

IICA
PROCIAND
FO1-
2



PROCIANDINO

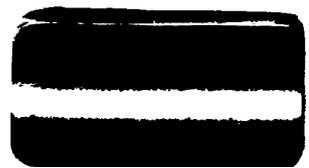
EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO DEL MAIZ EN EL AREA ANDINA

VOLUMEN II

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA
AGROPECUARIA PARA LA SUBREGION ANDINA

BOLIVIA COLOMBIA ECUADOR PERU VENEZUELA

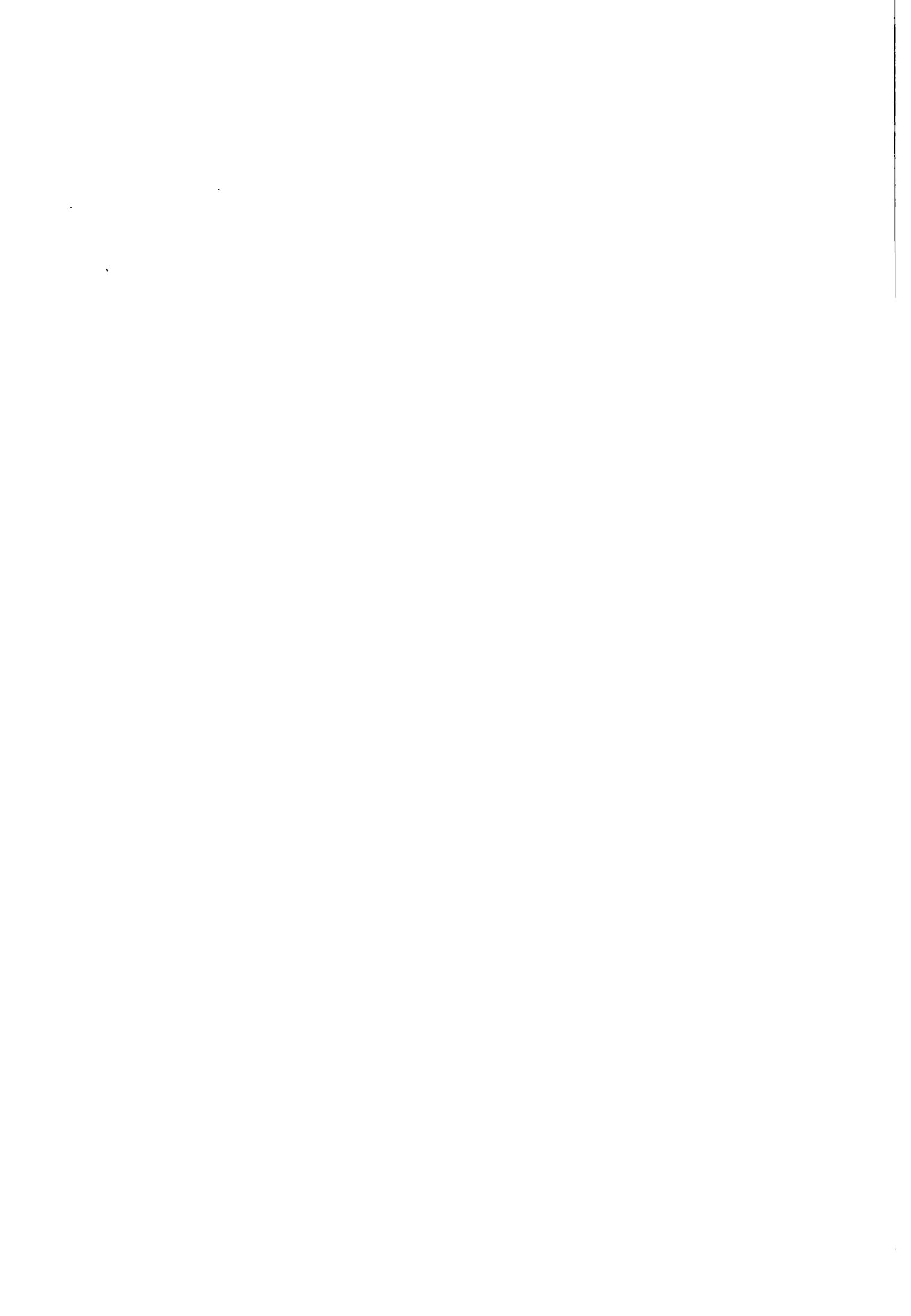
1944
1945



IICA
BIBLIOTECA VENEZUELA

* 13 JUL. 2002 *

RECIBIDO



**PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA
DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA PARA LA SUBREGION ANDINA
P R O C I A N D I N O**

**EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO DEL MAIZ
EN EL AREA ANDINA
VOLUMEN II**

**Quito, Ecuador
Enero, 1993**

Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia
de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina
PROCIANDINO
Dirección postal: Apartado 17-03-00-201
Mariana de Jesús 147 y La Pradera
Quito, Ecuador

00001814

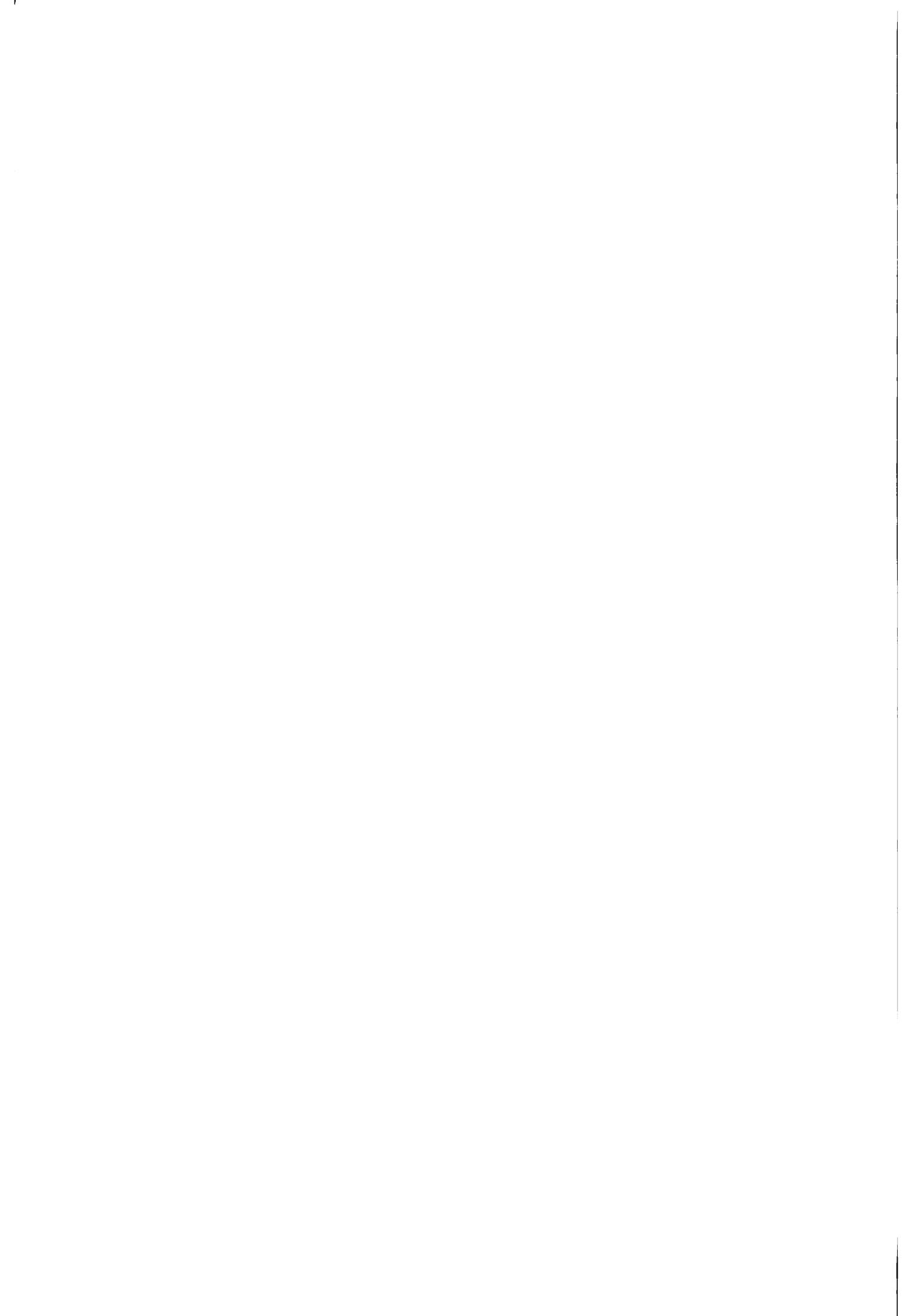
(3.1.1.1.1)

CITACION

**ICA-PROCIANDINO. 1993. "Experiencias en el cultivo del maíz
en el Area Andina. Volumen II. Edición PROCIANDINO. Quito,
Ecuador. 56 p.**

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
Presentación	
Por: Nelson Rivas V. _____	i
Principales enfermedades del maíz en el Area Andina	
Por: Gino Malaguti _____	1
Introducción _____	1
Enfermedades de las plántulas, raíces y tallo _____	6
Enfermedades del follaje causadas por hongos _____	11
Manchas bacterianas de las hojas _____	16
Las royas del maíz _____	17
El Mildiu Lanoso del maíz _____	19
Los carbones del maíz _____	20
Enfermedades infecciosas por virus y micoplasmas _____	22
Bibliografía _____	26
Morfología y fisiología del maíz en Colombia	
Por: Carlos Díaz Amarís _____	27
Introducción _____	27
Localidades empleadas _____	27
Maíces utilizados _____	27
Metodología usada _____	27
Crecimiento y desarrollo de la planta _____	30
Bibliografía _____	49
Anexos _____	51



PRESENTACION

Estamos entregando en este documento, el segundo volumen de la publicación "Experiencias en el cultivo del maíz en el Area Andina", derivado de un trabajo conjunto dirigido a fortalecer los Programas Nacionales de Investigación, en los países participantes del Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina (PROCIANDINO).

En el volumen anterior, científicos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), de la Universidad de Nebraska (USA), de la Universidad Agraria de La Molina, y del Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA), de Perú, imprimieron importantes conocimientos y experiencias básicas en campos de la genética, mejoramiento y manejo del cultivo del maíz.

En esta edición, capacidades especializadas que han ejercido en su oportunidad en el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), y en la Universidad de Venezuela, así como en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), desarrollaron dos importantes capítulos en cuanto a las principales enfermedades del maíz en el Area Andina, y la morfología y fisiología del maíz en Colombia.

Esta publicación constituye un volumen de la serie a ser editada y distribuida entre la comunidad de investigadores, extensionistas, académicos y demás profesionales vinculados al progreso de los programas de investigación y fomento a la producción del cultivo del maíz en la Subregión, como una contribución concertada entre las Instituciones Nacionales de Investigación Agropecuaria, los Centros Internacionales de Investigación, la Cooperación Técnica y las Agencias Financieras Internacionales.

Es indispensable dirigir un reconocimiento al Equipo Técnico de la Red de Maíz del PROCIANDINO, que bajo la coordinación internacional del Ing. Ricardo Sevilla Panizo, ha delineado la estrategia general y operativizado recursos para hacer posibles estas publicaciones; especialmente damos crédito a quienes, en su oportunidad, han respondido con los productos que fueron comprometidos. En la primera edición, a los autores, Ricardo Sevilla Panizo, Shivaji Pandey, Hernán Ceballos, Charles O. Gardner y Américo Valdez; y, en este volumen, a Gino Malaguti y Carlos Díaz Amarís.

Con el aliciente que representa este nuevo volumen, esperamos contar en breve con la preparación de los temas correspondientes a sistemas de producción, variedades mejoradas e híbridos, la importancia y uso del maíz en la Subregión Andina y su proyección en las próximas décadas. De esta manera, procederemos a publicar una edición revisada en un libro que consolide todos los temas de referencia.

Ratificamos que es nuestra responsabilidad recompensar a quienes han participado en la preparación de esta publicación, difundir para su aprovechamiento los conocimientos contenidos en la misma y, de esta manera, dinamizar el desarrollo de la capacidad y calidad tecnológica-científica agropecuaria en la Subregión Andina, que es la misión del PROCIANDINO.

Nelson Rivas Villamizar
SECRETARIO EJECUTIVO

PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL MAÍZ EN EL AREA ANDINA

Gino Malaguti*

INTRODUCCION

Generalidades

Para muchos países de América, el maíz (*Zea mays* L.) es alimento básico. No solamente sirve para la alimentación de la población, sino también para la preparación de alimentos para animales y para fines industriales.

En los países del Area Andina (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela) el cultivo está distribuido en casi todo el territorio nacional, desde el nivel del mar hasta las altiplanicies, en suelos fértiles, como los de vegas o deforestados, así como en terrenos pobres, pedregosos, planos o de pendiente, en colinas y cerros.

La planta de maíz varía mucho su aspecto y productividad en las diferentes condiciones ambientales. Así, por ejemplo, la misma variedad que sobrepasa los 3 metros de altura en los llanos durante el período de lluvia, no alcanza a los 2 metros durante el verano con riego, y no llega al metro en ciertas zonas "marginales" de los Andes, inadecuadas al cultivo debido a las temperaturas bajas y a los terrenos pobres. En este caso, además del tamaño más pequeño, las hojas son de color amarillento y rojizo, los tallos más delgados y las mazorcas más escasas en número y tamaño. La productividad varía así desde 400 kilos, a 4.500 kilos/ha, con un promedio general ligeramente superior a los 1.600 ki-

los/ha. Estas manifestaciones, en sí, podrían ser interpretadas como síntomas de "enfermedad" si no fueran consideradas en el cuadro ecológico de una región o de una siembra determinada.

En efecto, el cultivo de maíz se realiza en altitudes que varían desde el nivel del mar hasta los 3.500 msnm y con regímenes pluviométricos lo más variados, desde 250 a 8.500 mm/año de lluvia.

El consumo de agua durante los 120-125 días del ciclo de la planta fluctúa entre 400 y 640 mm en los ambientes ecológicos muy diferentes (Costa, Llano, Altiplanicie, Selva).

Los datos de superficie cosechada, producción y rendimiento del maíz en cada uno de estos países, referidos al año 1989/1990 aparecen en el Cuadro 1.

Hay que hacer notar que el número de razas y variedades de maíz sembradas en cada país es notable; así mismo, en el mismo país, son diferentes los tipos de maíz que se siembran en las diferentes localidades: maíces de grano duro o amiláceo, de color amarillo o blanco, cada uno con diferentes exigencias edáficas y climáticas y muy diferente rendimiento potencial. Así por ejemplo, en Perú el rendimiento del maíz sembrado en la Costa es mucho más alto (promedio de 3,85 t/ha) que el sembrado en la Selva (1,97 t/ha). Así mismo, los rendimientos de los maíces "duros" son mucho más altos que los de los maíces amiláceos.

En cada uno de los cinco países, el maíz ocupa el porcentaje mayor de la superficie cultivada; sin embargo, en dos de ellos (Perú y Venezuela) la producción nacional no cubre las necesidades inter-

* Ejerció como Investigador del FONAIAP y Profesor de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Actualmente es Consultor de AGRICONSULT, Maracay - Venezuela.

Cuadro 1. Datos acerca del cultivo del maíz en la Región Andina *.

	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú	Venezuela	Totales o promedios
Superficie cosechada (miles ha)	267	617	413	440	659	2.399
Producción (miles/t)	444	843	399	891	1.240	3.820
Rendimiento (t/ha)	1,7	1,4	1,0	2,0	1,9	1,6
% área cerealicola sembrada a maíz	44	47	61	50	56	50
% maíz blanco	0	65	20	23	77	50
Importación maíz (miles/t)	0	25	0	446	0	489
Utilización per cápita (kg/año)	66	29	40	64	68	49
% usado alimentación humana	55	78	74	43	61	60
% usado como alimento animal	35	12	15	47	30	30
% para otros usos	10	10	10	10	9	10
% área sembrada con híbridos	3	8	10	24	91	33
% área sembrada con variedades	97	92	90	76	9	67
Fertilizantes (nutrientes) aplicados (kg/ha)	48	71	60	80	220	119
Precio al maíz al hacendado (US\$/t)	152	184	127	324	103	178

* 1989-1990 CIMMYT World Maize Facts and Trends, CIMMYT, 1990.

nas, siendo necesario importar ciertas cantidades (30-50%).

Comportamiento del maíz en zonas tropicales y templadas

En cuanto al comportamiento general del maíz, en las diferentes zonas (templadas o tropicales), llama la atención que el maíz, el cereal típicamente americano, haya tenido mayor adaptación y mayor producción en otros ambientes y latitudes, como la mediterránea y de Norte América, que en los países de su origen (Centro y Suramérica), (ver mapas).

