo el cálido, lo hace subir y por eso a enfriarse y a precipitarse como lluvia. Estas son las lluvias ciclónicas.

Las lluvias orográficas o de relieve se originan por la elevación del aire al pasar las montañas, las que tienen siempre una vertiente más húmeda que otra, según el lado expuesto a los vientos húmedos.

Aunque la mayor parte de la lluvia del trópico americano es de origen ciclónico, la cantidad de lluvia que cae en cada sitio se determina por el relieve, sobre todo en las zonas montañas.

Desde el punto de vista ecológico de la precipitación, interesa conocer los siguientes aspectos:

- a. su cantidad total anual,
- b. su distribución a través de los meses del año y
- c. su intensidad, duración y frecuencia.

La cantidad total anual representa el volumen de agua que cae anualmente sobre una región, valor que varía relativamente de año en año.

Es de gran importancia en agricultura conocer el régimen pluviométrico o la distribución tanto anual como mensual de las lluvias, entre otras razones para delimitar períodos secos, intermedios y húmedos y para planificar los cultivos y prácticas agronómicas del caso.

La intensidad de la precipitación es otro elemento de gran importancia que incide principalmente en los procesos erosivos. La intensidad se mide en mm/min o mm/hora.

La frecuencia de la precipitación, parámetro muy usado en ecología, representa el número de veces que llueve dentro de un lapso de tiempo conocido y se expresa en porcentaje.

La menor cantidad de lluvia que suele observarse en ciertos períodos está determinada por la ausencia o disminución de los bosques, lo anterior basado en el poder evaporante de las masas boscosas, pero se ha comprobado que esto no tiene influencia sobre los totales de la precipitación. Es un concepto erróneo que se repite muy a menudo. Las observaciones y estudios que se han hecho sobre esto en zonas deforestadas o sometidas a una intensa forestación han demostrado que no se ha producido aumento ni disminución de los totales de lluvia. En la ciudad de Valdivia, Chile, los registros de 34 años tomado por Adwanter, desde 1851 a 1886, dieron promedios sensiblemente iguales a los actuales: 2 500 mm de lluvia anual y la zona que era de selva densa fue transformada en campos de cultivo y pastizales.

La influencia de los bosques es a nivel de microclima, al aumentar la humedad cercana al suelo, al uniformar las temperaturas y otros fenómenos conocidos.

VIENTO

El viento es un factor ecológico de gran importancia especialmente en las partes planas, a lo largo de las costas y en las alturas de las montañas.

El viento tiene muchos efectos sobre los otros factores; por ejemplo, mueve las masas de vapor de agua, lo que cambia las relaciones de humedad y luminosidad de un lugar, modifica las temperaturas mezclando el aire, entre otros.

Origen del viento

El aire se mueve de una región de alta presión a una de baja presión entre puntos situados a la misma altura. Estas presiones se originan por calentamientos locales de la atmósfera.

Cuando en un punto cualquiera se produce un calentamiento, el aire al dilatarse, se eleva hacia la altura en donde se acumula y produce un aumento de presión en la parte alta. El aire acumulado se escurre hacia los lados, desde el punto donde la presión aumenta. Desde el momento en que esto ocurre en la parte baja la presión disminuye, puesto que el escurrimiento hace que ya no grave sobre ella todo el aire que gravitaba.

Esa disminución de presión hace que allí acudan vientos de la periferia cuya presión es mayor.

Entre los vientos más constantes que soplan durante todo el año están los alisios y los contraalisios.

Los alisios soplan entre los trópicos desde las latitudes de los 30° hacia el Ecuador, que es una región de calmas con bajas presiones donde el aire asciende como en toda región de calentamiento y produce en la altura, una zona de mayor presión respecto a las vecinas de igual altura. Esto origina los contraalisios. Por efecto de la rotación terrestre los alisios se desvían hacia el oeste en ambos hemisferios de modo que son vientos del NE en el hemisferio norte y del SE en el hemisferio sur.

Entre los vientos locales están las brisas de mar a tierra y de tierra a mar producidos por las diferencias diarias de presión.

Efectos del viento sobre las plantas

Las plantas que crecen en hábitats expuestos a vientos continuos de velocidad moderada transpiran más rápidamente que los que no están expuestos. Si el viento tiene una dirección dominante, el lado expuesto de las plantas a él puede estar tan desecado que las nuevas formaciones de tejidos mueren antes que puedan desarrollarse y las plantas toman formas de desarrollo asimétrico.

Las formas asimétricas y copas cortadas, que muy frecuentemente se observan a lo largo de las costas, son producidas por el viento.

Si el viento sopla a gran velocidad produce la destrucción de la vegetación. Cuando se aclaran o talan comunidades boscosas densas los árboles que quedan están expuestos a ser derribados por vientos fuertes mientras se repuebla el hábitat.

El viento es el principal agente diseminador del polen. En ciertas regiones donde crecen comunidades de coníferas se producen las llamadas "lluvias de azufre" que no es sino la diseminación que produce el viento de los granos de polen. Como dato ilustrativo, la especie *Pinus nigra* produce 1 480 000 granos por cono estaminífero.

La importancia de la diseminación por el viento de semillas y frutos permite la expansión de las especies en áreas nuevas.

Desecación

Cuando el aire está en calma su poder evaporante es un proceso de difusión, pero cuando el aire está en movimiento el proceso se ve afectado por la convección. El viento causa evaporación aún cuando el déficit de saturación sea cero.

Se conoce que en superficies planas la cantidad o grado de evaporación aumenta con la raíz cuadrada de la velocidad del viento. Así, mientras cierta brisa tiene una gran influencia, ésta no es proporcionalmente mayor a altas velocidades. Lo anterior hay que tenerlo muy en cuenta para no sobreestimar el efecto de desecación del viento que sopla a gran velocidad.

EL ESTIMULO EDAFICO

El suelo como un ecosistema

El suelo es un ecosistema complejo y de naturaleza dinámica. Las características del suelo están bajo continuo cambio y estos cambios dependen de un gran número de factores del medio. El suelo no es un cuerpo estático sino un elemento dinámico en continuo cambio y renovación. Dentro de él se realiza una serie de procesos físicos y químicos que lo hacen evolucionar, ya sea porque el suelo se hace más maduro o bien porque el suelo retrograda a una etapa primitiva para la vida de los organismos. Este último caso se observa frecuentemente en los suelos muy erosionados o en la formación de turberas a consecuencia del ascenso de la napa de agua.

En relación con su génesis y desarrollo el suelo es función del clima, vegetación, relieve, edad y material generador.

Los suelos se diferencian porque todos estos factores actúan en forma dinámica en distintos grados de intensidad sobre ellos, lo que trae como consecuencia que tengan diversas coloraciones, estructuras, textura, porosidad, composición química, reacción de pH y características biológicas.

En general un ecosistema edáfico está formado por tres constituyentes principales: una fase sólida, una fase líquida y una gaseosa. Estas tres fases pueden dividirse en cinco grupos:

- a. Partículas minerales que incluyen varios compuestos inorgánicos.
- b. Residuos de plantas y animales que van desde las hojas recientemente caídas y los cuerpos descompuestos de insectos a los materiales que están totalmente descompuestos cuya estructura no se puede reconocer.

En el Cuadro No. 16 se presentan datos de varios lugares del trópico referentes a producción de hojarasca.

CUADRO No. 16. Producción de hojarasca (kg/ha/año expresada en materia seca) para diferentes tipos de vegetación en diversos lugares del trópico (Fuente: Nye y Greenland, citado por Hardy, 1961).

TIPOS DE VEGETACION	LUGAR	PRODUCCION DE HOJARASCA (kg/ha/año)
Bosque mixto alto	Ghana	10 532
Bosque pluvial	Colombia	10 196
Bosque pluvial	Colombia	7 842
Bosque pluvial	Australia	6 723

- c. Sistemas vivos incluyendo la fauna del suelo que va desde los protozoos hasta los roedores; la flora del suelo consistente en algas, hongos, actinomicetos y bacterias y las raíces vivas de las plantas superiores.
Numerosos métodos para efectuar estudios cuantitativos de organismos del suelo son ofrecidos por Phillipson (1970 y 1971).
En el Cuadro No. 17 se observa las cantidades de organismos expresados en kg/ha en la capa superior de un suelo de pastizal.
- d. El agua libre y combinada. El agua conteniendo en solución varias concentraciones de sales inorgánicas y ciertos compuestos orgánicos.
- e. Gases. Estos son principalmente N, O y CO₂.

INFLUENCIAS DEL SUELO SOBRE LA VEGETACION

FACTORES QUE ACTUAN

Los siguientes cuatro grupos son los factores del suelo que influyen sobre la vegetación: físicos, físico-químicos, químicos y biológicos.

CUADRO No. 17. Cantidades de organismos vegetales y animales en los primeros 15 cm de un suelo de pastizal (kg/ha). (Fuente: Stockli, modificado, citado por Hardy, 1970).

Microflora	
Microorganismos	10 082
Bacterias	10 082
Protozoos	378
Nematodos	49
Enchytraeidos	15
Animales del suelo	
Acaros, Colémbolos, Protura, Diplura	11
Lombrices de tierra	3 989
Otros invertebrados	798
TOTAL	25 404

Los factores físicos están regidos principalmente por la textura y estructura, que son las que determinan las relaciones agua-aire del suelo, lo que a su vez afecta la condición química de éste, sus actividades microbiológicas, y determina la extensión de la penetración radicular. Estas características unidas a la profundidad de la capa freática determinan las condiciones apropiadas para el sostenimiento o no de un tipo determinado de vegetación.

La profundidad del suelo es también otra característica física de interés, igualmente la coloración. La primera tiene importancia como factor limitante en la penetración radicular y el color es en parte causa de diversas condiciones térmicas durante el año.

Las propiedades físico-químicas dependen principalmente de la fracción coloidal del suelo, que está compuesta por minerales arcillosos.

En el Cuadro No. 18 se observa los principales minerales arcillosos que predominan en los suelos del trópico americano.

Estas partículas coloidales están cargadas casi siempre negativamente y sobre sus superficies hay adsorbidos gran número de cationes. El fenómeno por el cual un catión puede reemplazar a otro en la partícula coloidal se denomina cambio de bases. Las plantas depen-

CUADRO No. 18. Minerales arcillosos predominantes en los grandes grupos de suelos más difundidos en el trópico americano. (Fuente: modificado de Fassbender, 1975).

ORDEN	GRAN GRUPO	MINERALES ARCILLOSOS PREDOMINANTES
Oxisol	Latosoles	Sesquióxidos, gibbsita, caolinita, intergradados 2:1 y 2:2
Ultisol	Podsoles rojo amarillento	Caolinita, haloisita, vermiculita, intergradados 2:1 y 2:2, sesquióxidos y gibbsita
Vertisol	Grumosoles	Montmorilonita
Aridisol	Desérticos	Mica, vermiculita, clorita
Inceptisol	Ando	Alófana

den casi por completo de este proceso de cambio de bases para su abastecimiento en calcio, magnesio y potasio.

En el Cuadro No. 19 se observa las características generales de cuatro suelos correspondientes a diferentes series en Brasil.

Se trata de suelos franco a franco arenosos. El contenido promedio de arcillas es de 15.25 % en la capa superficial y de 21 % en las capas inferiores. Son suelos extremadamente ácidos, a excepción de la serie Turí. Presentan un valor promedio de 0.74 % de C siendo este valor muy bajo. Los valores de CIC son bajos, debido al bajo contenido de materia orgánica. El porcentaje de saturación de bases es alto para los suelos (promedio 58) y medio para los subsuelos.

Los suelos son ácidos cuando las soluciones contienen más iones H^+ que OH^- y son básicos en caso contrario. Si ambos tipos de iones se presentan en igual concentración la reacción es neutra. Los cultivos se agrupan según su tolerancia a la acidez en varias categorías: muy sensibles, y otros grados de tolerancia a la acidez. Ejemplo de muy sensibles: alfalfa, remolacha, cebolla, y otros.

CUADRO No. 19. Características generales de suelos de cuatro series en la región amazónica del Estado de Maranhao, Brasil. (Fuente: modificado de Fassbender y Díaz, 1970).

Serie y horizontes	Profundidad (cm)	Arcilla (%)	pH (agua)	C (%)	N (%)	CIC	Saturación Bases (%)
Sabá							
Ap	0-10	12	4.3	0.52	0.06	4.6	17
B ₁	10-90	21	4.6	0.27	0.04	3.5	32
Turí							
A _p	0-5	4	6.9	0.64	0.11	8.6	98
B ₁	10-50	12	6.2	0.35	0.06	6.8	86
B ₃	50	14	4.7	0.28	0.06	8.1	23
Ze Doca							
A _p	0-5	25	5.8	0.90	0.11	12.2	74
B ₁	5-20	28	4.7	0.47	0.07	5.3	42
B ₂	20-70	36	4.8	0.31	0.04	8.1	43
Paxiubá							
A _p	0-10	20	5.9	0.93	0.10	6.0	54
B ₁	10-20	19	4.9	0.43	0.06	4.8	37
B ₂	20-50	17	4.8	0.32	0.05	5.4	30

Las propiedades químicas del suelo sufren cambios con los cultivos. En el Cuadro No. 20 se observa datos de algunos de los cambios que sufren los suelos del trópico americano bajo diferentes sistemas de explotación agrícola.

CUADRO No. 20. Cambios en pH, C, N y humus bajo diferentes sistemas de explotación agrícola, en los países indicados del trópico. (Fuente: modificado de Fassbender, 1975).

Países	Precipitación	Cultivo	Muestra	pH	(%)	C (%)	N Humus
Trinidad	2 000	Agricult. migratoria	Inicial	—	1.57	0.06	14.5
			Final	—	1.15	0.05	—
Trinidad (6)*	2 000	Maíz Leguminosa	Inicial	6.1	1.02	0.13	3.2
			Final	6.7	0.84	0.11	—
Ghana (8)*	2 080	Maíz-Yuca	Inicial	6.0	2.19	0.16	4.8
			Final	5.0	1.50	0.12	—
Ghana (6)*	1 500	Yuca	Inicial	5.7	2.12	0.19	4.4
			Final	6.0	1.63	0.14	—
Senegal (6)*	1 300	Sorgo-Maíz	Inicial	6.4	0.75	0.15	6.8
			Final	5.4	0.50	0.15	—

* Entre paréntesis el número de año en cultivo.

En las soluciones del suelo se reconocen varios elementos como esenciales para el crecimiento normal de las plantas. Estos elementos se llaman macroelementos (N, P, K, S, Ca y Mg) y microelementos (Cu, Zn, B, Cl, Mo, Mn y Fe).

Las propiedades biológicas del suelo están íntimamente ligadas a la cantidad de materia orgánica. En el Cuadro No. 21 se anotan las cantidades de materia orgánica y N de algunos suelos de América Central.

CUADRO No. 21. Contenido de materia orgánica y N de suelos de América Central. (Fuente: modificado de Díaz-Romeu *et al*, 1970).

SUELOS	pH	% C	% N
Andosoles	5.7	2.42	0.26
Litosoles	5.5	2.20	0.43
Fluvisoles	6.1	3.11	0.30
Cambiosoles	5.5	2.85	0.77
Pluvisoles	5.8	2.41	0.57
Brunizems	5.9	2.38	0.41
Luvisoles	5.1	3.05	1.32
Regosoles	5.0	3.26	0.20
Rodosoles	5.5	2.40	0.23
Vertisoles	5.9	1.75	0.18

El contenido promedio de materia orgánica expresado en porcentaje de C fue de 2.34. Sin embargo, se presentó una gran variabilidad pues los valores extremos oscilaron entre 1.75 y 3.26 % de C. Se observan valores altos para Regosoles y una tendencia a disminución del contenido de materia orgánica al disminuir la acidez de los suelos.

La materia orgánica tiene una importancia primordial para las plantas que se puede resumir en los siguientes puntos:

- a. *Es fuente de nutrimentos minerales.* Todas las plantas extraen nutrimentos del suelo y los sintetizan en compuestos orgánicos complejos de los que sus tejidos están compuestos. Cuando los remanentes muertos de tales plantas (o los animales que las comen) vuelven al suelo, los compuestos orgánicos complejos se quiebran en humus, luego se mineralizan en formas moleculares e iónicas que son utilizables por las generaciones futuras de las plantas.

- b. *Es fuente de alimentación para la mayor parte de los suelos.* Las plantas verdes agregan más a un suelo que lo que extraen de él porque ellas absorben solamente pequeñas cantidades de minerales solubles y devuelven mayores cantidades de materias orgánicas tales como celulosas, ligninas, almidones, azúcares, grasas y proteínas. La adición a los suelos de estos compuestos elaborados, hace posible que se desarrollen complejos grupos de organismos saprófitos.
- c. *Capacidad de retención de agua.* La materia orgánica es coloidal por lo que su capacidad de retención de agua es alta. Una cantidad dada de materia orgánica puede retener tanto como nueve veces su propio peso, más que los coloides arcillosos.
- d. *Estructura del suelo.* El humus se parece a la arcilla en que su presencia en el suelo ayuda a una estructura lo más agregada posible. En este aspecto es más importante que la arcilla, ya que la capacidad de infiltración de un suelo está en razón directa con su contenido de humus.
- e. *Capacidad de adsorción.* La materia orgánica, al igual que la arcilla, puede retener por adsorción gran cantidad de nutrientes en forma iónica pero difiere de las arcillas en que esta capacidad de adsorción es muchas veces mayor.
- f. *Efectos mecánicos de las capas superficiales.* Las capas superficiales de materia orgánica reducen la mortalidad de las plantas por heladas, protegen la superficie del suelo de la compactación de las gotas de lluvia y previenen el escurrimiento.

También las propiedades biológicas del suelo están en relación con la presencia y cantidad de la flórua. Las principales plantas que habitan el suelo son: bacterias, actinomices, algas, hongos; también raíces, rizoides y rizomas. La abundancia relativa de los diferentes organismos que forman la flórua del suelo es influida considerablemente por el clima y la vegetación. Los organismos del suelo son los principales causantes de la descomposición de la materia orgánica con lo que los elementos vuelven a las formas simples en que las plantas superiores pueden usarlos nuevamente. Los hongos, artrópodos y otros organismos invaden fragmentos de hojarasca, algunas veces aun antes que caigan al suelo. En las transformaciones subsecuentes cada sustancia orgánica (carbohidratos, proteínas, grasas y otras), como

cada etapa de la descomposición de esa sustancia, tiene su propio grupo de saprófitos que actúan solamente sobre ese material; así, la descomposición progresa por etapas, cada una de las cuales está acompañada por un grupo separado de organismos y produce una sustancia intermedia diferente.

Los elementos no son sólo perpetuados en el ciclo orgánico por la actividad de los microorganismos como tales, sino un elemento, el nitrógeno, se incorpora continuamente en la forma de gas inerte, tal como existe en la atmósfera. Varios grupos de bacterias (*Azotobacter* en suelos aireados, *Clostridium* en suelos no aireados, *Rhizobium* en raíces de leguminosas) y numerosas algas verdes-azules son capaces de utilizar N_2 e incorporarlo al ciclo orgánico (Etherington, 1975). El número de organismos fijadores de nitrógeno en los suelos está generalmente en relación directa con la fertilidad. La hojarasca recién caída tiene 20 a 70 veces más carbono que nitrógeno, pero desde que la descomposición de la celulosa es más rápida que la descomposición de la proteína esta relación es menor durante la humificación y tiende a alcanzar un equilibrio de 12 a 1.

ACCIONES AUTOECOLOGICAS Y SINECOLOGICAS

Las propiedades tanto físicas como químicas y biológicas del suelo se manifiestan al actuar sobre la vegetación mediante acciones autoecológicas y sinecológicas.

Se llaman acciones autoecológicas las causadas por la acción de un factor individual del suelo. Estas acciones se dividen en cuantitativas.

Con respecto a las acciones ecológicas cuantitativas, los suelos bien fertilizados permiten mayores rendimientos agrícolas que los pobremente fertilizados.

Como tipo de acción directa del suelo sobre la planta es conocido el hecho clásico de *Hydrangea hortensis* y *Anagallis arvensis* que producen flores azules o rojas según sea el medio ácido o básico, sin que varíen los genotipos.

En agricultura, donde una especie se cultiva en suelos diferentes, las variaciones fenotípicas son frecuentes. Se ha observado que ciertos factores edáficos tienen influencia sobre las variaciones terapéuti-

cas y organolépticas de las plantas medicinales incidiendo en una mayor concentración de sus compuestos orgánicos. Igualmente los aromas de flores y frutos de ciertas plantas se ven también influenciados por factores edáficos. En el caso del tabaco, si se cultivan variedades negras y rubias sobre suelos ricos en nitrógeno, los tabacos negros acumulan una mayor cantidad de alcaloides, especialmente nicotina y anabacina.

En las acciones sincológicas o acciones combinadas de los factores edáficos sobre la vegetación, se tienen los siguientes ejemplos:

La formación de asociaciones vegetales, que materializan las condiciones totales del medio y se denominan asociaciones vegetales climáticas. Un ejemplo de este tipo de asociación es la de *Podocarpus-Ocotea* que representa las condiciones del medio en los faldeos andinos venezolanos en donde crece. Otras veces aparecen asociaciones con flora especializada, como sucede con la asociación de *Sporobolus-Ipomoea* en suelos halófitos del litoral. Otro ejemplo es la de *Cynodon-Malachra* en las áreas salinas de los valles de Aragua, Venezuela (Montaldo, 1966).

Las asociaciones xerófitas como por ejemplo *Gyrocarpus-Bursera* indican un tipo de suelo de gran pendiente, poca profundidad, pedregoso, con escasa retención de agua y clima tropical.

Las asociaciones de manglares, por ejemplo *Rhizophora-Avicennia* son comunidades arbustivas que crecen en suelos situados en la zona de mareas, o sobre arrecife de coral donde la concentración de sales en las aguas es del 35 por mil (Walter, 1973). La asociación en la que entra la palma *Mauritia* (los morichales) crece sobre suelos anegados de agua, todo el año o en forma estacional (Tamayo, 1972).

INFLUENCIA DE LA VEGETACION SOBRE EL SUELO

La influencia de la vegetación sobre el suelo es muy grande porque no existiría un ecosistema si no fuera por la vegetación.

El tipo y la naturaleza de la vegetación influye sobre el suelo y ejerce una protección mecánico-física en relación con los elementos climáticos; un bosque denso protege más que un matorral ralo y dentro del bosque protege más la planta que tiene hojas perennes que la de hojas caedizas. La cobertura vegetal ejerce una acción protectora

en cuanto a la incidencia de la energía radiante, protege el suelo contra las lluvias fuertes que generalmente producen compactación; ejerce acción sobre su balance de agua mediante la transpiración de las plantas, el escurrimiento de las aguas y el porcentaje de infiltración. No puede mantenerse ni desarrollarse el suelo sino bajo la protección y la fijación de la vegetación que obstaculiza los arroyos y favorece la infiltración, base de todos los procesos pedogenéticos.

Paralelamente a esa protección mecánicofísica, la vegetación ejerce una acción sobre los procesos bioquímicos del suelo: ayuda a la extracción de los elementos nutritivos del suelo; crea una reacción ácida o básica mediante las excreciones radiculares. La vegetación al incorporar continuamente materia orgánica ayuda a los organismos del suelo a ejercer acción sobre: 1) la restitución de los minerales nutritivos (por lo tanto, la riqueza relativa en principios minerales nutritivos es en parte obra de la vegetación); 2) la nutrición carbonada de los *Azotobacter*; 3) la formación de humus, ya que disminuye el pH y conlleva a ciertos procesos como son la laterización y gleización de los suelos; y 4) en los procesos de humificación ayuda a elevar el nivel de CO₂ de los suelos, lo que aumenta la evolución edáfica hacia la etapa de clímax edáfico.

LOS CULTIVOS Y SU ACCION SOBRE EL SUELO

Según los sistemas agrarios de explotación que se utilicen se puede llegar a un agroclímax mediante una adecuada rotación de explotaciones y conservación de suelos, o a una evolución regresiva y por consiguiente a una destrucción definitiva de ellos.

La explotación en forma intensiva del suelo con cultivos que lo agotan y la destrucción por el fuego de la materia vegetal traen como consecuencia una degradación de su estructura. Además, el empobrecimiento de la materia orgánica y la desaparición de la flora bacteriana hacen que el suelo se erosione y por lo tanto se destruya.

Una explotación racional del suelo con prácticas de conservación, como son los barbechos de abonos verdes, el cultivo de leguminosas para enterrar la rotación de cultivos, la aplicación de fertilizantes, y otros, trae como consecuencia la mantención de un agroclímax.

El agroclímax es la etapa por la cual la agricultura sustituye las relaciones naturales recíprocas entre el suelo y la vegetación por otras relaciones conducentes al equilibrio entre el suelo y los cultivos.

La intervención de la agricultura en las relaciones entre la vegetación y el suelo es particularmente delicada en las regiones intertropicales donde el humus se descompone con rapidez y donde las reservas sólo se almacenan en la planta.

En el trópico americano los agricultores migratorios atacan directamente el bosque, lo abaten y queman. Algunos pocos cultivos son suficientes para agotar estas reservas y el suelo mineral, que no es capaz de proveer más cosechas, es abandonado a la vegetación que se encarga de renovar la disponibilidad de materia mineral y energía (Watters, 1968).

EL ESTIMULO FISIOGRAFICO

Los factores fisiográficos son la causa indirecta de los cambios de vegetación que se observan en ciertas áreas ya que modifican los factores climáticos y edáficos.

Estos factores se pueden agrupar en: la topografía, la altura, la exposición y la pendiente.

La topografía

Aún cuando la topografía afecta a la vegetación de un modo indirecto al modificar otros factores del medio, tiene por lo tanto, una influencia importante sobre las comunidades vegetales.

En un área plana, sin variaciones topográficas (en igualdad con otros factores del medio), se puede prever una vegetación uniforme. No es frecuente encontrar zonas extensas tan uniformes: por lo general se presentan quebradas, caños y pequeñas lomas con diferentes orientaciones, estas irregularidades en la topografía producen condiciones de luz, temperatura y humedad que difieren bastante entre sí.

Si las cadenas de montañas son muy altas determinan la dirección de los vientos, la humedad de la atmósfera y la cantidad de precipitación.

Debido al constante lavado de los materiales del suelo, las tierras bajas al pie de las montañas, especialmente si son áreas encerradas y pequeñas, tienen suelos de gran fertilidad.

La altura

La altura trae consigo una disminución de la temperatura. Este descenso oscila entre los 4 y 8° C por cada 1 000 m. Para los casos de las montañas extratropicales en los países templados, el descenso de temperatura produce un acortamiento de la estación vegetativa que provoca, a menudo, una aceleración de los procesos vitales, especialmente en la floración y la fructificación. Las plantas de las partes más altas están sujetas a un más largo fotoperíodo que las de puntos inferiores; los vientos son más fuertes que en las zonas más bajas. En las alturas la intensidad luminosa es mayor: a 3 000 m sobre el nivel del mar alcanza a 130 000 lux, en cambio a nivel del mar sólo a 100 000 lux.

Cuando se sube una montaña se observa que las especies arbóreas y arbustivas, que son las más conspicuas, se distribuyen entre ciertos límites altitudinales. A medida que se asciende se pasa por una serie de zonas de vegetación diferentes unas de otras en su fisonomía y en su composición. Dentro de estas zonas de vegetación los efectos de la exposición, pendiente y topografía se hacen visibles nuevamente junto con la altitud. En el hemisferio norte los límites altitudinales superiores de las zonas llegan más arriba en la vertiente sur que en la norte.

La exposición

Se refiere a la dirección de la pendiente. Al salirse de la zona ecuatorial se observa una gran diferencia entre la vegetación que crece en los faldeos, según la exposición de ellos. En general, la exposición determina la cantidad de energía solar que recibe un lugar. Esto determina una modificación en el contenido de humedad y en la temperatura del suelo y el aire. La exposición hacia los polos es considerablemente más húmeda y fría que la exposición hacia el Ecuador. Este efecto es más evidente a medida que aumenta la distancia al Ecuador; también se modifica por el grado de pendiente y por la acción desecante del viento.

La pendiente

La pendiente o gradiente puede definirse como el ángulo formado por la superficie del suelo con la horizontal. La pendiente regula la circulación del agua superficial del suelo y el agua de drenaje. Además, cambia el ángulo de incidencia de los rayos solares, lo que modifica la intensidad de la insolación.

El declive acentuado acelera la circulación del agua en el suelo, lo que en climas húmedos es una ventaja para la vegetación, pero una desventaja en climas áridos. También tiene influencia sobre la luz, el viento y la distribución de la nieve. A mayor pendiente más intensidad de iluminación y menor duración de la capa de nieve.

La pendiente muy excesiva afecta el desarrollo de la sucesión vegetal, el desarrollo del suelo y de la vegetación clímax. En los Alpes, un suelo y una vegetación clímax pueden desarrollarse solamente en aquellos lugares que la pendiente alcanza un equilibrio entre 10 y 15° de inclinación (Braun-Blanquet, 1965).

EL ESTIMULO BIOTICO

La existencia de cualquier organismo vegetal o animal se determina por la naturaleza de las relaciones interespecíficas existentes entre ellos. Al agruparse los individuos empiezan a producirse las coacciones que pueden considerarse como casos de simbiosis en el sentido amplio de ese término.

La simbiosis puede ser disyuntiva o conjuntiva según el grado de unión de los organismos participantes. En el primer caso los participantes están separados mientras dura la relación simbiótica; en el segundo existe convivencia íntima y no pueden ser separados sin que se produzcan daños a uno o ambos simbiotes.

Simbiosis disyuntiva

Las relaciones ecológicas de las plantas que forman una comunidad, las agrupaciones voluntarias de animales y las relaciones habitacionales entre plantas y animales son del tipo de simbiosis disyuntiva.