Es un hecho conocido que el rendimiento del maíz, en los trópicos, es inferior al que se obtiene en las zonas templadas, siendo el promedio de productividad en los primeros de alrededor de 2 t/ha y en los últimos de 6,2 t/ha. El promedio de rendimiento en nuestros países es de 1.600 kg/ha (Cuadro 1). Esta menor productividad se debe a varias razones, entre ellas:

- a) Menor cantidad de luz durante el cultivo por ser los días más cortos.
- b) Menor intensidad de luz, porque en los trópicos se cultiva generalmente en tiempo de lluvia, cuando el cielo está frecuentemente nublado.
- c) Grandes variaciones climáticas, especialmente de temperaturas (diurnas y nocturnas) y de humedad (sequía o aguachinamiento).
- d) Terrenos muy pobres, frecuentemente muy ácidos o alcalinos o salinosos.
- e) Semilla deficiente, vieja o mal conservada o mal sembrada (muy profunda o muy superficial), en terrenos desuniformes o mal preparados.
- f) El potencial genético de rendimiento es más escaso en los trópicos, donde abundan los genes de crecimiento vegetativo, excesivo.
- g) Mayor incidencia de enfermedades, plagas y malezas, especialmente estas dos últimas adversidades.

El hecho de que el maíz introducido desde la zona tropical (entre los 30 latitud N-S) a las regiones templadas (fuera de los 30 latitud N-S), se haya adaptado muy bien a estas, logrando aquí mayores producciones, se debe (además de las razones arriba

expuestas) a una selección continua hacia una mayor uniformidad, mejor estructura de la planta y alta resistencia a los patógenos presentes en la zona, menos abundantes y menos virulentos que los existentes en los trópicos.

Esto explica también el por qué los maíces de las zonas templadas, transportados a las zonas tropicales, se muestran como inadaptados, con crecimiento deficiente y con alta susceptibilidad a las enfermedades presentes en los trópicos.

Combate de las enfermedades del maíz

En cuanto al control de enfermedades, en el Area Andina las medidas de combate utilizadas son pocas.

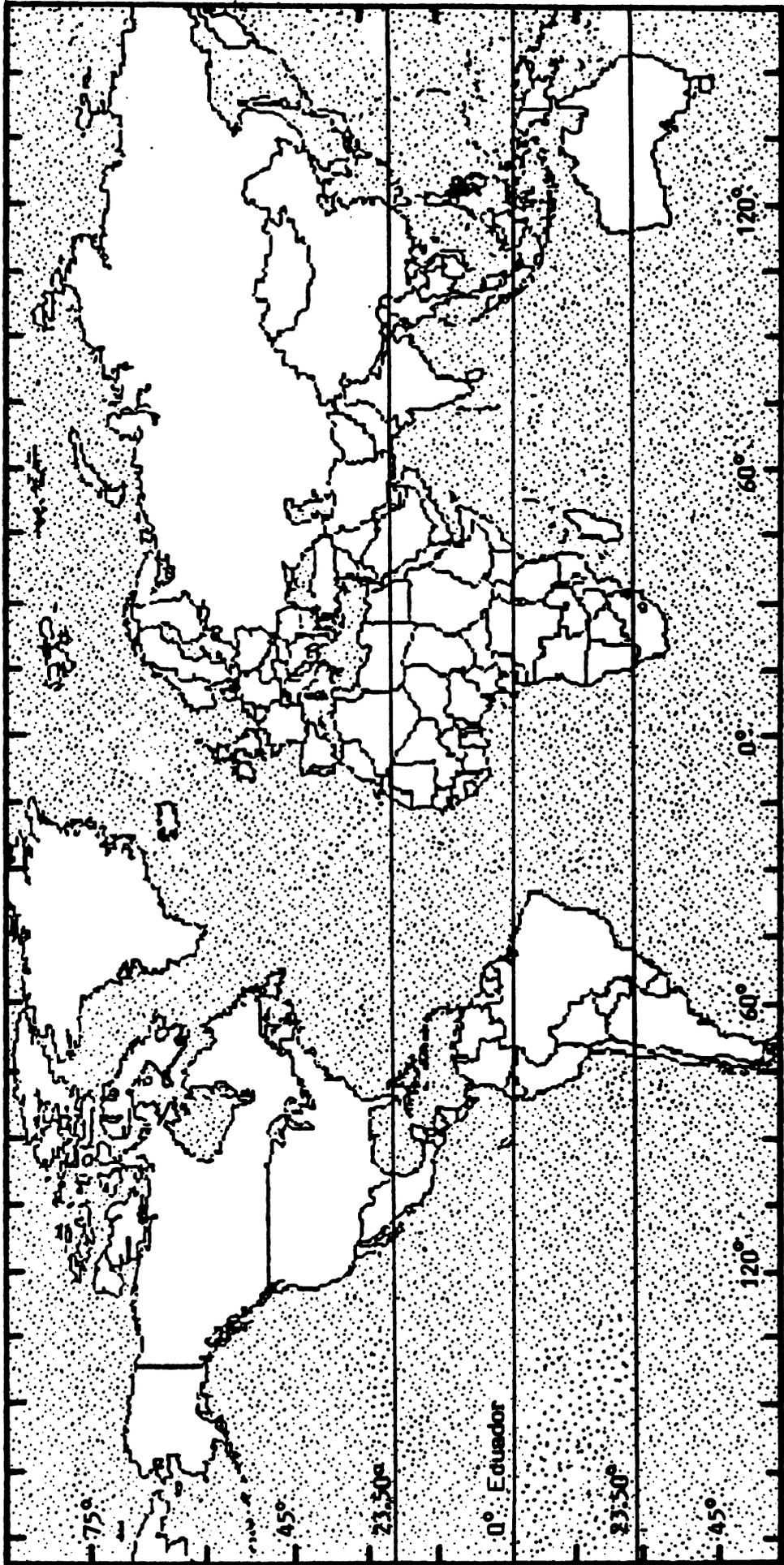
Los productos fungicidas son usados raramente en este cultivo, limitándose su empleo a la desinfección de la semilla; mientras son de uso corriente los productos herbicidas y los insecticidas. Son frecuentes los daños a las plantas por el mal uso de estos productos.

Para el control de la mayoría de las enfermedades es útil la destrucción de los restos de vegetación (saneamiento) y el empleo de prácticas agronómicas adecuadas. En efecto, el terreno donde se siembra el maíz es frecuentemente pesado, no siempre bien preparado, ni bien nivelado y drenado. El estancamiento del agua es uno de los problemas principales, ocasionando innumerables fallas, así como plantas débiles, cloróticas e improductivas. De otro lado, los suelos tropicales son, frecuentemente, de baja fertilidad por deficiencia de Nitrógeno y Fósforo, este último inmobilizado por el Aluminio y el Hierro presentes en los suelos ácidos, por el Calcio y Magnesio presentes en los suelos calcáreos.

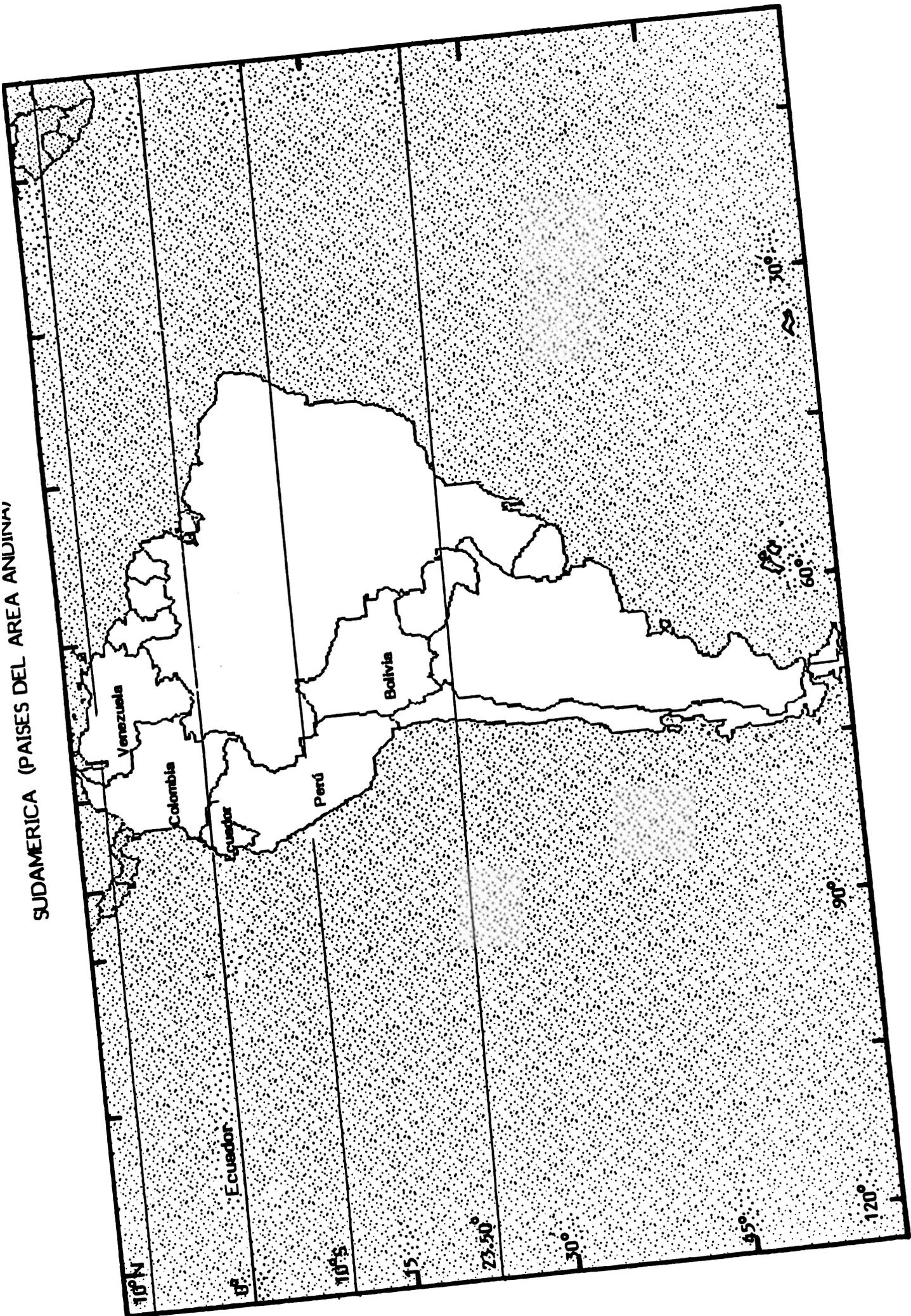
Se sabe que el uso de cultivares mejorados, resistentes a las enfermedades, es la medida de combate más práctica y económica; sin embargo, en los países del Area Andina poco se ha hecho, hasta ahora, en este sentido.

Actualmente, se están desarrollando en el CIMMYT-CIAT proyectos para la selección de germoplasmas de maíz con tolerancia a suelos ácidos menos exigentes en Nitrógeno, resistentes a Mildiu lanoso y a las enfermedades foliares y del tallo. Así mismo, proyectan estudiar líneas resistentes a la "mancha de asfalto" en zonas altas, y al "achaparra-

EL MUNDO



SUDAMERICA (PAISES DEL AREA ANDINA)



miento", especialmente en México y Centroamérica (4, 5, 36).

En Venezuela, en la Facultad de Agronomía (Instituto de Genética) y en el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Instituto de Agronomía), se están desarrollando proyectos de mejoramiento con el fin de obtener maíces de porte más bajo, y con mayor resistencia al Mildiu (*Peronosclerospora sorghi*) y al "achaparramiento" (Corn stunt).

incidencia de las enfermedades del maíz en los países del Area Andina

No es fácil determinar el dato de la incidencia de una enfermedad, dato que deriva de la distribución (frecuencia) en las siembras y de la intensidad o gravedad de la misma.

Las enfermedades del maíz son muchas, pero muy pocas son de carácter epifitótico, constituyendo factor limitante del cultivo. Ellas ocasionan mermas en la producción del maíz de cada país, que varían entre el 8-13% de la producción teórica potencial. El mayor número de enfermedades son causadas por hongos, algunas por bacterias y varias por agentes infecciosos (virus y micoplasmas). La incidencia de una determinada enfermedad varía de país a país; así por ejemplo, la "mancha de asfalto" por *Phyllachora maydis* es grave en Colombia, Perú y Bolivia, pero de ninguna importancia en Venezuela; la incidencia de las pudriciones fungosas de la mazorca es mayor en Perú, y la del "achaparramiento" (Corn stunt) por micoplasma, lo es en Venezuela.

Esta diferente incidencia de ciertas enfermedades está frecuentemente determinada por el ambiente donde se desarrolla el cultivo. En efecto, aunque los cinco países se encuentren incluidos en la zona de los trópicos (entre los 23,5 latitud N-S), hay diferencias climáticas notables, en gran parte relacionadas con la altitud, por lo cual hay que diferenciar un trópico alto a clima más o menos templado, y un trópico bajo, cálido, ubicados por encima o por debajo de los 1.000 msnm, respectivamente.

En el Cuadro 2 se resumen los datos de incidencia de diferentes enfermedades, en los cinco países.

ENFERMEDADES DE LAS PLANTULAS, RAICES Y TALLO

Enfermedades de las semillas y de las plántulas

Las semilla de maíz, a veces, no son aptas para la siembra, por su limitado porcentaje de germinación, o porque se pudren en el suelo, antes de emerger. La falla más frecuente deriva de la mala preparación y almacenamiento de la semilla. Esto ocurre cuando los granos son cosechados o almacenados con un grado de humedad demasiado alto.

En estas condiciones, la zona embrional y el escutelo presentan una coloración parda más o menos oscura, por invasión de hongos. Entre estos, *Aspergillus* spp. y, en especial, *A. flavus* y *A. niger* son los que se encuentran más frecuentemente. Ambos invaden el embrión y causan la muerte del mismo, antes o al momento de la germinación. Así mismo, se ha encontrado, en los granos, *Nigrospora oryzae*, *Fusarium moniliforme*, *Diplodia maydis* y *Penicillium* spp.

Es evidente que para eliminar estas anomalías hay que realizar prácticas adecuadas de preparación y almacenamiento de la semilla. Para evitar el desarrollo de los hongos, cuyas esporas o micelios hubieran infestado la mazorca en el campo, hay que reducir el grado de humedad a un 12%, y almacenar la semilla en mazorcas, en galpones ventilados, o en grano, en cavas refrigeradas entre 15-18°C y 40-45% de humedad relativa.

De otro lado, las raicillas de las plántulas pueden ser atacadas por microorganismos existentes en el suelo. En este caso, la intensidad del daño está directamente relacionada con las condiciones ambientales adversas, que retardan la germinación y, por ende, alargan el tiempo de exposición del huésped a los hongos del suelo.

Las lluvias persistentes, los períodos fríos (el "suelo frío", como dicen los agricultores), una sequía prolongada, un terreno mal preparado o que forme costras en la superficie, son los principales factores adversos.

Cuadro 2. Incidencia de algunas enfermedades del maíz en los países del Area Andina *.

Enfermedad	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú	Venezuela
A. Enfermedades foliares y del tallo					
1. Tizón del Norte (<u>Helmithosporim turcicum</u>)	+	++	+	+	+
2. Tizón del Sur (<u>Helminthosporium maydis</u>)	+	++	+	+	+++
3. Cercosporiosis (<u>Cercospora zea maydis</u>)	0	+	+	+	++
4. Mancha pr <u>Curvularia</u> (<u>C. pallescens</u>)	0	+	+	+	++
5. Mancha de asfalto (<u>Phyllachora maydis</u>)	+	++	+	++	+
6. Mancha zonal (<u>Gloeocercospora sorghi</u>)	0	+	0	0	+
7. Mancha marrón (<u>Physoderma maydis</u>)	0	+	+	+	++
8. Estrías bacterianas (<u>Pseudomonas andropogoni</u>)	0	+	0	+	+
9. Mancha redondeada (<u>Xanthomonas horticola</u>)	0	+	0	+	+
10. Marchitez bacteriana (<u>Erwinia</u>) spp.	0	0	+	0	0
11. Podredumbre tallo (<u>Pythium</u> , <u>Fusarium</u> , <u>Macrophomina</u>)	+	+	+	+	++
12. Pudrición de mazorcas (<u>Fusarium</u> , <u>Diplodia</u> , etc.)	+	++	++	+	++

* +: indica que la enfermedad está presente, pero de baja incidencia

++: indica que la enfermedad es de mediana incidencia.

+++ indica que la enfermedad es de alta incidencia

0: indica que la enfermedad aparentemente no está presente

Cuadro 2. Continuación.....