Competencia. Las comunidades vegetales al reaccionar sobre el hábitat abiótico lo modifican; por lo tanto ejercen un efecto selectivo sobre las especies que constituyen las poblaciones. En este caso actúan dos fenómenos: la amplitud de tolerancia de las especies y los procesos de competencia.

Las modificaciones que imponen las comunidades sobre el hábitat permiten que entren solamente plantas que pueden vivir en ese hábitat, por lo que se establece entre ellas una competencia donde sólo podrán vivir las que lo toleren.

La reacción de la comunidad sobre el sustrato de suelo en que está arraigada es por medio de la producción de materia orgánica, de la traslocación de elementos nutritivos desde horizontes profundos a los superficiales y del efecto de cubierta que ejerce, lo que afecta las condiciones físicas y bióticas del suelo. Estas reacciones de la vegetación sobre su medio abiótico, junto con las coacciones desarrolladas sobre sus integrantes, originan el proceso de competencia.

Odum (1973) enuncia que la competencia entre especies es toda acción recíproca entre dos o más poblaciones de especies que afectan adversamente su crecimiento y su superficie.

Etherington (1975), sugiere que además de la competencia entre plantas hay una influencia mutua y directa debido a la secreción de algún producto metabólico tóxico de una de ellas en el ambiente.

Margalef (1974) opina que la competencia debe plantearse de una manera amplia considerando las especies como elementos de sistemas cibernéticos, siendo la relación más comprensible la del tipo depredador/presa.

Agrupaciones voluntarias por alimento y habitación. Otro ejemplo de simbiosis disyuntiva es la de agrupaciones de animales, generalmente de la misma especie, con la finalidad de aprovechar una concentración de alimentos, como es el caso de las aves necrófagas (jotes, samuros, gallinazos, y otros).

También pertenecen a este tipo de simbiosis las relaciones habitacionales entre animales y plantas; es decir, la protección que dan las plantas a los animales, ya sea bajo su corteza, follaje y otros.

El sobrepastoreo. Es la relación que se presenta entre el animal herbívoro y las plantas cuando éstas se ven perjudicadas por los animales sin recibir ningún beneficio.

El sobrepastoreo es una simbiosis interesante de analizar ya que constituye una degradación del pastoreo propiamente tal, en que tanto planta como animal se benefician.

Las etapas más importantes para reconocer cómo se desarrolla el sobrepastoreo son las siguientes:

- a. *Perturbaciones fisiológicas de las plantas que constituyen el clímax.* Las plantas que constituyen el clímax de una pradera natural o las plantas que conforman una buena cubierta herbácea en una empastada artificial pierden vigor cuando se ven sometidas a un pastoreo intensivo, lo que se evidencia por la reducción del crecimiento anual ya que la actividad reproductora se reduce o desaparece; en especies leñosas se producen crecimientos anormales por la remoción del ápice de crecimiento y la estimulación de las yemas laterales.
- b. *Cambios en la composición de la cobertura clímax.* Al continuar las perturbaciones fisiológicas sobre ciertas especies, éstas mueren y desaparecen. Sin embargo, este cambio que se produce en la cobertura es gradual; comienza por la desaparición de las plantas más palatables y las más susceptibles al daño. Al disminuir el número de especies disminuye la competencia y se incrementan las menos palatables o más resistentes a los daños. Los animales cambian sus preferencias alimenticias hacia las menos palatables y así se continúa la sucesión con la disminución del número de las mejores especies.
- c. *Invasión de nuevas especies.* Simultáneamente con estos cambios de composición empieza la invasión de nuevas especies que llegan al pastizal. Estas primeras invasoras por lo general son anuales; le siguen las perennes herbáceas y las perennes leñosas de bajo valor forrajero. Las invasoras anuales pueden ser plantas de gran preferencia por los animales por una corta estación; en cambio la mayoría de las perennes son poco palatables.
- d. *Desaparición de las plantas clímax.* Finalmente las plantas clímax desaparecen; primero las de las áreas más pastoreadas, y algunas quedan reducidas bajo la protección de los arbustos.
- e. *Decrece la densidad de las invasoras.* Si el pastoreo intensivo continúa, el ganado consume las especies invasoras; empieza

por las más palatables hasta que las desaparece por lo que se presentan en el pastizal áreas de suelo desnudo con la consiguiente degradación edáfica. En regiones con períodos de alta precipitación no existe el peligro de que se llegue a una regresión edáfica, salvo en ciertas áreas donde la cobertura vegetal está muy perturbada.

SIMBIOSIS CONJUNTIVA

Rhizobium y leguminosas. Mediante esta simbiosis se verifica la fijación de nitrógeno. Se calcula que se incorporan anualmente 5 000 000 de toneladas de N mediante esta relación. La alfalfa fija más de 200 kg de N/ha/año.

El desarrollo de esta simbiosis sigue las siguientes etapas:

- a. Infección inicial del pelo radical de la leguminosa,
- b. Proliferación de células del huésped,
- c. Invasión intracelular de la planta por las bacterias,
- d. Multiplicación de las bacterias dentro del citoplasma del huésped,
- e. Crecimiento hipertrófico de las bacterias individuales,
- f. Simbiosis funcional y
- g. Senescencia y degeneración de los nódulos.

Micorrizas. Es la asociación que se produce entre los micelios de hongos y raíces de plantas principalmente leñosas. El caso más frecuente es el de las coníferas. Los pinos toman agua y nutrimentos de las hifas del hongo y éste obtiene alimento y subsistencia para su crecimiento de las raíces de los pinos.

Shistosoma mansoni. Un caso de simbiosis conjuntiva es la que se presenta en el trópico americano entre el platelminto *Shistosoma mansoni* y el hombre, a quien le produce una enfermedad llamada biliarzia.

Las cercarias del platelminto son las que perforan la piel del hombre y entran en la circulación sanguínea. El macho tiene una longitud de 6-10 mm y un canal ventral en el que se aloja la hembra. Después de la fecundación cada hembra deposita diariamente en el sistema circulatorio de 300 a 3 000 huevos durante un período que puede durar hasta 30 años. De estos huevos, alrededor del 22 % es excretado fue-

ra del organismo y el porcentaje restante se lleva por la circulación sanguínea a los diversos órganos, como por ejemplo al hígado, bazo, pulmón y vejiga urinaria, donde ocluyen los vasos.

De los huevos excretados solamente los que caen en un río desarrollan larvas que necesitan de un caracol acuático, como huésped intermedio, para completar su ciclo biológico. Del caracol salen cercarias que si no encuentran su huésped en 24 horas mueren.

OTRA NOMENCLATURA DE COACCIONES

De acuerdo a Haskell, citado por Burkholder (1965), las actividades físicas y químicas de los organismos envuelven dos categorías importantes de relaciones que están asociadas a diferentes grados de influencias en los procesos fundamentales de crecimiento, reproducción y otras actividades de los organismos.

Esta relación de influencia fue establecida en términos de organismo fuerte y organismo débil, utilizando los signos 0, + y – según sean las influencias que se desee expresar de neutralidad, beneficio o deterioro de las actividades. Combinando estos signos se llega a 9 clases de coacciones entre organismos fuerte y débil, como se expresa en el Cuadro No. 22.

CUADRO No. 22. Coacciones entre organismos débil y fuerte. (Modificado por Burkholder, 1965).

TIPOS DE COACCION	ESPECIES	
	DEBIL	FUERTE
Depredación	–	+
Alotropía	0	+
Simbiosis	+	+
Amensalismo	–	0
Neutralismo	0	0
Comensalismo	+	0
Sinecrosis	–	–
Alolimia	0	–
Parasitismo	+	–

Nota: el signo de la izquierda es el efecto de la coacción sobre el organismo débil y el de la derecha sobre el organismo fuerte.

Depredación. En este caso el predador daña al organismo débil; es la relación animales carnívoros-presas; también el sobrepastoreo selectivo cuando los animales consumen intensamente determinadas especies forrajeras.

Alotropía. Es la relación en la que el organismo fuerte se nutre sin menoscabo del organismo débil. Se observan en relaciones herbívoros-plantas.

Simbiosis. Es una coacción en que ambos organismos se nutren ventajosamente. El clásico ejemplo de simbiosis es el modo de vida de los líquenes. El líquen *Cladonia cristatella* es un atractivo organismo verde y rojo compuesto de un alga unicelular y un hongo ascomicete que viven juntos en una asociación benéfica mutua. El alga reduce el CO₂ y el hongo provee el agua y las sustancias minerales.

Cuando los simbiosites se han desunido por técnicas de laboratorio, el alga y el hongo se desarrollan por separado. Posteriormente, al querer unirlos no han formado el líquen debido a una condición de nutrición desbalanceada.

Otros ejemplos son las micorrizas, que son estructuras formadas por micelios de hongos y raíces. Las micorrizas son ectotróficas, que es cuando el micelio se sitúa sobre la superficie de las raíces, o bien endotróficas que es cuando las hifas penetran en los protoplastos. Los ejemplos más conocidos están en las familias pináceas, compuestas, ericáceas y orquidáceas.

Otro caso de simbiosis es el de las bacterias del género *Rhizobium*, que viven en las nodulaciones que presentan las raíces de las leguminosas y que tienen por función la fijación del nitrógeno atmosférico en compuestos orgánicos (aminoácidos). Las leguminosas a la vez proveen a las bacterias de alimentos nutritivos y agua. En la práctica lo más aconsejable es inocular las cepas de *Rhizobium* a las semillas de leguminosas que se sembrarán (Colinvaux, 1973). Dobereiner y Day (1975) discuten la importancia de la fijación de N por gramíneas tropicales con bacterias *Azotobacter*.

Amensalismo. Es la coacción donde el organismo débil se anula en tanto que el organismo fuerte no se afecta.

Es el caso entre un árbol alto y una planta heliófita que se daña por la sombra que proyecta el organismo mayor. Otro ejemplo de

amensalismo es el de los hongos del género *Penicillium* que secretan una sustancia que inhibe el crecimiento de las bacterias.

Neutralismo. En este tipo de coacción ninguno de los organismos se ayuda o se perjudica. Es el de muchos microbios saprófitos que viven juntos sin influencia apreciable entre ellos. Es el caso de muchas plantas que en ciertos períodos del año, o etapas de su ciclo vital, se neutralizan.

Comensalismo. Es la coacción que se presenta cuando el organismo débil se ayuda por el fuerte sin sufrir este último ningún deterioro; un ejemplo es la zoodispersión de semillas por medio de la lana o el pelaje de los animales; otro es el de los animales pequeños que se benefician al vivir bajo un árbol grande. Algunas bacterias inofensivas que viven en el intestino de los animales reciben el beneficio de la protección y alimento y el animal no gana ni pierde nada.

Sinecrosis. Es el tipo de coacción que conlleva a una inhibición o muerte mutua de ambos organismos.

Alolimia. En este caso el organismo fuerte se deteriora por falta de alimentos. Sucede cuando el organismo débil absorbe nitrógeno, fósforo u otro elemento esencial a mayor intensidad que el organismo fuerte. También es el caso de ciertas excreciones tóxicas que los organismos débiles pueden producir en determinados casos, lo que constituye la alelopatía. Alelopatía es el efecto detrimente que se produce entre plantas superiores a través de la producción de retardantes químicos que escapan al ambiente (Rice, 1974). Altieri y Doll (1978) dan a conocer algunos casos de uso de efectos alelopáticos para el control de malezas en cultivos, en EUA. Overland (1966) determinó el uso de cebada para la supresión de malezas en EUA.

Parasitismo. Es la coacción cuando el organismo débil se beneficia y el fuerte se perjudica. Ejemplos son las enfermedades causadas por hongos e insectos en las plantas.

Otro ejemplo de parasitismo es la coacción entre plantas vasculares. Ejemplo son las especies del género *Cuscuta* cuyas raíces (haustorios) penetran en los tallos de otras plantas sacando agua y sustancias minerales.

Las plantas epífitas como las orquídeas del trópico, algunos *Ficus* (higuerillas), el musgo español (*Tillandsia usneoides*) y otras, viven sobre otros vegetales mayores utilizándolos como soportes.

EL ESTIMULO PIRICO

La quema es una de las prácticas más antiguas utilizadas por los aborígenes y campesinos del trópico americano debido a que el fuego ha sido y es una herramienta barata y rápida.

Sin embargo, el factor fuego ha influido de una manera notable en el cambio de las condiciones del hábitat de las regiones. Se estima que la mayor parte de las sabanas del trópico americano se han originado por el fuego, o se mantienen gracias a la presión de este factor (Budowski, 1966 y Vareschi, 1962).

Las quemas pueden ser causadas porque los campesinos y aborígenes abren nuevos campos para implantar sus conucos o milpas, o porque los ganaderos al quemar los pastizales de la sabana esperan obtener retoños apetecibles para el ganado, controlar las garrapatas y culebras y a veces eliminar arbustos y rastrojos.

El fuego ha sido muy utilizado también como una modalidad para cazar animales silvestres, o puede ser causado por descuidos, por piromaníacos y en forma natural por efecto de calentamientos.

Los efectos de la quema varían en relación con el estado, y tipo de vegetación, el suelo, la topografía, el viento y otros.

Se estima que las quemas continuas durante cientos de años han llevado a una selección de las especies tanto vegetales como animales. En las sabanas del trópico americano hay una serie de plantas que muestran carácter pirófilo como son troncos cubiertos por una capa de corcho grueso, follaje coriáceo, raíces gruesas y profundas, y otros. El arbusto llamado chaparro curata (*Curatella americana*) de amplia distribución en las sabanas de Cuba a Bolivia es un típico ejemplar pirófilo (Derevan, 1966).

Las quemas aumentan la luminosidad del área favoreciendo a las plantas heliófitas. Al faltar sombra se produce una mayor amplitud en el curso diario de la temperatura sobre el suelo.

A temperaturas de 500° C se destruye el humus y se interrumpe el ciclo nutritivo. El Ca, P y K son transformados en formas solubles y el N se volatiliza.

A temperaturas de 100° C aumenta el contenido de bases; el pH de los suelos ácidos se acerca a neutro; se favorece la acción bacteriana, especialmente la nitrificación, y el humus se mineraliza más rápidamente. En suelos orgánicos mejoran las relaciones C/N.

Suárez de Castro (1956) trabajó en forma experimental en relación con las quemaduras en una región cafetera de Colombia donde anualmente se quema el 80 % de los suelos no ocupados por el café; estableció allí una serie de parcelas a fin de comparar tratamientos de quema con un tratamiento sin quema. Aplicó dos tratamientos de quema: doble y sencillo. La quema sencilla consistió en cortar la vegetación que crecía sobre el terreno entre dos cosechas de maíz y quemarla para volver nuevamente a sembrar maíz. La quema doble consistió en cortar la vegetación, agregar una cantidad de vegetación igual a la que originalmente existía en el terreno, quemar y proceder en lo demás en igual forma que con la quema sencilla. En el testigo se trató de sembrar maíz con las mejores prácticas de conservación de suelos.

Entre los resultados obtenidos estuvieron aquellos que dicen relación con el análisis químico de las hojas de maíz, con la pérdida de suelo y agua, con el rendimiento de cosecha y con los resultados del análisis de suelos después de la quinta cosecha de maíz. Suárez de Castro determinó en forma clara que las quemaduras de esos suelos produjeron un aumento de pH, del contenido de minerales del suelo, en la absorción de algunos elementos por las plantas, en la producción de maíz, además de un mejoramiento en la estabilidad de los agregados del suelo y una mayor pérdida de suelo por erosión.

Es importante recalcar que las quemaduras podrían recomendarse siempre que existieran ensayos que fijaran algunas limitaciones como: época o estación de quema para cada zona de un territorio, años apropiados, tipo de vegetación que no debe quemarse y pendientes inadecuadas para esta práctica.

RESUMEN

Los estímulos que actúan sobre el ecosistema se han dividido en estímulos climáticos, edáficos, fisiográficos, bióticos y péricos.

Se describen los cambios que sufren en su intensidad factores tales como radiación, temperatura, luz, viento, precipitación y otros en

relación con las diferentes arquitecturas inherentes a los ecosistemas: altura y disposición de la vegetación, tipo de suelo, fisiografía, número de estratas vegetales, y otros. Estos estímulos que actúan sobre las plantas de cultivo están constituyendo el ambiente específico de cada agroecosistema lo que es influido en gran medida por la acción del hombre.

Se recomienda investigar el microambiente suelo-planta-atmósfera para comprender el desarrollo y respuesta de los cultivos en términos de productividad con el fin de desarrollar técnicas que aumenten y mejoren la producción vegetal sin destruir el ambiente.

BIBLIOGRAFIA

1. ALMEYDA, E. Geografía de Chile. Santiago, Talleres de la Casa Nacional del Niño, 1955. 252 p.
2. AZZI, G. Ecología Agraria. Barcelona, Salvat Ed., 1959. 449.
3. ALTIERI, M. y D. DOLL. The potential of allelopathy as a tool for weed management in crop fields. *Pans* 24 (4): 495-502. 1978.
4. BIDWELL, R. Plant Physiology. New York, Mc Millan, 1974. 643 p.
5. BILLINGS, W. Las plantas y el ecosistema. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1968. 168 p.
6. BRAUN-BLANQUET, J. Plant Sociology. New York, Hafner Pu. Co., 1965.
7. BUDOWSKI, G. Tropical savanas, a sequence of forest felling and repeated burning. *Turrialba* 6:23-33. 1966.
8. BURKHOLDER, P. Cooperation and conflict among primitive organisms. New Jersey, *In Readings in Ecology*. Prentice-Hall, Inc., 1965. pp. 77-81.
9. CHANG, J. Climate and agriculture an ecological survey. Chicago. Aldine, 1968. 304 p.
10. CLARKE, G. Elementos de Ecología. Barcelona, Ed. Omega, 1963. 615 p.
11. COLINVAUX, P. Introduction to Ecology. New York, John Wiley, 1973. 621 p.
12. DAUBENMIRE, R. Plants and environment. New York, John Wiley, 1964. 422 p.
13. _____ Plant communities. New York, Harper and Row Pu, 1968. 300 p.
14. DEREVAN, W. The aboriginal cultural geography of the Llanos de Mojos of Bolivia. Berkeley, Cal. Univ. California Press, 1966. 160 p.
15. DE VRIES, D. Thermal properties of soils. *In Physics of plant environment*. Van Wijk, editor, North Holland Pu, 1966. pp. 210-235.
16. DIAZ-ROMEU, R., F. BALERDI y H. FASSBENDER. Contenido de materia orgánica y nitrógeno en suelos de América Central. *Turrialba* 20 (2) 185-192. 1970.
17. DOBEREINER, J. y J. DAY. Importancia potencial de la fijación simbiótica de nitrógeno en la rizosfera de gramíneas tropicales. *In Manejo de suelos en la América tropical*. Bornemisza y Alvarado editores, 1975. pp. 203-215.

18. ETHERINGTON, J. *Environment and Plant Ecology*. London John Wiley, 1975. 347 p.
19. FASSBENDER, H. y N. DIAZ. Contenido y forma de fósforo de algunos suelos de la región amazónica del estado de Maranhao, Brasil. *Turrialba* 20 (3) 372-374. 1970.
20. _____ Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975. 398 p.
21. HARDY, F. *Manual del cacao*. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961. 439 p.
22. HAURWITZ, B. y J. AUSTIN. *Climatology*. New York, Mc Graw Hill, 1944. 410 p.
23. KLAGES, K. *Ecological crop geography*. New York, The Mc Millan Co., 1942. 615 p.
24. MARGALEF, R. *Ecología*. Barcelona, Ed. Omega, 1974. 915 p.
25. MONTALDO, P. Principios ecológicos en la determinación de unidades básicas y su aplicación para el estado Aragua, Venezuela. Maracay, Rev. Fac. de Agronomía. Alcance 10, 1966. 91 p.
26. ODUM, E. *Ecología*. México, Interamericana, 1972. 639 p.
27. OOSTING, H. *Ecología vegetal*. Trad. (del inglés). Madrid, Aguilar, 1951. 136 p.
28. OVERLAND, L. The role of allelopathic substances in the "smother crop" barley. *American Jour. of Botany* 53: 423-432. 1966.
29. PHILLIPSON, J. *Methods of study in soil ecology*. Unesco, 1970. 303 p.
30. _____ *Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow*. Blackwell Scientific Pu., 1971. 297 p.
31. RICE, E. *Allelopathy*. Academic Press, New York, 1974. 353 p.
32. SANCHEZ, P., RAMIREZ, G. y C. PEREZ. Influencia de la radiación solar sobre la respuesta varietal del arroz al nitrógeno en la costa del Perú. *In Manejo de suelos en la América tropical*. Bornemisza y Alvarado editores, 1975. pp. 253-264.
33. SUAREZ DE CASTRO, F. Las quemadas como práctica agrícola y sus efectos. Tesis Mg. Agr. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1956. 55 p.
34. TAMAYO, F. *Los llanos de Venezuela*. II. Caracas, Monte Avila Editores, 1972. 149 p.
35. VARESCHI, V. La quema como factor ecológico de los Llanos. *Bol. Sociedad venezolana de Ciencias Naturales*. 101:9-26. 1962.

36. WALTER, H. *Vegetation of the Earth*. London, The English Universities Press, 1973. 237 p. (Trad. del alemán).
37. WATTERS, R. *La agricultura migratoria en Venezuela*. Mérida, Instituto Forestal Latinoamericano de Capacitación e Investigación, 1968. 136 p. (Trad. del Inglés).
38. WILSIE, C. *Cultivos: aclimatación y distribución* (Trad. del inglés). Zaragoza, Acribia, 1966. 491 p.

CAPITULO 4

EL AMBIENTE SOCIOECONOMICO

ESTRUCTURA SOCIAL Y TRADICIONAL

El ambiente físico es el que determina principalmente el sistema agrícola y el modo de vida. Sin embargo, las diferencias sociales y culturales tienen una importante influencia en el ecosistema rural.

Los pueblos precolombinos que habitaban el territorio de lo que actualmente es Venezuela se diferenciaban entre sí y estas diferencias culturales eran debidas principalmente a que la gente de la tierra cálida y húmeda cultivaba la yuca y el maíz, y los pueblos andinos principalmente la papa. Se estima que desde la planicie del sur de México, de donde es oriundo el maíz, se extendió el sistema de cultivo maíz-frijol-calabaza por todo el trópico americano llegando por el sur hasta regiones de clima templado. Su dispersión se realizó a través de las culturas azteca, maya e inca (Sanoja y Vargas, 1974).

A la llegada de los españoles las primeras regiones colonizadas fueron las islas del Caribe. Allí vivían las tribus arawac, caribe y cueva, poblaciones que cultivaban el suelo con el sistema de agricultura migratoria, llamada en ciertos lugares de América milpa o conuco. En el lapso de una generación, la sociedad y la economía indígenas habían sido arruinadas y la población nativa había sido virtualmente diezmada. Los conquistadores se repartieron los indios y las tierras lo que posteriormente dio origen a los latifundios. La mala alimentación, el trabajo forzado y las enfermedades condujeron a la extinción de la población indígena. Se ha estimado que a la llegada de los españoles, en 1492, el total de la población caribe en la isla La Española era de alrededor de 300 000 habitantes y que para 1548 se había reducido a sólo 500, lo que indica el virtual exterminio. Igual cosa sucedió con el resto de los territorios conquistados. Los campesinos fueron acorralados en las tierras montañosas más pobres y susceptibles a erosionarse y en esa forma se creó el minifundio. Por lo tanto, el minifundio quedó en manos de la población de escasos recursos económicos, tecnológicos, educacionales, con bajos niveles de salubridad, alimentación y con un poder económico y político nulos. Esta situación de hecho dio origen a una estructura social demarcada.

En general, en el área rural del trópico americano, la estructura social está formada por campesinos primitivos, campesinos medios, campesinos ricos, burguesía rural y latifundistas (Bartra y Alcalá, 1961; Griffin, 1972 y Oberg, 1965).

La mayor parte de la población del trópico americano practica la agricultura, principalmente para la subsistencia, y estos sistemas agrícolas constituyen una parte intrínseca de su cultura.

La influencia de los patrones culturales en la agricultura ha persistido. A pesar de la divulgación y la producción de la cosecha para la venta, la agricultura es una ocupación de naturaleza tradicional más que técnicamente comercial.

Las creencias religiosas tienen influencia en casi todo el trópico americano. Casi no existe comarca rural desde México hasta Bolivia que no tenga su santo patrono religioso muchas veces protector de determinados cultivos o de factores climáticos. Lo anterior, unido a tabúes y supersticiones, enmarca las prácticas de los cultivos o de los alimentos consumidos dentro de determinados períodos de la fase lunar, antes que canten los grillos, un período después de la noche más larga del año, mientras permanecen las nubes formando un som-

brero en el volcán o la montaña vecina y otros. En ciertas regiones del Brasil los cítricos y las nueces no las comen los hombres por temor a perder su virilidad. En algunas regiones de Cuba, existe la creencia que los maníes (cacahuetes) son indigestos y en Haití las berenjenas son consideradas frutos venenosos.

La forma como usan los campos de pastizales las comunidades andinas rurales está generalmente influida por las costumbres de cada pueblo. En general, los campos se han deteriorado y se han empobrecido por la pesada carga animal, debido a que el campesino cree que mientras más animales tiene en los pastizales, mayor es su seguridad económica.

El desarrollo de programas que tengan como objetivos finales tierras más productivas no sólo depende de mejoramientos tecnológicos sino que en primer lugar exige que la gente modifique sus costumbres básicas en relación con la ganadería. El agricultor debe desarrollar

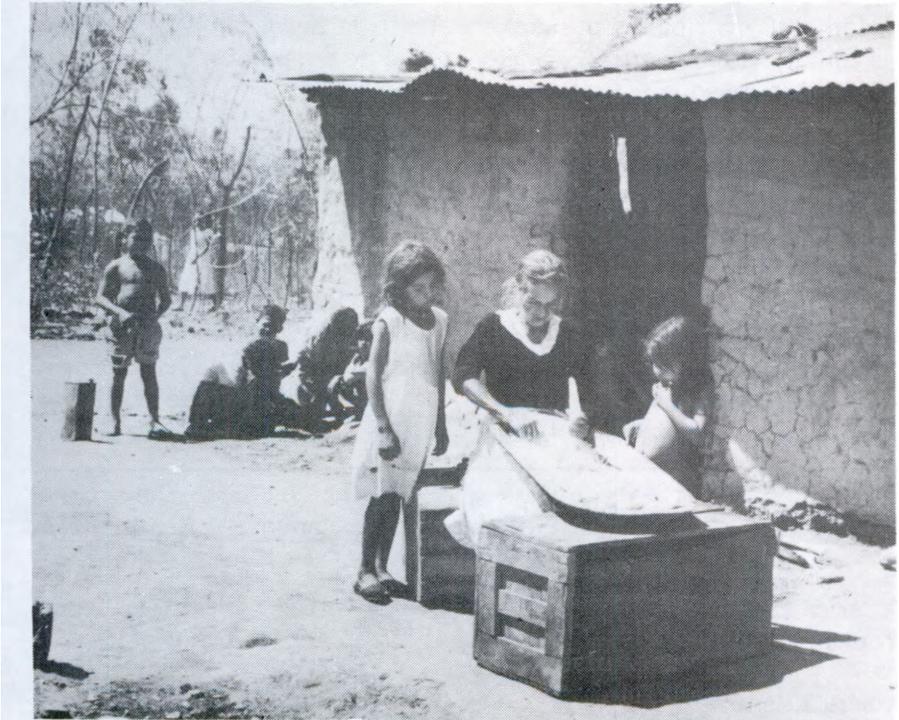


Fig. 9. Tres generaciones de campesinos viviendo en condiciones de extrema pobreza (Fotografía Escuela de Agronomía, UCV).

una actitud económica y debe criar ganado para el mercado. Lo anterior es solamente un ejemplo de un hecho comúnmente aceptado, que el mejoramiento en sistemas agrícolas primitivos no puede lograrse solamente con introducción y cambios de técnicas agrícolas, sino que necesita de un proceso de educación general y cambios en la dirección social.

La gente acostumbrada a la labor agrícola como ocupación tradicional de subsistencia e influida por las costumbres y supersticiones a menudo no puede progresar, a menos que se les persuada a cambiar toda su actitud y a ver la agricultura como un negocio que requiere conocimientos, destrezas y manejo avanzado.

POBLACION

La población o número de habitantes que vive en el trópico americano está distribuido principalmente en la tierra templada, donde las condiciones climáticas, principalmente de temperatura, no son tan intensas como en la tierra baja.

La población total y el incremento anual de población se han calculado para tres secciones del trópico americano: América Latina Tropical, América Central y el área del Caribe, que es la de menor superficie, tal como se indica en el Cuadro No. 23.

CUADRO No. 23. Superficie y población: total, incremento anual y densidad de las regiones que constituyen el trópico americano. (Fuente: Modificado de Naciones Unidas, 1975).

Regiones	Superficie (000 km ²)	Población (millones)	Incremento anual (%)	Densidad (habitantes/ km ²)
América Latina tropical	13 700	165	3.1	12
América Central	2 496	75	3.5	30
Caribe	238	28	2.2	117

La población total del trópico americano está constituida por 268 millones de habitantes con una densidad media de 16.3 habitantes/km² que alcanza su valor más alto en el área del Caribe con 117 habitantes/km².

El incremento anual de población es de 3.1 para América Latina Tropical, 3.5 para América Central y 2.2 para el área del Caribe. Para toda la América Latina el valor es 3.6. Esta tasa de crecimiento se considera alta en comparación con la tasa de 2.4 para Canadá, 1.5 para Suecia y 1.7 para Francia. Un 3.6 % de tasa de crecimiento significa que de cada 100 personas hubo 3.6 nacimientos e inmigraciones más que muertes y emigraciones.

En el Cuadro No. 24 se muestra la densidad de la población por países del trópico americano. Los valores van desde 1 038 para Bermuda hasta 1 para Guayana francesa. Los cuatro países más extensos del área, que son Brasil, México, Perú y Colombia, tienen densidades de 12, 28, 12 y 20 respectivamente.

CUADRO No. 24. Densidad de población de países del trópico americano (habitantes/km²). Datos de 1973. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	Densi- dad	PAISES	Densi- dad
Antigua	167	Haití	160
Antillas holandesas	244	Honduras	25
Bahamas	14	Islas Caimanes	42
Barbados	564	Islas Vírgenes	78
Belice	6	Jamaica	180
Bermuda	1 038	Martinica	311
Bolivia	5	México	28
Brasil	12	Montserrat	122
Colombia	20	Nicaragua	16
Costa Rica	37	Panamá	20
Cuba	78	Paraguay	7
Dominica	97	Perú	12
Ecuador	24	Puerto Rico	332
El Salvador	184	República Dominicana	91
Granada	279	Saint Vicent	235
Guadalupe	192	Suriname	3
Guatemala	51	Trinidad y Tobago	207
Guayana francesa	1	Venezuela	12
Guyana	4		

Un aumento en la densidad de población de un país significa que se reducen los suministros de agua, tierra, combustibles, metales y otros recursos de los que normalmente se disponía. Los estudios relativos de los cambios que se producen en el comportamiento de los individuos en relación con la densidad han dado resultados contradictorios (Turk, *et al*, 1976).

En el Cuadro No. 25 sobre expectativas de vida de la población para diversos países del trópico americano se han separado los datos correspondientes a hombres y mujeres. La expectativa de vida, es el número medio de años que un niño recién nacido vivirá.

CUADRO No. 25. Expectativa de vida en diversos países del trópico americano. (Fuente: Naciones Unidas, 1974).

PAISES	HOMBRES	MUJERES
Bolivia	49.7	49.7
Brasil	60.7	60.7
Colombia	51.0	53.6
Costa Rica	61.8	64.8
Cuba	66.8	66.8
El Salvador	56.5	60.4
Guatemala	48.3	49.7
Haití	44.5	44.5
Honduras	49.0	49.0
México	61.0	63.7
Nicaragua	49.9	49.9
Panamá	57.6	60.8
Paraguay	59.4	59.4
Perú	52.5	55.4
Puerto Rico	68.9	76.1
Trinidad y Tobago	62.2	66.3
Venezuela	63.8	63.8

Como se observa, las mujeres tienen más expectativa de vida que los hombres y entre estos últimos las cifras van desde los 44.5 años para Haití a los 68.9 años para Puerto Rico. México, Colombia y Venezuela tienen 61.51 y 63.8 años respectivamente, para los hombres.

Por su parte, Dinamarca tiene 70.6 y 75.4 como valores de expectativa de vida para hombres y mujeres. Polonia 66.8 y 72.8 y la India 41.9 y 40.6 respectivamente.

Si se comparan los datos de los países americanos con los de otros países se llega a la conclusión que en el trópico americano, en general, las expectativas de vida están por debajo de los países europeos y por encima de los de la India.

CUADRO No. 26. Distribución porcentual de la población, por grupos de edad, según los censos recientes en las Américas. (Fuente: Unión Panamericana, 1967).

GRUPOS DE EDAD					
PAISES	-5	5-14	15-44	45-64	+65
Antigua	14.7	29.5	34.9	14.8	6.2
Antillas holandesas	16.1	25.3	39.4	14.4	4.8
Bahamas	15.9	27.7	41.1	11.9	3.5
Barbados	10.9	26.1	37.7	17.0	8.3
Belice	18.1	31.2	35.5	10.9	4.3
Bermuda	8.9	20.7	46.3	17.7	6.4
Bolivia	16.2	25.6	42.9	11.7	3.5
Brasil	14.9	26.8	47.3	9.1	1.8
Colombia	17.6	29.0	40.2	10.2	3.0
Costa Rica	20.1	29.1	38.3	9.5	2.9
Cuba	13.8	23.2	41.9	15.2	5.9
Dominica	18.0	31.1	32.4	12.6	5.9
Ecuador	18.5	28.7	40.0	9.9	2.8
El Salvador	16.8	29.3	40.3	10.1	3.4
Granada	13.4	33.8	34.7	12.4	5.9
Guadalupe	14.8	28.2	38.8	13.3	4.8
Guatemala	17.3	27.8	42.0	10.2	2.8
Guayana francesa	14.5	23.6	42.3	14.3	5.3
Guyana	15.8	31.3	38.5	10.8	3.6
Haití	17.4	25.8	42.0	11.7	3.1
Honduras	18.9	27.8	41.4	9.5	2.4
Islas Caimán	5.6	33.0	39.2	14.7	7.5
Islas Turcas y Caicos	15.8	31.3	32.3	14.4	6.2
Islas Vírgenes (EUA)	13.3	22.4	47.6	12.9	3.8
Islas Vírgenes (GB)	14.8	24.4	43.8	11.8	5.2
Jamaica	16.0	30.2	34.7	13.7	5.5

(Continuación)

PAISES	GRUPOS DE EDAD				
	-5	5-14	15-44	45-64	+65
Martinica	43.0		37.9	13.8	5.2
México	16.9	29.3	40.2	9.9	3.7
Montserrat	13.5	26.2	31.9	17.5	10.8
Nicaragua	17.6	30.7	39.7	9.0	2.9
Panamá	16.2	27.2	41.3	11.6	3.7
Paraguay	18.7	27.8	40.2	10.2	3.2
Perú	17.4	27.6	41.3	10.5	3.1
Puerto Rico	11.7	24.8	42.0	15.0	6.5
República Dominicana	17.0	30.5	40.2	9.1	3.1
Suriname	48.0			52.0	
Trinidad y Tobago	13.0	29.1	40.4	13.0	4.4
Venezuela	16.2	29.0	41.6	10.2	2.9

En el Cuadro No. 26 se indica la distribución de la población de acuerdo con sus edades en cinco grupos: menos de 5 años, de 5 a 14 años, de 15 a 44 años, de 45 a 64 años y más de 65 años.

CUADRO No. 27. Promedios de distribución porcentual por clases de edad de la población de 36 países del trópico americano y EUA. Incluye los países del Cuadro No. 26, con excepción de Martinica y Suriname. (Fuente: Cuadro No. 26).

CLASES DE EDAD	TROPICO AMERICANO	EUA
0 - 5	15.5	8.4
5 - 14	27.9	20.2
15 - 44	39.8	41.3
45 - 64	12.2	20.4
+ 65	4.6	9.7

En el Cuadro No. 27 al comparar los promedios de distribución por edades de la población entre el trópico americano y los EUA se observa que el mayor porcentaje está entre los 15 y 44 años en ambos casos. La clase de menos de 5 años es casi el doble en los

países del trópico que en los EUA y la clase 5 a 14 es también superior. Sin embargo, en las dos últimas clases de edad, las de población más vieja, los EUA tienen valores superiores al trópico. De lo anterior se concluye que en los trópicos hay un alto porcentaje de población joven menor de 15 años.

CUADRO No. 28. Población agrícola (miles) en países del trópico americano y distribución porcentual. Año 1970. (Fuente: Naciones Unidas, 1974 b).

PAISES	MILES	%	PAISES	MILES	%
Barbados	55	23	Jamaica	540	27
Bolivia	2 714	58	México	23 636	47
Brasil	40 635	44	Nicaragua	1 129	56
Colombia	9 652	45	Panamá	632	43
Costa Rica	802	45	Paraguay	1 281	53
Ecuador	3 264	54	Perú	6 189	46
El Salvador	1 963	57	Rep. Dominicana	2 610	61
Guatemala	3 203	63	Suriname	105	27
Haití	4 033	77	Trinidad y Tobago	171	17
Honduras	1 803	67	Venezuela	2 823	26

La población agrícola del trópico americano, distribuida porcentualmente, se indica en el Cuadro No. 28. Bolivia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Nicaragua, Paraguay y República Dominicana tienen más del 50 % de su población dedicada a la agricultura. Barbados, Jamaica, Suriname, Trinidad y Tobago y Venezuela, tienen porcentajes menores al 30 %.

Estos últimos datos significarían, o que la población ha sido atraída por mejores expectativas de vida a la industria urbana, o que estos países están lo suficientemente mecanizados para requerir menos mano de obra en el campo.

El porcentaje de población activa en agricultura es un índice de importancia en relación con el grado de desarrollo de un país. Una producción agrícola alta que resulta del trabajo de una reducida población activa indica que se trata de un país desarrollado según datos del Cuadro No. 29.

CUADRO No. 29. Totales y distribución porcentual de la población económicamente activa en labores agrícolas, forestales y pesqueras en países del trópico americano. (Fuente: Naciones Unidas, 1974 b).

PAISES	TOTAL	%	PAISES	TOTAL	%
Bahamas	4 791	6.9	Guyana	51 814	29.6
Barbados	13 621	16.2	Martinica	25 150	28.1
Bermuda	428	1.6	México	5 103 519	39.5
Brasil	13 090 358	44.3	Nicaragua	234 110	46.4
Colombia	2 427 059	47.2	Panamá	187 947	38.4
Costa Rica	214 043	37.0	Perú	1 923 700	41.1
Cuba	790 356	30.0	Puerto Rico	65 000	7.3
El Salvador	613 757	46.6	Rep. Dominicana	549 315	44.3
Granada	29 170	32.4	Suriname	19 922	24.8
Guatemala	881 420	56.8	Trinidad y Tobago	57 800	15.4
Guayana francesa	3 132	18.4	Venezuela	660 219	20.3

En el Cuadro No. 30 se resumen los datos de población total, agrícola y económicamente activa en agricultura correspondientes a 14 países del trópico americano que representan el 86 % de la población total.

CUADRO No. 30. Población total, agrícola y económicamente activa en labores agrícolas, forestales y pesqueras de 14 países del trópico americano.

Población Total		Población Agrícola		Población Activa	
(A)	Total (B)	% de (A)	Total	% de (B)	
242 384 205	110 042 336	45.38	30 540 384	27.75	

Nota: Se han considerado los datos de los siguientes países: Barbados, Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana, Suriname, Trinidad y Tobago y Venezuela, cuyas poblaciones totales de 242 millones de habitantes representan alrededor del 86 % de la población total del trópico americano.

Se observa que el 45.38 % de la población es agrícola y que de esta cifra convertida a valores absolutos, el 27.75 % es activa en agricultura.



Fig. 10. La mano de obra campesina es cada día más escasa. (Fotografía Esc. Agronomía, UCV).

EDUCACION

Una verdad de reciente aceptación es que de todos los estímulos que puede recibir el hombre ninguno es más trascendente para el desarrollo que aquellos de naturaleza educativa. Los logros que se alcanzan por la educación no tienen retroceso y por el contrario capacitan al hombre para que alcance por sí mismo nuevos beneficios (Lorca, 1976).

La educación tiene por objetivos despertar las potencialidades del individuo, desarrollar su personalidad y prepararlo para su incorporación a la sociedad como un ser crítico y constructivo, capaz de resolver eficazmente sus problemas personales y contribuir a resolver los de su sociedad.

La educación realiza la conservación y transmisión de la cultura, a fin de conseguir su continuidad. Procura transmitir el acervo fun-

cional de la cultura, esto los valores y forma de comportamiento social de comprobada eficacia en la vida de una sociedad.

En lo que respecta al desarrollo, de acuerdo a Mosher (1973), la educación consiste en iniciar a los niños de enseñanza primaria en el pensamiento científico acerca de lo que están haciendo y lo que está sucediendo en su medio, que adquieran nuevos conocimientos, desarrollen nuevas destrezas y resuelvan nuevos problemas. Mosher indica además que la educación secundaria debe continuar este proceso.

Desde el punto de vista del desarrollo agrícola es importante que la educación primaria esté al alcance de todos los niños rurales, que la educación secundaria se ponga al alcance de un número de niños cada vez mayor y que los adultos a través de una educación informal tengan acceso a nuevas técnicas y conocimientos.

Uno de los objetivos que debe lograr cada país con sus escuelas agrícolas es que tengan una ubicación tal que impacten sobre el desarrollo de la comunidad rural mediante la enseñanza y adiestramiento de aquellos métodos que ayuden al progreso de la región. Por ejemplo en la región de los llanos orientales de Venezuela, zona de actividad ganadera, debe dársele la mención pecuaria con énfasis en manejo de pastizales y manejo de ganado bovino.

Coombs (1972) aboga por un sistema de enseñanza rural diversificado, de vasto alcance y bien integrado que incluya la enseñanza agrícola pero que vaya mucho más allá de ésta. Este sistema educativo amplio tiene que abarcar toda la vida, ser capaz de servir a la población rural de ambos sexos y de todas las edades ofreciéndole una gran diversidad de oportunidades de aprender en consonancia con sus necesidades inmediatas y con las perspectivas a más largo plazo.

Existe mucha preocupación sobre el nivel de abstracción de la enseñanza; la mayoría de los autores coincide en la necesidad de que ésta sea práctica y factible de aplicar dadas las condiciones en que se realiza la agricultura (Coombs, 1972; Gillete, 1972; Parrot, 1972; Cherrington, 1972 y Yopo, 1975).

Yopo propicia la educación masiva del campesinado dentro de programas que combinen el estudio con el trabajo en el propio medio en que se presentan los problemas, por lo tanto fuera de la escuela tradicional.

Sin embargo, el estado actual de la educación en el trópico americano está en un nivel bajo y todos los esfuerzos gubernamentales y privados por elevarlo no logran hacer desaparecer este hecho: una gran masa de la población campesina no sabe leer. Lo anterior significa que, entre otras consecuencias, hay escasa respuesta frente a los programas de transferencia tecnológica y, por lo tanto, la actividad agrícola no tiene la dinámica que la presión por alimentos le demanda.

CUADRO No. 31. Porcentaje de estudiantes que asisten a escuelas primarias, secundarias y universitarias en países del trópico americano, año 1970. (Fuente: Naciones Unidas, 1973).

PAISES	AÑO	Primaria	Secundaria	Universitaria
Antigua	1970	66	73	0
Barbados	1969	64	93	2
Belice	1970	100	37	1
Bolivia	1969	54	15	3
Brasil	1970	52	43	3
Colombia	1968	48	30	3
Costa Rica	1969	69	31	6
Cuba	1970	83	28	2
Ecuador	1969	58	32	4
El Salvador	1970	52	24	2
Guatemala	1970	35	14	2
Guyana	1970	67	78	1
Haití	1968	27	7	0
Honduras	1969	56	14	1
Jamaica	1968	68	24	0
México	1969	70	31	4
Nicaragua	1969	45	25	3
Panamá	1970	66	54	4
Paraguay	1970	64	22	2
Perú	1970	71	47	6
Puerto Rico	1970	70	94	14
Rep. Dominicana	1970	66	29	3
Suriname	1964	73	42	1
Trinidad y Tobago	1969	80	31	1
Venezuela	1970	66	57	5

Nota: Porcentajes calculados sobre los siguientes grupos de población: primaria 5-14 años, secundaria 15-19 y universitaria 20-29 años.

El Cuadro No. 31 muestra los porcentajes de estudiantes, calculados en relación con la edad, que asisten a los diversos niveles de enseñanza en países del trópico americano. Se dan datos de 25 países. Menos del 50 % de los niños, entre 5 y 14 años, asisten a las escuelas primarias en Colombia, Guatemala, Haití y Nicaragua, lo que es un bajo porcentaje. Belice, Cuba, México, Perú, Puerto Rico, Suriname y Trinidad y Tobago, son los únicos países donde asisten más del 70 % de los niños a la escuela primaria. Estos datos son de diferentes años, desde 1968 adelante y corresponden a promedios generales, por lo que en el medio rural este porcentaje es aún más bajo.

CUADRO No. 32. Personas alfabetizadas de 15 años y más (%): población total (año 1974), y población rural (diferentes años), en países del trópico americano. (Fuente: Unión Panamericana, 1967; Banco Interamericano de Desarrollo, 1975).

PAISES	Población rural	Población rural	
	porcentaje	años	porcentaje
Bolivia	57.0	—	—
Brasil	79.8	1960	33.1
Colombia	77.6	1964	58.7
Costa Rica	88.4	1963	78.2
Ecuador	75.1	1962	55.5
El Salvador	59.7	1961	33.7
Guatemala	45.0	1964	22.6
Haití	24.7	—	—
Honduras	74.7	1961	35.4
Jamaica	81.9	—	—
México	76.3	1960	51.1
Nicaragua	52.6	1963	29.8
Panamá	84.0	1960	61.6
Paraguay	79.7	—	—
Perú	67.7	1961	40.6
Rep. Dominicana	67.2	—	—
Trinidad y Tobago	95.0	—	—
Venezuela	77.1	1961	36.6

El Cuadro No. 32 muestra el porcentaje de población alfabetizada en 18 países del trópico americano. Los datos correspondientes a la población rural, aún cuando sean de la década del 60, muestran cifras reveladoras del nivel de educación de las masas campesinas. En

Brasil solamente el 33 % de la población rural es alfabeta y estos porcentajes llegan al 22.6 % en Guatemala.

La tasa de aumento de alfabetos adultos entre los años 1960 y 1970 fue calculada por UNESCO a nivel mundial en 2.86 % al año. Por lo tanto, los datos de alfabetismo expuesto en el Cuadro No. 32 pueden actualizarse y llegar a una aproximación para 1970 (Fauré, Herrera *et al*, 1973).

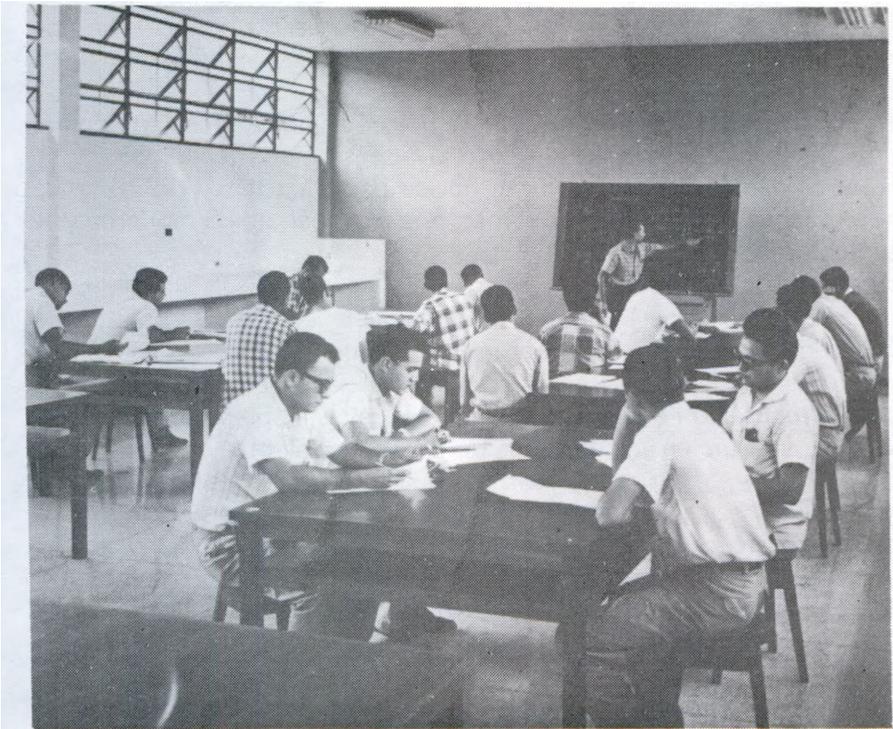


Fig. 11. Alumnos en clases de Ecología en la Escuela de Agronomía en la Universidad Central de Venezuela (Fotografía Esc. Agronomía, UCV).

En muchas naciones, inclusive las más pobres, en pocos años se han dado pasos de gigante con la creación de infraestructuras para la enseñanza y la investigación agrícolas. En poco más de una década se han creado virtualmente millares de instituciones y programas nuevos, escuelas, institutos, facultades y universidades, centros de capacitación y servicios de extensión de todo tipo dedicados a la agricultura (Coombs, 1972). No obstante se observa que estos nuevos pro-

gramas de enseñanza agrícola han tenido que funcionar en situación de gran inferioridad: presupuestos insuficientes; escasez de cuadros calificados que intervengan sobre toda la pirámide de formación desde el agricultor hasta el ingeniero y falta de alicientes a las carreras que se desarrollan en las zonas agrícolas y rurales.

Mc Clymont (1975) afirma que el fracaso de la política educacional en materia de educación rural se debe entre otros factores a la escasez de terrenos agrícolas disponibles para las escuelas rurales, maestros con antecedentes de carácter urbano que no conocen la vida rural.

Poleman (1975) afirma que los programas de educación generados por los gobiernos son de notoria insensibilidad tecnológica y psicológica dentro del medio rural. Por su parte Martens (1972) indica que muchos han perdido el contacto con la tecnología moderna y la evolución de la agricultura.

El Ministerio de Educación de Venezuela, en una fase práctica de la enseñanza, aboga por una educación diversificada de la educación media en que la especialidad agropecuaria tiene por objeto capacitar para la realización eficiente y económica de las labores agrícolas o pecuarias, instruir en los métodos de aprovechamiento y conservación de la tierra y de otros recursos naturales renovables y elevar en general el nivel social, cultural y ético del medio rural (Venezuela, Ministerio de Educación, 1972).

NIVEL DE TECNOLOGIA

El nivel tecnológico logrado por los campesinos del trópico americano en agricultura varía de lugar en lugar, pero en general se considera bajo. El ámbito va desde la actividad de caza y recolección de frutos hasta formas sofisticadas de cultivo. Existen numerosas tribus de indígenas, aborígenes de Colombia, Venezuela, Brasil, Ecuador, Paraguay y Bolivia que se mantienen como recolectores de alimentos y cazadores.

La mayoría de la población rural del trópico americano usa el territorio en labores de pastoreo, cultivos migratorios u otras formas más permanentes de cultivo. Estos sistemas agrícolas muestran el nivel tecnológico obtenido por los diversos grupos. Las sabanas, tierras de pastoreo relativamente pobres, han ido degradándose por la falta de

habilidades de los pastores. Los agricultores migratorios pueden exhibir una mayor destreza pero generalmente logran una baja productividad a expensas de algún daño a la tierra y a otros recursos naturales.

Para poder desarrollar cualquier tipo de agricultura en el trópico americano se necesita contar con el conocimiento de los métodos más eficientes de producción y mercadeo. En 1977 los caficultores de Costa Rica se enfrentaron con el problema de la existencia de roya en los cafetales de Nicaragua, cuyas plantaciones estaban siendo diezmadas por esta enfermedad y no contaban con los recursos para impedir su entrada al país.

Con una eficiente tecnología es posible obtener productos de calidad, buen rendimiento y bajo costo. Algunos parámetros para medir el nivel tecnológico de la agricultura son el número de tractores que tienen los países y el uso de fertilizantes, sin que estos datos conlleven un conocimiento exacto de esta situación, como se verá más adelante.

En el Cuadro No. 33 se anota el número de tractores en uso por varios países del trópico americano; de las cifras puede deducirse que hay un evidente incremento: Brasil tiene 185 000, seguido por México y Cuba con 132 000 y 42 800 tractores respectivamente. Este cuadro no contesta interrogantes, tales como el rendimiento de la maquinaria y la relación tierra arable-tractor, que es variable para cada situación dentro de los países.

CUADRO No. 33. Tractores en uso por varios países del trópico americano. Período 1961-1965 y Año 1973. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	1961-65	1973	PAISES	1961-65	1973
Bolivia	220	689	Jamaica	2 420	7 300
Brasil	89 894	185 000	México	72 000	132 000
Colombia	24 290	30 200	Nicaragua	4 500	6 600
Costa Rica	4 381	6 100	Panamá	789	3 250
Cuba	17 780	42 800	Paraguay	1 500	2 500
Ecuador	1 689	3 400	Perú	7 707	12 500
El Salvador	1 700	2 300	Puerto Rico	4 231	5 784
Guatemala	2 250	3 500	Rep. Dominicana	2 330	5 100
Guyana	3 281	3 800	Trinidad y Tobago	1 470	1 880
Haití	271	410	Venezuela	13 086	22 000
Honduras	331	700			

Sin embargo, el incremento de la mecanización debe ser cuidadosamente planificado en relación con su necesidad por falta de mano de obra disponible. Si esta mano de obra estuviera disponible, debería pensarse en otros recursos tecnológicos tales como incorporación de riego, introducción de variedades, uso de fertilizantes, herbicidas, y otros. En resumen, debería procederse con una agricultura intensiva.



Fig. 12. El uso de arado de madera y bueyes es frecuente en las zonas altas del Trópico (Fotografía P. Montaldo).

36. WALTER, H. *Vegetation of the Earth*. London, The English Universities Press, 1973. 237 p. (Trad. del alemán).
37. WATTERS, R. *La agricultura migratoria en Venezuela*. Mérida, Instituto Forestal Latinoamericano de Capacitación e Investigación, 1968. 136 p. (Trad. del Inglés).
38. WILSIE, C. *Cultivos: aclimatación y distribución* (Trad. del inglés). Zaragoza, Acribia, 1966. 491 p.

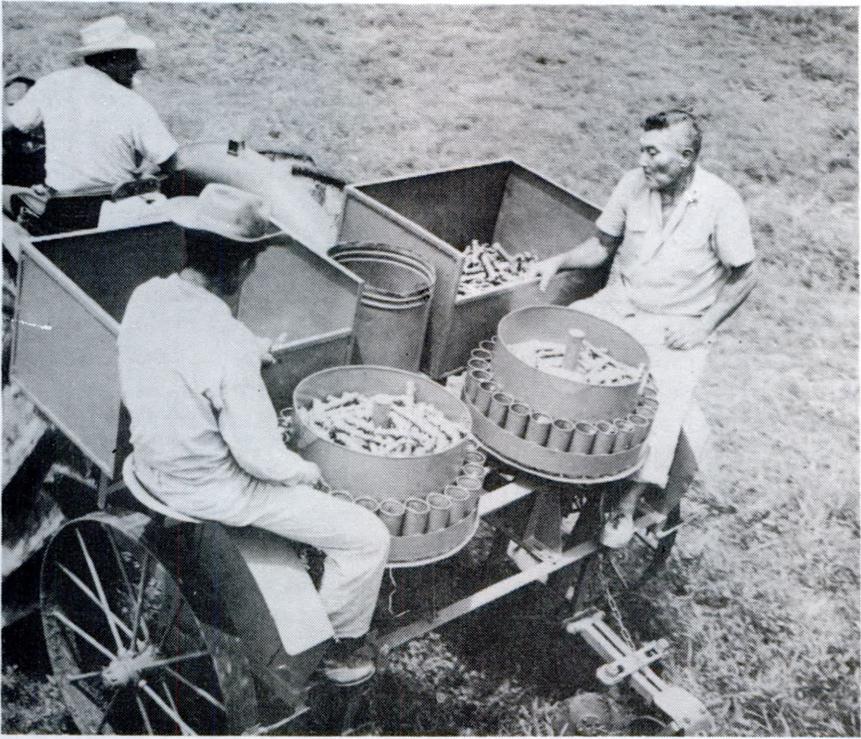


Fig. 13. Mecanización agrícola. Siembra de esquejes de yuca (Fotografía Escuela Agronomía, UCV).

En el Cuadro No. 34 se observa el consumo de fertilizantes nitrogenados. Las cifras muestran el consumo real; para su discusión se hace indispensable conocer el hipotético consumo que necesitaría cada país, datos de que no se dispone.

CUADRO No. 34. Consumo de fertilizantes nitrogenados en términos de nitrógeno (miles de ton) en países del trópico americano. Año 1973-1974. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	1973-1974	PAISES	1973-1974
Bolivia	4.8	Haití	0.7
Brasil	405.0	Honduras	14.0
Colombia	153.8	Jamaica	11.0
Costa Rica	34.0	México	531.2
Cuba	134.0	Nicaragua	35.0

(Continuación)

PAISES	1973-1974	PAISES	1973-1974
Rep. Dominicana	41.3	Panamá	16.5
Ecuador	28.7	Paraguay	1.0
El Salvador	68.0	Suriname	2.0
Guatemala	32.0	Trinidad y Tobago	7.0
Guyana	9.3	Venezuela	40.8

En general, el pequeño agricultor* depende de una agricultura de subsistencia y el mediano productor y empresario agrícola es el que desarrolla una agricultura comercial, para lo cual hace uso de mayor tecnología con los consiguientes mejores rendimientos (Cuadro No. 35).

CUADRO No. 35. Rendimiento (kg/ha) obtenido en varios cultivos según tipo de productores en Nariño, Colombia. (Fuente: Modificado por Luna, 1975).

CULTIVO	PRODUCTOR COMERCIAL	PRODUCTOR MINIFUNDISTA
Cebada	4 200	1 300
Papa	24 000	5 445
Maíz	2 200	438
Trigo	4 150	1 198

En general, el bajo nivel de tecnología se debe en parte a que la transferencia tecnológica alcanza a un bajo porcentaje de la población agrícola.

Llama la atención la enorme cantidad de resultados obtenidos mediante la investigación agropecuaria y la escasa información que llega al agricultor (Guerra, 1975).

* Bazán (1975) expone que en el Centro Agrícola Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) se define al pequeño agricultor centroamericano como aquel que trabaja una unidad productiva menor de 5 ha con poca o ninguna influencia de técnicas avanzadas y caracterizado por una alta carga familiar, baja capacidad de endeudamiento, y que en general posee un bajo nivel de vida.