Enfermedad	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú	Venezuela
B. Royas					
13. <u>Roya común (Puccinia sorghi)</u>	++	++	+	+	+
14. <u>Roya tropical (Puccinia polysora)</u>	+	++	+	+	+++
15. <u>Roya del Caribe (Physopella zaeae)</u>	0	0	0	0	++
C. Carbones					
16. <u>Carbón común (Ustilago zaeae)</u>	+	+	+	++	+
17. <u>Carbón de la panoja (Sphacelotheca reilliana)</u>	0	+	0	+	0
18. <u>Falso carbón (Ustilaginoidea virens)</u>	0	+	0	+	+
D. Mildiu lanosos (Downy mildews)					
19. <u>Peronosclerospora sorghi</u>	+	+	0	+	+++
20. <u>Sclerospora graminicola</u>	0	0	0	0	0
21. <u>Sclerophthora macrospora</u>	0	0	0	+	+
E. Enfermedades por virus y micoplasmas					
22. <u>Mosaico enanismo rayado (Tr. Peregrinus maydis)</u>	0	0	0	+	+
23. <u>M. caña de azúcar y M. enanizante maíz (Tr. áfidos)</u>	+	++	++	++	+++
24. <u>Hoja blanca (=maize stripe) (Tr. Peregrinus maydis)</u>	+	+++	+	+	++
25. <u>Rayado fino (Tr. Dalbulus sp.)</u>	0	++	+	+	+
26. <u>Achaparramiento (Corn Stunt) (Tr. Dalbulus spp.)</u>	0	+	0	++	+++

Las raíces pueden presentar lesiones más o menos amplias, con manchas de color castaño claro o rojizas, que al final se vuelven negruzcas. El aparato radicular puede ser parcialmente o totalmente destruido, con el consiguiente desarrollo limitado de la planta.

Los hongos que se han identificado y aislado más frecuentemente de esas lesiones radiculares son: *Phythium arrhenomanes*, *P. aphanidermatum*, *P. ultimum*, *Fusarium moniliforme*, *F. roseum*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*.

Estos mismos organismos se han observado en el tallito y en las hojas primarias, causando una especie de "tizón" de las plántulas.

Combate

Además de las prácticas relativas a la preparación adecuada de la semilla (mencionadas anteriormente), otra medida útil es el tratamiento de la semilla con productos químicos. La aplicación de un producto que, a la vez, desinfeste el grano, estimule la germinación y proteja a la semilla en el suelo, es sin duda una práctica recomendable, especialmente cuando se presentan las condiciones adversas, antes mencionadas, que atrasan la germinación. Sin embargo, en una serie de pruebas realizadas por el autor entre los años 1949-1954, en siembras experimentales en Maracay (Venezuela), los resultados han sido contradictorios, observándose frecuentemente que el porcentaje de germinación y el vigor de la plántula no difiere sensiblemente entre las parcelas tratadas y el testigo, especialmente si las condiciones de suelo, temperatura y humedad son favorables a la germinación. En las pruebas mencionadas varios productos (Phygon XL, Semesan, Spergon, Arasan, Granosan) han aumentado el poder germinativo de la semilla en comparación con el testigo, pero en algunas de ellas, otros productos (Granosan, Ceresan) han mostrado ser algo fitotóxicos, retardando la germinación y el crecimiento.

Enfermedades del tallo

El tallo del maíz puede ser afectado por varias anomalías, sobre todo de origen fungoso. Entre ellas, las más importantes son:

Podredumbre del tallo por *Pythium*.

Esta enfermedad es frecuente en los cultivos comerciales de maíz, especialmente en las regiones

cálidas. En Venezuela se ha presentado en los Llanos Occidentales (Cojedes y Portuguesa) y en el Sur del Lago de Maracaibo (Zulia), especialmente en siembras aporcadas o cultivadas mecánicamente.

Su ocurrencia en forma epifitótica da lugar cuando se presentan largos períodos de altas temperaturas y una elevada humedad ambiental. Las siembras tupidas, con maleza, donde la circulación del aire es deficiente, son más afectadas.

En Venezuela la enfermedad ha sido descrita por Pontis en 1959 (38). En el exterior, la primera señalación ha sido hecha en Italia en 1929 por Curzi (9); en los Estados Unidos se ha reportado en varios estados especialmente del Sur (Texas, Virginia, Indiana) (11).

Sintomatología

El síntoma más característico es un estrangulamiento que se presenta en la base del tallo, entre el primero y segundo entrenudo. El estrangulamiento abarca una porción del tallo de unos 10-30 cm de largo. En su comienzo, se presenta como una mancha de color pardo claro o pardo grisáceo, de aspecto húmedo-brillante, con bordes indefinidos, que progresa irregularmente en el tallo, hacia abajo o hacia arriba. Seguidamente, la zona enferma se presenta hundida, algo blanda, de aspecto húmedo, mientras el tallo se agrieta longitudinalmente y se contrae, por pudrición de la médula. Finalmente, el tallo se estrangula y se dobla en correspondencia a la zona afectada.

Es fácil darse cuenta, desde lejos, de la enfermedad por el número de plantas caídas, que aparecen atravesadas entre las hileras del maíz. Por lo general, la planta no se seca, sino que, una vez en el suelo, permanece verde, doblando su ápice hacia arriba, con la emisión de raíces adventicias que nacen de los nudos al contacto con el suelo.

Etiología

La enfermedad es causada por el hongo *Pythium aphanidermatum* (Sinon = *P. gracile* y *P. butleri*), hongo muy polífago que ataca a un gran número de plantas, entre ellas: papaya, pepino, remolacha, piñas, pimentón, auyama, tomate, caraota, etc. Este patógeno es un habitante del suelo, el cual actúa cuando se presentan las condiciones antes nombradas, o sea, una alta temperatura (entre 30 y 38°C o más) por un período prolongado (unos 9-10 días) y una alta humedad del suelo (se citan lluvias

de 34 - 82 mm). En medio de cultivo, en agar-papa glucosado, la temperatura óptima ha sido alrededor de los 34°C, pudiéndose desarrollar hasta en 46°C, única especie en el género.

Estas exigencias pueden explicar el hecho de que, aunque señalado en varios países, el hongo haya causado verdaderas epifitias solamente en áreas cálidas.

Las plantas son atacadas en cualquier estado de vida, especialmente cuando están en pleno desarrollo, lozanas, con tallo turgescente, como ocurre frecuentemente antes de la floración.

En las áreas afectadas del tallo es frecuente notar un micelio blanquecino, el cual, visto al microscopio, se presenta continuo, de ancho irregular, grueso, toruloso, rico de gotas de aceite.

El hongo se aísla fácilmente de los bordes de las manchas y se desarrolla rápidamente en agar-papa glucosado o en agar-maíz, con un micelio aéreo abundante, de aspecto algodonoso. Los esporangios son redondeados, ligeramente ovalados y germinan produciendo un tubo que forma en su extremidad una vesícula evanescente, en la cual se forman las zoosporas biflageladas. Las zoosporas son esféricas, de doble membrana, midiendo entre 13,6 - 23,8 micras de diámetro. El hongo, como se dijo, vive en el suelo, y viene a contacto del huésped en la región más susceptible, por salpicaduras de las lluvias, o cuando se aporcan las plantas.

La mayoría de las variedades de maíz sembradas en escala comercial se han visto atacadas por la enfermedad, diferenciando muy poco en susceptibilidad al hongo.

Combate

Las prácticas culturales tendientes a mantener el campo limpio y aireado, con distancia de siembra y control de malezas adecuadas, sin remover o aporcar cuando el suelo está húmedo, son medidas de combate eficaces. El uso de los herbicidas ha ido reduciendo y eliminando la enfermedad en los maizales.

Hay que procurar que el suelo esté bien preparado y nivelado, con buen drenaje, evitando la humedad prolongada del terreno.

Pudrición carbonosa por el hongo *Macrophomina phaseolina*

(Sinon = *M. phaseoli*, *Sclerotium bataticola*, *Rhizoctonia bataticola*).

La enfermedad se presenta generalmente cuando el maíz está en proceso de maduración y está casi siempre asociado a un "stress" de la planta, debido a períodos de sequía (especialmente en áreas arenosas) y altas temperaturas. El hongo ataca las raíces y, sobre todo, a los entrenudos, invadiendo la médula la cual se vuelve negruzca (carbonosa) y fibrosa, llena del micelio y esclerocios del hongo. Tales esclerocios, de color negruzco y tamaño variable, se observan también externamente en la superficie del tallo. El hongo es polífago, atacando a muchas plantas entre ellas el sorgo, la soya, el girasol y el sésamo. En algunos huéspedes (por ejemplo el sésamo), el hongo forma picnidios; en otros, como en maíz, no se han observado picnidios y conidios. En este caso, la propagación del hongo se efectúa a través de los esclerocios, que permanecen en el suelo con los restos de cosecha.

Pudrición por *Diplodia*

El hongo (*Diplodia zeae*) ataca generalmente los entrenudos basales de la planta, los cuales se vuelven de color castaño; internamente, la médula se desintegra y quedan únicamente los tejidos vasculares, invadidos por el micelio negruzco del hongo y sus picnidios. De estos salen los conidios que son generalmente didimosporos, de forma ovalada (25-30 x 5-6 micras) de color castaño oliváceo. La propagación del hongo, es por medio de los conidios que pueden penetrar a través de heridas o de las inflorescencias, o por medio del micelio y picnidios que perduran en el suelo.

Alargamiento o cogollo torcido y pudrición del tallo por *Fusarium*

Los síntomas en el campo se manifiestan bajo forma de unas manchas aceitosas, húmedas, localizadas en las hojas del cogollo; seguidamente, estas manchas se vuelven blanquecinas, alargadas, extensas, con bordes necróticos, mientras que el cogollo se alarga y, frecuentemente, se dobla; las hojas del cogollo no se abren sino que permanecen en forma de tubo alargado, decolorado. A veces se pudre todo el cogollo y el tallo. El agente causante es el hongo *Fusarium moniliforme*, el cual causa también una enfermedad muy parecida en la caña de azúcar, denominada "pokkan-boeng". En los tejidos necro-

sados se nota un micelio blanquecino, más frecuente en las hojas envainadoras, a nivel de los nudos. La enfermedad se presenta sobre todo en áreas cálidas, sin lluvias abundantes, pero con alta humedad relativa. Los conidios (micro y macroconidios) se forman en los tejidos necrosados, y son diseminados por el viento. La forma perfecta (*Gibberella*) se encuentra raramente.

La variedad de *Fusarium* más frecuente en el tallo maduro o seco (*F. moniliforme* var. *subglutinans*) se desarrolla mayormente en ambiente seco.

Pudrición por *Gibberella*

Esta enfermedad es similar, en su sintomatología, a la causada por *Diplodia*, pero, en este caso, en la superficie del área necrosada del tallo el hongo forma abundantes peritecios. Estos son pequeños, negruzcos y contienen las ascas con ocho ascosporas hialinas, triseptadas.

Gibberella zeae (Sinon: *G. roseum* f. sp. *cerealis*) en su forma anamorfa *Fusarium roseum* f. sp. *cerealis* (Sinon: *F. graminearum*) produce, en medio de cultivo, un micelio color rosado con abundantes macroconidios pluriseptados.

La propagación de la enfermedad se efectúa por medio de las ascosporas y de los conidios, los cuales son llevados por el viento a las mazorcas o tallos, donde germinan y penetran los tejidos.

Enfermedades de las raíces

Los hongos mencionados anteriormente atacando a las raíces de las plántulas y tallo (*Pythium*, *Diplodia*, *Gibberella*, *Fusarium*, *Macrophomina*) se pueden encontrar infectando a las raíces de las plantas adultas.

A veces, el problema se hace más grave por la acción de nematodos, especialmente los endoparásitos tales como los de los géneros *Pratylenchus* spp., *Trichodorus* spp., *Belonolaimus* spp., *Dolichodorus* spp., *Hoplolaimus* spp., *Helicotylenchus* spp. y otros, los cuales causan lesiones en las raíces que debilitan a las plantas y facilitan la entrada de otros patógenos. También la frecuente presencia de micorrizas y de bacterias nitrificantes en la rizósfera, seguramente influyen en el desarrollo de la planta de maíz.

ENFERMEDADES DEL FOLLAJE CAUSADAS POR HONGOS

Tizones de las hojas: las *Helminthosporiosis*

Las manchas foliares del maíz causadas por especies de *Helminthosporium* son frecuentes: el "tizón del Norte" o "tizón común" causado por *H. turcicum* es conocido desde hace mucho tiempo y es de amplia distribución, encontrándose en todas las áreas maiceras, desde las zonas andinas a las de los llanos. El "tizón del Sur", causado por *H. maydis* es de aparición más reciente siendo muy severo en las áreas más húmedas y cálidas, ocasionando frecuentemente quemazón del entero follaje. Un estudio comparativo de la sintomatología y etiología de las dos enfermedades ha sido realizado en Venezuela, por Malaguti y Subero (27). Otros *Helminthosporium* (*H. carbonum*, *H. rostratum*) son de menor incidencia.

Medidas de control

El combate de estos tizones es muy similar, basándose sobre todo en:

- a) **Empleo de variedades resistentes:** Se ha visto que, en general, la resistencia está determinada por un gran número de genes, los cuales se pueden transferir por hibridación, a las variedades susceptibles o a ciertas líneas. El grado de resistencia de un híbrido es generalmente proporcional al número de líneas puras, resistentes, que intervienen en la formación del híbrido.
- b) **Saneamiento y prácticas culturales:** La eliminación de los restos de cosecha en las siembras que han presentado alto grado de infección; el proporcionar al campo buen drenaje, limpieza (o sea, buena circulación de aire), han dado resultados beneficiosos.
- c) **El uso de fungicidas preventivos al follaje** ha sido aconsejado y es empleado en ciertos países (Florida, USA) especialmente para los maíces dulces, utilizados como hortaliza, o para ciertas líneas de gran valor genético.

"Tizón común o del Norte" (*Helminthosporium turcicum*)

Las manchas producidas por este hongo son elípticas, ovaladas, puntiagudas, de un color castaño gris-ceniza, con bordes definidos; son muy alargadas, llegando a medir unos 250 mm de longitud y unos 10-35 mm de ancho. A veces, bastan unas pocas manchas para cubrir toda la lámina foliar, secándola. Frecuentemente, el tejido, dentro de la mancha, se raja longitudinalmente y se quiebra. En su parte central es fácil observar los conidioforos y conidios del hongo, como un aterciopelado de puntitos negros, dispuestos en zonas concéntricas o en líneas paralelas.

Etiología

El hongo causante (*Helminthosporium turcicum* (Sin: *Exserohilum turcicum*; *Bipolaris turcica*; *Drechslera turcica*) fue descrito, por primera vez, en Italia en 1876; su propagación se efectúa principalmente a través de los conidios, los cuales, diseminados por el viento pueden germinar sobre las hojas de maíz en presencia de humedad y temperatura adecuadas (19 - 31°C), dando lugar a una nueva infección o mancha (37).

La diseminación a través del viento explica el por qué se pueden encontrar plantas enfermas en lugares separados. La germinación de los conidios, penetración e infección se cumple en un lapso de 6-18 horas. Las manchas aparecen 8-12 días después de la infección, formándose en ellas nuevamente los conidióforos y conidios para continuar el ciclo de la enfermedad.

Los conidios (esporas asexuales) son largos, de forma elíptica, rectos, con los extremos ahusados, siendo comúnmente menos agudo el extremo donde se encuentra el "hilo", siempre bien visible y prominente. Las paredes internas o septas (en número de 5-8, promedio 6) envuelven cada célula en que está dividido el conidio; son marcadas y consistentes. Los conidios miden 86,9-138 (promedio 90,48) micrones de largo y 16,5-23,0 (promedio 18,8) de ancho. Los conidióforos son cortos, gruesos y torcidos, algo geniculados en el ápice.

Se ha descrito el estado sexual, ascóforo (*Trichometasphaeria turcica* Luttrell), pero la perpetuación del hongo se efectúa principalmente por medio del micelio ubicado en las lesiones viejas (20).

Además del maíz, el hongo ataca al sorgo

(*Sorghum bicolor*), al pasto Sudán (*S. sudanense*), a la paja Johnson (*S. halepense*) y al teosinte (*Euchlaena mexicana*).

"Tizón del Sur" (*Helminthosporium maydis*)

La enfermedad ha aparecido en Venezuela y otros países del Area Andina en forma repentina y severa, en los años 1970-1971, al igual que en otras partes del mundo. En los EUA, en los mismos años, este tizón adquirió características epifitóticas. La epifitosis se extendió rápidamente desde los estados del Sur (Florida, Mississipi, Alabama) a través de las regiones eminentemente maiceras (Illinois, Iowa) hasta Canadá, favorecida por las corrientes de aire que en tal sentido atraviesan el Continente.

En la segunda mitad de 1970 y durante 1971 han aparecido en la literatura fitopatológica mundial, innumerables trabajos sobre la enfermedad. De ellos se desprende que el fenómeno se atribuía a la diferenciación de un biotipo de *H. maydis*, de extraordinaria virulencia hacia los maíces conteniendo el tipo de citoplasma con el factor "macho-estéril" de origen "Texas" (Tcms.). Ese biotipo se llamó "Raza T", diferenciable de otra raza "O", común y endémica en ese Continente (43).

El hecho de que más del 90% de los maíces híbridos sembrados comercialmente en los EUA tuvieran uniformemente ese tipo de citoplasma "Tcms" condicionando la esterilidad masculina, ha permitido el desarrollo de la epifitosis.

H. maydis ataca principalmente a las hojas del maíz, en las cuales ocasiona unas manchas paralelas color castaño claro o tostado o color "paja", de forma, por lo general, rectangular, alargada, delimitada por dos nervaduras, de una longitud de 3 hasta 25 mm (promedio 13,4) y un ancho de 1-3,5 mm. Los bordes longitudinales de la mancha son casi siempre rectos, bien definidos, a veces de color castaño-rojizo, mientras que los límites transversales, son, frecuentemente, irregulares, no bien definidos y con un halo amarillento.

A veces, las manchas son elípticas, ovaladas, con los bordes irregulares, pudiéndose observar esta condición en la fase inicial de la mancha. Cuando las manchas confluyen, dan lugar a amplias áreas necróticas, donde se forman los conidióforos y conidios del hongo. La enfermedad ataca principalmente las hojas bajas e intermedias de las plantas jóvenes, sobre todo en ambiente cálido y muy húmedo, como ocurre durante la estación lluviosa (27).

Etiología

Helminthosporium maydis (Sin: *Bipolaris maydis*; *Drechslera maydis*) crece rápidamente en agar-papa glucosado, donde, al comienzo, toma una coloración verde-oliva, que luego se torna de un color grisáceo con una abundante masa de micelio algodonoso, a veces distribuida en anillos concéntricos, especialmente si el cultivo ha sido expuesto a la luz natural. Su desarrollo así como la producción de esporos en el cultivo, varía con los diferentes aislamientos. En general, el hongo crece bien entre 20-32°C (óptimo alrededor de los 28°C). Los conidióforos se presentan en copetes o hacecillos; son rectos, delgados, con un largo variable entre 90-420 y un ancho de 9-15 micrones, septados (promedio 12 septas) y nacen de un estroma sub-epidérmico, bien evidente, irrumpiendo a través de espacios intercelulares o de estomas.

El conidióforo, después de haber formado el conidio en el ápice puede crecer lateralmente dando lugar a otros. Estos son alargados, encorvados, por lo general arqueados, con una pared externa que envuelve todo el conidio y paredes internas más delgadas que envuelven individualmente a cada célula en que está dividido el conidio (5-12 septas, promedio 8). El "hilo" no es prominente (como en *H. turcicum*) y su color es algo más oscuro. El tamaño de los conidios es variable: midiendo 49-125,4 (promedio 75,9) de largo y 11,6-17,5 (promedio 13,69) micrones de ancho.

Los conidios germinan por lo general bipolarmente. La forma ascofóra (*Colchiobolus heterotrophus*) se ha encontrado en la naturaleza, así como en medio del cultivo (10).

El hongo se perpetúa, especialmente como micelio, en los restos de cosecha (hojas, tallo y mazorcas) del maíz en el campo y, a veces, en los granos.

Los conidios son diseminados por el viento, y pueden propagar la enfermedad desde unas pocas infecciones primarias a un gran número de plantas.

A pesar de que, en nuestros países no ha sido determinada la raza "T" del hongo, sino solamente la raza "O", muchos cultivares de maíz han mostrado una susceptibilidad notable, incluyendo los con citoplasma "ms" de diferente origen (T, S, R, Vg, Tu, Amargo Blanco, Tilcara, Molinos, Libertad, etc.).

Discusión

Nuestras observaciones sobre los dos tizones descritos, y las características de sus causantes (*H. maydis* y *H. turcicum*) concuerdan, en general, con las reportadas por los autores.

La distribución geográfica de *H. turcicum* es más amplia, encontrándose en todas las zonas maderas, inclusive en las regiones frías de los Andes. *H. maydis* se presenta en forma severa solamente en las áreas cálidas y en las épocas de alta humedad. Para el desarrollo del primero, la temperatura óptima es alrededor de 24°C; para el segundo, entre 28-30°C.

En varios países del Area Andina se están realizando trabajos de selección buscando resistencia a *E. turcicum* (6).

H. maydis es más virulento, de crecimiento más rápido, de más rápida germinación (el conidio) y penetración en el huésped, observándose síntomas unas 36-72 horas después de la inoculación (en vez de 10-12 días registrados por *H. turcicum*). También el porcentaje de infección, en las plantas inoculadas, es más elevado, concordando con las observaciones de Nisikado y Miyake, quienes en las pruebas de inoculación obtuvieron el 100% de resultados positivos con *H. maydis* y el 56% con *H. turcicum* (27).

Las lesiones causadas por *Helminthosporium carbonum* son lineales, pequeñas o redondeadas, de color castaño oscuro, más frecuentes en la hoja envainadora o en las brácteas de la mazorca. Se desarrolla especialmente en lugares frescos, húmedos como los de los Andes. Su ciclo biológico es igual al de los otros hongos del mismo género.

Mancha foliar por *Curvularia*

Se trata de pequeñas manchas translúcidas, muy frecuentes en los maizales de las regiones cálidas y húmedas. Estas manchitas a veces recubren todas las hojas, desde las bajas a las apicales, y llaman mucho la atención por el color castaño brillante de su parte central y por un halo verde oliva, muy resaltante, especialmente cuando se le observa contraluz.

En Venezuela, la enfermedad ha sido ampliamente estudiada (26) también por el hecho de que esas lesiones podían confundirse con infecciones localizadas y abortadas de roya, en variedades resis-

tentes. De otro lado, ha sido siempre opinión común que hongos del tipo *Curvularia* fuesen más bien secundarios, por lo general asociados a otros patógenos.

En 1965, Nelson describió en los EUA unas pequeñas manchas necróticas en las hojas del maíz provocadas por el hongo *C. maculans* (34); Franco reportó el mismo hongo en Brasil en 1960 (cfr. 26) como causante de una de las enfermedades más graves del maíz en el Estado de Sergipe; y, en Nigeria, en 1969, fue reportado *C. pallescens* como causante de pequeñas manchas en las hojas del maíz, muy similares a las observadas en USA, Brasil y Venezuela (21).

Sintomatología

Las manchas, circulares u ovaladas, son pequeñas, de diámetro entre 0,8-3,0 mm (promedio 1,8); en un comienzo son de un color verde claro, oliva, de apariencia aceitosa; luego se destaca, en su centro, una pequeña área necrótica de un color grisáceo-blanquecino con un borde rojizo, mientras que, alrededor de toda la mancha permanece un halo aceitoso, translúcido, bien visible especialmente cuando se observa contraluz.

Frecuentemente, las manchitas están limitadas, en un lado, por una nervadura tomando, en tal caso, la forma de semiluna. Son ligeramente hundidas y, por lo general, aunque muy cerca una de la otra, cada mancha conserva su individualidad. Solo raramente confluyen los halos aceitosos de varias manchas, formando áreas más grandes ovaladas, de tamaño variable.

Etiología

El hongo causante identificado como *C. pallescens* crece bien en medio de cultivo (agar-papa glucosado al 2%), donde toma al comienzo una coloración blancuzca que, al poco tiempo, se torna pardo-rojiza y, por último, verde-oliva oscuro, casi negruzca.

El micelio es muy septado, ramificado, color castaño brillante en el substrato y castaño oscuro sobre el substrato.

Los conidióforos son de color pardo, no ramificados, erectos, septados más intensamente hacia el ápice el que frecuentemente se presenta geniculado, algo torcido y con pequeñas nudosidades.

Los conidios son ovalados, cilíndricos, no sigmoides, a veces encorvados, de un color castaño claro; por lo general con tres septas transversales, siendo las dos células centrales de mayor tamaño que las dos de los extremos, más pequeñas e hialinas. Las dos células centrales son de un color algo más oscuro que las de las extremidades. El hilo es bien visible, así como es evidente en el conidióforo, la cicatriz de donde se ha desprendido el conidio.

El tamaño de los conidios (de las hojas, después de 24 horas en cámara húmeda) es de 19-31 micrones de largo x 9-13 de ancho (media: 24,2 x 11).

Los conidios germinan rápidamente, a las dos horas de haberse colocado sobre una película de agar-agua, de una, o, más frecuentemente, de ambas células apicales, las que emiten una especie de vesícula que luego se alarga en un tubo germinativo. A las 6 horas el micelio, hialino, ramificado y septado, se ha alargado unos 250-400 micrones.

En Venezuela, el hongo, identificado en un comienzo como *C. maculans* se ha posteriormente adscrito a *C. pallescens* por su constante color hialino, forma recta o casi, y triseptada, siendo por cierto muy discutible la diferencia entre las dos especies (*C. maculans* y *C. pallescens*).

La enfermedad se propaga y disemina rápidamente debido a la gran capacidad esporulante del hongo, y a la fácil diseminación del inóculo por el viento.

Las altas temperaturas y la elevada humedad, que predominan durante las lluvias en la mayoría de las áreas maiceras, contribuyen a la alta incidencia de esta enfermedad.

En cuanto al daño que causa la enfermedad, no se tienen datos concretos; en todo caso, es presumible suponer que haya merma en la producción debido a la cantidad de manchas que recubren la lámina foliar, reduciendo notablemente el área fotosintética de la hoja. Sin embargo, no se produce una quemazón o secamiento del follaje (como se observa en los tizones descritos antes) probablemente porque este hongo no produzca toxinas que se difundan y necrosen los tejidos.

Aunque la mayoría de los cultivares de maíz han mostrado ser susceptibles a la enfermedad, cabe señalar que, en general, las viejas variedades son menos atacadas que algunos de los recientes híbridos y líneas puras; entre estas, algunas introducidas

de los EUA. También se han observado en siembras de una misma población, diferencias individuales en cuanto a susceptibilidad se refiere (26).

Mancha gris o Cercosporiosis

También denominada mancha lineal, se ha vuelto en estos últimos años muy perjudicial en las siembras comerciales de maíz de todo el mundo, incluyendo a los países del Area Andina. Las manchas son estrechas y alargadas, rectangulares, delimitadas por las nervaduras; son de un color gris a tostado, variando en tamaño hasta medir unos 6-8 cm de largo. Ellas, frecuentemente, se unen formando extensas áreas necróticas que secan la hoja. El organismo causante es el hongo *Cercospora zae-maydis* cuyos conidios son alargados, ligeramente encorvados, hialinos pluriseptados (6-12 septas) midiendo entre 40-165 x 4-9 micrones.

El ciclo de la enfermedad y las medidas de combate son similares a las indicadas por las otras enfermedades fungosas del follaje, descritas anteriormente.

La mancha de asfalto

Se trata de una mancha color castaño-oscuro con una amplia costra carbonosa en el centro, sobresaliente, que la hace similar a una porción o "mancha" de asfalto (tar spot). Las manchas son redondeadas u ovaladas, pequeñas (1-5 mm de diámetro) casi siempre con un halo amarillento o translúcido, bien visible en su alrededor.

Frecuentemente confluyen formando estrías alargadas. Las costras mencionadas son los estromas o "clipeos" del hongo causante *Phyllachora maydis* Maubl., y están constituidos por un conjunto de ascocarpos (peritecios), casi esféricos, sumergidos en el mesofilo, de un diámetro promedio de 190 micras.

Los ascos son cilíndricos, cortopedicelados, alargados (100-180 x 8-10 u), conteniendo 8 ascosporas, más o menos elipsoidales, hialinas, sin septas, dispuestas en posición monoseriadas midiendo, en promedio, 10,5 x 6 micrones.

La enfermedad se observa en toda el Area Andina, pero es perjudicial solamente en las regiones altas, especialmente en Colombia y Perú. En Venezuela la enfermedad es de escasa importancia,

por presentarse solamente en localidades elevadas de los estados Trujillo y Mérida, que se consideran marginales para el cultivo del maíz. Es grave solo en casos excepcionales ya que, por lo general, ataca al follaje del maíz después de la floración, ocasionando un secamiento prematuro y, desde luego, una disminución de la producción (28).

Su ecología es bastante peculiar ya que se desarrolla en las zonas relativamente altas, o sea, en los ambientes moderadamente fríos, pero húmedos, de las regiones tropicales y subtropicales. Se están realizando trabajos de selección buscando resistencia a esta enfermedad (5).

Mancha parda o mancha morena

La "mancha parda" es frecuente en la mayoría de las siembras comerciales de maíz, en ambiente cálido-húmedo, cuando la planta llega a su período de floración.

Las manchas se manifiestan primeramente en la base de las hojas, especialmente en la porción envainadora y en el tallo. Las manchas o lesiones son primero amarillentas y ovaladas; luego se unen para formar manchas alargadas, de color pardo-oscuro, profundas, que ocasionan grietas en la base de la hoja o en el tallo, a la altura de los nudos. En las lesiones es fácil observar, a simple vista, una masa de estructuras negras que son los esporangios del hongo. Al separar la hoja envainadora del tallo, las lesiones son más evidentes en la parte interna de la vaina.

La susceptibilidad a la enfermedad es muy variable, habiéndose observado, en Venezuela, ataques masivos en el follaje de ciertas líneas introducidas de EUA para la formación de híbridos (Malaguti, informe especial).

Etiología

El hongo causante de la "mancha morena", el *Physoderma maydis* Miy. (*P. zae maydis* Shaw) es un hongo ficomicete holocárpico, con micelio muy reducido, pero que produce en las lesiones un gran número de esporangios color castaño-púrpura, con doble pared lisa. Son de forma redondeada, excepto por uno de sus lados que es plano (diámetro entre 18-30 micrones). Cuando el esporangio germina, libera a través de un opérculo dehiscente bien pronunciado, una cantidad (20-50) zoosporas con un

solo flagelo, 3-4 veces más largo que la zoospora.

Las zoosporas se mueven en el agua de la superficie foliar y germinan formando una hifa gruesa, ameboide, de la cual nacen varios filamentos que penetran en los tejidos jóvenes (meristemáticos) de las hojas de maíz, infectándolas. El micelio dentro del tejido foliar forma estructuras alargadas, que se transforman en esporangios (1).

La perpetuación del hongo es por medio de los esporangios maduros que, como órganos de resistencia, permanecen en los tejidos afectados. Todo el ciclo de la enfermedad puede cumplirse en 16-20 días.

La mancha zonada por *Glococercospora sorghi*

Es muy común en sorgo, pasto Sudan, paja Johnson (*Sorghum halepense*) y paja falso Johnson (*S. verticilliflorum*).

En maíz es menos frecuente y las lesiones no son tan extensas y llamativas como en los huéspedes mencionados. Se presenta únicamente en ambiente húmedo, y las manchas, de un color pardo-rojizo, se desarrollan en forma de halos o franjas circulares concéntricas de diferente color (pardo-grisáceo alternando con pardo-rojizo); su tamaño es variable: desde unos pocos centímetros a 10-12 cm de diámetro.

En las lesiones se producen los conidióforos en forma de hacecillos compactos que nacen de un estroma prominente (esporodocio); de ellos nacen los conidios envueltos en una masa gelatinosa color rosado a salmón, siendo hialinos, erectos como agujas o ligeramente encorvados, muy largos, llegando a medir hasta unos 200 micrones de largo (promedio 82,5 x 2,4 micrones).

En el tejido necrótico pueden formarse los esclerocios, redondeados, de color negruzco, que son estructuras de resistencia del hongo.

La Antracnosis

Se presenta en condiciones de alta humedad, ocasionando manchas ovaladas, redondeadas de aspecto húmedo, de color castaño-grisáceo en el centro y con bordes castaño-rojizos. En los tejidos necrosados se forman los acérvulos del hongo, *Co-*

lletotrichum graminicolum; ellos son circulares, de color negruzco, conteniendo conidióforos erectos, hialinos, no septados junto con setas alargadas, oscuras y septadas. Los conidios son hialinos, sin septas, cilíndricos o encorvados, producidos aisladamente en la punta del conidióforo, midiendo entre 26-31 micrones de largo. Ellos son los responsables de la propagación de la enfermedad.