ALIMENTACION Y NUTRICION

Olcese (1975) afirma que: “. . . si la alimentación adecuada y suficiente es uno de los primeros derechos humanos a respetar, entonces, toda la estrategia del desarrollo de los países de América Latina deberá diseñarse teniendo en cuenta este objetivo”.

La alimentación de los habitantes del trópico americano es una manifestación cultural. Es así como se han conservado los hábitos y dietas alimenticias de los aborígenes, las que fueron parcialmente modificadas por los colonizadores europeos. La dieta ha sido y es esencialmente vegetariana predominando el consumo de frijoles, arroz, maíz, yuca y plátano. En general, el consumo de hortalizas es muy bajo. El campesinado venezolano designa a las hortalizas “monte”, en una forma despectiva.

Recalde (1975) reconoce una zonificación geoagroalimentaria para América Latina teniendo en consideración factores climáticos y étnicos.

En relación con los países del trópico americano, las zonas geoagroalimentarias son las siguientes:

- a. *Zona de consumo del maíz*: se extiende a lo largo de la zona montañosa desde México a Perú, regiones donde se concentra la mayor densidad de población indoamericano, cuya cultura alimentaria es el maíz.
- b. *Zona de consumo del arroz*: está localizada en regiones tropicales costeras donde se produce y consume gran cantidad de arroz. También hay zonas productoras en Bolivia y Paraguay, siendo Brasil el país de mayor producción de este cereal.
- c. *Zona de consumo de raíces y tubérculos*: por una parte son zonas de clima tropical húmedo de poca altura donde la yuca o mandioca es el producto de mayor consumo. Por otra parte, las papas se producen en zonas altas desde Colombia a Bolivia principalmente. Las comunidades indígenas del altiplano Perú-boliviano, consumen la papa deshidratada que denominan chuño.

Es importante difundir el conocimiento de las plantas de cultivo originarias del trópico americano, por su valor alimenticio.

La yuca y la papa son fuentes de carbohidratos, el tomate contiene vitaminas, el aguacate y el maní son fuentes de grasas y los frijoles y el maíz proporcionan proteínas vegetales.

Entre las plantas alimenticias nativas del trópico americano la más importante es el maíz (*Zea mays*), ampliamente cultivada en regiones templadas. Los frijoles (varias especies de *Phaseolus*) son también plantas alimenticias muy populares entre los pueblos de América Latina. Las especies más importantes son *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus lunatus*. La yuca o mandioca (*Manihot esculenta*) es una planta americana de amplia distribución y consumo en la dieta como alimento fresco o deshidratado y es una gran fuente productora de carbohidratos. El camote o batata (*Ipomoea batatas*) es una importante planta alimenticia de raíz con alto contenido de carbohidratos. Varias especies de *Solanum* crecen silvestres y cultivadas por toda la región de la tierra fría y templada del trópico americano, siendo la papa el alimento más importante en Bolivia y Perú, así como la yuca lo es en Paraguay. El ñame (*Dioscorea spp.*) es un bejuco que da un tubérculo rico en carbohidratos, muy consumido principalmente en el Caribe. La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) es una raíz muy consumida en las Antillas, con alto valor en vitamina A (Montaldo, 1977; Viehoyer, 1945 y Fosberg, 1945).

Las calabazas (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo*) son plantas muy utilizadas en la dieta alimenticia de los pueblos americanos. El chayote o chayota (*Sechium edule*) es un fruto parecido a la calabaza, del que también se utilizan sus tubérculos y es muy cultivado en México, América Central y las Antillas. El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es una especie originaria de la costa occidental de Suramérica y es una gran fuente de vitaminas.

El maní o cacahuete (*Arachis hypogaea*) y la nuez de cajú (*Anacardium occidentale*) son plantas americanas productoras de grasas. El cacao (*Theobroma cacao* y especies afines) tiene gran importancia alimenticia como productora de grasas. El aguacate (*Persea americana*), es un árbol nativo de la parte norte del trópico americano y gran productor de frutos con alto contenido de grasas. La piña (*Ananas comosum*) es una de las frutas americanas más conocidas en el mundo después del tomate, es rica en vitaminas.

Con respecto al consumo de carne, leche y huevos, la América tropical es considerada una región de escaso consumo de estos productos.

En relación con el valor de la dieta del habitante del trópico americano se presentan las siguientes consideraciones: el valor energético de los carbohidratos, proteínas, grasas y alcohol corresponde a 4, 4, 9 y 7 cal/g respectivamente (Naciones Unidas — FAO, 1976 a).

En el trópico americano se considera que el adulto que se alimenta normalmente saca el 55 % de las calorías de los carbohidratos; por otra parte, el requerimiento mínimo diario por persona de proteína es de alrededor de 1/g/kg/peso del individuo. En cuanto a calorías, una persona que haga un trabajo liviano necesita 40 cal/kg/peso y 60 a 80 calorías si el trabajo que realiza es pesado.

En el Cuadro No. 36 se observa que los países que disponen de más de 2 500 cal/día/habitante en promedio, cifra suficiente para permitir una buena alimentación, son Brasil, Costa Rica, Cuba, México, Panamá y Paraguay. Sin embargo, dentro de estos países la distribución por habitante y por zonas es irregular, ya que se tienen regiones con consumos muy bajos, y en cambio hay otras regiones con consumos superiores al promedio.

CUADRO No. 36. Valor energético de la ración alimenticia (kcal) y suministro de proteínas (g) por persona y por día en países del trópico americano. Promedio 1969-1971. (Fuente: adaptado de Naciones Unidas, 1976 b).

PAISES	Kcal	Proteínas	PAISES	Kcal	Proteínas
Bolivia	1 900	46	Jamaica	2 360	63
Brasil	2 620	65	México	2 580	62
Colombia	2 200	51	Nicaragua	2 450	71
Costa Rica	2 610	66	Panamá	2 580	61
Cuba	2 700	63	Paraguay	2 740	73
Ecuador	2 010	47	Perú	2 320	60
El Salvador	1 930	52	Rep. Dominicana	2 120	48
Guatemala	2 130	59	Suriname	2 450	59
Guyana	2 390	58	Trinidad y Tobago	2 380	64
Haití	1 730	39	Venezuela	2 430	63
Honduras	2 140	56			

Colombia, Ecuador, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Perú, República Dominicana, Suriname, Trinidad y Tobago y Venezuela son países que disponen de 2 000 a 2 500 cal/día/habi-

tante, es decir que se encuentran en el límite de sus necesidades de nutrimentos. Finalmente, están los países con menos de 2 000 calorías, que son los que tienen problemas alimenticios graves como son Bolivia, El Salvador y Haití.

En el mismo cuadro se observa que la deficiencia proteica es aguda en países como Bolivia, Colombia, Ecuador, El Salvador, Haití y República Dominicana.

Este cuadro estadístico sobre consumo de proteínas y calorías corresponde a promedios nacionales, por lo que la población campesina pobre registra niveles más bajos de consumo.



Fig. 14. El agente de extensión agrícola tiene como meta ayudar a elevar el nivel de vida del campesino (Fotografía Escuela Agronomía, UCV).

Vélez (1974) sostiene que la alimentación del venezolano es deficiente en proteínas. El alimento básico de los grupos económicamente bajos consiste en cereales, azúcar y tubérculos, lo cual explica las deficiencias en proteínas, grasas y vitaminas.

Las deficiencias más frecuentes en la ración alimentaria en los países del trópico americano son: insuficiencia de proteínas animales y vegetales así como de alimentos ricos en vitamina A o caroteno. Déficit de calcio en la mayor parte de los países con excepción de aquellos de consumo de maíz en Centroamérica y México por la forma de preparar la harina, escasez de riboflavina y vitamina C.

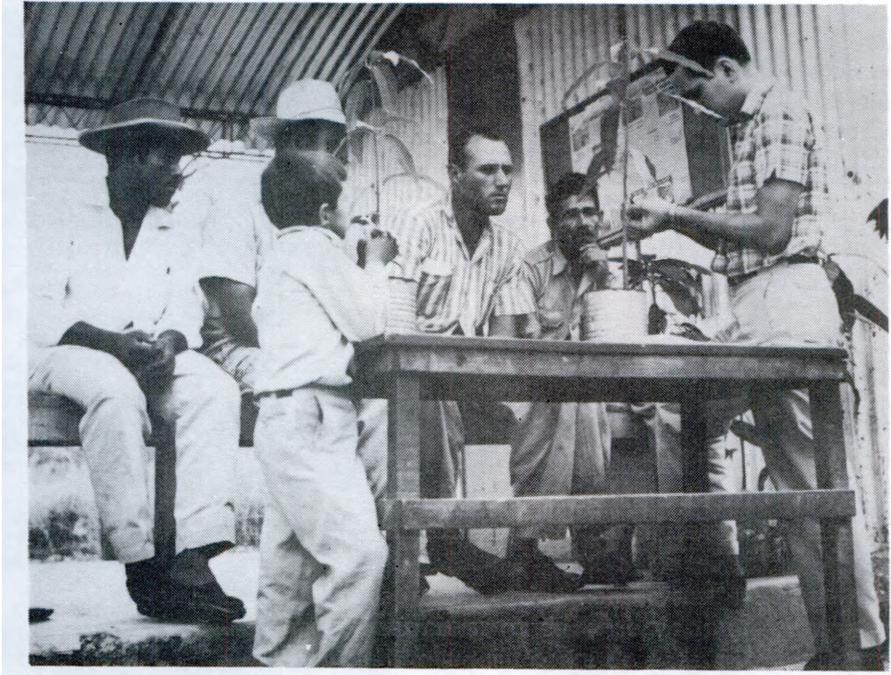


Fig. 15. Un extensionista agrícola haciendo una demostración de práctica (Fotografía Escuela Agronomía, UCV).

Los datos existentes muestran una mortalidad infantil elevada (Cuadro No. 37) que podría deberse, como lo señala Recalde (1975), a un deficiente estado de nutrición de la población, la que de esta forma es fácil presa de las enfermedades infectocontagiosas y parasitarias.

Tasas de mortalidad infantil elevadas, superiores a 60 por mil, tienen Bolivia, Colombia, Ecuador, Guatemala, México y Perú.

Las enfermedades de nutrición más frecuentes son la desnutrición proteica del niño, el bocio endémico por falta de yodo, la avitaminosis

CUADRO No. 37. Tasas de mortalidad infantil (por 1 000 nacimientos vivos) en países seleccionados del trópico americano. (Fuente: Naciones Unidas, 1972 a).

PAISES	AÑO	TASA	PAISES	AÑO	TASA
Bolivia	1966	77.3	México	1970	68.5
Colombia	1971	72.8	Nicaragua	1973	46.0
Costa Rica	1970	67.1	Panamá	1972	33.7
Cuba	1972	27.5	Paraguay	1971	38.6
Ecuador	1970	76.6	Perú	1970	65.1
El Salvador	1973	58.5	Puerto Rico	—	24.2
Guatemala	1970	88.4	Rep. Dominicana	1973	45.2
Honduras	1972	39.3	Trinidad y Tobago	1972	26.2
Jamaica	—	26.2	Venezuela	1971	50.2

sis por falta de leche y sus derivados, de frutas y hortalizas de alto contenido en caroteno y, finalmente, la anemia del tipo de nutrimentos y parasitaria.



Fig. 16. Los mangos constituyen un frutal de alto contenido vitamínico y ampliamente adaptado en áreas con más de 600 mm de precipitación (Fotografía MAC).

El estado de nutrición de la población del trópico americano, como se señaló, se caracteriza por una deficiencia proteica que repercute sobre la población infantil principalmente, lo que trae graves consecuencias sobre el desarrollo físico y mental de las futuras generaciones.

La solución a los problemas alimenticios envuelve la resolución de múltiples aspectos, que son, entre otros:

- a. El aumento de la producción de alimentos proteicos.
- b. La elevación del poder adquisitivo de los habitantes, suficiente para poder adquirir los productos que componen una dieta bien balanceada.
- c. La reducción de la tasa de infecciones parasitarias intestinales.
- d. La difusión en la población rural principalmente, de principios de buena alimentación y nutrición.
- e. El desarrollo de mayor investigación sobre alimentos.
- f. La capacitación de los profesionales y técnicos agropecuarios y pesqueros referente a los aspectos fundamentales sobre alimentación y nutrición humanas con el objeto de que participen activamente en la solución de tales problemas.

SALUBRIDAD Y VIVIENDA

El mejoramiento y desarrollo de la agricultura en el trópico americano se han visto retardados por la incidencia de enfermedades y por el bajo nivel de salubridad en que se desenvuelve su población.

La malaria o paludismo fue una enfermedad que hizo desaparecer poblaciones rurales completas en un pasado cercano. Actualmente, la carencia de alimento es, tal vez, la peor plaga que azota a las comunidades rurales.

Se afirma que en América Latina sus habitantes rurales viven en ambientes de permanente insalubridad que los afecta orgánicamente y los que sobreviven quedan con secuelas de las que no se reponen nunca.

Se estima que al menos 11 millones de niños del trópico americano, que representan el 5 % del total de la población, están mal alimentados y por lo tanto enfermos o propensos a enfermarse principalmente de escorbuto, bocio y otras enfermedades (Bengoa, 1975 a y b).

Para una región rural de Venezuela, algunos investigadores han señalado que el 33 % de los niños en edad escolar están afectados por bocio. En un estudio en áreas rurales, encontraron que el 40 % de la población sufría anemia causada principalmente por falta de hierro.

CUADRO No. 38. Proporción de médicos y enfermeras graduadas por 10 000 habitantes en países del trópico americano. Datos de los años 1969, 70, 71, 72 y 73.

PAISES	Proporción de médicos	Proporción de enfermeras
Antigua	3.2	17.7
Barbados	5.8	20.9
Belice	3.0	6.7
Bolivia	4.1	1.6
Brasil	5.2	0.9
Colombia	4.6	1.2
Costa Rica	7.0	4.6
Cuba	8.5	5.5
Ecuador	3.4	1.0
El Salvador	2.5	2.6
Guatemala	2.3	1.4
Guyana	2.5	8.5
Haití	0.8	0.8
Honduras	2.9	1.1
Jamaica	4.0	5.6
México	6.9	2.1
Nicaragua	7.0	2.4
Panamá	7.0	7.0
Paraguay	4.1	1.2
Perú	5.5	3.5
Puerto Rico	11.6	17.8
República Dominicana	5.2	0.7
Suriname	4.3	9.4
Trinidad y Tobago	4.2	28.0
Venezuela	10.3	7.3

En el Cuadro No. 38 se indica la proporción de médicos y enfermeras graduadas por cada 10 000 habitantes. Esta proporción, que en todos los casos es baja, está calculada sobre un promedio nacional, por lo que es de presumir que para el sector rural sea más baja.

Las cifras van desde 0.8 % para Haití, que representa un médico por cada 12 500 habitantes, hasta 11.6 % para Puerto Rico, país que se aleja del promedio que está en alrededor de 7 médicos por cada 10 000 habitantes.

La proporción de enfermeras universitarias graduadas en algunos países es mayor que la de médicos, pero en la mayoría es inferior. Esto se puede deber a que la carrera universitaria de enfermería es nueva ya que las escuelas más antiguas no tienen más de 30 años de fundadas.

En 14 de los 25 países con datos, la proporción de enfermeras graduadas es menor que la de los médicos; en 9 países es mayor y en 2 países es igual.

Las aldeas rurales y el campesinado tienen un nivel sanitario muy bajo, faltan cloacas y no hay agua potable para la bebida. Además, existe una escasa difusión de principios sanitarios.

Algunos indicadores de los niveles sanitarios de la región en estudio se presentan en el Cuadro No. 39.

CUADRO No. 39. Agua en tuberías y electricidad en la habitación rural de países del trópico americano. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	AÑO	AGUA	ELECTRICIDAD
Bolivia	1963	4.4	7.6
Brasil	1972	1.9	11.2
Colombia	1964	10.1	8.3
Ecuador	1962	1.9	8.5
El Salvador	1971	2.5	6.7
Guatemala	1964	1.5	4.1
Honduras	1961	2.7	1.9
Jamaica	1970	6.4	—
México	1970	17.1	27.8
Nicaragua	1971	3.1	6.9
Panamá	1970	5.5	16.0
Paraguay	1962	0.3	1.2
Perú	1961	0.8	4.2
Puerto Rico	1970	32.1	—
Rep. Dominicana	1955	1.2	2.4
Trinidad y Tobago	1966	32.3	66.0

En este Cuadro se observa que Brasil, Ecuador, Guatemala, Paraguay, Perú y República Dominicana tienen menos del 2 % de sus viviendas rurales con agua en tuberías. Puerto Rico y Trinidad y Tobago tienen valores relativamente altos en relación con el resto de los países. Los datos anteriores demuestran fehacientemente que el problema de insalubridad en las viviendas del trópico americano es alarmante.

Otro indicador de los niveles de sanidad ambiental es el servicio de alcantarillas, que se presenta en el Cuadro No. 40.

CUADRO No. 40. Porcentaje de población rural servida con sistemas de alcantarillado en países del trópico americano. Año 1973. (Fuente: Naciones Unidas, 1974 c).

PAISES	TOTAL (miles)	SERVIDA (miles)	%
Bolivia	3 500	122	3.48
Brasil	42 523	1 400	3.29
Cuba	3 522	107	3.03
Ecuador	4 068	32	0.78
El Salvador	2 322	11	0.47
Honduras	1 917	1	0.05
Jamaica	1 405	29	2.06
México	21 260	79	0.37
Panamá	811	5	0.61
Perú	6 800	12	0.17
Trinidad y Tobago	702	2	0.28
Venezuela	4 160	164	3.94
TOTAL	92 990	1 964	2.11

En el Cuadro No. 40 se observa que el promedio de población rural cuyas viviendas tienen alcantarillado es de 2.11 %, que representa casi 2 millones de habitantes de un total de 92 millones considerados en esa información. De 12 países con datos, 7 tienen menos del 1 % de la población rural que habitan viviendas con alcantarillado. Esta cifra es reveladora de las condiciones de insalubridad en que se desenvuelven los habitantes del trópico americano.

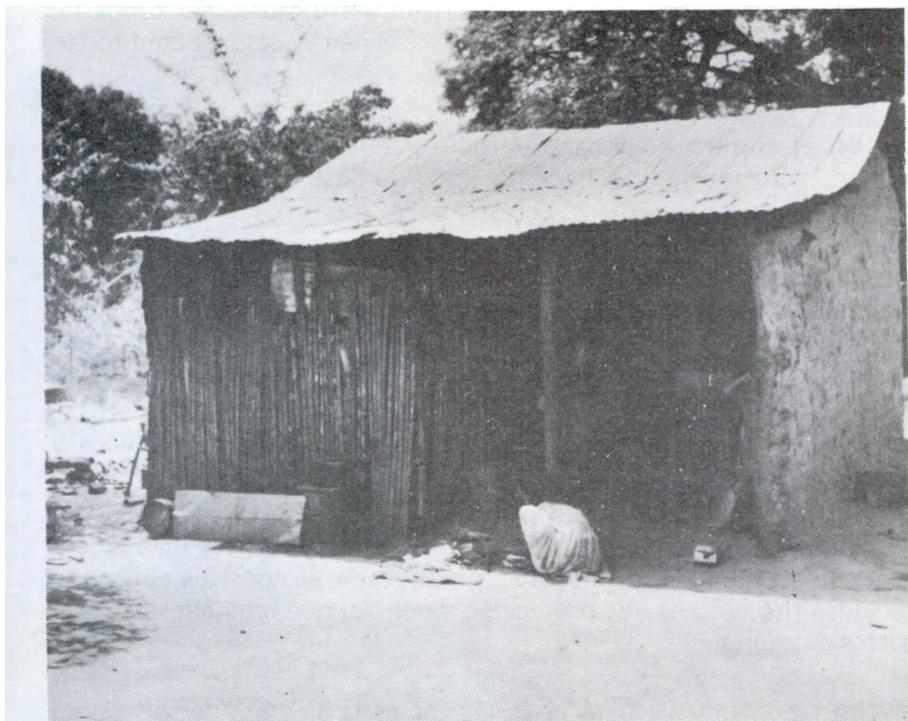


Fig. 17. Casa de habitación campesina (Fotografía Escuela Agronomía, UCV).

Una parte fundamental del saneamiento ambiental lo constituyen las condiciones de la vivienda en que habita la población.

La casa típica rural es una construcción de una sola habitación, con piso de tierra, paredes de adobe o bahareque y techo de hojas de palma. En general ofrece poco albergue a la familia campesina contra los rigores de la naturaleza y la expone a contagios y enfermedades. Constituye refugio de insectos perjudiciales para el hombre, debido a los materiales de construcción (Venezuela, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, 1969).

CAPITAL

No puede haber desarrollo agrícola si no existe una infraestructura de caminos, puentes, transporte y facilidades de mercadeo. Se estima que un 25 % del total de alimentos producidos en el trópico ame-

ricano se pierde por deficiencias de infraestructura. No todos los países disfrutan de capitales propios o tienen acceso al crédito externo para enfrentar estas necesidades.

En el trópico americano existen grandes extensiones selváticas y/o montañosas que no han sido incorporadas a la producción por falta de capitales y recursos. Por otra parte, se afirma que no debe aumentarse la superficie cultivable, sino mejorar la productividad de las tierras actualmente agrícolas. Esto no se logra sin el uso de técnicas, de insumos y recursos que requieren de capitales adecuados.

El desarrollo de la agricultura en el trópico implica mantener la fertilidad, la estructura y un buen drenaje de los suelos. Para esto se requiere consumo de fertilizantes, enmiendas, abonos orgánicos y mecanización.

El problema de reducir la competencia en los cultivos manteniéndolos libres de malezas, plagas y enfermedades se consigue aplicando medidas fitosanitarias de protección y control que también significan gastos de capital.

Lo recomendable para el agricultor es la siembra de variedades seleccionadas y la cría de ganado adecuado a las condiciones del medio. Este aspecto es muy importante para elevar la producción y necesita de una provisión oportuna de estos suministros y capital para conseguirlo.

Para las labores culturales de cultivo y un buen manejo del rebaño se necesitan maquinarias, herramientas, instalaciones, mano de obra y medidas sanitarias.

Un buen sistema de mercadeo de productos agropecuarios empieza con una oportuna salida de productos al mercado, facilidades de almacenaje, empaques, transporte y venta de ellos, todo lo cual obliga a tener una infraestructura adecuada.

Lo anterior no puede lograrse a cabalidad sino mediante el aporte de capitales (Plath, 1969).

Villamizar y Urrego (1975) estiman que el capital efectivo disponible por el pequeño agricultor oscila entre los 100 y 300 dólares para invertir en actividades de producción.

El pequeño agricultor por su poco respaldo económico difícilmente puede cambiar su tecnología e introducir nuevos cultivos ya que esto requiere créditos que para él son escasos y relativamente costosos.

Un informe preparado por FAO-CEPAL y presentado en Panamá en 1974, estima que de acuerdo con los antecedentes existentes hay una lenta e insuficiente formación de capital en la agricultura de América Latina (NU, FAO, CEPAL, 1974 a). Las razones son, entre otras, las estructuras gubernamentales inadecuadas dedicadas a promover el capital en los campos, y la desigualdad en la distribución de recursos e ingresos entre los agricultores.

Los gobiernos, aún cuando han planificado teóricamente la política de otorgamiento de créditos y ayuda técnica, en la práctica no vuelven a ésta suficiente ni adecuada. Generalmente los créditos no son oportunos, la supervisión técnica para su otorgamiento y los mecanismos de control no son los necesarios y con frecuencia no se pagan los intereses ni los créditos, no deseando los gobiernos poner en práctica los procedimientos legales que garantizarían su devolución a la entidad crediticia, para no entorpecer aún más la producción agropecuaria.

En Venezuela, como en el resto de los países del trópico americano, los agricultores tienen dos fuentes donde pueden obtener créditos: el sector público y el sector privado.

En Venezuela los créditos se solicitan al Banco Agrícola y Pecuario (BAP), al Banco de Desarrollo Agropecuario, a la Corporación Venezolana de Fomento, al Ministerio de Agricultura y Cría y a instituciones privadas, siendo los bancos agrícolas citados en primer lugar las dos principales fuentes de financiamiento del sector agropecuario.

Las fuentes de financiamiento externo para la agricultura son AID, BID, BIRF y EXIMBANK principalmente, las que en el año 1974 destinaron el 21 % de los préstamos a la agricultura, equivalente a US\$ 586 millones.

En el Cuadro No. 41 se observa las cifras correspondientes a los créditos solicitados y concedidos por el Banco Agrícola y Pecuario de Venezuela (Venezuela, Banco Agrícola y Pecuario, 1973).

CUADRO No. 41. Créditos solicitados y concedidos correspondientes a pequeños y medianos productores durante 1972 por el Banco Agrícola y Pecuario de Venezuela. (Fuente: Venezuela, Banco Agrícola y Pecuario, 1973).

	SOLICITADOS		CONCEDIDOS	
	No.	Dólares (000)	No.	Dólares (000)
Pequeños productores	36 355	55 873	27 056	58 625
Medianos productores	5 885	22 373	4 325	13 983

Los agricultores mexicanos tienen dos fuentes donde obtener créditos: del sector público, con sus dos agencias más importantes, el Banco Nacional de Crédito Agrícola y el Banco Nacional de Crédito Ejidal, y del sector privado, por intermedio de bancos y empresas agrícolas como Productos del Monte, Alimentos Heinz, y Campbell's de México (Cuadro No. 42).

CUADRO No. 42. Préstamos agrícolas y ganaderos concedidos (millones de dólares) por los Bancos Ejidal y Agrícola de México en diversos años. (Fuente: modificado de Williams y Miller, 1974).

AÑO	BANCO EJIDAL	BANCO AGRICOLA
1950	16	15
1960	100	42
1970	184	83

Campbell's de México suministró US\$400 000 en 1971 en insumos al costo y sin intereses a los agricultores que suscribieron contratos de cultivos. Productos del Monte, en 1968, dio créditos por US\$240 000, bajo contrato de siembra.

Existe bastante literatura sobre aspectos crediticios en el campo agropecuario.

William y Miller (1974) recomiendan, entre otros puntos, los siguientes:

- a. El sistema de crédito debe integrar la producción y el mercado, ya sea con su propia capacidad o mediante relaciones conjuntas con otras organizaciones.
- b. El monto del crédito debe incluir la suma suficiente para cubrir las necesidades del cliente, tanto agrícolas como personales.
- c. El monto del crédito para la producción y para prácticas de mercado, debe ser suficiente para asegurar la obtención de utilidades sobre la inversión.
- d. El sistema de créditos debe suministrar una estrecha supervisión en todas las etapas desde la primera entrega de fondos o concesiones de créditos en especies, hasta el cobro de la deuda.

RESUMEN Y SUGERENCIAS

Con el desenvolvimiento histórico de los pueblos del trópico americano, después de la colonización europea, se formaron en el campo clases sociales cuyas costumbres están imbuidas de tradiciones y supersticiones, factores que es necesario tomar en consideración cuando se pretende persuadir a un cambio de actitud hacia una agricultura tecnificada.

Para el año 1974 la población estaba constituida por 268 millones de habitantes con una densidad media de 16.3/habitantes/km² y una tasa de incremento de población de casi 3.0 %, cifra que llevaría a la duplicación de la población en sólo 25 años. La expectativa de vida en el trópico americano es inferior a Europa.

En general se observa que cerca de la mitad de la población del trópico americano es rural y alrededor del 25 % es económicamente activa.

La educación en el área está a un bajo nivel, un escaso porcentaje de la población rural es alfabeta.

El nivel tecnológico del agricultor es bajo y en parte se debe a la escasa transferencia tecnológica y a la inadecuada educación del sector rural.

La alimentación de la población rural, a pesar de las potencialidades productivas de la región, es inadecuada e insuficiente. Bolivia,

El Salvador y Haití tienen un consumo menor de 2 000 calorías por habitante-día y son los países que tienen más graves problemas alimenticios.

Los habitantes rurales del trópico americano viven en ambientes insalubres, faltan cloacas y no hay agua potable para beber.

En la mayoría de los casos los créditos no cumplen una función productiva debido a muchos factores políticos y sociales que confunden los objetivos que debe tener el recurso capital.

Se sugiere a los planificadores socioeconómicos y a los técnicos encargados de llevar al campo los procesos de transferencia tecnológica, tratar los problemas del ambiente socioeconómico de la población rural del trópico americano con comprensión y respeto a la cultura de estos pueblos. Se debe estimular y estudiar una metodología que aproveche lo positivo del hombre rural tropical americano. No hay que olvidar que las comunidades rurales forman un mosaico de culturas que tienen como base común el ambiente físico tropical; luego el problema debe enfocarse en cada situación como un caso particular.