MANCHAS BACTERIANAS DE LAS HOJAS

Estría bacteriana

Esta enfermedad se presenta en ciertos períodos del año, con temperatura relativamente alta y en ambiente húmedo, durante o después de períodos de lluvia. Es fácil observarla en siembras jóvenes (de 30-50 días de edad), por el intenso estriado de las hojas. Las estrías son, en un primer tiempo, de un color verde-oliva, grisáceo, de aspecto húmedo, estrechas y en forma de bandas paralelas; posteriormente, se vuelven pardas, necróticas y pueden secar enteras porciones de la lámina foliar. En casos graves las hojas superiores permanecen blanquecinas.

Etiología

La enfermedad es causada por la bacteria *Pseudomonas andropogonis*, patógeno también frecuente en sorgo, donde causa una enfermedad similar. En ciertas variedades susceptibles de ambos huéspedes puede llegar a causar una pudrición del cogollo y la paralización del desarrollo de la planta.

La bacteria penetra en los tejidos a través de los estomas, cuando las hojas son impregnadas de agua. Ataca también a la paja Sudan y paja Johnson.

Mancha redondeada

Se trata de manchas ovaladas, redondeadas, más o menos alargadas, que aparecen más frecuentemente en el ápice de las hojas inferiores. Primero, las manchas son verde-oscuro y húmedas translúcidas; luego, se vuelven blanquecino-grisáceas, con los márgenes necróticos o secos. Generalmente las

manchas tienen un halo amarillento.

Etiología

La enfermedad es causada por la bacteria *Pseudomonas syringae* (Sinon: *Xanthomonas holcicola*; *Pseudomonas holci*)

A igual que otras bacterias, penetra en el huésped a través de los estomas, y puede ser severa en condiciones de alta temperatura, con lluvia y viento, especialmente en la primera edad de la planta.

La bacteria es patógena también para las diferentes especies de *Sorghum*.

Control

Las medidas de combate para las enfermedades bacterianas mencionadas se limitan a: uso de variedades resistentes, rotación de cultivos (si es posible), saneamiento de los campos una vez cosechado el maíz, control de la maleza para facilitar la circulación del aire, reduciendo la humedad ambiental. También el control de los insectos salta-hojas es útil, ya que muchos de ellos se encuentran asociados a la enfermedad.

LAS ROYAS DEL MAIZ

Todas las siembras de maíz, de cualquier variedad y en cualquier época del año, presentan ataques más o menos intensos de "roya". En las diferentes áreas maiceras de los países del Area Andina existen, en general, tres royas conocidas hasta ahora sobre este cultivo, a saber: *Puccinia sorghi*, *Puccinia polysora* y *Physopella (Angiopsora) zae* (23, 39, 44).

En el cultivo del maíz, generalmente se les da poca importancia a las "royas", por el daño aparentemente reducido que ocasionan estas enfermedades ya que el ataque casi siempre se manifiesta cuando las plantas están ya desarrolladas.

Sin embargo, cuando las pústulas se reúnen en número elevado hasta formar áreas necróticas conlucentes, todo el follaje puede secarse, con una considerable reducción de la producción.

Se han reportado graves epifitias por *P. poly-*

sora en Africa y por *P. sorghi* en las Filipinas y en los EUA.

En los planes de mejoramiento del maíz, será útil tener en cuenta el comportamiento de los diferentes tipos y cultivares hacia las royas mencionadas.

A diferencia de otros países, donde las infecciones de roya proceden de áreas lejanas (recordamos, por ejemplo, las infecciones de roya del trigo cuyo inóculo, desde Argentina, puede paulatinamente llegar a Canadá), en nuestros países tropicales, el cultivo continuado del maíz durante casi todo el año asegura un inóculo constante.

A continuación damos algunas características de las tres royas, ampliamente descritas, en Venezuela, por Malaguti (23):

Puccinia sorghi

Es la roya común del maíz ya que se encuentra en todas las regiones maiceras del mundo, atacando a la parte aérea de la planta, especialmente hojas, hojas envainadoras y brácteas de las mazorcas.

Las pústulas, o uredosporos, son generalmente esparcidos sobre las hojas, bien desarrolladas, prominentes, polvorientas, de color anaranjado-castaño, y se quiebran con una amplia abertura longitudinal, que deja salir los uredosporos, redondeados, rojo-amarillentos. Estos varían en forma y tamaño, siendo redondos u ovalados, con pared celular algo espesa, con equinulos pequeños y finos, y un diámetro promedio de 26 micrones.

Con el tiempo, las pústulas toman una coloración más oscura, dejando ver en su interior unos esporos también negruzcos que son las teleutosporas. Estas son bicelulares, ovaladas, con paredes lisas y de doble espesor en ambas células; de color castaño-negruzco con la célula superior redondeada y la inferior terminando en un pedicelo alargado, que puede llegar a medir el doble del cuerpo de la teleutospóra.

El hongo, contrariamente a lo que indica el nombre, no ataca al sorgo; forma su estado pínico y ecídico en especies de *Oxalis*, especialmente *O. coniculata*. En Venezuela, a pesar de existir varias especies de *Oxalis*, no se han observado todavía dichos estados, siendo probable que el ciclo del hongo se limite a las formas descritas: uredo y

telio.

Distribución e importancia

Se ha observado principalmente en los lugares frescos, en todas las regiones de los Andes, sea en el estado uredosporico que teleutospórico. Las teliosporas se forman solamente en ciertos tiempos frescos del año. Es la sola especie presente arriba de los 1.000 metros de altura, y es endémica en todas las regiones, aunque ocurra esporádicamente y en escala limitada. Por esto, no es de gran importancia económica, en las condiciones corrientes del cultivo.

Puccinia polysora

Es conocida con el nombre de "roya americana" y se considera endémica de Centroamérica.

Fue descrita primero sobre *Tripsacum* sp. y solo en 1941 Cummins (8) señaló al maíz y teosinte (*Euchlaena mexicana*) como huéspedes de este hongo.

Después de 1950, *P. polysora* se ha vuelto tristemente famoso por las epifitias ocasionadas en Africa y que han sido calificadas de "catastróficas" y "devastadoras". Los trabajos de selección han llevado a descubrir fuentes de resistencia en maíces de México y América Central, mientras en Africa ha sido encontrada una nueva raza del patógeno.

Comparados con *P. sorghi*, los uredosporos y los teleutosporos de este hongo son más pequeños, agrupados y de formas más redondeadas, con la epidermis que permanece recubriéndolos hasta tanto están maduros.

Los uredosporos son un poco más claros que los de *P. sorghi*, frecuentemente ovalados, con equinulos más ralos y más prominentes.

Los teliosporos son de color castaño claro, angulosos, elipsoidales, bicelulares, con las dos células generalmente de diferente tamaño, siendo la inferior más pequeña y de forma irregular, con paredes delgadas, y son portadas por cortos pedicelos.

Distribución e importancia

Además del Africa, existe en Asia y en Norte, Centro y Sur América (44).

En Venezuela, esta "roya", señalada y descrita sobre maíz en 1952 (23) se encuentra actualmente en todas las regiones de gran cultivo del cereal.

En 1938, Kern (cfr. 23) la señaló sobre *Tripsacum laxum* en una hacienda en Chacao, cerca de Caracas, Venezuela, y la reportó como primera señalación de esta especie en Sur América. Según este autor, es frecuente en *Tripsacum* y parece seguir el cultivo de esta hierba.

Creemos que se encuentra en todos los lugares cálidos (por debajo de los 800-1.000 msnm) donde se cultiva maíz o *Tripsacum* durante todo el año. Por esto puede considerarse la roya actualmente más importante de nuestros países.

Physopella (Anglopsora) zae

Como se ha dicho anteriormente, este hongo se ha encontrado solamente en las regiones cálidas de Centro y Sur América. Se le llama también "roya tropical". Con el nombre de *Uredo pallida* y *Puccinia pallescens* ha sido señalada en años anteriores sobre *Tripsacum* y *Euchlaena*.

En maíz, el hongo ocasiona manchas bien visibles, formadas por innumerables pústulas reunidas en una misma área ojival, alargada, de color ceniza o gris amarillento. Las pústulas, más frecuentes en la parte superior de la hoja, son bien pronunciadas, pequeñas, cubiertas por la epidermis de las hojas y no se quiebran, saliendo los uredosporos maduros por una pequeña abertura. Los uredosporos son de color amarillento-hialino, ovalados, de forma a veces irregular poco o regularmente equinulados, pequeños en tamaño (promedio 18 x 25 micrones). Los teleutosporos son de color castaño-chocolate, formándose generalmente a los bordes del área donde se han desarrollado los uredosporos y quedando igualmente cubiertos por la epidermis; son de color anaranjado, alargados, angulares, sin pedicelo, dispuestos en cadenas de dos o más células. No se conocen huéspedes intermediarios.

Distribución e importancia

Como hemos dicho, este hongo se encuentra solamente en Centro y Sur América. En Venezuela, Kern y Thurston (cfr. 23) identificaron *Angiospora zae* sobre una muestra de maíz recolectada en 1938 por Chardon (Herbario micológico CIA, No. 2.590), que la había considerado erróneamente como *P. sorghi*. En esta exicata pueden verse los

uredosporos y teliosporos característicos de *Physiopella zae*.

Se ha encontrado produciendo ataques epifitóticos en áreas limitadas y bajo condiciones climáticas muy variables en períodos de lluvia o de sequo, en diferentes regiones del país.

Por su limitada distribución en el mundo, *P. zae* se le considera de poca importancia, pero, la forma violenta con la cual se ha desarrollado en ciertas áreas de Venezuela, el inóculo abundante y presencia durante todo el año, hacen de esta "roya" una de las más peligrosas para el futuro.

Consideraciones finales y control

En las tres royas, el principal inóculo primario y secundario está constituido por las uredosporas. En *P. sorghi* las teleosporas son más frecuentes y pueden jugar un papel importante en la perpetuación del hongo, el cual prefiere una temperatura algo fresca (18-23°C), a diferencia de *P. polysora* y *P. zae* que requieren de temperaturas altas (sobre los 27°C), en áreas bajas (a menos de 1.000 msnm).

P. sorghi se diferencia de *P. polysora* por sus uredosporos más grandes, esparcidos y alargados que se abren cuando maduros, y teliosporos formados por dos células uniformes con paredes espesas y pedicelo largo. *P. zae* se diferencia por sus uredosporas hialinas, pequeñas y teleosporos recubiertos y teleosporas sesiles, reunidas en haces.

El control de las royas se basa principalmente en la selección de variedades resistentes y en el empleo de aquellas prácticas agronómicas (buen drenaje, limpieza de los campos, saneamiento) que pueden crear un ambiente menos favorable al desarrollo de los patógenos.

En ciertos casos puede ser conveniente el uso de fungicidas, efectuando unas pocas aplicaciones, comenzando tan pronto aparezcan las primeras pústulas.

EL "MILDIU LANOSO" DEL MAÍZ

El maíz, al igual que el sorgo, es atacado por varias especies de hongos de los géneros *Sclerospora* y *Sclerophthora*, los cuales causan enfermedades conocidas con el nombre común de "Mildiu lanoso" (Downy Mildew). En maíz, con el nombre de "cabeza loca" o "punta loca" (Crazy top) se designa comúnmente en el mundo una filoidia o virescencia muy marcada de la panoja, inducida por el hongo *Sclerospora macrospora*. Sin embargo, la misma manifestación puede ser ocasionada por otras especies de hongos de la familia *Peronosporaceae*, como es el caso de Centro y Sur América, donde manifestaciones similares en maíz son inducidas por *Sclerospora sorghi*, posteriormente clasificado como *Peronosclerospora sorghi*, el agente causante del mildiu lanoso del sorgo y maíz (40).

En Venezuela, la enfermedad se ha observado por primera vez en 1972, en una siembra experimental de sorgo, y luego, entre 1973 y 1975, se ha ido extendiendo a las regiones maiceras de los estados centrales o centro occidentales del país, causando daños variables, según la incidencia del ataque. La enfermedad ha sido también señalada en Bolivia, Colombia y Perú (12, 29).

Sintomatología y etiología

Las plantas con infección sistémica son cloróticas, con las hojas más estrechas y más erectas que las de las plantas normales, frecuentemente con estrías de color blanquecino-amarillento, paralelas a la nervadura central. Algunas hojas, especialmente las primeras en ser afectadas, presentan una división neta entre la parte enferma y la sana de la lámina foliar, ("hoja mitad-enferma o mancha de media-hoja"). Las hojas infectadas presentan de manera frecuente -especialmente en horas tempranas de la mañana- en ambas caras, una eflorescencia blanquecina, como una leve capa de lana o algodón constituida por los conidióforos y conidios del hongo. Se han llamado conidios y conidióforos (y no esporangios y esporangioforos) ya que esa estructura anamorfa germina directamente mediante un tubo germinativo, sin abrirse para dar lugar a zoosporas como ocurriría en el caso de esporangios, siendo esta la base para la creación del nuevo gen. *Peronosclerospora* *.

* Según Ch. G. Shaw, 1977. "Peronosclerospora spp. and other mildews of the Graminaeae". In Proc. Reunión sobre el Mildiu del sorgo y maíz. Maracay, 1977. Revista Fac. Agr. UCV. Alcance No. 30. 1979. p. 115-133.

Los conidios comprenden, en su interior, varios núcleos (generalmente 21-22).

Las plantas enfermas, por lo general, son estériles; no presentan mazorca o pueden producirla completamente transformada en estructuras foliares (Filoidia). Así mismo, la inflorescencia masculina puede transformar todos sus elementos florales en estructuras foliares, dando frecuentemente lugar a malformaciones notables que llaman poderosamente la atención ("punta loca" en Venezuela).

El "flejado" o quebrado de las hojas en forma de tiras, ocurre frecuentemente en las plantas muy enfermas de sorgo, pero muy raramente en maíz. Estos síntomas corresponden con la formación abundante de oosporas, entre las nervaduras de las hojas.

Los conidióforos salen de los estomas, son erectos, hialinos, ramificados dicotómicamente, y llevan los conidios sobre esterigmas alargados, cónicos. Los conidios son hialinos, esféricos u ovalados, con un diámetro entre 15-28 micrones. En presencia de alta humedad y de una temperatura entre 18-23°C ellos germinan directamente, por medio de un tubo germinativo, capaz de penetrar e infectar al huésped.

Las oosporas se forman en el tejido del mesofilo, entre los vasos fibrovasculares; son esféricas, de doble pared, de color castaño a madurez.

Las oosporas son muy abundantes en sorgo (*Sorghum bicolor*), pero se han observado muy raramente en maíz. Ellas pueden perdurar en el suelo varios años y casi seguramente constituyen el inóculo primario, pudiendo germinar e infectar las plántulas recién germinadas. Luego, el principal inóculo para las infecciones secundarias está constituido por los conidios. De lo anterior se desprende que las plántulas de maíz pueden infectarse de dos maneras: por medio de las oosporas presentes en el suelo o por medio de los conidios llevados por el viento desde los tejidos foliares parasitados y esporulantes (22).

El hongo *Sclerospora mocospora* causante de la "punta loca verdadera" (Crazy top) se ha detectado esporádicamente en Venezuela sobre maleza (*Setaria* sp.) y en Perú sobre caña de azúcar, pero no en maíz (29).

Este hongo produce oospora de mayor tamaño y con paredes más gruesas que las de *P. sorghi*, y en

la lámina foliar, se encuentran adheridas a las nervaduras, presionándolas, y no libres, entre nervaduras, como las de *P. sorghi*.

Combate

El método más seguro de control es el uso de variedades resistentes. Afortunadamente, se han observado notables diferencias entre el material genético ensayado, en cuanto a susceptibilidad a la enfermedad, destacándose algunas líneas procedentes del Area del Caribe y otras de las Filipinas y Tailandia con resistencia aceptable.

Otras medidas aconsejables son: el entresaque o erradicación de las plantas enfermas, tan pronto aparezcan, en siembras de 20-50 días de edad, fácilmente detectables a distancia por sus hojas erectas sobresalientes y de color verde claro.

Quemar los restos de cosecha, destruir o eliminar la paja Johnson dentro o en los alrededores de los campos cultivados, evitar las rotaciones entre maíz y sorgo en campos donde haya ocurrido la enfermedad, son también medidas útiles.

Una última medida es el empleo de fungicidas sistémicos de acción particular contra los *Peronosporales*, como lo son los a base de Metalaxil. Existen varios en el comercio (Ridomil de Ciba-Geigy; Aliette de Rhone-Poulenc), pero las aspersiones al follaje de las plántulas jóvenes serían antieconómicas. El empleo aconsejable es su aplicación como desinfectantes de semillas. En este caso, las plántulas, adquiriendo el producto, quedan protegidas de los ataques del hongo por lo menos durante los primeros 15-20 días después de la germinación, período en el cual las plántulas son susceptibles a la penetración del hongo.