BIBLIOGRAFIA

1. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Progreso económico y social en América Latina. Informe Anual. Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo, 1975. 470 p.
2. BARTRA, R. y E. ALCALA. El agro andino venezolano. Mérida, Universidad de Los Andes, 1969. 374 p.
3. BAZAN, R. Sistema de producción agrícola y transferencia de tecnología al pequeño agricultor. Maracay, *In* Informe Reunión técnica regional sobre transferencia de tecnología a los productores. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Cría y Fonaiap, 1975.
4. BENGGOA, J. El estado nutricional de la población latinoamericana. Roma, *In* Seminario Internazionale sull'alimentazione ed il problema proteico in America Latina. Instituto Italo-Latinoamericano, 1975 a. pp. 139-150.
5. _____ La patología en América Latina y su influencia en los problemas nutricionales. Roma, *In* Seminario Internazionale sull'alimentazione ed il problema proteico in America Latina. Instituto Italo-Latinoamericano, 1975 b. pp. 13-39.
6. COOMBS, P. ¿Qué camino debe tomar la enseñanza agrícola a partir de ahora? Roma, *In* La capacitación de los agricultores. FAO, 1972. pp. 1-7.
7. CHERRINGTON, J. La importancia de la capacitación práctica. Roma, *In* La capacitación de los agricultores. FAO, 1972. pp. 28-30.
8. FAURE, E., F. HERRERA, A. KADDOURA, H. LOPES, A. PETROVSKI, M. RAHNEMA y F. WARD. Aprender a ser. Santiago, Ed. Universitaria, 1973. 380 p.
9. FOSBERG, F. Principal economic plants of Tropical America. Waltham, Mass., *In* Plants and plant science in Latin-american, 1945. pp. 18-35.
10. GILLETTE, A. Las escuelas en el campo de Cuba: un híbrido innovador. Roma, *In* La capacitación de los agricultores. FAO, 1972. pp. 55-60.
11. GRIFFIN, K. Subdesarrollo en Hispanoamérica. Buenos Aires, Amorrortu Ed., 1972. 308 p. (Trad. del inglés).
12. GUERRA, G. Discurso inaugural. Maracay, *In* Informe Reunión técnica regional sobre transferencia de tecnología agrícola a los productores. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Cría y Fonaiap, 1975. pp. 1-4.

13. LORCA, L. Análisis de alternativas de difusión de la transferencia tecnológica en el agro y su institucionalidad. Santiago, *In Sociología del desarrollo rural*. Universidad Austral de Chile, 1976. pp. 52-67.
14. LUNA, E. La transferencia de tecnología a los productores de escasos recursos. Maracay, *In Informe Reunión técnica regional sobre transferencia de tecnología agrícola a los productores*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Cría y Fonaiap, 1975.
15. MARTENS, D. Hacia el mejoramiento de los planes de estudios de las escuelas agrícolas técnicas y de formación profesional. Roma, *In La capacitación de los agricultores*. FAO, 1972. pp. 23-25.
16. Mc CLYMONT. Enseñanza problemas sociales y desarrollo rural. Roma, *In Adiestramiento para el desarrollo agropecuario y rural*, 1975. pp. 51-57.
17. MONTALDO, A. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1977. 284 p. (primera reimpresión).
18. MOSHER, A. Creación de una agricultura moderna. México, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1973, 144 p.
19. NACIONES UNIDAS. Demographic Yearbook, 1971. 1972 a.
20. _____ Statistical Yearbook, 1974. 1975. 877 p.
21. _____, CEPAL. La situación y evolución de la agricultura y la alimentación en América Latina. Desarrollo rural de las Américas 3:5-43. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1974 a.
22. _____, FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1975. Roma, FAO, 1976 a. 161 p.
23. _____ Manual sobre necesidades nutricionales del hombre. Roma, FAO, 1976 b. 74 p.
24. _____, OIT. Anuario de estadística del trabajo 1974. Geneve, Oficina Internacional del Trabajo, 1974 b. 803 p.
25. _____, OMS, OPS. Las condiciones de salud en las Américas, Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud. Pub. Científica 287. 230 p.
26. _____, UNESCO. Statistical Yearbook 1972 b. París, 1973.
27. OBERG, K. The marginal peasant in rural Brazil. *American Anthropologist* 67 (6): 1417-1427. 1965.
28. OLCESE, O. Identificación de las limitaciones alimentarias actuales en América Latina (demografía, empleo y ecología). Roma, *In Seminario Interzional sull alimentazione ed il problema proteico en America Latina*. Instituto Italo-Latino-americano, 1975. pp. 43-49.

29. ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS. América en cifras 1974. Washington, D.C., Organización de los Estados Americanos. 1974 d. 157 p.
30. PARROT, D. Para una política global de enseñanzas agrícolas. Roma, *In* La capacitación de los agricultores. FAO, 1972. pp. 20-22.
31. PLATH, C. El desarrollo del potencial agrícola en los trópicos húmedos de la América Central. Turrialba 19 (1): 21-29. 1969.
32. POLEMAN, T. The Papaloapan Project: Agriculture development in the mexican tropics. Stanford Univ. Press. 1964.
33. RECALDE, F. La alimentación y nutrición en América Latina. Roma, *In* Seminario Internazionale sull alimentazione ed il probleme proteico in America Latina. Inst. Italo-Latinoamericano, 1975. pp. 13-39.
34. SANOJA, M. e I. VARGAS. Antiguas formaciones y modos de producción venezolanos. Caracas, Monte Avila Ed. 1974. 290 p.
35. TURK, A., J. TURK, J. WITTES y R. WITTES. Tratado de ecología. México, Interamericana, 1976. 453 p. (Trad. del inglés).
36. UNION PANAMERICANA, América en cifras. Washington, D.C. 1967.
37. VELEZ, F. Estudios acerca de la nutrición en Venezuela. Rev. venezolana del Servicio de Asistencia Social 39 (3-4): 291-309. 1974.
38. VENEZUELA, MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL. Primer seminario mundial de vivienda rural y servicios comunales. Informe. Caracas, MSAS. 1969. 264 p.
39. _____ MINISTERIO DE EDUCACION. Educación agropecuaria comercial e industrial. Caracas, Rev. Educación 145-146:87-143. 1972.
40. _____ BANCO AGRICOLA y PECUARIO. Informe Anual 1972. Caracas, 1973. 234 p.
41. VIEHOEVER, A. Food aspects in Latin America. Walthman, Mass., *In* Plants and Plant Science in Latin America, 1945. pp. 171-174.
42. VILLAMIZAR, C. y C. URREGO. Producción agrícola del pequeño campesino. Maracay, *In* Informe Reunión técnica regional sobre transferencia de tecnología agrícola a los productores. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Cría y Fonaiap, 1975.
43. WILLIAMS, S. y J. MILLER. Sistemas de créditos para pequeños agricultores; historia de casos en México. (Trad. del inglés). México, Diana. 1974. 306 p.

44. YOPO, B. Educación y transferencia de tecnología. Maracay, *In* Informe Reunión técnica regional sobre transferencia de tecnología agrícola a los productores. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Cría y Fonaip, 1975.

CAPITULO 5

SISTEMAS DE AGRICULTURA O AGROECOSISTEMAS TROPICALES

INTRODUCCION

En el trópico americano solamente un porcentaje de la tierra es cultivable y otro es apto sólo para la cría de ganado. En general, la parte húmeda tropical por encima de los 1 800 m de altura está normalmente cubierta de nubes y vegetación y es un bosque improductivo para los fines agrícolas. Entre los 800 y 1 800 m hay una zona cultivable con limitaciones, pero en su mayoría no se usa. Por debajo de los 800 m está la zona óptima para la actividad agrícola, aún cuando pueden existir limitaciones climáticas, topográficas o edáficas (Castagnino y Hooker, 1975 y Cevallos, 1975).

Para conseguir el aumento de la producción y productividad de los alimentos es necesario el desarrollo de sistemas de producción agrícola que tengan relación con las condiciones socioeconómicas del campesino de los trópicos ame-

ricanos. Este sistema debe incluir objetivos no solamente relacionados con el mejoramiento económico del campesino y su familia, sino también aspectos de vivienda, salud, educación, nutrición y nivel de vida en general (Bazán, 1975, y Naciones Unidas, 1975 y 1976).

Para el trópico americano se precisa buscar un sistema de producción que integre las técnicas agrícolas con las características del ambiente, con el fin de utilizar los recursos naturales y mantener el ecosistema a un nivel productivo sostenido y alto.

Los rendimientos promedios en la mayoría de los cultivos del trópico americano son bajos, si se comparan con aquellos obtenidos en explotaciones comerciales en las mismas áreas pero en los que se hace uso de tecnología avanzada con disponibilidades de recursos de tierra y capital.

Dubois (1970) caracteriza la investigación que se realiza actualmente en el trópico húmedo y hace hincapié en el desarrollo de sistemas integrados, estratificados con base en plantas autóctonas.

Mosher (1973) divide la agricultura en agricultura de subsistencia y agricultura comercial. En la de subsistencia cada campesino usa sólo su propia tierra y su familia como fuerza de trabajo; en una agricultura comercial cada granja utiliza y combina insumos de diversas clases, obtenidos de muchas zonas de la economía y produce un excedente de productos para llevar al mercado. El autor antes citado sostiene que la agricultura comercial se compone de labores de labranza, ayuda comercial o de asistencia técnica e investigación agrícola, y del medio agrícola compuesto por factores políticos, económicos y culturales. Entre los factores políticos se considera la participación de los agricultores en los procesos políticos de tenencia de la tierra, precios e impuestos y planes de desarrollo. En el aspecto económico, está el transporte, comercio exterior, industria y servicios nacionales. Entre los factores culturales están las tradiciones y los valores, la estructura social y la educación general.

A continuación se analizarán algunas modalidades de cultivo y finalmente los sistemas de agricultura que se desarrollan en el trópico americano.

MODALIDADES DE CULTIVO

Existen tres modalidades principales de cultivos: 1) el monocultivo, 2) el cultivo asociado y 3) el cultivo múltiple.

El monocultivo

El monocultivo consiste en la distribución espacial anual en una misma área de terreno de un solo cultivo seguido por barbecho (en el caso de cultivos de ciclo corto). Tiene la ventaja de proporcionar una alta producción neta y un gran rendimiento económico en una época del año. Las desventajas del monocultivo son una pobre utilización del espacio, maquinaria y mano de obra, una fuerte pérdida de nutri-mento, peligro de ataques intensos de plagas y enfermedades.

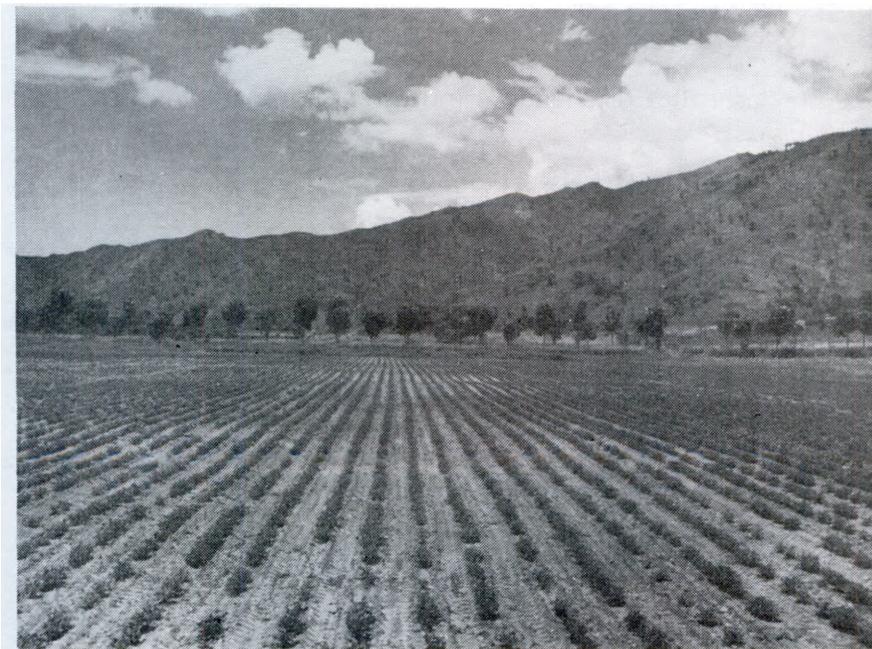


Fig. 18. El monocultivo es un sistema agrícola que disminuye la fertilidad de los suelos (Fotografía MAC).

Entre los monocultivos más frecuentes en el trópico americano están: arroz, sorgo, algodón, caña de azúcar, piña, tabaco, papa, maní, ajonjolí, café, cacao y banano.

El cultivo asociado o intercalado

El cultivo asociado o intercalado consiste en asociar dos o tres cultivos en el mismo campo en forma intercalada sobre la línea o entrelínea o simplemente al voleo. Esta modalidad puede utilizarse de las siguientes maneras: 1) un cultivo anual con otro anual, por ejemplo, maíz, sorgo, maíz y frijoles; 2) un cultivo anual con uno perenne como frijoles y caña (Brasil); y 3) uno perenne con otro perenne como café con caucho y cacao con caucho (Anderson y Williams, 1954).

En Centroamérica, los frijoles se siembran entre las hileras de caña de azúcar o los cafetos. Plantaciones comerciales de café se encuentran asociados con bananos, cítricos, cacaos o árboles maderables productores de sombra.

La base ecológica de los cultivos mixtos radica en que nunca una especie crece en cultivos puros.

En Costa Rica recomiendan intercalar en los cultivos de caucho, maíz y yuca.

Hunter y Camacho (1961) demuestran la superioridad del cultivo asociado de caucho con cacao en Costa Rica, sobre el cultivo del caucho solo, atribuyéndolo al hecho que simula un ambiente natural de vegetación con dos estratos vegetativos que se complementan teniendo una mejor utilización del espacio y los recursos.

En los Andes venezolanos las asociaciones más frecuentes se establecen entre el café y el banano, maíz y frijoles, piña y yuca, yuca y maíz y papa y hortalizas (Chávez, 1962).

Uno de los cultivos asociados más extendidos es el que componen maíz y frijoles en las hileras y calabazas en los bordes. Es la típica "chacra" en la agricultura de riego del pueblo incásico.

Para Bolivia, Tellería (1975) propone ensayar las asociaciones castaña y leguminosa, goma y leguminosa y palma africana y leguminosa.

El cultivo asociado tiene las siguientes ventajas:

- a. Reduce la susceptibilidad a las plagas y enfermedades, además de reducir los riesgos de la cosecha.

- b. Permite adaptar el cultivo a sus exigencias de luz y sombra.
- c. Permite la adaptación de la plantación a los cambios de las condiciones del suelo.
- d. En un campo reducido es posible tener gran variedad de alimentos a lo largo del año.
- e. Da cobertura total al suelo al igual que la vegetación original.
- f. Puede producir mayores cosechas totales que los monocultivos.

El cultivo múltiple

El cultivo múltiple consiste en ocupar un área de terreno por combinaciones de monocultivos y cultivos asociados asumiendo formas mixtas de asociaciones rotatorias con o sin barbecho.

Dickinson (1972) afirma que un sistema agrícola diversificado es el ideal para el trópico americano húmedo. Este autor compara este sistema con el monocultivo y concluye que el diversificado tiene las siguientes características: 1) una producción neta moderada pero sostenida en el tiempo; la diversidad de plantas de cultivo contribuye a que el campesino tenga una dieta completa y alta en energía, proteínas y vitaminas; 2) una alta diversidad de especies que permite una excelente utilización del espacio; su similitud con un ecosistema natural permite una alta estabilidad; 3) un ciclo de nutrimentos cerrado; proporciona seguridad económica al agricultor ya que las épocas de cosecha son diversas a lo largo del año y, finalmente, 4) permite que el campesino se establezca en el lugar.

Para Bolivia, Tellería (1975) propone ensayar cultivos en estratos de la siguiente forma: piña en el estrato más bajo y luego yuca, papaia o palma africana, goma y castaña en el estrato más alto.

Moreno (1975), en experimentos sobre sistemas de cultivos hechos en Turrialba, concluye que los sistemas que incluyen cultivos múltiples, asociados o mixtos fueron más eficientes en producción de alimentos y biomasa que los monocultivos, aún cuando estos fueron hechos utilizando alta tecnología.

Varios autores estiman que el cultivo múltiple es la solución para desarrollar una agricultura eficiente en áreas tropicales, ya que asegura una mejor utilización de la energía, de los suelos y un mejor retorno económico.

Bazán (1975), de las experiencias hechas por CATIE en Turrialba, concluye que los sistemas policulturales, entre los cuales se destaca frijol con yuca y frijol-yuca-maíz, son los más eficientes en producción de alimentos y biomasa que los monocultivos, aun cuando estos últimos se realicen generalmente con tecnologías avanzadas.

SISTEMAS DE AGRICULTURA

La agricultura migratoria

La agricultura migratoria o de quema y roza puede definirse como un sistema agrícola continuo de producción de cultivos anuales o perennes de corto plazo alternados con períodos de descanso (Conclín, 1963).

La agricultura migratoria es el sistema agrícola que predomina en el área del trópico americano. Ocurre tanto en las zonas bajas escasamente pobladas como en las montañas y altiplanicies densamente pobladas, no usándose herramientas de arado y fertilizantes (Petricecs, 1959).

Este sistema es la principal forma de agricultura encontrada en la Cuenca del Amazonas, que cubre alrededor del 45 % del Brasil, 70 % de Bolivia y un elevado porcentaje de Colombia, Ecuador y Perú. Además se practica en casi todas las Antillas, la vertiente atlántica de Centroamérica, la costa del Pacífico de Colombia y las sabanas y montañas de Venezuela.

Este sistema es conocido por una variedad de nombres locales tales como milpa en México y Centroamérica; conuco en Venezuela y la República Dominicana; roza o monte en Colombia; roça en el Brasil y chaco en Bolivia.

En el trópico americano las áreas pequeñas se desmontan mediante hacha o machete durante los períodos de menor precipitación y luego se queman poco antes de las primeras lluvias. Sin retirar los desechos, se plantan cultivos tales como maíz, frijoles, yuca o plátano. Campos con cultivos múltiples simultáneos son muy frecuentes. Se practica un cierto grado de deshierbe manual. Después de la primera o segunda cosecha se abandonan los campos a un rápido rebrote del monte. Este barbecho secundario crece de 4 a 10 años antes de cortarse nuevamente (Watters, 1968 y 1971).

En Costa Rica, Skutch (1950), afirma que el bosque es talado entre diciembre y enero. El breñón o renuevo se corta en febrero y en una o dos semanas el campo queda listo para la quema. Después de las primeras lluvias, de marzo a abril, se siembra el maíz con la ayuda de una macana o pala con punta de hierro usada para abrir los hoyos.

El sistema de agricultura migratoria ha operado por siglos con el propósito de obtener la subsistencia de los pobladores. Practicado de forma moderada hace poco daño a las zonas de bosques densos, debido a que el fuego no se propaga más allá de las zonas abiertas y los períodos de descanso son lo suficientemente largos como para restaurar la fertilidad del suelo a su nivel original. En las zonas de sabanas y de bosque seco el período de descanso bajo regeneración natural es menos efectivo que en las zonas de bosques.

Rappaport (1971) describe una forma de agricultura migratoria de la tribu Tsembaga en Nueva Guinea y concluye que gracias a ella esta tribu es política y económicamente autónoma.

Peters (1973) afirma que la agricultura de alto nivel tecnológico es peligrosa para el trópico húmedo. Agrega que la milpa o el conuco es el sistema más adaptado ecológicamente pero su nivel de producción es bajo y no satisface las necesidades de la población.

El cultivo migratorio no es sólo de subsistencia sino también comercial, lo que ha traído como consecuencia que los períodos de descanso sean cada vez más cortos con una baja del nivel de fertilidad. Sin embargo, hay que entender este sistema dentro de las limitaciones ambientales y sociales antes de considerar las mejoras que puedan ser hechas. Como la agricultura migratoria es practicada por pueblos que difieren en cultura y costumbres, en diferentes zonas climáticas y de vegetación y dentro de una amplia gama de condiciones de suelos, hay una gran variación en los cultivos sembrados, los métodos culturales utilizados y la intensidad del cultivo. Las principales zonas de vegetación en las que este sistema se usa son el bosque semperviente, el bosque semidecídúo y las sabanas.

Los métodos y la intensidad del cultivo son también influidos por la tenencia de la tierra y por el sistema de colonización o asentamiento posibles para los campesinos. El tipo de asentamiento influye en la densidad de la población local y, por lo tanto, en la intensidad del cultivo local.

El suelo sometido a este tipo de agricultura sufre cambios que han sido poco estudiados. Sin embargo, las pocas observaciones publicadas pueden resumirse en cambios de las propiedades físicas y químicas del suelo, como se señalan a continuación.

Propiedades físicas: temperatura y radiación. En una selva densa de Guatemala sólo el 4 % de la radiación solar llega a la superficie del suelo luego de un roce, en el primer año de un rebrote; la radiación penetrante se reduce al 35 % en comparación con las tierras despejadas vecinas. En bosques secundarios más antiguos, sólo el 5 al 10 % de radiación solar llega a la superficie del suelo. La radiación solar y los datos de temperatura sugieren que cuando se desmonta el suelo los procesos biológicos serán estimulados considerablemente, pero después del segundo año del rebrote forestal la situación vuelve a ser similar a la selva densa.

Humedad: un bosque maduro de 40 años de edad intercepta y evapora alrededor del 16 % de la precipitación total. La lixiviación por lo tanto aumenta en esa proporción al ser desmontado. La mayoría de las pérdidas por evapotranspiración afecta los horizontes superiores como resultado de un suministro no uniforme de humedad (Sánchez, 1973 b).

Propiedades químicas: acidez. Al añadir ceniza, que contiene grandes cantidades de bases, se aumenta el pH de la mayoría de los suelos después de la quema. Watters y Bascones, citados por Sánchez (1973 a), informan aumentos de 4.1 a 4.8 en los primeros 8 cm y ningún cambio bajo esta profundidad en mediciones hechas en los Andes venezolanos. Cowgillen, citado por Sánchez (1973), no observó cambios significativos del pH en suelos calcáreos del Petén en Guatemala.

En materia orgánica y nitrógeno se ha observado que aunque la quema volatiliza casi todo el nitrógeno, carbono y azufre presente en la vegetación, no disminuye el contenido de carbono y nitrógeno orgánico de la capa superior del suelo. Algunos autores han encontrado que el carbono y el nitrógeno orgánico aumentan después de la quema, posiblemente debido a la combustión incompleta de la vegetación.

En fósforo, se ha observado en Guatemala que después de quemar el fósforo extraído por el método de Bray en la capa superior de 5 cm aumenta cuatro veces, aproximadamente, y permanece al mis-

mo nivel por unos siete meses. Después de un año todavía es el doble del valor original. No se observaron cambios en el fósforo disponible en las capas más profundas. Igual cosa sucedió en suelos de Colombia y Venezuela.

Casi todo el potasio, el calcio y el magnesio en la vegetación después de la quema resultan en aumentos de potasio, calcio y magnesio intercambiable en la capa superior del suelo. Grandes pérdidas por lixiviación de potasio y magnesio ocurren durante el primer año pero las pérdidas de calcio son menores.

El alto nivel de nitrógeno orgánico que permanece en la capa superior del suelo después de la quema y las grandes cantidades de fósforo, potasio, calcio, magnesio y probablemente micronutrientes añadidos por la ceniza, aseguran que no habrá limitaciones de fertilidad para el primer cultivo sembrado en los campos recién desbrozados.

En el trópico americano los agricultores indican que los rendimientos del segundo cultivo son aproximadamente la mitad del primero y los rendimientos del tercer cultivo, si se llega a plantar, alcanzan sólo a la mitad del segundo. Los campos son abandonados generalmente cuando el rendimiento baja a la mitad del original (Popehoe, 1960).

Una parte de los campos bajo cultivo migratorio se siembra con cultivos semiperennes, tales como plátanos y papaya, antes de abandonarlos al rebrote del monte. En otras áreas se establecen potreros durante o inmediatamente después de la primera cosecha y se mantienen por algunos años, a veces sometidos a quemas anuales.

Comúnmente se observa respuesta a fertilizantes después del segundo cultivo. Urrutia, en 1967, citado por Sánchez, (1973 a), obtuvo rendimientos significativos de maíz en Guatemala, y Sánchez y Nureña (1970) con arroz en la selva del Perú con aplicaciones de nitrógeno durante el tercer cultivo consecutivo; pero ninguna respuesta se encontró al añadir fósforo y potasio en ninguno de los dos casos, a pesar de los niveles relativamente bajos mostrados por análisis de suelos. En suelos arenosos de Trinidad, la lixiviación de nutrientes es tan rápida que no es factible volver a sembrar.

La mayor parte de la agricultura migratoria se efectúa en suelos de los órdenes Ultisoles y Oxisoles.

La distribución espacial de los cultivos en la agricultura migratoria permite caracterizar las siguientes formas: 1) monocultivos seguidos de un período de barbecho; 2) cultivos asociados o intercalados; y 3) cultivos múltiples o mixtos.

Sánchez (1973 b) considera que la agricultura migratoria es un buen sistema de manejo de suelos para agricultura de subsistencia en áreas tropicales de baja densidad.

Hay sistemas de agricultura migratoria estables e inestables. El primero es posible en lugares de baja densidad de población y conserva la fertilidad del suelo. Al contrario, el sistema inestable conduce al deterioro de las áreas donde se practica.

Existen también sistemas integrales en los que la subsistencia de la comunidad se obtiene de la agricultura migratoria y sistemas parciales en que los campesinos sólo obtienen algunos de sus ingresos con cultivos comerciales.

Como norma recomendable deberá permitirse que la agricultura migratoria estable continúe lo más posible. Además deben tratar de transformarse las zonas de agricultura inestable en agricultura asentada o en plantaciones forestales.

LA AGRICULTURA DE ROTACION DE CULTIVOS

La rotación de cultivos consiste en ocupar la tierra con cultivos diferentes que vayan rotando en una forma que permita mantener la fertilidad del suelo. El uso de pastizales, principalmente gramíneas, permite, mediante el sistema radicular fasciculado, restaurar la estructura del suelo para que produzca una estructura granular, que es la más favorable para el desarrollo de las plantas. La actividad bacteriana en la vecindad de las raíces (rizosfera) causa una constante descomposición de las raicillas, en las que se producen sustancias capaces de dar estabilidad a los agregados estructurales formados por unión de las partículas del suelo por presión mecánica de las raíces. Un aumento del contenido de humus en el suelo también puede lograrse si hay una fuente de nitrógeno capaz de llenar las necesidades de este elemento, para mantener la proporción C/N. En regiones húmedas, este nitrógeno puede originarse por fijación simbiótica mediante el uso de mezclas de leguminosas y gramíneas. El período que un terreno debe estar bajo pastos debe ser suficiente para reconstituir

la estructura, darle estabilidad y acumular materia orgánica (Rappaport, 1971 y Bascones, 1955).

Debido al hecho que el cultivo continuo de un terreno con una misma especie dé como resultado una disminución en los rendimientos, se tiende a desarrollar una agricultura en la que haya una rotación de los cultivos (Chapman, 1959).

En la práctica el problema de la fertilidad del suelo se abordó mediante el cultivo alternado en diversidad de formas adaptadas a las condiciones locales de clima y suelo.

Mediante la rotación de cultivos se trata de aprovechar las tierras agrícolas disponibles tratando de mantener una cobertura productiva durante el mayor tiempo posible y a un costo mínimo de producción, aprovechando al máximo el trabajo manual de la familia campesina.

En Maracay, Venezuela, se ensaya una rotación de soya-frijoles-maíz y ajonjolí en cuatro tratamientos cuya secuencia es: 1) Soya-frijoles-maíz-ajonjolí; 2) maíz-soya-ajonjolí-frijoles; 3) frijoles-ajonjolí-soya-maíz; y 4) ajonjolí-maíz-frijoles-soya. Los autores del ensayo estiman que la mejor rotación con base en la época de siembra y rendimiento fue la de maíz-soya-frijoles-ajonjolí (Benachio y Pineda, 1975).

LA AGRICULTURA DE LAS PLANTACIONES PERENNES ARBUSTIVAS

El café y el cacao son los principales cultivos arbustivos perennes del trópico americano, de menor importancia son el caucho y la nuez de Brasil.

El desarrollo de plantaciones permanentes arbustivas tiene las siguientes ventajas: 1) una mayor estabilización de los campesinos al lugar; 2) se conserva mejor el suelo y, 3) menor riesgo que los cultivos anuales, debido a que estos arbustos pueden soportar tiempos adversos por períodos más largos.

Antes de proceder a establecer una plantación permanente es necesario estudiar la intensidad del régimen de lluvias, la posibilidad de períodos de sequía, la estructura del suelo, el crecimiento de las ma-

lezas, la intensidad de ataque de plagas y enfermedades y su distribución en el año.

Es necesario seleccionar cuidadosamente el lugar, las variedades que se plantarán y el manejo técnico de la plantación.

Esas plantaciones de café se hacen mediante la sustitución del sotobosque de áreas montañosas en el piso templado, en suelos de fertilidad moderada y con pendientes.

La práctica agrícola más importante en el control de malezas, predominantemente a escardilla, y en algún grado la fertilización y el control de plagas y enfermedades.

El cultivo de cacao se hace mediante la sustitución del sotobosque de áreas boscosas húmedas y calientes en suelos de origen aluvial, de fertilidad natural de moderada a alta y de topografía plana.

Las prácticas agrícolas son el control de malezas, deschuponado, algún grado de regadío, fertilización y control de plagas y enfermedades.

La productividad de estos ecosistemas se puede aumentar mediante la asociación de café o cacao con otros cultivos.

SABANAS Y PASTIZALES

Sabana es un ecosistema caracterizado por un régimen climático tropical de marcada estacionalidad en la precipitación y que presenta una sinusia herbácea generalmente continua de vegetación, principalmente graminoide y con frecuencia, aunque no siempre, una sinusia leñosa discontinua o en grupos de árboles, arbustos o palmas cuyas densidades de copas no sean mayores del 40 % de cobertura (Montaldo, 1978).

En el Cuadro No. 43 se observa que existen más de 350 millones de hectáreas con pastizales permanentes en el trópico americano y corresponde a Brasil alrededor de un 45 %.

Las sabanas y los pastizales naturales y artificiales se destinan principalmente a la cría de ganado bovino: en los últimos 5 años se

CUADRO No. 43. Superficie de pastizales permanentes (000 ha) en varios países del trópico americano. Datos de 1974. (Fuente: Naciones Unidas. Anuario de producción, 1975—1976).

PAISES	SUPERFICIE (000 ha)
Belice	21
Bolivia	27 200
Brasil	166 900
Colombia	17 300
Costa Rica	1 570
Cuba	2 700
Ecuador	2 200
El Salvador	670
Guatemala	900
Guyana	2 380
Haití	560
Honduras	2 000
Jamaica	220
México	67 500
Nicaragua	1 800
Panamá	1 150
Paraguay	15 000
Perú	27 120
Puerto Rico	332
República Dominicana	1 450
Suriname	10
Trinidad y Tobago	11
Venezuela	16 920

introdujeron en las sabanas nororientales de Venezuela ovinos de las razas rojo africana, persa cabeza negra y barbado barriga negra*.

Las sabanas son pastizales de pobre calidad debido a que los suelos tienen, en general, baja fertilidad, y cuando se destinan a la cría de animales no es costumbre fertilizarlos.

Las sabanas en el trópico americano se encuentran en las siguientes regiones: los llanos colombo-venezolanos; en ciertas partes de

* Comunicación personal del Ing. Agr. Guillermo García Díaz. Estación Experimental El Tigre, 1977.



Fig. 19. Un pastizal artificial bien manejado bajo condiciones de 900 mm de precipitación y riego adicional (Fotografía Escuela Agronomía, UCV).

Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Guatemala, México, Cuba, Trinidad; en las cuencas del Amazonas, Guyana, Suriname; en el Matto Grosso y en el Chaco (Mc Ilroy, 1973).

Las sabanas tienen limitaciones para la cría ganadera. En primer lugar la producción forrajera se concentra en cinco o seis meses al año y el resto del tiempo los campos se vuelven improductivos. Esta limitación no ha encontrado soluciones factibles aún cuando se han tomado medidas tales como la confección de silos, de aguadas, la introducción de especies exóticas de gramíneas y leguminosas forrajeras resistentes a la sequía, la cría estacional, la trashumancia del ganado a regiones más húmedas, la utilización de frutos comestibles de árboles sabaneros, y otros.

Otro recurso para aminorar el impacto de la sequía es mejorar el manejo de los potreros y de la masa ganadera. Se rezagan los campos

por períodos determinados y se mejora la cubierta vegetal mediante el uso de praderas artificiales y de fertilizantes. También la siembra de pastos de corte resulta un buen recurso para la época de escasez.

Para el uso de mejores reproductores, una adecuada sanidad y carga óptima en los campos redundaría en una mejor ganadería.

Los campos cultivados se originan, por lo general, del reemplazo de ecosistemas naturales, principalmente arbóreos o arbustivos por una cubierta vegetal de gramíneas.

Las especies de gramíneas más agresivas que están ampliamente distribuidas por todo el trópico americano son: pasto guinea (*Panicum maximum*), pasto pará (*Brachiaria mutica*), pasto gordura o capim melao (*Melinis minutiflora*), yaraguá (*Hyparrhenia rufa*), pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), y pasto pangola (*Digitaria decumbens*). Las especies anteriores son orinarias de Africa y actualmente están naturalizadas por toda la tierra caliente y templada, con excepción del pasto kikuyo que crece por encima de los 1 500 m de altitud y que se considera la mejor especie entre las citadas (Parsons, 1972).

El pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), el pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) son otras especies perennes de gramíneas ampliamente utilizadas para formar praderas cultivadas.

Cualquiera que sea la especie que se utilice como pastizal artificial, es importante que el agricultor haga un buen manejo de ella siguiendo un conjunto de técnicas tales como: rotación de potreros, control de malezas, riego (si es del caso), fertilización, uso adecuado de la especie, ya sea como pasto de corte o como de pastoreo directo; en este último caso debe elegirse apropiadamente la carga animal, la época y la duración del pastoreo.

Tergas (s.f.) indica las ventajas de establecer asociaciones de leguminosas y gramíneas y señala que las leguminosas forrajeras tropicales, mejoran la productividad animal con un aumento en la producción de forraje y mejoramiento de su valor nutritivo. Además, mejoran la fertilidad del suelo a través de la fijación de N atmosférico en asociación con *Rhizobium*.

El empleo de fertilizantes en pastizales debe considerar aspectos técnicos y económicos tales como fuentes, dosis, época de aplicación, efecto residual, efectividad, disponibilidad, costos y otros (Bernal, Villamizar y Loteo, 1972).

Se considera que el N es el elemento más limitante para la producción de pastos bajo condiciones tropicales según se observa en el Cuadro No. 44.

CUADRO No. 44. Producción promedio por corte de forraje seco (ton/ha) de pangola (*Digitaria decumbens*) bajo diferentes fuentes y dosis de N. Medellín, Colombia.

FUENTES DE N	kg de N/ha/corte					Promedio
	0	50	100	150	200	
Nitrato de sodio	2.3	4.9	6.6	7.1	7.8	5.7
Sulfato de amonio	2.1	4.6	5.8	6.1	6.4	5.0
Urea	2.0	4.3	5.7	5.9	6.3	4.8
Promedio	2.1	4.6	6.0	6.4	6.8	

Nota: Promedio de 25 cortes.

En el Cuadro No. 44 se observa que al aumentar la dosis de fertilizantes generalmente se obtiene un aumento notable en la producción hasta cierto límite, más allá del cual las respuestas disminuyen hasta llegar a un punto en el que aumentos de dosis de fertilizantes no producen aumentos de valor económico en la cantidad de forraje.

CUADRO No. 45. Producción de leche (kg) con pastoreo tradicional versus pasto guinea bien manejado fertilizado y sin fertilización. (Fuente: Modificado de Foster y Osorio, 1973).

Producción	Pastoreo tradicional*	Pastoreo guinea fertilizado**	Pastoreo guinea***
Por vaca por día	7.91	8.62	9.59
Por ha por día	—	31.42	8.84

* 14 vacas

** 8 vacas

*** 6 vacas

Del Cuadro No. 45 se observa que el promedio diario de producción de leche por vaca fue de 7.91 kg en pastoreo tradicional y subió a 8.62 kg con pasto guinea fertilizado y a 9.59 kg con pasto guinea sin fertilizar. Al llevar estas cifras a unidades animales por hectárea se observa la ventaja neta del pastoreo en potrero fertilizado el que sostiene aproximadamente unas 3 unidades animales por hectárea en comparación con el pasto guinea sin fertilizar que soporta menos de una unidad.

Foster y Osorio (1973) trabajando potreros con guinea bien manejado concluyeron que la producción de leche aumenta si se fertiliza la empastada.

En la mayoría de las sabanas de los llanos venezolanos hay deficiencia de fósforo como lo demuestra la baja presencia de leguminosas en los pastizales naturales. Cerca de Barinas, Venezuela, al aplicar 200 kg/ha de fosforita se aumentó la frecuencia de leguminosas nativas tales como: *Desmodium barbatum*, *Desmodium canum* y *Stylosanthes sp.* (Hutto, 1959).

Para las sabanas y los pastizales, ya sean pastizales naturales o artificiales, falta mucha investigación de carácter ecológico en el trópico americano.

Bazán, Páez, Soria y Alvin (1973) sugieren para las sabanas del llano venezolano la aplicación de un modelo de investigación basado en prácticas de manejo de los pastizales, cultivos, introducción de especies forrajeras exóticas. A este respecto Mann (1966) llama la atención sobre el peligro de reemplazar las especies nativas de la cubierta vegetal por especies introducidas, a menos que se tenga un conocimiento previo de la ecología de las especies.

Algunos de los temas posibles de abordar, son estudios autoecológicos del efecto de un factor, como por ejemplo temperatura o humedad sobre determinadas especies. Estudios de carácter sinecológico pueden ser comportamiento de las mezclas o asociaciones o comunidades en relación con el pastoreo, a los fertilizantes, al manejo diferido, y otros, pudiendo evaluarse los resultados en aumento o disminución de la composición botánica, de la dominancia, de la frecuencia de las especies, de la producción de leche o producción de carne.

SISTEMA DE CULTIVOS INTEGRADOS

El cultivo integrado es aquel que permite el establecimiento de un agroclímax con las siguientes ventajas: aprovechar las disponibilidades del ambiente en forma integral, producir un rendimiento económico y mantener la fertilidad de los suelos.

Varios autores han propuesto el desarrollo integrado de cultivos (Echeverri y Guerrero, 1975; Jolly, 1959 y 1966; Guerrero y Echeverri, 1975; Benacchio, 1975 a, b; Blanco, 1975 a, b; Reyes, 1975 y Tellería, 1975).

Los autores citados están de acuerdo en que antes de establecer un sistema de cultivos integrado es necesario establecer ensayos en los que deberían considerarse las siguientes pautas:

- a. Justificar el sistema que se desea estudiar y desarrollar, respondiendo a preguntas tales como para qué sirve o cuál es la aptitud del área.
- b. Plantearse los objetivos que se desee alcanzar. Como ayuda de lo anterior hay que establecer ensayos o investigaciones sobre aspectos ganaderos, forestales, agrícolas, industriales o mixtos. Hay que ver la factibilidad técnica y científica de desarrollo del sistema.
- c. La localización de los lugares de ensayo en áreas que sean ecológicamente representativas de la región.
- d. La disponibilidad de recursos físicos y tecnológicos.
- e. Saber quién o quiénes van a ejecutar el sistema y los procedimientos que usarán en materiales y métodos.
- f. El recurso tiempo y conocer las fechas de iniciación y término de los ensayos.
- g. El costo del desarrollo del sistema, para calcular el presupuesto del año y años siguientes.
- h. Planteamiento de preguntas en relación con el impacto que provocará el desarrollo del sistema en el medio agrícola local, regional, nacional o internacional. Es importante conocer si el sistema modificará aspectos tan importantes como: estructura social de la comunidad, empleo y desempleo, cantidad y calidad de alimentos y, en general, si permitirá elevar el nivel de vida de la población.

En Venezuela varios investigadores han ensayado el desarrollo de sistemas agrícolas en sus diversas fases, como son cultivos asociados,

en rotación, en estratos, y otros. A continuación se mencionan cinco de ellos, localizados en diferentes puntos del país.

- a. Para San Juan de Manapire con 27° C y 21.00 mm (Blanco, 1975 a):

1) pastizal nativo, 2) pastizal introducido, 3) asociación de gramíneas, 4) gramíneas nativas con pastoreo, 5) gramíneas introducidas con pastoreo.

- b. Para El Tigre con 26.3° C y 983 mm (Benacchio, 1975 b):

1) aguacate asociado con frijol, 2) aguacate asociado con piña, 3) aguacate asociado con sorgo, 4) mango asociado con frijol, 5) mango asociado con piña, 6) mango asociado con sorgo, 7) rotación sorgo-caraoa-maní, 8) rotación sorgo-maní-soya, 9) rotación maní-pasto-pasto, 10) maní (anual) y pasto de corte, 11) maní (trianual) asociado con leguminosa (Buffel y Sirato), 12) merey (*Anacardium occidentale*) asociado con Buffel y Sirato.

- c. Para Santa Bárbara del Orinoco, con 27.3° C y 2 200 mm (Blanco, 1975 b):

1) banano-plátano-frijol, 2) yuca-maíz-frijol, 3) apamate-caoba, 4) cacao-apamate-banano, 5) banano-caucho-yuca, 6) palma africana-yuca.

- d. Para Barlovento con 26.4° C y 2 100 mm (Reyes, 1975):

1) cacao asociado con banano, 2) palma africana asociada a kudzu o quinchoncho, 3) cacao asociado a yuca-maíz-frijoles, 4) cacao-caoba asociada a ocumo-maíz.

- e. Para Calabozo con 26.9° C y 1 305 mm (Benacchio, 1975 a):

1) testigo sin abono, 2) seis tratamientos de pastizales con diversas dosis de abonos, 3) diferentes asociaciones de gramíneas y leguminosas. Entre las gramíneas *Cenchrus ciliaris*, *Panicum maximum* var *trichoglume*, *Panicum maximum*, *Chloris gayana*, *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria decumbens*. Entre las leguminosas *Glycine wightii*, *Macroptilium agropurpureus*, *Alixicarpus vaginalis*, *Stylosanthes guyanensis* y *Centrosema pubescens*.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se analizan las tres modalidades tradicionales de cultivo: el monocultivo, el cultivo asociado y el cultivo múltiple.

Se analizan los sistemas de agricultura más importantes: la agricultura migratoria, la agricultura de rotación de cultivos, las plantaciones perennes arbustivas, las sabanas y pastizales y el sistema de agricultura de cultivos integrados.

Se concluye que la modalidad de cultivo más generalizada es el monocultivo. Los cultivos asociados y mixtos se están incorporando como proyectos de investigación en producción de cultivos. Los sistemas integrados estratificados no han sido muy investigados.

Se sugiere el desarrollo de sistemas agrícolas basados en el conocimiento de las condiciones socioeconómicas del campesino del trópico americano y que además mantenga el potencial productivo del área, en el tiempo.

Un estudio sistemático en el área de los diversos sistemas agrícolas en uso podría suministrar información de gran valor para orientar el desarrollo rural.

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON, E. y L. WILLIAMS. Maize and sorghum as a mixed crop in Honduras. *Annals of Missouri Botanical Garden* 41 (2): 213-215. 1954.
2. BASCONES, L. Estudio sobre la rotación de cultivos en los trópicos. *Agro (Venezuela)* 10 (36): 5-11. 1955.
3. BAZAN, R., G. PAEZ, J. SORIA y P. ALVIN. Estudio comparativo sobre la productividad de ecosistemas tropicales bajo diferentes sistemas de manejo. Maracaibo, *In Informe Reunión técnica de programación sobre investigaciones ecológicas para el Trópico Americano*, 1973.
4. _____ Sistemas de producción agrícola y transferencia de tecnología al pequeño agricultor. Maracay, *In Informe Reunión técnica regional sobre transferencia de tecnología agrícola a los productores*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Cría y Fonaiap, 1975.
5. BENACCHIO, S. y W. PINEDA. Análisis del primer ciclo de siembra de una rotación intensiva de cuatro cultivos. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 25 (1): 49-71. 1975.
6. _____ . Subproyecto Calabozo. Manaus, *In Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación en sistemas de producción para el Trópico Americano*. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975 a.
7. _____ Subproyecto El Tigre. Manaus, *In Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación en sistemas de producción para el Trópico Americano*. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975 b.
8. BERNAL, E., R. VILAMIZAR y C. LOTEQ. Factores ecológicos en la producción de forrajes. *In Curso de Pastos y Forrajes*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1972. pp. 28-68.
9. BLANCO, N. Subproyecto San Juan de Manapiare conversión de sabanas. Manaus, *In Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación en sistemas de producción para el Trópico Americano*. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975 a.
10. _____ Subproyecto Santa Bárbara del Orinoco. Manaus, *In Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación en sistemas de producción para el Trópico Americano*. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975 b.

11. CASTAGNINO, D. y R. HOOKER. Informe nacional del Perú. Manaus, *In* Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación en sistemas de producción para el Trópico Americano. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975.
12. CAVADID, J. Evaluación agronómica de pastos. Cali, *In* Décima segunda reunión del programa de pastos y forrajes y curso de metodología de investigación. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Informe 65, 1975. pp. 45-86.
13. CEVALLOS, F. Informe de Ecuador. Manaus, *In* Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación en sistemas de producción para el Trópico Americano. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975.
14. CONCLIN, H. El estudio del cultivo de roza. Washington, D.C., Unión Panamericana. Estudios y monografías 11, 1963.
15. CHAPMAN, H. Las rotaciones de cultivos en la agricultura de riego. Arroz (Colombia) 83: 12-14. 1959.
16. CHAVEZ, L. Sistemas agrarios en la producción de cereales, granos leguminosos, raíces, tubérculos y musáceas en la región de los Andes. Caracas, Dirección de Recursos Naturales Renovables, 1962. 192 p.
17. DICKINSON, J. Alternatives to monoculture in the humid tropics of Latin America. *The Professional Geographer* 24 (3): 217-222. 1972.
18. DUBOIS, J. Investigaciones sobre trópico húmedo americano. Foro. Mérida, *In* Seminario sobre ecología del trópico húmedo americano. Cidiat, 1977.
19. ECHEVERRI, R. y R. GUERRERO. Posibilidades de desarrollo de sistemas integrados de producción en los territorios amazónicos colombianos. Manaus, *In* Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación sobre sistemas de producción para el Trópico Americano. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975.
20. FOSTER, E. y J. de D. OSORIO. Producción manejo de pastos cultivados en la región sur del lago de Maracaibo. Caracas, *In* Ganadería en los Trópicos. Asociación venezolana para la crianza de ganado Cebú, 1973. pp. 533-563.
21. GUERRERO, R. y R. ECHEVERRI. Directrices sobre normas comunes de investigaciones en sistemas integrados de producción en el Trópico húmedo americano. Manaus, *In* Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación sobre sistemas de producción para el Trópico

- Americano. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975.
22. HUNTER, J. y E. CAMACHO. Some observations on permanent mixed cropping in the humid tropics. *Turrialba* 11 (1): 26-33. 1961.
 23. HUTTO, E. La importancia del mejoramiento de pastizales para la industria ganadera venezolana, *In Ganadería de los Trópicos*. Asociación venezolana para la crianza del ganado Cebú, 1973. pp. 401-410.
 24. JOLLY, A. Mixed farming in the Tropics. *Jour. Agr. Soc. of Trinidad and Tobago* 59 (2): 207-219. 1959.
 25. _____ Sistemas de agricultura en los trópicos húmedos. *Turrialba*, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1966, 18 p.
 26. Mc ILROY, R. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. México, Ed. Limusa, 1973. 168 p. (traducción del inglés).
 27. MANN, G. Bases ecológicas de la explotación agropecuaria en la América Latina. Washington, Organización de Estados Americanos. Monografía 2, 1966. 77 p.
 28. MONTALDO, P. Definiciones y clasificaciones de las sabanas americanas. Barquisimeto, *In Memorias del Quinto Congreso Venezolano de Botánica*. Universidad Centro Occidental, 1978. pp. 92-93. (Compendio).
 29. MORENO, R. Resultados preliminares de una investigación en sistemas de producción de cultivos alimenticios realizados en el CATIE. Manaus, *In Reunión Internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación sobre sistemas de producción para el Trópico Americano*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Informe 90, 1975.
 30. MOSHER, A. Creación de una agricultura moderna. México, Agencia para el desarrollo internacional, 1973. 144 p.
 31. NACIONES UNIDAS, UICN. Normas ecológicas para el desarrollo del Trópico húmedo americano. Morges, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Documento Ocasional 11, 1975. 39 p.
 32. _____, FAO. Anuario de producción 1975. Roma, FAO, 1976.
 33. PARSONS, J. Spread of african pastures grasses to the american Tropics. *Jour. Range Management* 25: 12-17. 1972.
 34. PETERS, W. Suelos y ecosistemas del Trópico húmedo. Maracaibo, *In Informe Reunión técnica de programación sobre investigaciones ecológicas para el Trópico Americano*. Informe 8. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Universidad del Zulia, 1973.

35. PETRICECKS, J. Relación entre el área y la intensidad de la agricultura migratoria en Venezuela. Mérida, Bol. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación 4:80-97. 1959.
36. POPENOE, H. Effects of shifting cultivation on natural soil constituents in Central America. Gainesville, University of Florida, 1960. 156 p. (Tesis Ph. D.).
37. RAPPAPORT, R. The flow of energy in an agricultural society. *Scientific American* 224 (3): 116-134. 1971.
38. REYES, H. Subproyecto Caucagua. Manaus, *In* Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación sobre sistemas de producción para el Trópico Americano. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Informe 90, 1975.
39. SANCHEZ, P. y N. NUREÑA. Upland rice improvement under shifting cultivation systems in the Amazon Basin of Perú. Lima, Ministerio de Agricultura y Pesquería. Informe 31, 1970. 26 p.
40. SANCHEZ, P. Fertilización con nitrógeno. *In* Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina. North Carolina, North Carolina Agr. Exp. Station. Tech. Bull. 219, 1973 a. pp. 97-136.
41. _____ Manejo de suelos bajo el sistema de roza. *In* Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina. North Carolina, North Carolina Agr. Exp. Station. Tech. Bull. 219, 1973 b. pp. 51-74.
42. SKUTCH, A. Problems in milpa agriculture. Turrialba (1): 4-6. 1950.
43. TELLERIA, W. Informe de Bolivia. Manaus, *In* Reunión internacional grupo de trabajo sobre directrices de investigación sobre sistemas de producción para el Trópico Americano. Informe 90. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975.
44. TERGAS, L. Establecimiento y manejo de praderas compuestas de asociaciones de gramíneas y leguminosas. Lima, *In* Seminario regional sobre leguminosas forrajeras tropicales. Informe 64, s.f.
45. WATTERS, R. La agricultura migratoria en Venezuela. Mérida, Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación, 1968. 136 p. (Trad. del inglés).
46. _____ La agricultura migratoria en América Latina. Roma, FAO, 1971. 342 p.

CAPITULO 6

REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS DE LOS CULTIVOS

Las plantas de cultivo que se adaptan a la región tropical de América están constituidas por variedades que tienen diversos ámbitos ecológicos de tolerancia a los factores del medio. Estas variedades alcanzan rendimientos máximos cuando sus requerimientos ecológicos son satisfechos.

Los factores ecológicos que actúan directamente sobre las plantas y los procesos en que los afectan son los que se indican en el Cuadro No. 46.

Aún cuando para las plantas los factores que cuentan son los directos, frecuentemente las exigencias ecológicas se definen con base en factores indirectos como pH del suelo, precipitación, latitud, y otros. (Cuadro No. 47).

La acción de los factores ecológicos no es siempre igual ya que

CUADRO No. 46. Factores ecológicos directos y procesos fisiológicos que afectan a las plantas.

Factores ecológicos directos	Procesos afectados
Intensidad de la luz	Fotosíntesis, transpiración y crecimiento.
Duración de la luz	Crecimiento y floración.
Temperatura	Crecimiento, floración, fotosíntesis, transpiración, respiración y translocación.
Humedad del aire	Transpiración.
Agua en el suelo	Absorción de agua y minerales, crecimiento y fotosíntesis.
Aireación del suelo	Respiración y crecimiento de raíces; absorción de agua y minerales.
Minerales en el suelo	Absorción de minerales, crecimiento y fotosíntesis.

CUADRO No. 47. Factores ecológicos indirectos y factores directos que son afectados por los indirectos.

Factores ecológicos indirectos	Factores ecológicos directos afectados
Precipitación	Agua del suelo, humedad relativa, temperatura, intensidad de luz, aire del suelo y minerales del suelo.
Viento	Temperatura y humedad del aire.
Altitud (presión)	Temperatura, luz.
Latitud	Temperatura, duración e intensidad de luz.
Textura del suelo	Aireación, agua y minerales del suelo.
Composición del suelo	Minerales en el suelo.
Pendiente del suelo	Agua y minerales del suelo.

cambian en intensidad y duración de la intensidad. Muchas veces un factor reemplaza el efecto de otro produciéndose una compensación de factores, hecho muy frecuente de observar, así como por ejemplo la mayor intensidad luminosa puede reemplazar a un fotoperíodo determinado (Billings, 1968; Daubenmire, 1964; y Ochse, Soule, Dijkman y Wehlburg, 1961 a).

AJONJOLI, SESAMO (*Sesamun indicum*)

El ajonjolí es un cultivo de amplia adaptabilidad ecológica que se extiende desde las regiones tropicales a las templadas.

En el trópico americano son México, Venezuela y Colombia los principales productores, con rendimientos promedios de 679 477 y 622 kg/ha respectivamente, cifras muy distantes de los 2 000 kg/ha obtenidos en cultivos de secano al sur de los EUA (Cuadro No. 48).

CUADRO No. 48. Ajonjolí. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (ton)
Brasil	4 500	556	2 500
Colombia	45 000	622	28 000
Costa Rica	150	533	80
Ecuador	1 600	1 438	2 300
El Salvador	2 800	1 240	3 472
Guatemala	9 000	1 022	9 200
Haití	450	556	250
Honduras	1 800	722	1 300
México	243 000	679	165 000
Nicaragua	8 050	658	5 300
Panamá	220	545	120
Perú	160	688	110
Rep. Dominicana	550	636	350
Venezuela	151 000	477	72 000

Requerimientos ecológicos

El área ecológica óptima está en regiones con temperaturas altas y húmedas en la época del ciclo vegetativo. El clima de tierra caliente

y la época de siembra oportuna es lo adecuado para esta oleaginosa a fin de que reciba suficientes lluvias bien distribuidas a lo largo de su ciclo vegetativo de unos 90 días, como podrá verse en el Cuadro No. 49 (Mazani, 1962).

CUADRO No. 49 Distribución de la lluvia (mm) y producción de semillas (kg/ha) durante el ciclo del ajonjolí en los años 1951-60 en Maracay, Venezuela. (Fuente: modificado de Mazzani, 1962).

	Días	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Hasta el comienzo de la floración	10	126	35	29	44	33	31	61	71	80	61
	20	109	64	104	13	47	79	54	52	26	74
	30	55	105	62	70	41	94	66	42	108	40
	40	31	69	8	33	72	82	13	10	54	57
	50	29	13	—	12	154	18	24	10	35	36
	60	6	22	50	90	110	20	11	13	7	42
Floración	70	—	95	21	73	70	21	2	15	20	1
	80	9	9	33	11	3	21	31	7	15	24
Maduración	90	5	28	8	10	53	75	54	1	18	51
Total (mm)		372	440	315	356	587	441	314	220	362	386
Producción (kg/ha)		1 039	1 002	1 176	914	1 636	714	857	1 511	1 004	897

Humedad: el ajonjolí sólo resiste lluvias moderadas y abundantes. Después de establecido tolera cierta sequía. Puede crecer en regiones de lluvias limitadas siempre que el suelo sea profundo.

Suelos: la planta se adapta a una gran variedad de suelos pero los prefiere francos, fértiles y con buen drenaje.

El cultivo respònde a la fertilización completa.

ALGODON (*Gossypium spp.*)

El algodón es la planta de fibra más usada y la de mayor extensión de difusión. En el Perú era conocido unos 1 000 años A.C.

En el trópico americano son Brasil, México, Colombia y Perú los principales productores (Cuadro No. 50).

CUADRO No. 50. Algodón. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (ton)
Bolivia	55	1 000	55
Brasil	2 428	695	1 687
Colombia	287	1 516	435
Costa Rica	1	1 075	1
Cuba	3	1 094	4
Ecuador	35	986	34
El Salvador	95	2 206	210
Granada	—	233	—
Guadalupe	—	600	—
Guatemala	103	3 387	350
Haití	8	400	3
Honduras	9	1 589	14
México	559	2 035	1 137
Nicaragua	182	1 992	363
Paraguay	81	815	66
Perú	142	1 634	232
Venezuela	70	1 086	76

Requerimientos ecológicos

Humedad: requiere abundante humedad principalmente desde la floración a la fructificación; el límite inferior de precipitaciones se considera entre 500 y 650 mm, salvo que se practique riego. Resiste períodos de sequía.

Temperatura: requiere climas cálidos con un período libre de heladas de por lo menos 180 días y temperaturas promedio sobre 25° C por 150 días.

Suelos: se adapta a suelos desde texturas arenosas a arcillosas y desde moderadamente ácidos a alcalinos.

En suelos Ochultic de los llanos venezolanos Avilan y Rodríguez (1973) encontraron que el N aumenta los rendimientos del algodón. Igualmente informan que los fertilizantes fosfatados produjeron in-

crementos de hasta un 25 % en relación con el testigo aplicado de 60 kg de P_2O_5 /ha.

En Sao Paulo, las respuestas promedio a aplicaciones de fósforo fueron de 290 kg/ha en suelos arenosos y de 330 kg/ha en suelos arcillosos. Grandes respuestas al azufre se tuvieron en suelos de Campos Cerrados habiéndose constatado aumentos en los rendimientos del orden del 30 %. Respuestas de rendimiento máximo se obtuvieron con 30 kg de S/ha aplicados como sulfato de calcio.

En el momento de la plantación debe fertilizarse con fósforo, potasio y un tercio de nitrógeno. Los dos tercios remanentes se aplican 2 a 3 meses después.

ARROZ (*Oriza sativa*)

El arroz es el cultivo alimenticio que ocupa uno de los primeros lugares en cantidad de producción en los países del trópico americano, Brasil, Colombia, Cuba y México son los principales productores (Cuadro No. 51).

CUADRO No. 51. Arroz. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	Superficie 000 (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (000 ton)
Belice	2	1 750	4
Bolivia	45	1 661	75
Brasil	4 378	1 557	6 817
Colombia	362	4 003	1 449
Costa Rica	66	1 621	107
Cuba	195	2 051	400
Ecuador	95	2 554	241
El Salvador	10	2 977	30
Guatemala	18	1 783	32
Guayana francesa	—	500	—
Guyana	110	2 055	226
Haití	57	3 509	200
Honduras	15	1 323	19

(Continuación)

PAISES	Superficie 000 (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (000 ton)
Jamaica	—	1 050	—
México	170	2 471	420
Nicaragua	27	3 011	82
Panamá	109	1 569	171
Paraguay	22	1 818	40
Perú	89	4 070	361
Puerto Rico	3	727	2
Rep. Dominicana	66	3 243	215
Suriname	42	3 571	150
Trinidad y Tobago	4	2 795	12
Venezuela	102	2 865	293

Requerimientos ecológicos

Se produce bajo condiciones de riego y secano, en este último caso en suelos de buena capacidad de retención de agua y con precipitaciones mayores a 150 mm mensuales. El arroz es el único cereal que puede germinar y crecer en agua o bajo condiciones sumergidas. La planta transporta oxígeno desde las hojas a las raíces y puede desarrollarse normalmente en un medio acuático.