LOS CARBONES DEL MAÍZ

Han sido descritos, en maíz, dos carbonos: el carbón común por el hongo *Ustilago maydis* (Sinon. *U. zae*) y el carbón de la panoja por *Sphacelotheca reliana*. El primero es un carbón "volador", que infecta a la planta en cualquier órgano aéreo por medio de los esporidios llevados por el viento; el segundo es un carbón "fijo" o sistémico, que invade

a las plántulas por medio del micelio procedente de las clamidosporas que perduran y germinan en el suelo, y aparece como tiras carbonosas en las inflorescencias, sea masculinas o femeninas. Además, se conoce el "falso carbón" causado por un hongo no perteneciente a los Ustilaginales (Basidiomicetes) sino a un hongo cercano a los Ascomicetes que produce esclerocios y conidios en las inflorescencias masculinas.

El carbón común

Se encuentra difundido en todo el mundo. En los trópicos bajos del Area Andina es frecuente observar la enfermedad en la mazorca que queda abultada, invadida y deformada, tomando la forma de una bolsa carbonosa. A veces los granos invadidos por el hongo mantienen su individualidad, con una masa hiperplástica, cubierta de una película lúcida, delgada, conteniendo la masa carbonosa que son las clamidosporas del hongo.

La incidencia del carbón común o bolsa de carbón en los trópicos bajos es variable, pudiendo aparecer, de improviso, en ciertas siembras, aparentemente favorecido por períodos irregulares de sequía, con temperaturas entre 26-34°C y por los daños mecánicos (insectos o viento) que facilitan la diseminación y penetración del inóculo; su incidencia en los trópicos altos y en los países de clima templado es, a veces, frecuente.

La incidencia es mayor en plantas que crecen en suelos ricos de Nitrógeno y, en particular, en tejidos en pleno crecimiento o en transformación. Así, se ha observado con suma frecuencia, en las inflorescencias masculinas del maíz transformadas por acción del hongo *Peronosclerospora sorghi*. En general, el daño económico es limitado, ya que en las variedades e híbridos actualmente cultivados en los países del Area Andina difícilmente se encuentran más del 1-2 por mil de plantas afectadas.

Síntomas

Los síntomas son muy visibles y llamativos, ya que consisten principalmente en la formación de agallas, tumores o bolsas cubiertas por una membrana blanquecina y brillante, la cual, al romperse, deja al descubierto una masa carbonosa o polvorienta de esporos negros. Estas agallas se forman en cualquier parte aérea de la planta; en tejidos en crecimiento: mazorcas, panoja, hojas, etc. El tamaño de la bolsa es variable (0,5-15 cm de diámetro) siendo mayores

las que se forman en la mazorca y menores y de consistencia dura las que se desarrollan en otros tejidos de la planta.

Etiología

El hongo *Ustilago maydis* tiene teliosporos o clamidosporas de color oliva-negruzco, de forma esférica u ovalada, claramente equinuladas, del diámetro de 8-11 micrones, los cuales constituyen las agallas o bolsas carbonosas, con aspectos de hollín antes descritas. Al romperse las bolsas, y al ser llevadas por el viento en sitios y condiciones favorables, estas clamidosporas binucleadas germinan formando un promicelio del cual se originan cuatro esporidios (basidiosporas) haploides hialinas. La infección es producida por las hifas que se originan directamente de la clamidospora en germinación o, más comúnmente, de las que se desarrollan después de la fusión de dos esporidios. La penetración ocurre a través de los estomas, heridas o directamente a través de la pared celular. Una entrada más fácil es a través del estigma y estilo (barba) de la mazorca. Las células del huésped, bajo el estímulo del micelio del patógeno, aumentan de tamaño y número formando las agallas (hiperplasias e hipertrofias) en las cuales el micelio diferencia las masas de esporas negras y polvorulentas (7).

Combate

Sembrar variedades resistentes; evitar causar heridas a las plantas durante el cultivo; proporcionar a la planta una fertilización balanceada; y, sobre todo, recolectar a mano las bolsas carbonosas y destruirlas antes de que se rompan.

Carbón de la panoja

Esta enfermedad se manifiesta mediante la presencia de agallas en la mazorca y en la inflorescencia masculina, destruyendo por completo esas partes, las cuales pueden convertirse en una masa de esporas negras y polvorulentas. La enfermedad no es frecuente.

El hongo causante (*Sphacelotheca reiliana*) sobrevive en el suelo o en la semilla. El penetra en la planta joven y se mantiene sistémico en ella hasta desarrollarse en la mazorca o en la inflorescencia masculina. Las agallas son primero cubiertas por una membrana que luego se rompe dejando salir las esporas al viento.

Es común encontrar en las panojas y en las mazorcas afectadas una amplia proliferación de hojas.

El ciclo biológico del hongo es parecido a el de *Ustilago maydis*, pero el sistema de infección es muy diferente ya que en este caso el micelio parasitario es de naturaleza sistémica en la plántula.

La rotación de cultivos durante dos años y el tratamiento de la semilla pueden ayudar a reducir la incidencia de la enfermedad.

El falso carbón

Es causado por un hongo (*Ustilagoidea virescens*) que, en realidad, no es un carbón, sino un Ascomicete, relacionado con *Claviceps* sp. En efecto, el hongo forma masas miceliales o esclerocios, en cuya superficie se forman partículas redondeadas, con paredes gruesas, las "yemas" que son órganos de diseminación. Sucesivamente, estos esclerocios endurecen y sustituyen los granos de polen; a veces producen conidios de color verduzco (de aquí el nombre de la especie), los cuales al germinar, producen esporos secundarios similares a los esporos de las Ustilaginales.

Una enfermedad similar es frecuente en arroz. En maíz se presenta raramente, por lo cual no constituye un factor limitante del cultivo.

ENFERMEDADES INFECCIOSAS, POR VIRUS Y MICOPLASMAS

Estas enfermedades se han venido incrementando en los últimos años en todos los países productores de maíz y, en particular, en los países tropicales, causando serios perjuicios al cultivo. Su identificación es a veces difícil, por encontrarse frecuentemente en la misma planta complejos virales debido a la unión de varios virus, por lo cual también la sintomatología es muy variada y compleja.

No todas las enfermedades virales descritas sobre maíz, en el mundo, están presentes en las

regiones andinas; es el caso del "maize streak" presente principalmente en Africa o del "enanismo rayado" presente en los países del Area mediterránea.

Las principales virosis del maíz en nuestras regiones son:

a) El mosaico del maíz (*maize mosaic*) conocido desde tiempo en Hawaii, Puerto Rico, Cuba y Venezuela, países en los cuales en el pasado, esta era la enfermedad más importante. Fue descrita en Venezuela en 1963 bajo el nombre de "enanismo rayado"; es transmitida por el saltahoja *Peregrinus maydis* (24).

b) El complejo del "mosaico de la caña de azúcar" es la virosis más difundida en la mayoría de los países maiceros del mundo, incluyendo los del Area Andina. Su distribución se debe probablemente a la facilidad de adaptación y distribución de sus insectos vectores que son varias especies de áfidos.

Se admite que a este grupo pertenecen cuatro virus diferentes:

b1- El virus del mosaico de la caña de azúcar, típico de ese cultivo (Sugar cane mosaic virus - SCMV).

b2- El virus del mosaico enanizante del maíz (Maize dwarf mosaic virus - MDMV).

b3- El virus del mosaico del sorgo (Sorghum mosaic virus - Sor MV).

b4- El virus del mosaico de la paja Johnson (Johnson grass mosaic virus - JGMV).

En estas notas nos referimos especialmente a los dos primeros: SCMV y MDMV.

c) La hoja blanca o estriado del maíz (*maize stripe*) transmitido por el saltahoja *Peregrinus maydis* actualmente muy perjudicial en Venezuela y Colombia.

d) El rayado fino transmitido por el saltahoja *Dalbulus* spp. presente en Venezuela, Colombia y varias regiones de Centro y Sur América.

En cuanto a las enfermedades por *Mycoplasma* y/o *Spiroplasma*, el "achaparramiento del maíz" es sumamente perjudicial en Venezuela, México y va-

rios países de Centroamérica.

Mosaico del maíz

Conocido también como mosaico estriado o enanismo rayado (en Venezuela). Su incidencia es variable, habiendo causado daños muy severos en Venezuela, en algunas islas del Caribe y Hawaii. No ha sido reportado en otros países y solamente en forma ocasional en algunas áreas andinas (Colombia).

Sintomatología

El primer síntoma en la planta infectada es un color verde, ligeramente más oscuro en las hojas, y un aspecto algo más erecto, con tallo más grueso y como "enrepollado", ya que las hojas nacen de puntos cercanos por el acortamiento de los entrenudos. En la base de las hojas se observan rayas longitudinales de color amarillento, que más tarde se prolongan hasta la parte apical de la lámina foliar, así como también a la parte de las hojas envainadoras. Estas rayas o estrías son muy variables, pudiendo ser aisladas, cortas o reunidas en bandas, cubrir todas las hojas o solo una porción de ellas. Con el aumento de la infección, las hojas afectadas paralizan su crecimiento quedando más cortas, aunque aparentemente de un largo y ancho notable en comparación con el tamaño reducido de la planta.

Comúnmente, el ápice de la planta se inclina de un lado o se tuerce completamente hacia abajo; el cogollo queda como "embojotado" o "atrapado", envuelto entre las hojas, frecuentemente sin poder salir, secándose prematuramente. La inflorescencia masculina puede o no salir del cogollo, quedando igualmente torcida.

Las mazorcas se presentan en un número mayor que en las plantas sanas y, por lo corto de los entrenudos, se ven muy cercanas unas a otras; son más delgadas, con brácteas abundantes y poco o ningún grano en la "tusa"; son erectas, sobresaliendo a veces sobre el ápice de la planta.

Características

La enfermedad es transmitida por el insecto cicadélido *Perigrinus maydis*; no es transmitida por áfidos, ni mecánicamente, ni por semilla.

El período de incubación en la planta es de 9 a

50 días y en el insecto es de 11 a 29 días, permaneciendo este infectado y capaz de transmitir el virus generalmente durante toda su vida. El virus se multiplica en la planta y en su insecto vector (15, 16, 24).

Según Herold, las células infectadas mostraron al microscopio electrónico partículas virales en el citoplasma, alrededor del núcleo y están dispuestas en orden regular, tridimensional, formando microcristales. Las partículas son baciliformes (Rhabdovirus); son muy regulares en tamaño y forma, midiendo 242 nm de largo y 48 nm de diámetro; ellas consisten de cuatro componentes: envoltura, estructura helicoidal, cilindro hueco y centro denso (17, 30).

Combate

El método más simple y seguro sería el empleo de variedades resistentes, haciéndose por lo tanto necesario la búsqueda de fuentes de resistencia.

El uso de insecticidas para controlar el insecto vector y, por ende, la enfermedad, ha dado resultados poco satisfactorios.

Ciertas prácticas agronómicas como limpieza de los campos y las siembras tempranas pueden ser de utilidad.

El mosaico de la caña de azúcar en maíz

El mosaico de la caña de azúcar se viene observando en Venezuela en siembras comerciales de maíz desde 1969. La enfermedad es frecuente en la mayor parte de los países del mundo donde se cultiva maíz, incluyendo los del Area Andina. Ataca también al sorgo, a la paja Sudan y al pasto elefante (35).

Sintomatología

En las plantas enfermas se observa un moteado más o menos intenso, con diferentes tonalidades. Frecuentemente, las manchas son irregulares, de un color verde intenso alternado con áreas blanquecinas, o se presentan estrías paralelas a la nervadura central, de color amarillo.

De acuerdo con la intensidad de la enfermedad, la planta puede reducir notablemente su desarrollo y tamaño y la producción puede ser escasa o nula.

Características

El virus se transmite fácilmente en forma mecánica y por áfidos. Entre los áfidos señalados en el área como transmisores se encuentran *Aphis gossypii* y *Rhopalosiphum maydis* (35).

El período de incubación en la planta es de 4 a 12 días y los insectos pueden transmitir el virus inmediatamente después de alimentarse de un tejido enfermo. Las partículas virales se encuentran sin orden en las células. Son de forma filamentosa flexuosa (Potyvirus), tienen un tamaño de 760 + 10 nm de largo y 12 a 13 nm de ancho, mostrando un canal central.

Combate

La manera más segura de control es el uso de variedades resistentes, habiéndose notado grandes diferencias entre los cultivares en cuanto a susceptibilidad a la enfermedad. También es útil no sembrar campos de maíz cerca de cultivos de caña de azúcar o sorgo, eliminar las malezas hospederas como paja Johnson, falso Johnson y otros.

Mosalco severo o mosaico enanizante del maíz (*Maize dwarf mosaic*)

Las plantas afectadas presentan en las hojas nuevas un moteado severo acompañado de clorosis uniforme. Las plantas enfermas muestran un crecimiento anormal y poco vigor. El virus puede ser transmitido en forma mecánica a muchos cultivares de maíz y sorgo, donde produce un mosaico uniforme en el follaje y reducción del tamaño de las plantas. En *Sorghum halepense* y *S. verticilliflorum* induce mosaico sistémico uniforme; igual mosaico ocasiona en *Rottboellia exaltata* (paja peluda).

Este virus, al igual que el SCMV, produce en diferentes cultivares de sorgo síntomas variables, desde un mosaico uniforme y rayas rojas, hasta un mosaico necrótico y muerte total de las plantas (35).

Al igual que los otros virus del grupo se transmite principalmente por áfidos y su distribución es universal.

La hoja blanca o rayado del maíz (*Maize stripe virus*)

Esta enfermedad viral es una de las de mayor importancia del cereal en Venezuela, encontrándose alta incidencia en los campos comerciales.

También se ha encontrado en otras partes del mundo donde se cultiva maíz, conociéndose con el nombre de virus del rayado del maíz, en Colombia y otros países del Area Andina (3, 41).

La enfermedad se caracteriza por bandas cloróticas de color blanco, que se disponen a todo lo largo de las hojas.

Estas bandas son delgadas al principio y se tornan gruesas a medida que la infección avanza, llegando a abarcar toda el área foliar.

Las plantas se doblan en la porción apical y se tornan enanas. Su rendimiento se reduce notablemente, ya que los granos son más pequeños y en algunos casos ni siquiera llegan a formarse.

El virus es transmitido por un insecto del grupo de los saltahojas (*Peregrinus maydis*). Una vez que el insecto adquiere el virus, puede transmitirlo durante todo su ciclo de vida, pudiendo pasarlo a través de los huevos a las nuevas crías. En nuestras condiciones, el insecto transmisor se encuentra con frecuencia en el maíz y en la maleza llamada "paja peluda" (*Rottboellia exaltata*). Esta maleza además de ser hospedera del insecto lo es también del virus.

En Venezuela solo estas dos plantas han sido encontradas hospederas, pero en otros países también lo son el sorgo, la cebada y el centeno.

En la actualidad, no se practica ninguna medida de control para esta enfermedad. No obstante, creemos que cualquier tipo de manejo que conduzca a reducir las poblaciones del insecto vector y de la maleza hospedera, deben disminuir su incidencia. Es necesario buscar cultivares resistentes, ya que podrían constituir la medida más factible de control.

En general, los maíces dulces son afectados más drásticamente, llegando en muchos casos a provocar la muerte de la planta si esta es infectada a temprana edad (41, 42).

El rayado fino del maíz

Esta virosis fue descrita por primera vez en Centroamérica por Gamez en 1969 y luego reportado en diferentes países del Continente Americano, incluyendo Colombia y Venezuela (2, 13, 14, 18).

El virus no se transmite mecánicamente sino en forma persistente por el cicadélido *Dalbulus maydis*.

La planta afectada presenta enanismo y un rayado clorótico longitudinal a lo largo de las nervaduras.

La sintomatología es fácilmente confundible con la correspondiente al "enanismo rayado", por lo cual no es posible una exacta identificación basada únicamente en la sintomatología.

La partícula viral es isométrica, con tamaño de unos 33 nm. En Costa Rica y Colombia parece que el virus es más frecuente a ciertas alturas (alrededor de 1.000 msnm), mientras que en Venezuela es común en las regiones bajas, a alturas no mayores de unos 400 msnm.

Achaparramiento del maíz (Corn stunt)

Esta enfermedad, producida por un organismo de naturaleza micoplasmática, fue descrita en el año 1969 en Venezuela, donde se encuentra muy extendida en las regiones maiceras centrales y centrooccidentales del país, donde se han señalado bajas de un 15-20% de la producción. Es una enfermedad muy difundida en México y países centroamericanos (Guatemala, Honduras, El Salvador, etc.), estando presente también en otros países del Area Andina (Colombia, Perú) y en algunos estados del Sur de los EUA (25, 31, 33).