Humedad: el cultivo requiere mucha humedad en el suelo. Algunas variedades se cultivan en suelos inundados durante la mayor parte del ciclo vegetativo que fluctúan de 3 a 5 meses. Los campos inundados deben drenarse una o dos semanas antes que madure el grano.

Temperatura: necesita una temperatura relativamente alta superior a 21° C durante todo su ciclo vegetativo. En las latitudes extra-tropicales el mayor ámbito de las temperaturas diurnas favorece un mayor crecimiento y rendimiento.

La temperatura óptima media oscila entre 19 y 37° C, según sean variedades de clima templado del grupo japonica o tropicales del grupo indica.

Suelos: requiere suelos arcillosos y pesados o suelos con una capa dura en el subsuelo. La pérdida de agua a través de estos suelos es pequeña y no se pueden usar otros cultivos que requieran un sistema radicular más profundo (Litzenberg, 1974).

Suelos con alto contenido de sodio no son adecuados para la producción. El arroz se da mejor en suelos ligeramente ácidos.

Ponnamperuma (1975) informa sobre las limitaciones causadas por microelementos en suelos ácidos arroceros en diversas partes del trópico principalmente por Fe, Mn y Zn, en arroz de riego.

Fertilizantes: el arroz responde al nitrógeno excepto en suelos recientemente desmontados. Con las variedades indicas de alta estatura se obtienen respuestas aplicando 30 a 60 kg N/ha. Plantas de baja estatura responden positivamente a dosis más altas y producen rendimientos mayores. Rendimientos de 5 000 a 7 500 kg/ha se obtuvieron con variedades, tales como la IR-8 con dosis de 90 a 180 kg/ha de N en condiciones de secano en Costa Rica (Sánchez, 1973).

Elevados rendimientos con dosis de 60 kg de P_2O_5 /ha se obtuvieron para arroz de secano en Sao Paulo, Brasil.

Varios estudios se han efectuado sobre potasio y la respuesta ha sido muy poca o nula.

BANANOS, PLATANOS (*Musa spp.*)

Los bananos constituyen uno de los cultivos más ampliamente difundidos dentro del trópico americano como plantación casera o comercial. Es un alimento barato y rico en carbohidratos, aproximadamente un 23 % (Cobley, 1965 y García, 1968).

Brasil, Ecuador y Costa Rica son los principales países productores de bananos del trópico americano (Cuadro No. 52).

CUADRO No. 52. Banano. Superficie plantada (ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1972-1973. (Fuente: modificado de Naciones Unidas, 1974).

PAISES	Superficie (000 ha)	Producción (000 ton)
Bolivia	10	225
Brasil*	280	10 471
Costa Rica	41	1 400

(Continuación)

PAISES	Superficie (000 ha)	Producción (000 ton)
Ecuador*	181	3 512
Guatemala	60	550
Haití	15	180
Jamaica	30	183
México	29	394
Paraguay	8	250
Perú*	71	919
República Dominicana**	20	290
Trinidad y Tobago	1	8
Venezuela***	51	997

* corresponde a datos de 1971-1972.

** se refiere a la producción de guineos.

*** se refiere a la producción de cambures.

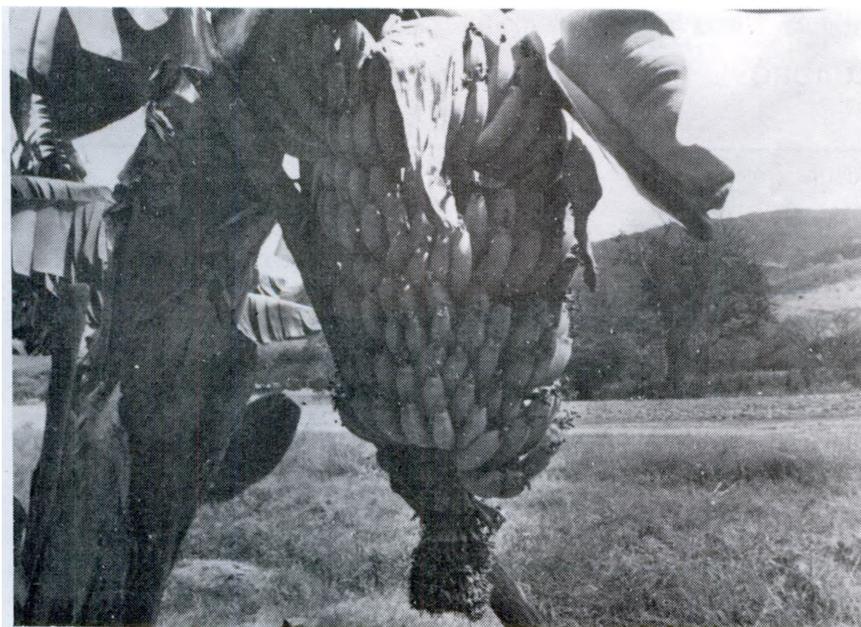


Fig. 20. El cambur o banano es un alimento básico en la dieta del campesino tropical americano (Fotografía MAC).

Requerimientos ecológicos

Humedad: la precipitación óptima para el cultivo del banano es de alrededor de 1 300 mm al año, bien distribuidos. Es importante que la época de plantación coincida con el comienzo de la época húmeda.

En las plantaciones de banano cuando se presenta una estación seca como sucede en la parte septentrional de Honduras, meridional de Jamaica, y ciertas áreas de Colombia, entre otras, se practica riego.

La escasez de humedad causa la maduración prematura de las plantas y frutos mal desarrollados y formados.

Temperatura: la mayor parte de las áreas donde se cultiva el banano tiene una temperatura mínima media sobre 15.4° C. Observaciones generales indican que una temperatura media de menos de 21° C causa retardo en el desarrollo de la planta. Bajas temperaturas afectan la madurez de la inflorescencia. En zonas tropicales el ciclo vegetativo desde la plantación hasta la maduración del racimo se demora nueve meses o menos y en latitudes subtropicales el período se prolonga hasta 18 meses. La altitud por efecto de las temperaturas también afecta la época de madurez (Cuadro No. 53).

CUADRO No. 53. Influencia de la altitud sobre el período de crecimiento, en banano en Martinica.

Altura (msnm)	0 – 450	600 – 1 200	1 300 – 2 100
Caída de la temperatura (° C)	0	2	5
Meses hasta la inflorescencia	6 – 7	9 – 10	11 – 13

Viento: vientos de más de 40 km por hora, si son frecuentes, afectan seriamente las plantaciones de banano; conviene en algunos casos colocar cortinas cortavientos.

Suelos: los bananos requieren suelos de texturas ligeras que faciliten el drenaje y sean bien aireados. Además el suelo debe ser profundo y preferentemente aluvial ya que las plantas tienen un enraizamiento muy superficial.

CACAO (*Teobroma cacao*)

Los mayas fueron los primeros en cultivar esta planta americana. Brasil, Ecuador, México y Venezuela son los principales países productores de cacao en el trópico americano (Cuadro No. 54).

CUADRO No. 54. Cacao. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (ton)
Bolivia	2 800	536	1 500
Brasil	410 300	478	196 000
Colombia	58 000	397	2 300
Costa Rica	32 400	216	7 000
Cuba	2 600	500	1 300
Dominica	400	250	100
Ecuador	300 000	200	60 000
El Salvador	400	750	300
Granada	5 000	520	2 600
Guadalupe	400	200	80
Guatemala	1 800	444	800
Guyana	7 300	41	30
Haití	1 500	2 333	3 500
Honduras	300	1 000	300
Jamaica	4 300	512	2 200
Martinica	200	500	100
México	72 400	373	27 000
Nicaragua	2 500	252	650
Panamá	3 200	156	500
Perú	4 000	500	2 000
Rep. Dominicana	70 000	500	35 000
Santa Lucía	500	200	100
Suriname	200	500	100
Trinidad y Tobago	20 000	200	4 000
Venezuela	72 000	292	21 000

Requerimientos ecológicos

Humedad: El cacao requiere una precipitación media anual superior a 1 500 mm, no soporta una estación seca de más de tres me-

ses. Sin embargo en Choroní, Venezuela, que tiene una estación seca superior a los tres meses se compensa por riego.

Las plantaciones de cacao necesitan un período seco al año para que su cultivo se efectúe en buenas condiciones. Muchos autores estiman que es esencial la existencia de un corto período de escasez de humedad para tener un desarrollo máximo. El cacao tiene poca resistencia a la sequía; sus estomas se cierran al comenzar a escasear la humedad lo que perjudica el crecimiento y desarrollo (Brandeau, 1975).

Se afirma que el cacao florece prematuramente y produce más flores cuando la escasez de humedad es mínima. Una lluvia uniforme de no más de 87 mm al mes produce una floración uniforme y una fructificación continua durante el año, mientras que, una estación seca pronunciada, trae como consecuencia un máximo de producción en un período determinado (Hardy, 1961).

Temperatura: la temperatura media anual óptima es de alrededor de 25° C y no debe ser inferior a 21° C. La media de las mínimas diarias no debe ser inferior a 15° C y la mínima absoluta no caer de 10° C.

En los períodos en que la temperatura se eleva sobre los 26° C se producen los brotes foliares siempre que vayan acompañadas con las máximas oscilaciones diarias. La floración se reduce, si las temperaturas diarias son inferiores a 23° C.

Luz: en Trinidad el índice de máximo crecimiento de los troncos se obtiene durante los dos primeros años para cacaos que reciben el 50 % de la luz total. Lo ideal es que la sombra disminuya hasta que los árboles dejen pasar al menos al 75 % de la luz total.

En el cacao, la sombra causa una disminución de la temperatura media máxima y un aumento de la temperatura media mínima, por lo tanto se reduce la oscilación diaria de la temperatura. Mediciones en Trinidad mostraron que la sombra redujo el ámbito diario de 11.8 a 8.3° C. La sombra igualmente baja el grado de transpiración de los árboles de cacao. En La Lola, Costa Rica, la temperatura de las hojas de cacao expuestas a la luz solar completa es de alrededor de 47° C y las que tienen sombra de 28° C por lo que existe una diferencia de 19° C entre ellas. Esta diferencia da como resultado un aumento considerable en el grado de transpiración de las hojas expuestas al sol.

Suelos: el cacao se adapta a los más variados tipos de suelos. Prefiere suelos de texturas arenociliosas, bien aireados y de buen drenaje. El pH óptimo es de 6.5 y soporta valores inferiores a 5 y superiores a 8. Prefiere suelos de profundidades mayores a 1 m, de acuerdo con las condiciones de pluviometría del lugar.

Alvim (1977) indica que en Brasil, en suelos de baja fertilidad relativa, como Vermelhao, Colonia e Itaituba las plantaciones de cacao no pueden establecerse sin aplicaciones de cal y fosfato.

CAFE (*Coffea arabica*)

Las áreas más importantes de producción de café en el mundo se encuentran en la América tropical, principalmente en Brasil. La región productora brasilera está localizada en una gran meseta.

Brasil, Colombia, México y Venezuela son los países productores más importantes de café del trópico americano (Cuadro No. 55).

CUADRO No. 55. Café. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. (Fuente: Naciones Unidas, 1975).

PAISES	Superficie (00 ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (000 ton)
Bolivia	16.5	842	13.9
Brasil	2 600.0	623	1 620.0
Colombia	820.0	637	522.0
Costa Rica	95.0	900	85.5
Cuba	50.0	540	27.0
Ecuador	212.0	290	61.5
El Salvador	146.2	957	139.9
Guadalupe	0.1	1 438	0.2
Guatemala	265.0	521	138.0
Guyana	1.4	429	0.6
Haití	30.0	1 100	33.0
Honduras	103.0	428	44.0
Jamaica	4.2	286	1.2
Martinica	0.5	1 200	0.6
México	329.0	636	210.0

(Continuación)

PAISES	Superficie (000 ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (000 ton)
Nicaragua	83.2	500	41.6
Panamá	22.4	214	4.8
Paraguay	7.5	800	6.0
Perú	127.9	333	42.6
Puerto Rico	51.0	235	12.0
Suriname	1.0	400	0.4
Trinidad y Tobago	10.0	181	1.8
Venezuela	272.0	221	60.0

Requerimientos ecológicos

Humedad: la precipitación óptima fluctúa entre 1 500 y 1 800 mm anuales bien distribuidos durante todo el año. Ligeras sequías favorecen la floración del cafeto. Plantaciones bajo regadío en Kenia, Africa, han incrementado sus rendimientos entre 60 y 80 %.

En algunas regiones de Colombia la distribución de la precipitación permite obtener dos cosechas de café al año, una en otoño y la otra en primavera.

Una buena distribución estacional de la precipitación y un período corto de sequía favorecen el crecimiento. El período seco parece favorecer el crecimiento de las raíces, la iniciación floral y la madurez de los frutos (Maestri y Santos, 1977).

Las laderas de las montañas son favorables para la producción de café debido a que la lluvia y las fluctuaciones de la temperatura son mayores. Para el café arábigo una elevación de 500 m es a menudo el límite inferior altitudinal y los 2 000 m el límite superior.

Temperatura: la temperatura óptima para el café arábigo es de alrededor de 24° C y el florecimiento, y en consecuencia el rendimiento de los frutos, se promueve con fluctuaciones diarias de temperatura. En general se estima que la temperatura media óptima tiene un ámbito entre 20 y 25° C.

Las temperaturas bajas afectan la producción de café, así como las temperaturas mayores de 30° C, especialmente si el aire es seco: la

transpiración aumentada, deshidrata los tejidos y el follaje se marchita.

Luz: sobre la cantidad de luz que deben recibir las plantas de café, Costé (1975) informa que se han realizado ensayos sobre el efecto de la sombra en el rendimiento, en varios países como El Salvador, Guatemala, Colombia, Puerto Rico y Brasil y que han dado como resultado un aumento del rendimiento en las plantaciones expuestas a pleno sol (Cuadro No. 56).

CUADRO No. 56. Producción de café que se obtuvo en cinco estaciones del Instituto Agronómico de Campinas, Brasil, en parcelas sombreadas y expuestas al sol. Rendimiento medio de cinco cosechas consecutivas. (Fuente: modificado de Costé, 1975).

Estaciones	PRODUCCION		Aumento de producción al sol (%)
	A la sombra	Al sol	
Campinas	155	279	180
Jarí	49	206	420
Mococa	85	182	314
Pindorama	30	203	677
Ribeira Preto	6	147	2 450

Suelos: el café necesita suelos de texturas medias y profundas. Un ejemplo de su excelente desarrollo radicular sucede en los suelos de Brasil donde sus buenas condiciones físicas compensan el bajo nivel de fertilidad.

CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar es un cultivo plurianual que Papadakis (1960) denomina de ocupación total porque sus sistemas radiculares llenan todo el suelo.

Brasil, Cuba, México y Colombia son los principales países productores en América tropical (Cuadro No. 57).

CUADRO No. 57. Caña de azúcar. Superficie cosechada (ha), rendimientos (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. (Fuente: adaptado de Naciones Unidas, 1975).

PAISES	Superficie (000 ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (000 ton)
Bahama	2	43.3	65
Barbados	17	56.9	956
Belice	13	57.3	745
Bolivia	47	44.0	2 050
Brasil	2 000	47.5	95 000
Colombia	367	49.9	18 315
Costa Rica	40	57.3	2 300
Cuba	1 600	37.5	60 000
Dominica	—	20.0	4
Ecuador	100	88.0	8 800
El Salvador	38	64.4	2 450
Granada	—	30.0	9
Guadalupe	27	40.8	1 102
Guatemala	55	71.8	3 950
Guayana francesa	—	50.0	5
Guyana	55	75.4	4 150
Haití	75	47.5	3 580
Honduras	48	27.0	1 300
Jamaica	62	62.9	3 920
Martinica	8	48.7	380
México	574	64.7	37 174
Nicaragua	36	57.3	2 054
Panamá	26	55.6	1 433
Puerto Rico	50	65.7	3 252
Rep. Dominicana	149	63.4	6 481
Paraguay	40	32.5	1 300
Perú	55	167.4	9 215
Suriname	3	76.0	190
Trinidad y Tobago	38	50.2	1 531
Venezuela	75	76.5	5 748

Requerimientos ecológicos

Humedad: El cultivo de la caña de azúcar puede producirse tanto de secano, si hay suficiente humedad, como de regadío si tiene por lo

menos 1 200 mm. La planta necesita agua en su fase de establecimiento para el desarrollo de las yemas nuevas.

La producción de azúcar se incrementa si en el tiempo de la maduración se produce un período leve de sequía.

Temperatura: la caña de azúcar requiere un ambiente cálido, libre de frío. La temperatura mínima absoluta para el crecimiento de la caña es de alrededor de 12° C. Temperaturas menores paralizan la germinación. La mejor temperatura para el encepamiento es alrededor de 32° C. Se ha demostrado que un escaso crecimiento ocurre a 21° C.

Se ha comprobado que las noches frías son determinantes en la acumulación de sacarosa en la planta y que durante el período de maduración debe existir una gran oscilación diaria de temperatura.

Luz: la floración de la caña se inicia cuando la longitud del día llega a las 12 horas 25 minutos (Coleman, 1959).

Suelos: la caña de azúcar requiere suelos que en los primeros 50 a 70 cm sean de textura franca, franco arenosa, franco arcillosa o franco arcilloarenosa.

Fertilización: la aplicación de 90 kg de P_2O_5 /ha, ha resultado en un aumento promedio en el rendimiento de 40 ton/de caña/ha en suelos del estado de Sao Paulo que se habían fertilizado una sola vez con fósforo.

En Venezuela se ha demostrado que los mejores rendimientos se obtienen cuando el nitrógeno se aplica dentro de los 4 primeros meses (Gómez, 1975). Se recomienda de 120 a 150 kg/ha para plantilla y para soca entre 180 y 200 kg de N/ha.

En Venezuela cuando el suelo indica que tiene menos de 13 ppm de fósforo (Olsen) la planta siempre responde a una dosis entre 120 y 200 kg de P_2O_5 /ha. Cuando el análisis de suelo indica menos de 15 ppm de potasio (fotometría), generalmente hay respuesta a una dosis de 120 a 200 kg de K_2O /ha. Más de 18 ppm no se recomienda aplicar en Venezuela.

CAUCHO, JEBE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis*)

El caucho obtenido de *Hevea brasiliensis* es una de las gomas naturales más importantes del mundo siendo su origen la América Tropical y su mayor área de difusión comercial y desarrollo: Indonesia y Malasia (León, 1968).

En América se ha continuado la explotación de árboles silvestres aun cuando existen numerosas plantaciones artificiales. En su área de origen este árbol está limitado por enfermedades al follaje que no existen en los países Orientales.

Requerimientos ecológicos

El caucho, el jebe y la seringueira requieren una precipitación de alrededor de 1 900 mm anuales bien distribuidos pero con una estación de sequía. Su crecimiento es más rápido en sitios bajo los 200 m (Oschse, Soule, Dijkman y Wehlburg, 1961 b).

Humedad: el cultivo del caucho está confinado a regiones húmedas. Se ha establecido que el mínimo anual de precipitación en Indonesia es de 1 500 mm bien distribuidos y que prefiere promedios entre 2 500 y 4 000 mm.

La planta de caucho es muy sensitiva a la sequía, bota la hoja cuando se produce un período seco.

Temperatura: las temperaturas óptimas son los promedios que caracterizan las tierras bajas y cálidas del trópico americano.

Suelos: debido al extenso sistema radicular así como a la elevada demanda de oxígeno asociado con el alto índice de respiración, los mejores suelos para caucho deben ser profundos, fértiles y permeables (Moraes, 1977). El ámbito del pH va desde 4 a 8 pero el óptimo va de 5 a 6.

Se ha demostrado que los fertilizantes son necesarios para mantener un elevado rendimiento (Moraes, 1977).

COCOTERO (*Cocos nucifera*)

El cocotero es una especie esencialmente tropical en su distribución.

Requerimientos ecológicos

Humedad: el cocotero necesita una precipitación entre 1 300 y 2 300 mm anuales con meses sobre 130 mm o tener una capa freática cercana, en compensación a una menor precipitación del lugar (Murray, 1977). La humedad relativa del aire debe alcanzar de 80 a 90 % anual. Sin embargo, el cocotero crece también en buenas condiciones en lugares con humedad relativa baja como los alrededores de Coro, Venezuela, (Fusagri, 1976).

Temperatura: la temperatura media anual óptima está entre 27 y 28° C. El promedio de oscilación diaria debe ser de alrededor de 7° C. A temperaturas medias bajo los 21° C el cocotero no florece.

En Florida, la región de mayor latitud donde crece el cocotero con éxito, la temperatura media es alrededor de 24.7° C; el mes más frío tiene 19.8° C y el más caliente tiene 27.5° C. Períodos cortos de bajas temperaturas no detienen la producción del cocotero si no caen bajo los 10° C (Fremond, Ziller De Nuce De Lamotte, 1975).

Luz: esta palmera necesita plena luz. Se calcula que unas 2 000 horas de luz al año es lo mínimo.

Suelos: el cocotero necesita un suelo aireado y bien drenado con una profundidad mínima entre 80 y 100 cm. Requiere un pH entre 5 y 8 y no soporta índices elevados de sodio.

En Venezuela se recomienda abonar con sulfato de amonio, de 0.5 a 1 kg/planta, desde la siembra al comienzo de la producción (Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría, 1969).

FRIJOLES, CARAOTAS, POROTOS (*Phaseolus spp.*)

Los frijoles ocupan el segundo lugar en superficie plantada después del maíz, en el trópico americano.

Esta planta constituye la principal fuente de proteína vegetal, contiene de 20 a 25 %, lo que la hace un alimento muy nutritivo.

Requerimientos ecológicos

Los frijoles tienen un amplio ámbito de tolerancia a los factores humedad y temperatura. Ortega (1967) sostiene que en Venezuela las caraoatas son cultivos adaptados a regiones relativamente altas, entre 500 y 1 500 m, con temperaturas medias entre 18 y 24° C y una buena distribución de la lluvia durante el ciclo vegetativo, sin excesos de humedad que producen el desarrollo de enfermedades fungosas.

Suelos: se recomiendan suelos de texturas francas, bien drenados y profundos, que tengan por lo menos de 60 a 100 cm (para compensar la inseguridad de las lluvias) para que las raíces tengan humedad a profundidad.

Fertilizantes: los requisitos de nitrógeno de los frijoles van de 60 a 150 kg de N/ha.

En Sao Paulo los frijoles cultivados en suelos que han recibido una fertilización anterior generalmente responden a la fertilización con fósforo. En Costa Rica los frijoles respondieron a la fertilización con fosfato en estudios realizados en tres tipos de suelos.

En diversos estudios efectuados en Brasil sólo el 10 % respondió al potasio.

MAIZ (*Zea mays*)

El maíz, grano nativo de América, es el cultivo alimenticio que ocupa el segundo lugar en cantidad producida en América tropical y el primer lugar en área sembrada.

El maíz contiene un 71 % de carbohidratos y un 9.5 % de proteína.

Requerimientos ecológicos

Humedad: el maíz requiere humedad durante todo el ciclo vegetativo. Un período seco durante el crecimiento afecta los rendimientos. El período más crítico es durante la antesis y la polinización, siendo también crítico el período de formación del grano.

Para evitar la falta de humedad se recomienda sembrar variedades de período corto. Conviene sembrar en suelos profundos con gran capacidad de almacenamiento de humedad; lo anterior es importante ya que la planta emite raíces hasta 1 y 1.5 m de profundidad.

Temperatura: las diferentes variedades de maíz poseen un ámbito amplio de tolerancia a la temperatura.

Suelos: requiere suelos fértiles y bien drenados. Necesita suelos con fertilización completa, además de azufre, calcio y magnesio. El cultivo es también sensitivo a deficiencias de Zn y Bo.

El ámbito óptimo de pH va de 5.5 a 8.0; esta planta es muy sensible a la acidez de intercambio especialmente de los iones libres de aluminio que resultan de él (Rojas, 1976).

El maíz responde positivamente a dosis de N entre 60 y 150 kg de N/ha. Los suelos de Campos Cerrados, Brasil, generalmente son deficientes en fósforo y los rendimientos del maíz son bajos si no se les agrega. En la región de Sao Paulo la aplicación de 80 kg de P_2O_5 /ha, a suelos sin fertilización previa aumentó los rendimientos de maíz aproximadamente en un 100 %.

Los rendimientos de maíz aumentaron en un 25 % con la aplicación de sulfato de calcio en suelos de Campos Cerrados en Brasil.

ÑAME (*Dioscorea spp.*)

Los ñames se cultivan extensamente en el área del Caribe.

Se cultivan rizomas comestibles de las especies *Dioscorea alata*, *D. bulbifera*, *D. cayenensis* y *D. trifida* y, *D. alata* es la principal especie que se cultiva en el trópico americano.



Fig. 21. Los ñames se cultivan extensamente en las Antillas (Fotografía Escuela Agronomía, UCV).

Requerimientos ecológicos

Humedad: Los cinco primeros meses del desarrollo constituyen un período crítico, ya que requieren abundante humedad. *Dioscorea alata* necesita al menos, una precipitación anual de 1 500 mm.

Temperatura: la temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre 25 y 30° C. Temperaturas bajo los 20° C no son convenientes.

Suelos: los ñames requieren suelos orgánicos, profundos, bien drenados y fértiles.

Fertilizantes: Cross, en Trinidad, citado por Montaldo (1977), recomienda una dosis de 200 kg de sulfato de amonio, 200 kg de superfosfato triple y 120 kg de cloruro de potasio por hectárea.

Chapman, en Trinidad, citado por Sánchez (1973), encontró que la época de aplicación de nitrógeno afectó los rendimientos. Cuando se aplicaron 120 kg de N/ha como sulfato de amonio a la siembra los rendimientos bajaron, pero cuando se aplicó la misma dosis tres meses más tarde los rendimientos aumentaron un 50 %.

PALMA DE ACEITE O PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*)

La palma de aceite es una planta cuyo tallo alcanza entre los 20 y 25 m de altura y está coronado de largas hojas pinadas. Los mayores centros de producción en el trópico americano están en Brasil.



Fig. 22. La palma africana o de aceite bien cultivada alcanza una de las más altas producciones del Trópico Americano (Fotografía MAC).

Requerimientos ecológicos

La palma de aceite necesita climas cálidos y húmedos.

Humedad: para el caso de Africa y Sumatra se considera óptimo a una precipitación anual de por lo menos 1 500 mm bien distribuidos, aceptando de dos a tres meses precipitaciones bajo los 100 mm (Surne y Ziller, 1969).

Martín citado por Ojeda (1973) afirma que para Venezuela, el riego de la palma africana debe aportar un equivalente a 150 mm por mes en zonas con una precipitación mínima de 1 400 mm.

Se consideran favorables las zonas donde la humedad relativa media mensual sea superior a 75 % .

La escasez de humedad afecta los rendimientos induciendo a la formación de la inflorescencia masculina como opuesta a la femenina.

Temperatura: la palma africana está confinada a cultivarse en tierra caliente. La temperatura óptima fluctúa entre 25 y 28° C siempre que la media mínima no baje de 18° C (Ferwerda, 1977). Una temperatura de 15° C durante varios días provoca la detención del crecimiento en las plántulas.

Luz: la insolación óptima es la que alcanza un mínimo de 1 500 horas al año. Hartley (1967) sostiene que la palma africana necesita una insolación diaria de cinco horas por lo menos en la mayoría de los meses del año.

Suelos: necesita suelos profundos y de texturas francas. Soporta el exceso de agua en el suelo e incluso inundación de corta duración. La reacción óptima del suelo se da para pH de 5.0 a 6.0. También se desarrolla en suelos con pH 4.2 en que no prospera casi ningún otro cultivo. Sin embargo, en Yaracuy, Venezuela, existen plantaciones comerciales en suelos con pH entre 7.0 y 8.0 (Venezuela, Consejo de Bienestar Rural, 1963).

PIÑA (*Anana comosus*)

Es una planta originaria del trópico americano, de amplia distribución en las zonas tropicales y que se usa tanto para consumo fresco como para industria.

Requerimientos ecológicos

Humedad: la piña soporta períodos de sequía y en las últimas fases del desarrollo la falta de humedad acelera la floración. Aunque esta planta es resistente a la sequía y crece en regiones semiáridas, un riego frecuente o una lluvia son necesarios para una producción óptima (Py, 1969).

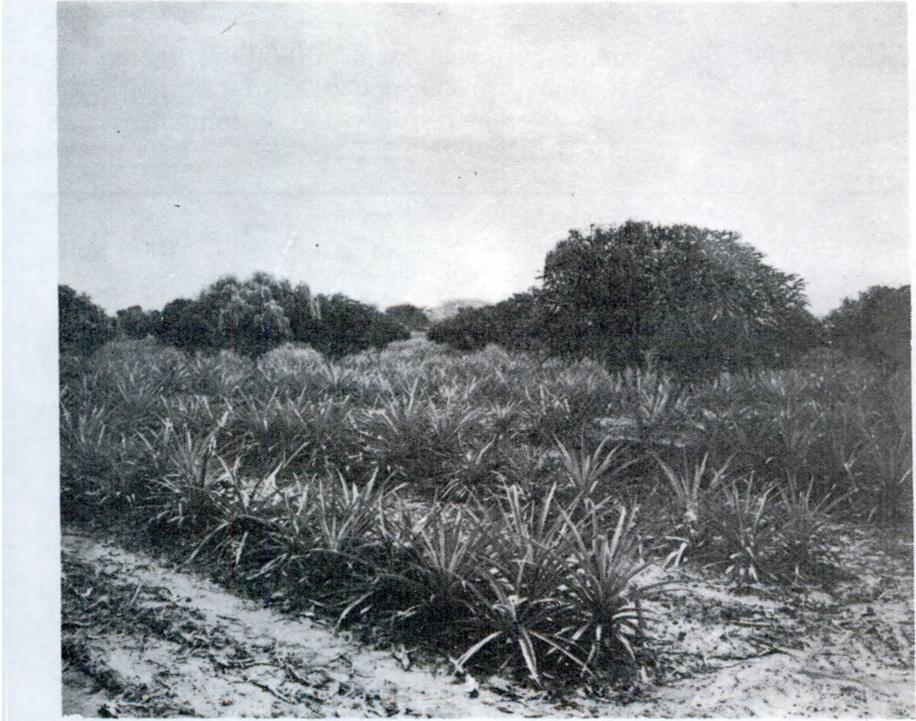


Fig. 23. La piña es una planta americana que requiere suelos bien drenados y soporta un período de sequía (Fotografía Escuela Agronomía, UCV).

Temperatura: se ha informado que bajo 20° C, el crecimiento de la planta de piña se reduce y que los períodos de baja temperatura afectan la calidad del fruto. Sin embargo, el cultivo de la piña es posible y provechoso donde el período de la maduración coincida con la estación favorable de altas temperaturas; Collins (1960) informa éxitos en el cultivo de la piña en Centroamérica a 1 555 msnm.

SORGO (*Sorghum bicolor*)

El grano de sorgo es un alimento energético que contiene almidón en un 70 % y se utiliza para alimentación animal.

El sorgo es el tercer cereal en importancia después del maíz y el arroz en el trópico americano. México, Brasil, Colombia y Haití son los principales países productores en el trópico americano (Cuadro No. 58).

CUADRO No. 58. Sorgo. Superficie cosechada (000 ha), rendimiento (kg/ha) y producción (000 ton) en países del trópico americano. Año 1975. (Fuente: Naciones Unidas, FAO, 1976).

PAISES	Superficie (000 ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (000 ton)
Brasil	230	2 100	483
Colombia	134	2 500	335
Costa Rica	9	2 041	18
Cuba	1	1 100	1
El Salvador	131	1 114	146
Guatemala	35	1 000	35
Haití	220	1 000	220
Honduras	35	1 086	38
México	1 190	2 773	3 300
Nicaragua	63	1 435	90
Paraguay	5	1 326	6
Perú	8	2 954	22
Rep. Dominicana	5	3 617	17
Venezuela	63	1 199	75

Requerimientos ecológicos

Humedad: el sorgo tolera sequías cortas. Está adaptado a regiones con precipitaciones limitadas por el buen desarrollo del sistema radicular, que le permite aprovechar en forma efectiva el agua del suelo. Se desarrolla bien en regiones que tienen desde 4 a 6 meses de lluvia anual.

Temperatura: requiere temperaturas más altas que el maíz y soporta grandes calores.

Suelos: se adapta a una gran variedad de suelos desde los arenosos a los de texturas pesadas pero de buen drenaje. Es tolerante a suelos salinos y alcaninos.

TABACO (*Nicotiana tabacum*)

El tabaco es una planta originaria del trópico americano, ampliamente cultivada incluso en regiones templadas.

Brasil, Cuba, México y República Dominicana son los principales países productores de tabaco en el trópico americano (Cuadro No. 59).

CUADRO No. 59. Tabaco. Superficie cosechada (ha), rendimiento (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. (Fuente: adaptado de Naciones Unidas, FAO, 1975).

PAISES	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (ton)
Bolivia	1 800	1 167	2 100
Brasil	235 400	960	22 600
Colombia	28 300	1 730	48 960
Costa Rica	2 000	1 300	2 600
Cuba	57 500	809	46 500
Ecuador	1 600	1 069	1 710
El Salvador	1 100	1 727	1 900
Guadalupe	35	1 429	50
Guatemala	3 640	1 519	5 530
Guyana	150	1 200	180
Haití	3 400	735	2 500
Honduras	3 500	1 229	4 300
Jamaica	1 000	1 300	1 300
México	39 700	1 798	71 400
Nicaragua	1 260	1 917	2 415
Panamá	1 175	862	1 013
Paraguay	20 000	1 300	2 600
Perú	5 400	963	5 200
Puerto Rico	1 500	2 026	3 059
Rep. Dominicana	30 550	1 227	37 500
Trinidad y Tobago	272	1 055	287
Venezuela	9 500	1 520	14 436

Requerimientos ecológicos

Humedad: el cultivo del tabaco requiere precipitaciones entre 500 y 1 000 mm bien distribuidos durante la estación de crecimiento, que va de 4 a 5 meses. Las lluvias suaves y escasas lo benefician durante el período de madurez y cosecha; necesita una humedad atmosférica baja después de la cosecha y durante el proceso del curado de las hojas para obtener un producto de calidad.

Temperatura: la temperatura óptima varía entre 20 y 30° C pero tolera hasta 35° C.

Para el tabaco son importantes las temperaturas nocturnas durante el período vegetativo. Temperaturas bajas durante la noche adelantan la florescencia y disminuyen el número de hojas. Una temperatura alta y continua retarda la florescencia.

Luz: el tabaco es una planta neutra en relación con la longitud del día. Una excepción es la variedad gigante de Maryland que es del tipo de día corto.

Otros requerimientos: no acepta regiones ventosas.

Suelos: los suelos deben ser bien drenados y moderadamente fértiles, ni muy ácidos ni muy alcalinos. Hay diversas variedades de tabaco que requieren ciertos tipos de suelos. Así, el tabaco para cigarro soporta bien los suelos francos sin perder su calidad, mientras que los tipos curados artificialmente crecen mejor en los suelos arenosos, y los curados al aire libre crecen mejor en suelos franco limosos derivados de calizas.

Para el tabaco un suelo fértil con buena provisión de agua produce hojas delgadas y poco aromáticas y estas condiciones están presentes generalmente en suelos franco arenosos. Suelos arcillosos por lo general producen hojas gruesas, con mucha resina y aroma.

YUCA, MANDIOCA, GUACAMOTE, TAPIOCA (*Manihot esculenta*)

La yuca es la planta comestible que se produce en mayor cantidad en todo el trópico americano. Posee raíces comestibles ricas en carbohidratos (33 %).

Brasil, Colombia, Paraguay y Ecuador son los principales países productores en América tropical (Cuadro No. 60).

CUADRO No. 60. Yuca. Superficie cosechada (ha), rendimientos (kg/ha) y producción (ton) en países del trópico americano. Año 1974. (Fuente: adaptado de Naciones Unidas, FAO, 1975).

PAISES	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (000 ton)
Barbados	—	26 175	1
Bolivia	19	14 086	270
Brasil	2 196	13 661	30 000
Colombia	165	8 000	1 320
Costa Rica	2	6 455	14
Cuba	35	6 737	238
Ecuador	59	9 200	543
El Salvador	1	12 166	15
Guadalupe	—	10 333	3
Guatemala	3	2 840	7
Guayana francesa	1	6 774	4
Guyana	1	13 091	14
Haití	33	4 108	137
Honduras	5	8 000	40
Jamaica	5	2 962	15
Martinica	—	20 000	3
Nicaragua	4	4 186	18
Panamá	5	8 957	41
Paraguay	80	13 918	1 108
Perú	30	8 996	266
Puerto Rico	1	3 462	5
Suriname	—	6 786	2
Trinidad y Tobago	—	12 000	5
Venezuela	38	8 553	352

Requerimientos ecológicos

La yuca requiere un clima cálido; sin embargo crece en regiones subtropicales siempre que no tengan heladas. En la tierra templada crece hasta los 1 500 m de altitud aproximadamente.

Humedad: la yuca es una planta relativamente resistente a la sequía por lo que constituye un cultivo muy beneficioso en climas con períodos alternos de lluvia y sequías.

La yuca crece muy bien cuando el suministro de humedad es el adecuado y se vuelve latente en períodos secos. Como es una planta perenne puede permanecer como un cultivo de ocupación permanente y cosechándose las raíces cuando se necesitan. Sin embargo, la yuca debe cultivarse como un cultivo anual que produzca raíces entre los 9 y 12 meses después de la plantación en el caso que la humedad se mantenga (Litzenberger, 1974).



Fig. 24. La yuca es uno de los grandes recursos alimenticios del Trópico americano, en zonas de más de 900 mm de precipitación y menos de 5 meses de sequía (Fotografía Escuela Agronomía, UCV).

Temperatura: Cereghelli, citado por Montaldo (1977), indica que la temperatura óptima para el cultivo de la yuca es de 20° C. Agrega que la temperatura puede llegar a los 30° C pero no bajar de los 10° C.

En Maracay (Venezuela) situado a 10° 30' de latitud N, con temperatura media anual de 24.4° C, una máxima media de 31° C y una mínima media de 18.8° C se obtienen rendimientos de 10 a 15 ton/ha.

Suelos: la yuca requiere suelos profundos, con buen drenaje. Aún cuando se adapta a suelos de variada fertilidad necesita fertilizantes (Montaldo, 1979).

Un estudio realizado en Colombia mostró que una aplicación de 45 kg de N/ha y 45 kg de P_2O_5 /ha aumentó los rendimientos en dos y media veces. En general, la yuca responde muy bien a la aplicación de fertilizantes.

Indira y Hrishi (1976) determinaron en India que suelos con más de 2 000 ppm de Na Cl afectan el engrosamiento de las raíces tuberosas. Ngongi, Howeler y Mac Donald (1976) en ensayos hechos en sabanas colombianas concluyeron que el rendimiento en raíces aumenta con la fertilización potásica y que la dosis de 120 kg de K_2SO_4 /ha es la más conveniente.

Howeler, Cadavid y Calvo (1976) demuestran, para oxisoles de los llanos colombianos, que la alta presencia de aluminio en estos suelos es un factor negativo que interfiere en la producción.

Luz: la yuca crece bien a plena luz. Es una planta típica de fotoperíodo corto.

El Cuadro No. 61 indica la relación entre el rendimiento de las raíces y los distintos fotoperíodos.

CUADRO No. 61. Peso de las raíces reservantes de yuca, a la cosecha por planta (kg) en seis cultivares bajo diverso fotoperíodo (horas). (Fuente: Bolhuis, 1966).

Cultivar/horas	10	10 + 2	10 + 4	10 + 6
Basiorso	550	610	166	55
Betawi	548	1 105	160	158
Bogor	330	380	520	185
Mangi	415	690	65	0
Sao Paulo	560	590	244	55
Sao Pedro Preto	1 110	643	268	260

El Cuadro No. 61 muestra que 10 + 2 (10 horas de luz natural más 2 horas de luz artificial) es el período más favorable de iluminación. Además se observa que el rendimiento baja con 14 y 16 horas.

RESUMEN

Información básica sobre la ecofisiología de los cultivos tropicales es esencial para desarrollar técnicas que ayuden a aumentar los rendimientos. Se conoce poco a nivel del trópico americano y es necesario investigar más.

Algunos de estos cultivos son considerados como plantas del tipo C-4, de alta tasa de fotosíntesis, alto aprovechamiento de la radiación luminosa y adaptadas a niveles altos de temperatura.

Las temperaturas, principalmente las mínimas y el óptimo, son ámbitos que caracterizan estos cultivos y los adaptan geográficamente, tanto en altitud como en latitud.

Los cultivos deben adaptarse a las diversas intensidades luminosas de las zonas de acuerdo con su índice de área foliar óptimo que tiene relación con las densidades de plantación.

No solamente es importante conocer el total de la precipitación que cae sobre un campo de cultivo sino también su distribución estacional. Excesiva humedad trae consigo problemas fitosanitarios y de anegamiento de suelos.

A veces, como en el caso del cacao y el café, se requiere que ocurran períodos de sequía de corta duración, los que contribuyen a aumentar la producción en cantidad y calidad.

Poco se ha publicado sobre los requerimientos en fertilizantes de los cultivos tropicales y en parte se debe a que no pueden generalizarse fórmulas ni dosis; la nutrición vegetal es un proceso multiacondicionado con variables todavía poco estudiadas en el ambiente tropical.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVIM, P. Cacao. New York, *In Ecophysiology of Tropical crops*. Alvim y Koslowski editores, Academic Press, Inc. pp. 1977.
2. AVILAN, L. y A. RODRIGUEZ. Fertilización de algodón y maíz en las sabanas altas de Barinas. *Agronomía Tropical* 23 (2): 149-158. 1973.
3. BARTHOLOMEW, D. y S. KADZIMIN. Pineapple. New York, *In Ecophysiology of Tropical crops*. Alvim y Koslowski editores. Academic Press, Inc., 1977. pp. 113-156.
4. BILLINGS, W. Las plantas y el ecosistema. México, Agencia Internacional para el Desarrollo, 1968. 168 p.
5. BOLHUIS, G. Influence of length of the illumination period on root formation in cassava (*Manihot utilissima* Pohl). *Netherlands Jour. Agr.* 14: 251-254. 1966.
6. BRANDEAU, J. El cacao. Barcelona, Ed. Blume, 1975. 297 p.
7. COBLEY, L. An introduction to the botany of tropical crops. Longmans, 1965. 357 p.
8. COLEMAN, R. Factors involved in the flowering of sugar cane (*Saccharum spp.*). Amsterdam, *In Congress international Society of Sugar cane technologists*, Honolulu, 1959. pp. 805-813.
9. COLLINS, J. The pineapple. London, Leonard Hill. 1960, 294 p.
10. COSTE, R. El café. Barcelona, Ed. Blume, 1975. 285 p.
11. DAUBENMIRE, R. Plants and environment. New York, John Wiley and Sons, 1964. 422 p.
12. FERWERDA, J. Oil Palm. New York, *In Ecophysiology of Tropical crops*. Alwin y Koslowski editores, Academic Press, Inc., 1977. pp. 351-382.
13. FREMOND, Y., R. ZILLER y M. DE NUCE DE LAMOTTE. El cocotero. Barcelona, Ed. Blume, 1975. 236 p.
14. FUSAGRI. Coco. Venezuela, Fundación para el agricultor. Serie A 40, 1976. 93 p.
15. GARCIA, R. El cultivo del plátano y el banano. *Rev. Cafetera (Colombia)* 17 (143): 85-98. 1968.
16. GOMEZ, F. Caña de azúcar. Caracas, Fondo nacional de investigaciones agropecuarias, 1975. 669 p.
17. HARDY, F. Manual de cacao. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961. 439 p.
18. HARTLEY, C. The oil palm. London, Longmans Green, 1967. 706 p.

19. HOWELER, R., F. CADAVID y F. CALVO. La interacción de cal con fósforo y elementos menores en la producción de yuca en oxisoles en los llanos orientales de Colombia. *Rev. Fac. de Agronomía (Venezuela)*. Alcance 24, 1976. (Compendio).
20. INDIRA, P. y N. HRISHI. Efectos de la salinidad en el crecimiento de las plantas y en el engrosamiento de las raíces tuberosas de yuca. *Rev. Fac. de Agronomía (Venezuela)*. Alcance 24, 1976. (Compendio).
21. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 487 p.
22. LITZENBERGER, S. Guide for field crops in the tropics and subtropics. Washington, D.C. Agency for International Development, 1974. 321 p.
23. MAESTRI, M. y R. SANTOS. Coffee. New York, *In Ecophysiology of Tropical crops*. Alvim y Kozlowski editores. Academic Press, Inc., 1977. pp. 249-278.
24. MAZZANI, B. Mejoramiento del ajonjolí en Venezuela. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría, 1962. 127 p.
25. MONTALDO, A. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1977. 284 p. (primera reimpresión).
26. _____ La yuca o mandioca. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979. 236 p.
27. MORAES, V. Rubber. New York, *In Ecophysiology of Tropical crops*. Alvim y Koslowski editores. Academic Press, Inc., 1977. pp. 315-331.
28. MURRAY, D. Coconut Palm. New York, *In Ecophysiology of Tropical crops*. Alvim y Koslowski editores. Academic Press, Inc., 1977. pp. 383-407.
29. NACIONES UNIDAS, OEA. América en cifras. 1974. Washington, D.C., Organización de los Estados Americanos, 1974. 157 p.
30. _____, FAO. Anuario de producción 1974. Roma, 1975.
31. _____ Anuario de producción 1975. Roma, FAO, 1976.
32. NGONGI, A., R. HOWELER y H. Mac DONALD. Efecto de fuente de potasio y ratas de aplicación en el crecimiento, producción y composición de la yuca. *Rev. Fac. de Agronomía (Venezuela)*, Alcance 24, 1976. (Compendio).

33. OCHSE, J., M. SOULE, M. DIJKMAN y C. WEHLBURG. Tropical and subtropical agriculture. New York. The Mc Millan Co. Vol. 1, 1961 a. 760 p.
34. ——— Tropical and subtropical agriculture. New York, The Mc Millan Co. Vol. 2, 1961 b. pp. 761-1446.
35. OJEDA, E. Crecimiento hasta el cuarto año de la palma africana bajo condiciones de riego en los llanos occidentales. Maracay, Agronomía Tropical (Venezuela) 23 (5): 475-494. 1973.
36. ORTEGA, S. Zonificación del cultivo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en Venezuela. Maracay, Agronomía Tropical (Venezuela 17 (3): 153-161. 1967.
37. PAPADAKIS, J. Geografía agrícola mundial. Barcelona, Salvat Ed., 1960. 649 p.
38. PONNAMPERUMA, F. Limitaciones de microelementos en suelos ácidos arroceros tropicales. *In* Manejo de suelos en la América tropical. Bornemisza, E. y A. Alvarado editores, 1975. pp. 336-353.
39. PY, C. La piña tropical. Barcelona, Ed. Blume, 1969. 278 p.
40. ROJAS, E. Crecimiento, desarrollo y productividad de cultivos I. Mérida, Cidiat, 1976. 92 p. (multigrafiado).
41. SANCHEZ, P. Fertilización con nitrógeno, North Carolina, *In* Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina. North Carolina Agr. Exp. Station Tech. Bull. 219, 1973. pp. 97-136.
42. SURNE, C. y R. ZILLER. La palmera de aceite. Barcelona, Ed. Blume, 1969. 231 p. (Trad. del francés).
43. VENEZUELA, CONSEJO DE BIENESTAR RURAL. La palma africana de aceite. Caracas, Consejo de Bienestar Rural, 1963. 359 p.
44. ———, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA. Guía agrícola 68. Caracas, Min. de Agr. y Cría, 1969. s.p.

ANEXOS

ANEXO I**ABREVIATURAS MAS COMUNES USADAS EN EL TEXTO**

° C	: grados centígrados
cal	: caloría
CIC	: capacidad intercambio catiónico
cm	: centímetro
EUA	: Estados Unidos de América
g	: gramo
h	: hora
ha	: hectárea
IAF	: índice de área foliar
kg	: kilogramo
kcal	: kilo-caloría (10^3 cal)
km	: kilómetro
l	: litro
m	: metro
min	: minuto
mm	: milímetro
msnm	: metros sobre el nivel del mar
ppm	: parte por millón
s	: segundo
ton	: tonelada (10^3 kg)

ANEXO 2

GLOSARIO

- Abiótico:** se refiere al ambiente, la parte abiótica está formada por los factores no vivientes.
- Acción:** es el efecto de un componente no viviente sobre la parte viviente en un sistema.
- Acidez:** contenido de iones hidrógeno de una solución que se expresa por un valor en la escala pH.
- Aerobio:** se refiere al medio que contiene o recibe oxígeno.
- Agricultura migratoria:** sistema de agricultura primitiva que consiste en cultivar un área durante dos o tres años con mano de obra familiar para abandonarlo luego al rebrote por un período de seis a diez años.
- Agroecosistema:** ecosistema creado por la acción del hombre sobre el ecosistema natural y que tiene como finalidad la obtención de productos agrícolas, ganaderos y/o forestales manteniendo la fertilidad de los suelos.
- Albedo:** relación entre la cantidad de luz visible reflejada por un cuerpo y la cantidad de luz que incide sobre él.
- Alelopatía:** es el efecto detrimente que se produce entre plantas superiores a través de la producción de retardantes químicos que escapan al ambiente.
- Ambiente:** es la suma total resultado de todas las condiciones o factores externos que actúan sobre un organismo.
- Anaerobio:** se refiere al medio que carece de oxígeno.
- Arquitectura:** es el conjunto de características anatómicas y morfológicas del ecosistema; es la distribución y orden de las partes de un ecosistema.
- Autoecología:** estudia la ecología de un organismo o especie individualmente.
- Autótrofo:** dicese del ser vivo que elabora sus propios alimentos a partir de sustancias inorgánicas simples, lo que ocurre con las plantas que poseen clorofila.
- Asociación:** para el caso de la asociación vegetal se refiere a una comunidad de plantas de composición florística determinada que vive bajo condiciones ambientales relativamente homogéneas.
- Biocenosis:** conjunto de todos los seres vivos que viven en un área determinada.
- Bioma:** comunidades de seres vivos en regiones naturales o en áreas determinadas de características definidas.

- Biomasa:** peso seco total de los organismos presentes por unidad de superficie o de volumen.
- Biosfera:** dentro del planeta tierra, la capa de tierra, agua y aire donde habitan seres vivos.
- Biota:** conjunto de seres vivos de un país, región o localidad que comprende los animales y las plantas del área.
- Cadena trófica o alimenticia:** se denomina así a la relación trófica que existe entre los seres vivos que componen un ecosistema, mediante la cual se transfiere la energía de un organismo a otro.
- Caloría:** cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14.5 a 15.5° C.
- Cardonal:** formación vegetal compuesta principalmente de plantas suculentas dominadas por "cardones" y que se desarrolla en zonas semiáridas.
- Clímax:** etapa de una sucesión vegetal en la que sus comunidades se mantienen relativamente estables y se perpetúan indefinidamente.
- Coacción:** se llama así a las interrelaciones en los organismos vivientes en un ecosistema.
- Competencia:** se produce competencia cuando dos especies o poblaciones viven en un mismo medio, obtienen los mismos alimentos y comparten una misma área.
- Competencia interespecífica:** la competencia que se efectúa entre plantas de diferentes especies.
- Competencia intraespecífica:** la competencia que se efectúa entre plantas de la misma especie.
- Comunidad:** es la agrupación más o menos compleja de organismos vivientes que tienen mutuas relaciones entre sí y con el resto del ambiente.
- Contaminación:** alteración o deterioro que afecta negativamente el equilibrio natural o el estado de sanidad de seres vivientes y no vivientes.
- Contaminantes:** sustancias o compuestos que afectan negativamente el ecosistema.
- Descomponedor:** organismo que descompone la materia orgánica hasta convertirla en sustancias simples, elementos minerales.
- Día-grado:** una medida de temperatura que corresponde a la diferencia entre las temperaturas medias diarias y una temperatura determinada.
- Dominante:** se dice de la o las especies que controlan la comunidad por su forma, número o volumen.
- Ecosistema:** sistema de interacción que comprende los organismos vivos junto con el hábitat no vivo.
- Estímulo:** es lo que entra o se agrega a un ecosistema.

- Eficiencia ecológica:** es la cantidad de energía (en porcentaje) que aprovecha un eslabón del anterior en una cadena trófica.
- Energía:** capacidad de producir trabajo.
- Epífita:** planta que vive sobre otra planta la que le sirve de sostén mecánico.
- Espinar:** formación vegetal compuesta principalmente de arbustos con ramaje armado de espinas que ocurre en zonas semiáridas.
- Estrato:** en un perfil vertical de una comunidad, las alturas promedios de las diversas sinusias.
- Eutrofización:** se dice de un cuerpo de agua con abundante vegetación, materia orgánica descompuesta y pobre en oxígeno.
- Fidelidad:** indica el grado en que una especie se limita a una clase particular de comunidad.
- Fitoplancton:** vegetales acuáticos pequeños que viven suspendidos en las aguas.
- Fotoperíodo:** duración diaria de la luz.
- Fotoperiodismo:** respuesta de un organismo a la duración relativa del día y de la noche.
- Fotosíntesis:** proceso físico-químico que se desarrolla en los tejidos vegetales con cloroplastos y que consiste en la producción de carbohidratos a partir de dióxido de carbono y agua, mediante la clorofila, empleando energía luminosa y con liberación de oxígeno.
- Fotosíntesis neta:** se refiere al exceso de materia seca ganada por la fotosíntesis sobre la pérdida por respiración.
- Frecuencia:** la relación (en porcentaje) de la presencia de una especie al observar numerosas parcelas del mismo tamaño y forma.
- Hábitat:** ambiente natural de una planta; lugar donde se la suele encontrar.
- Heliófito:** que vive al sol o busca el sol.
- Heterótrofo:** se dice de los organismos que obtienen todo o parte de su alimento de fuentes externas.
- Hidrófita:** se dice de las plantas que se desarrollan en ambientes con exceso de humedad.
- Hidrosere:** se llama así a la sucesión vegetal que se desarrolla a partir de un área con abundancia de humedad.
- Holismo:** es el comportamiento global o total de un ecosistema.
- Índice de área foliar:** es la relación entre el área foliar total y el área de suelo.
- Isoterma:** línea que une puntos de igual temperatura.
- Isoyeta:** línea que une puntos de igual precipitación.
- Limmología:** ciencia que estudia las aguas dulces o continentales desde el punto de vista ecológico.

- Luz:** rayos visibles al ojo humano cuyas longitudes de onda van de 400 a 750 milimicrones.
- Manglar:** ecosistema caracterizado por una sinusia leñosa dominada por "manglares", que se desarrolla en aguas del litoral cerca de desembocaduras de ríos.
- Micorriza:** asociación entre las hifas de un hongo con la raíz de una planta.
- Monocultivo:** manejo agronómico del suelo que consiste en cultivarlo con una sola especie de planta.
- Nanofanerófito:** aquellas plantas que presentan sus yemas entre 1 y 4 m del suelo (según Raunkiaer).
- Nicho:** se refiere al papel que desempeña un organismo en la comunidad.
- Nivel trófico:** etapa en una cadena alimenticia.
- Nódulos:** proliferación de células corticales en las raíces de las leguminosas causadas por bacterias nitrificantes.
- Oligotrofia:** cuerpo de agua pobre en sustancias nutritivas.
- Ozono:** es un gas (oxígeno trivalente) que se encuentra normalmente en el aire en proporción de 0.02 partes por mil.
- Páramo:** bioma característica de regiones andinas tropicales sobre los 3 500 m de altitud constituida de vegetación baja, principalmente herbácea y con características xeromórficas.
- Parasitismo.** coacción en la que el parásito obtiene los alimentos a expensas del huésped.
- Perenne:** se dice de una planta que sigue viviendo después de haber florecido una vez.
- Peso seco:** peso sin humedad que se obtiene por desecación a alta temperatura por un tiempo determinado.
- Productividad bruta:** es la cantidad de tejido vegetal formado por la energía luminosa que llega a la planta en una unidad de tiempo y de superficie.
- Punto de compensación:** intensidad de la luz en la cual la relación fotosíntesis-respiración es igual a uno.
- Reacción:** son las modificaciones de factores abióticos por parte de los organismos vivientes en un ecosistema.
- Respiración:** el proceso por el cual una planta absorbe oxígeno del aire y expulsa dióxido de carbono.
- Rotación de cultivos.** manejo agronómico que consiste en cultivar diferentes especies en sucesión con el fin de mantener la fertilidad del suelo.
- Sabana:** es un ecosistema caracterizado por un régimen climático tropical de marcada estacionalidad en la precipitación y que presenta una sinusia herbácea generalmente continua de vegetación,

principalmente graminoide, y con frecuencia, aunque no siempre, una sinusia leñosa discontinua o en grupos de árboles, arbustos o palmas cuyas densidades de copas no sean mayores del 40 por ciento de cobertura.

Saprófito: organismo que obtiene el alimento de los restos vegetales o animales muertos.

Simbiosis: asociación de dos o más organismos disímiles.

Sinecología: estudia la ecología de las poblaciones o comunidades.

Sinusia: grupo de plantas que presentan características morfológicas relativamente uniforme, dentro de una comunidad.

Sistema ecológico: ecosistema.

Sucesión vegetal: es el cambio progresivo que se produce dentro de un área, de una comunidad vegetal por otra, en el transcurso del tiempo, hasta llegar a una comunidad estable.

Termoperiodicidad: efecto sobre las plantas de las diferencias de temperaturas entre el período luminoso y de oscuridad.

Trópico americano: es la zona americana comprendida bajo las siguientes características: a) las isotermas anuales calculadas a nivel de mar sobre 21° C; b) la oscilación térmica anual no mayor de 6° C; c) las variaciones fotoperiódicas entre los meses extremos inferiores a tres horas y d) la dieta alimenticia de sus habitantes basada tradicionalmente en maíz, yuca, arroz, plátano y papas.

Turba: material formado por restos vegetales más o menos carbonizados.

Turbera: comunidad de plantas que viven en suelos de turba.

Turbulencia: un flujo irregular de las capas de aire en contraste con un flujo laminar suave.

Xerosere: sucesión vegetal que se inicia sobre un sustrato con déficit de agua.

Zona de vida: área biogeográfica que contiene determinadas comunidades de plantas y animales.

Zooplankton: organismos del plancton constituidos por animales acuáticos pequeños que viven suspendidos en las aguas.

DATE DUE

17 APR 1990
 30 APR 1990
 2 DEVUELTO 1990
 15 NOV 1990
 3 DEVUELTO 1990
 11 8 JUN 1993
 DEVUELTO 1994
 14 MAR 1994
 29 MAR 1994
 27 JUL 1994
 DEVUELTO 1995
~~15 FEB 1992~~ DEVUELTO 1990
 -9 SEP 1992
 25 SEP 1992

11CA 63838
 LME-51

AUTHOR MONTALDO, PATRICIO

TITLE Agroecología del trópico
 americana

DATE DUE	BORROWER'S NAME
11 8 JUN 1993	Nicolás
DEVUELTO 1994	Elmer
14 MAR 1994	Herrera
29 MAR 1994	H
27 JUL 1994	
DEVUELTO 1995	
DEVUELTO 1995	

63838