Sintomatología

En el campo, por lo general, no se observan plantas enfermas sino después de los 50 días de la siembra, cuando pueden verse plantas con un aspecto más erecto, casi fusiformes; el tallo más delgado y tamaño reducido. Las hojas también son erectas, lanceoladas, más cortas, con bandas o manchas cloróticas amarillentas en la base de las hojas. Estas se manifiestan en un comienzo en forma de pequeños puntos, luego toman el aspecto de finas estrías alargadas, a veces discontinuas. Las bandas, con el

tiempo, pueden extenderse a la parte media y hasta el ápice de la hoja. En este caso, la parte basal toma una coloración amarillenta uniforme y, posteriormente, rojiza. Este síntoma es también frecuente en las hojas envainadoras y en las brácteas de las mazorcas. En las axilas foliares son frecuentes las mazorcas, en número de 5-8, que se alargan en forma de retoños, o tallos. Al final, las plantas adultas presentan una coloración general rojiza.

Características

Esta enfermedad es transmitida por los insectos cicadélidos *Dalbulus maydis* y *D. elimatus*; no se transmite por áfidos, ni mecánicamente, ni por semilla.

No se trata de un virus, sino de una entidad o microorganismo pleomórfico, cuya estructura citoplasmática no tiene una pared celular definida como las bacterias, sino una simple película flexible. A veces tiene una estructura helicoidal (*Spiroplasma*) como en el caso del achaparramiento del maíz.

El período de incubación en la planta es de 30-35 días y en el insecto es de 14-20 días.

Control

El control de la enfermedad es difícil, basándose principalmente en el uso de variedades resistentes.

La mayoría de los cultivares de maíces venezolanos han resultado ser susceptibles, mientras que algunos maíces tipo Poey de Cuba y de Texas y algunos compuestos de la República Dominicana, han mostrado una cierta resistencia. Por tal motivo, es necesario que, en los futuros trabajos de mejoramiento en maíz, se busque incluir el carácter de resistencia al achaparramiento. Como se mencionó anteriormente, están en curso, en varios países, trabajos de mejoramiento patrocinados por el CIMMYT, buscando resistencia a esta enfermedad.

BIBLIOGRAFIA

1. BROYLES, J.W. 1962. Penetration of meristematic tissues of corn by *Phyodermis maidis*. *Phytopathology* 52: 1013-1016.
2. CARBALLO, O. y LASTRA, R. 1984. El virus rayado fino del maíz en Venezuela: Sintomatología, purificación y características de las partículas virales. *Agron. Tropical* 33: 213-226.
3. CASTILLO, J. y HERBERT, T. 1974. Nueva enfermedad virosa afectando al maíz en el Perú. *Fitopatología* 9: 79-84.
4. CATAFORA, E., SEVILLA, R. y CASTILLO, J. 1988. Selección para resistencia al "Puka punchu" en poblaciones de maíz de la Sierra del Perú. XIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Lima, Perú. Proc. 1990. p. 340-349.
5. CEBALLOS, H. y DEUTSCH, J.A. 1990. Herencia de la resistencia en maíz al complejo "mancha de asfalto". XIV Reunión de Maiceros de la Zona Andina. I Reunión Suramericana de Maiceros. Maracay, Venezuela, 12 p.
6. CEBALLOS, H. y DEUTSCH, J. 1988. Evaluación de distintos ciclos de mejoramiento para la resistencia a *Exserohilum turcicum* en los pools subtropicales del CIMMYT. XIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Lima, Perú, 1990. p. 273-282.
7. CHRISTENSEN, J.J. 1963. Corn smut caused by *Ustilago maydis*. Monograph No. 2. A.P.S., St. Paul Mn USA.
8. CUMMINS, G.B. 1941. Identity and distribution of three rusts of corn. *Phytopath.* 31: 856-857.
9. CURZI, M. 1929. Una nuova grave malattia del granturco-Rendic. *Accad. Lincei* 6: 306-308.
10. DRECHSLER, C. 1925. Leaf spot of maize caused by *Ophiobolus heterostrophus* n. sp., the ascigerous stage of a *Helminthosporium* exhibiting bipolar germination. *Jour. Agr. Research* 31: 701-726.
11. ELLIOT, C. 1943. A *Pythium* stalk rot of corn. *Jour. Agr. Research*, 66: 21-39.
12. FREDERIKSEN, R.A. and RENFRO, B.L. 1977. Global status of maize Downy mildew. *Ann. Rev. Phytopathol.* 15: 249-275.
13. GAMEZ, R. 1969. A New Leafhopper - borne virus of corn in Central America. *P1. Dis. Rept.* 53: 929-932.
14. GAMEZ, R., KITAJIMA, E.W. and LIN, M.T. 1979. The geographical distribution of maize rayado fino virus. *Plant Dis. Rept.* 63: 830-833.
15. HEROLD, F., BERGOLD, G.H. and WEBEL, J. 1950. Isolation and electron microscopic demonstration of a virus infecting corn (*Zea mays* L.). *Virology* 12: 335-347.
16. HEROLD, F. 1972. Maize mosaic virus. *Commonw. Mycol. Inst. Description of plant viruses* No. 94, England, 4 pp.
17. HEROLD, F. and MUNZ, K. 1967. Morphological studies of maize mosaic virus. *I.J. Gen. Virol.* 1: 227-234.
18. LASTRA, R. y DE UZCATEGUI, R.C. 1990. El virus rayado fino del maíz en Venezuela. *Turrialba* 30: 405-408.
19. LATTERELL, F.M. and ROSSI, A.E. 1963. Gray leaf spot of corn: A disease on the move. *Plant Disease* 67: 842-847.
20. LUTTRELL, E.S. 1984. Morphology of *Trichometesphaeria turcica*. *Amer. Jour. Bot.* 51: 213-219.
21. MABADEJE, S.A. 1969. *Curvularia* leaf spot of maize. *Trans. Br. Micol. Soc.* 52: 267-271.
22. MALAGUTI, G., FERNANDEZ, B. y NASS, H. 1977. Mildiu lanoso o punta loca del maíz en Venezuela. *Agron. Tropical* 27: 103-129.
23. MALAGUTI, G. 1952. Las royas del maíz en Venezuela. *Agron. Tropical* 12: 103-111.
24. MALAGUTI, G. 1963. El enanismo rayado del maíz en Venezuela. *Agron. Tropical* 12: 175-183.
25. MALAGUTI, G. y ORDOSGOITTI. El achaparramiento del maíz en Venezuela. *Agron. Tropical* 19: 85-97.
26. MALAGUTI, G. y SUBERO, L.J. 1971. Manchas foliares del maíz causadas por *Curvularia* en Venezuela. *Agron. Tropical* 21: 119-128.
27. MALAGUTI, G. y SUBERO, L.J. 1971. El tizón de las hojas del maíz causado por *Helminthosporium maydis* en Venezuela. *Agron. Tropical* 21: 299-312.
28. MALAGUTI, G. y SUBERO, L.J. 1972. La mancha de asfalto del maíz. *Agron. Tropical* 22: 443-445.
28. MALAGUTI, G. 1978. Sorghum Downy Mildew in the Americas. Pags. 184-194: In: *Sorghum diseases; a world review*. *ICRISAT, India*: 1980. 469 p.
30. MARTELLI, G.P., RUSSO, M. y MALAGUTI, G. 1975. Ultrastructural aspects of maize mosaic virus in the host cells. *Phytopathol. Mediterr.* 14: 140-142.
31. MARTINEZ LOPEZ, G., DE CUJIA, L.M.R. y DE LUQUE, C.S. 1974. Una nueva enfermedad del maíz en Colombia transmitida por el saltahoja *Delibutus maidis* (De Long & Wolcott) *Fitopatología* 9: 93-99.
32. MULLER, A.S. 1941. El reconocimiento de las enfermedades de las plantas cultivadas en Venezuela. 1937-1941. *Bol. Soc. Venezol. Ciencias Naturales* VII (45): 99-113.
33. NAULT, L.R. et al. 1979. Identification of maize viruses and molluscs and their potencial insect vectors in Perú. *Phytopathology* 69: 824-826.
34. NELSON, R.R. 1956. A new disease of corn caused by *Curvularia maculans*. *Pl. Dis. Rept.* 40: 210-211.
35. ORDOSGOITTI, A. y MALAGUTI, G. 1969. El mosaico de la caña de azúcar en siembras comerciales de maíz y sorgo. *Agron. Tropical* 19: 189-196.
36. PANDEY, S., HAAG, W.C. y KNAPP, E.B. 1968. El programa regional Suramericano de maíz del CIMMYT. 1967-1968. XIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Lima, Perú, 1990.
37. PASSERINI. 1876. La nebbia del granturco. *Bolletino del Comitato Agrario Parmense*. Parma. Italia.
38. PONTIS, R.E. 1950. Una podredumbre del tallo del maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela causado por *Pythium aphanidermatum*. *Agron. Tropical* 1: 13-28.
39. SCHIEBER, E. y DICKSON, J.G. 1963. Comparative pathology of three tropical corn rusts. *Phytopathology* 53: 517-521.
40. SHAW, C.G. 1978. *Peronospora* spp. and other downy mildews of the gramineae. *Micología* 70: 594-604.
41. TRUJILLO, G. et al. 1976. Maize hoja blanca virus. *Pl. Dis. Repr.* 58: 122.
42. TRUJILLO, G.E., ACOSTA, J.M. y PINERO, A. 1974. A new corn virus disease found in Venezuela. *Plant Dis. Rep.* 58: 122-126.
43. ULLSTRUP, A.J. 1972. The impact of the southern leaf blight epidemics of 1970-1971. *Annu. Rev. Phytopathol.* 10: 37-50.
44. WOOD, J.I. y LIPSCOMB, B.R. 1956. Spread of *Puccinia polysora* with a bibliography of the three rusts of *Zea mays*. *USDA. Agric. Res. Serv. Spec. Publ. No. 9*, 59 pp.

MORFOLOGIA Y FISILOGIA DEL MAIZ EN COLOMBIA

Carlos Díaz Amarís *

INTRODUCCION

Las investigaciones relacionadas con los aspectos morfológicos y fisiológicos del maíz en Colombia, son relativamente recientes y se iniciaron en el Centro de Investigación "Tibaitatá" (Mosquera, Cundinamarca), en el año 1969, con un estudio sobre el efecto que la eliminación de hojas y mazorcas podía tener en el peso de los granos de un maíz prolífico de la Sabana de Bogotá. Hoy, después de más de 20 años de labores, se han realizado trabajos sobre madurez fisiológica del grano con base en la presencia de la capa negra en la placenta del mismo y en la máxima acumulación del peso seco por el método de la estufa, crecimiento y desarrollo de las diferentes partes de la planta, tasas del crecimiento vegetativo, sub-división del período del grano en tres fases. Se han determinado también algunos parámetros fisiológicos importantes, como área foliar, índice de cosecha, porcentaje de acumulación de la materia seca en el grano y porcentaje de tusa, los cuales miden la eficiencia de las poblaciones bajo estudio. Estos parámetros se pueden utilizar dentro de las diferentes metodologías de mejoramiento para esta gramínea.

LOCALIDADES EMPLEADAS

El ambiente es uno de los responsables de la expresión fenotípica de los seres vivos y, según Davis y Castaño (1968), existen factores externos que afectan el crecimiento y desarrollo de la planta,

* Ingeniero Agrónomo, M.S. Programa Matz, Centro de Investigación Tulio Ospina, ICA, Regional 4, Apartado Aéreo 51764, Medellín, Colombia.

tales como la temperatura, luz, agua, anhídrido carbónico, oxígeno, vientos, minerales del suelo, malezas, plagas y enfermedades, siendo, por lo tanto, los responsables de la adaptación del cultivo.

Yoshida (1972), indica que las altas temperaturas aumentan la tasa de crecimiento de las plantas de los cereales, reduciendo a la vez la duración del crecimiento, posiblemente a causa de la respiración, vejez de las hojas y disminución de la tasa fotosintética.

Los estudios se realizaron en cuatro Centros de Investigación (CI) del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ubicados en los climas caliente (Macea, 1980), medio (Díaz, 1983), frío moderado (Díaz, 1980a) y frío (Carvajal, *et al.*, 1960). Algunas características de los Centros de Investigación utilizados se presentan en el Cuadro 1.

MAICES UTILIZADOS

Se utilizaron los siguientes maíces: Criollo Blanco (clima caliente), ETO (clima medio), ICA H.401 (clima frío moderado) y MB.510 (clima frío), cuyas principales características de planta y mazorca se presentan en el Cuadro 2.

METODOLOGIA USADA

En los estudios se consideró el crecimiento y desarrollo de la planta, separándola en paja (hojas, tallo, espiga, brácteas, pedúnculo y tusa) y grano.

Se tomaron datos de floración femenina (50%

Cuadro 1. Características de cuatro Centros de Investigación del ICA, localizados en los diferentes climas de Colombia.

	Centros de Investigación			
	Turipaná	Tulio Ospina	La Selva	Tibaitatá
Departamento	Córdoba	Antioquia	Antioquia	Cundinamarca
Municipio	Cereté	Bello	Rionegro	Mosquera
Latitud	8°51'N	6°19'N	6°11'N	4°41'N
Longitud	75°49'0	75°21'0	75°23'0	74°12'0
Altitud	15 m	1.450 m	2.120 m	2.650 m
Temperatura	28°C	21°C	17°C	13°C
Precipitación	1.200 mm	1.500 mm	1.850 mm	900 mm
Humedad relativa	86%	70%	70%	65%
Clima	Caliente	Medio	F.Moderado	Frío
Zona de vida	bh-T	bh-PM	bh-MB	bs-M
Región natural	Caribe	Andina	Andina	Andina
Año del estudio	1979	1976	1976	1979

Cuadro 2. Algunas características morfológicas y fisiológicas de cuatro maíces colombianos adaptados a los diferentes climas del país.

Características	Genealogía de los maíces			
	Criollo blanco	ETO	ICA H. 401	MB. 510
Alt. planta (m)	3,58	3,06	3,01	3,15
Alt. maz. sup. (m)	1,80	1,50	2,00	2,10
Longitud espiga (m)	0,55	0,50	0,50	0,60
Flor. masculina (días)	50	77	130	120
Flor. feminiana (días)	53	82	110	130
Madurez fisiol. (días)	88	146	182	239
Llenado grano (días)	35	64	72	109
Período vegetativo (meses)	4	6	8	10
Hojas totales (Nº)	14	15	16	18
Hojas encima maz. sup. (Nº)	4	5	5	5
Longitud maz. sup. (cm)	15	19	19	16
Hileras maz. sup. (Nº)	14	15	14	16
Granos por planta (Nº)	286	420	350	400
Color y textura grano	AF	AF	AF	AH
Mazorcas por planta (Nº)	1,0	1,1	1,3	1,7
Tusa por planta (%)	22	20	18	20
Índice de grano (%)	78	80	82	80
Peso del grano (g)	0,3	0,4	0,3	0,2
Rendimiento (t/ha)	3,5	5,8	6,0	6,5

MB = Maíz básico
 AF = Amarillo fino o cristalino
 AH = Amarillo harinoso.

de plantas con estigmas visibles), madurez fisiológica del grano (máximo peso seco del grano), llenado del grano (días a madurez fisiológica, días a floración femenina), peso seco (estufa a 85°C durante cuatro a cinco días) de cada uno de los órganos y de la planta (hojas, tallo, espiga, brácteas, tusa, pedúnculo y grano). Con los datos obtenidos se estimaron las curvas del desarrollo de la planta (crecimiento y tasa de paja y grano), según la metodología de Alcón (1966).

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA

El crecimiento de la planta de maíz en particular y de cualquier ser vivo en general, consiste básicamente en el aumento irreversible del tamaño de sus órganos, generalmente acompañado por el crecimiento del peso seco de los mismos. El desarrollo está dado por los cambios de forma ocurridos en la planta durante el crecimiento. Como los dos procesos ocurren simultáneamente, resulta difícil separarlos. A los eventos ocurridos desde la germinación hasta la floración de la planta, se los denomina crecimiento y desarrollo vegetativo. Los sucesos después de este estado, como crecimiento y desarrollo reproductivo, los cuales, en forma integrada, darán el crecimiento y desarrollo de la planta (Davis y Castaño, 1968; Salisbury y Ross, 1969; Tanaka y Yamaguchi, 1972).

Factores externos e internos de la planta son considerados por Davis y Castaño (1968), como limitantes del crecimiento de las plantas. Entre los externos, mencionan la temperatura, luz, agua, anhídrido carbónico, oxígeno, vientos, minerales del suelo, malezas, plagas y enfermedades; y, entre los internos, el contenido de clorofila, puntos de crecimiento (lugar y número), disponibilidad de carbohidratos y reguladores del crecimiento.

Davis y Correa (1968) consideran que aunque muchos factores afectan el crecimiento y desarrollo de la planta, solo unos pocos tienen mayor importancia y, probablemente, controlan en gran parte la adaptación del cultivo, como la temperatura que regula en la planta las funciones de fotosíntesis; asimilación de nutrientes; digestión; respiración; absorción de agua, sales minerales y gases; transpiración; formación de enzimas; permeabilidad de las

membranas; velocidad de movimiento de materiales dentro de la planta y reproducción, entre otros, requiriéndose unos límites de temperatura, máximo y mínimo con un óptimo, para cada uno de estos procesos (Robins y colaboradores, 1966).

Jorgensen y Malaver (1968) anotan que las plantas que poseen dos tipos de crecimiento aumentan en longitud, por la actividad de los meristemas ubicados en los ápices de las raíces y del tallo y, en espesor o grosor, por la desplegada en meristemas adicionales, como el cambium o procambium.

De acuerdo con Tanaka y Yamaguchi (1972), en la floración el peso de las hojas y tallo continúa aumentando a una tasa lenta de crecimiento, mientras las brácteas, el pedúnculo y la tusa a un ritmo mayor. Los granos empiezan a llenarse lentamente a partir de un cierto número de días, después de la floración; luego, el peso de los granos aumenta rápidamente y las demás partes de la planta sufren una pequeña disminución en el peso.

Tanaka y Yamaguchi (1972), dividieron el crecimiento y desarrollo del maíz en las cuatro fases siguientes: a) fase vegetativa inicial, la cual cubre desde la germinación hasta la iniciación de la elongación del tallo; b) fase vegetativa activa, del final anterior hasta la floración femenina; c) fase del período de llenado del grano inicial, desde la floración hasta cuando el crecimiento del grano se hace lento, fase que se puede considerar como de transición entre el estado vegetativo y reproductivo; y, d) fase del período de llenado del grano activo, en la cual el peso del grano aumenta rápidamente y el correspondiente a las partes vegetativas sufre una pequeña disminución.

El crecimiento de las diferentes partes de una planta se mide normalmente en términos de altura, área foliar, peso seco, etc., en relación con el tiempo transcurrido durante su ciclo de vida (Salisbury y Ross, 1969).

La curva del crecimiento de una planta, comúnmente llamada sigmoidea, tiene la forma de una S, la cual describieron Jorgensen y Malaver (1968), en las siguientes fases: a) fase de retardación, caracterizada por la disminución en el peso seco, inmediatamente después de la germinación, a causa del agotamiento de las reservas nutritivas del grano; b) fase logarítmica o exponencial, en la cual el crecimiento aumenta en forma lineal a medida que la fotosíntesis prosigue en la planta; y, c) fase de senectud o vejez, en la cual el crecimiento aumenta

a un ritmo muy lento, luego cesa y el peso seco disminuye en la parte final de la fase.

Los estudios realizados en los Cuatro Centros de Investigación del ICA tuvieron como objetivo principal, describir el crecimiento y desarrollo de la planta, de cuatro maíces colombianos, adaptados a los diferentes climas del país.

Desarrollo vegetativo

Crecimiento de la paja

Jorgensen y Malaver (1968) anotaron que la curva correspondiente a la velocidad del crecimiento, por lo general, se asemeja a la curva de la distribución normal y, en algunos casos, se desviaba de dicha forma.

Generalmente, las temperaturas altas aumentan la tasa de crecimiento de la planta en los cereales y reducen la duración del crecimiento, posiblemente ocasionado por la respiración, vejez de las hojas y disminución de la fase fotosintética (Yoshida, 1972).

Yamaguchi (1974) usó en las localidades mexicanas de El Batán (2.250 msnm) y Poza Rica (60 msnm) los maíces H.125 y H.157, adaptados a tierras altas y bajas, respectivamente, para estimar el patrón de crecimiento a diferentes alturas sobre el nivel del mar. Encontró una corta duración del crecimiento y una tasa de crecimiento alta en la región baja, que afectaron el número y peso de los granos; en cambio, en la localidad alta, la duración y tasa del crecimiento fueron mayores, con más producción de materia seca después de la floración, lo que permitió rendimientos superiores de grano por unidad de superficie.

La evolución del peso seco de la paja de los cuatro maíces utilizados en el estudio se presenta en los cuadros 3 y 4 y en la Figura 1.

De acuerdo con los resultados, la planta en el clima caliente germina a los cuatro días después de la siembra, el crecimiento de la paja se inicia a los 18 días después de sembrado y el desarrollo finaliza a los 88 días, con un peso seco de 591 gramos por planta. En las condiciones de clima medio, la planta germina a los 8 días después de la siembra; comienza a crecer a los 28 días y termina a los 114 días, con un peso de la materia seca de 404 g/planta; en clima frío moderado, las plántulas de maíz necesitan 12

días para salir a la superficie del suelo, inician el crecimiento a los 37 días y lo finalizan a los 150 días, con 413 g/planta de materia seca. En las condiciones frías de Colombia, el maíz germina a los 16 días después de la siembra, comienza a crecer a los 48 días y finaliza el desarrollo de la paja a los 182 días con 414 g/planta de materia seca.

Según los datos, el crecimiento y desarrollo de la paja de los maíces estudiados se demora 70 días en el clima caliente, 86 en el medio, 113 en el frío moderado y 134 en el frío, lo que demuestra que a medida que el cultivo sube en altitud, el crecimiento y desarrollo del mismo se hace más lento y con mayor acumulación de materia seca en los diferentes órganos de la planta. Se debe tener en cuenta que el genotipo del clima caliente, Criollo Blanco, es una población criolla, más tardía y de mayor acumulación de materia seca en los órganos vegetativos en relación con los otros tres genotipos que son mejorados.

Desarrollo reproductivo

Crecimiento del grano

Bermstein, citado por Johnson y Tanner (1972), anota que la materia seca del grano de maíz se acumula a diferentes tasas de crecimiento durante el período del llenado, es decir, lenta al principio y al final y rápida en la parte media.

Duncan (1975), refiriéndose al crecimiento reproductivo del maíz, sostiene que para mejorar el rendimiento en grano, se debe incrementar la duración de la fase lineal o logarítmica, más conocida como período efectivo del llenado, estado este que coincide con la segunda fase descrita por Goldsworthy y Colegrove (1974).

Yoshida (1972) menciona tres factores relacionados con la contribución de las diferentes partes de la planta al llenado del grano: a) actividad fotosintética potencial; b) longevidad de los tejidos; y, c) disponibilidad de luz en el cultivo.

La evolución del peso seco del grano de los maíces del estudio se muestra en los cuadros 5 y 6 y en la Figura 2. La floración femenina en Colombia se presenta a los 53 días en el clima caliente, 82 días en el medio, 110 días en el frío moderado y 130 días en el frío; el llenado de los granos se inicia a los 64, 88, 122 y 134 días, respectivamente, lo que da un período de reposo o de preparación para traslocar

Cuadro 3. Evolución del crecimiento de la paja de cuatro maíces según el clima en Colombia.

Peso seco de la paja (g/planta) ^{1/}							
Días	Caliente	Días	Medio	Días	moderado	Días	Frio
18	0	28	0	37	0	48	0
30	113	32	52	60	87	56	52
45	280	46	112	90	177	91	153
53	369	60	167	110	225	119	238
64	482	77	226	126	265	154	323
70	531	82	242	140	298	182	414
75	562	88	269	150	413	210	382
80	583	114	404	182*	390	239*	345
85	589	126	349	187	385		
88*	591	146*	379				

^{1/} Datos ajustados por la regresión.

* Madurez fisiológica del grano.

Cuadro 4. Crecimiento y desarrollo de la paja de cuatro maíces adaptados a los diferentes climas de Colombia.

Desarrollo paja	Caliente	Medio	Frio moderado	Frio
Germinación (días)	4	8	12	16
Iniciación (días)	18	28	37	48
Finalización (días)	88	114	150	182
Diferencia (días)	70	86	113	134
Peso paja finalización (g/planta)	591	404	413	424

Cuadro 5. Evolución del crecimiento del grano de cuatro maíces según el clima en Colombia.

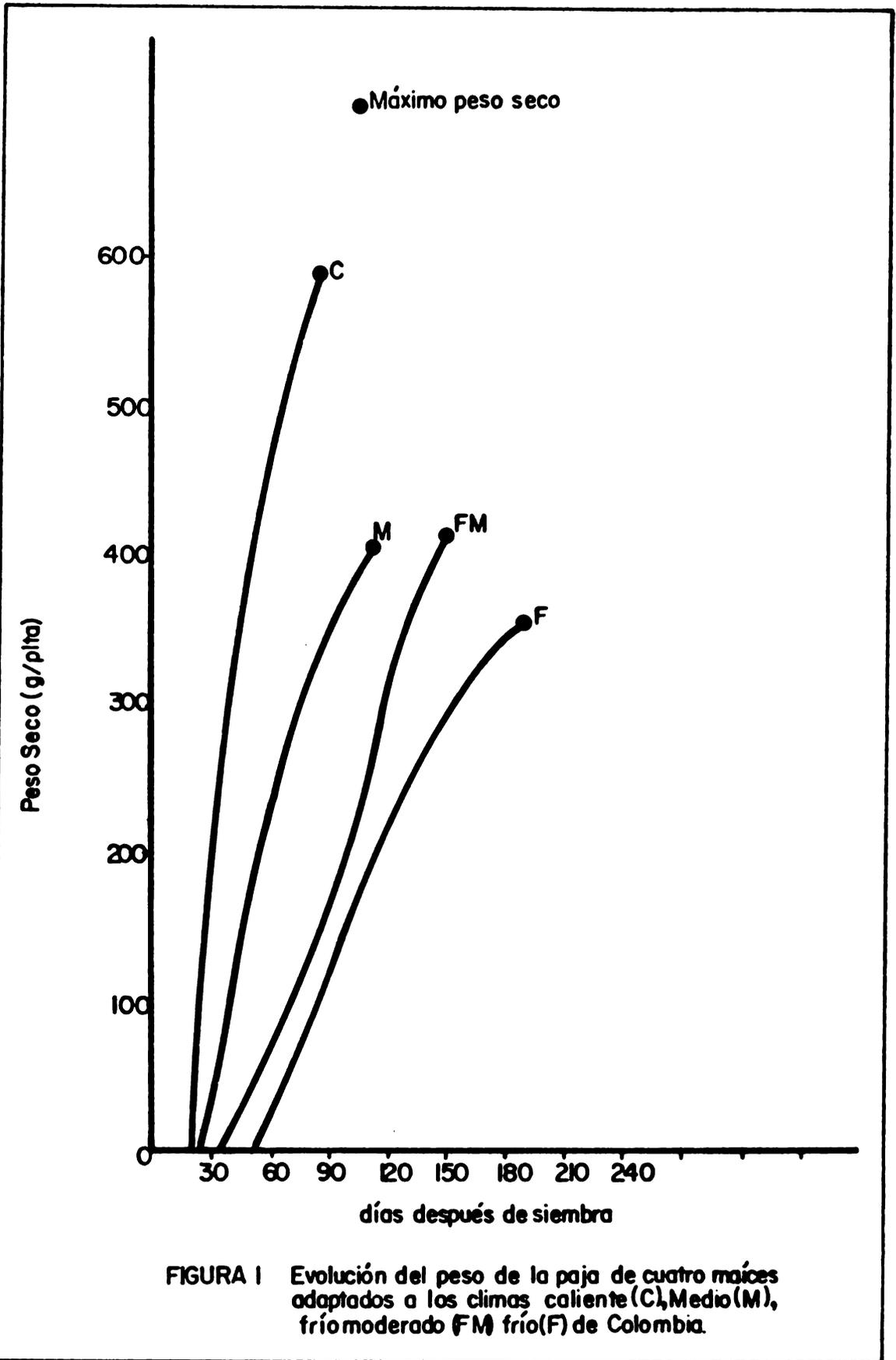
Peso seco del grano (g/planta) ^{1/}							
Días	Caliente	Días	Medio	Días	Frío moderado	Días	Frío
64	0	88	0	126	0	134	0
65	12	94	9	140	33	154	43
70	48	111	54	160	96	182	102
75	79	126	98	170	123	203	143
80	106	137	122	182	144	210	155
88*	140	146*	130	187*	147	239*	179

^{1/} Datos ajustados por la regresión.

* Madurez fisiológica del grano.

Cuadro 6. Crecimiento y desarrollo del grano de cuatro maíces adaptados a los diferentes climas de Colombia.

Desarrollo grano	Caliente	Medio	Frío moderado	Frío
Floración femenina (días)	53	82	110	130
Iniciación (días)	64	88	122	134
Período de reposo (días)	11	6	12	4
Madurez fisiológica (días)	88	146	182	239
Llenado grano (días)	35	64	72	109
Peso del grano a maduración fisiológica (g/planta)	140	129	147	179
Humedad del grano (%)	30	30	34	32



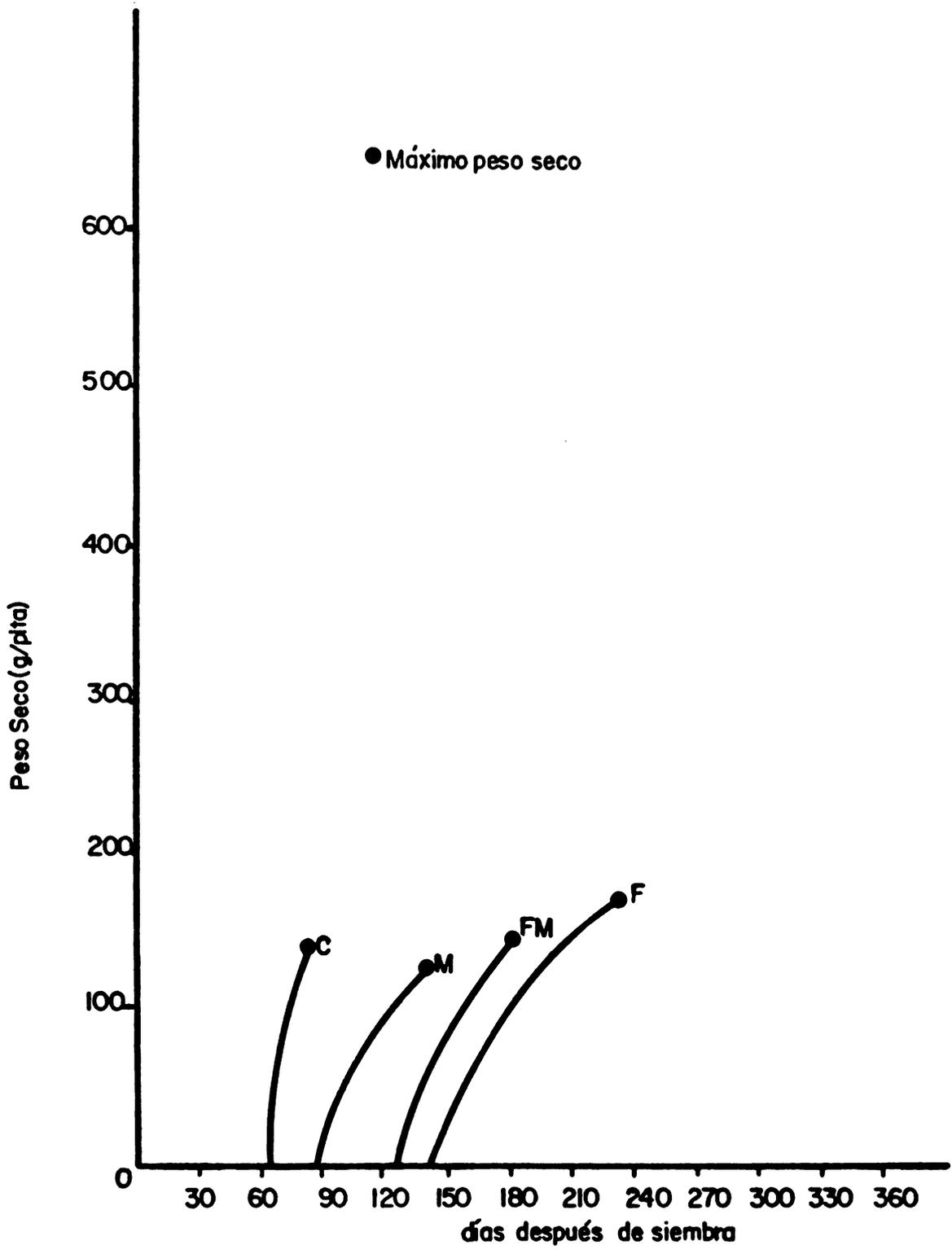


FIGURA 2 Evolución del peso del grano de cuatro maíces adaptados a los climas caliente (C), medio (M), frío moderado (FM), y frío (F) de Colombia.

nutrientes al grano de 11 días en el clima caliente, 6 en el medio, 12 en el frío moderado y 4 en el clima frío.

La maduración fisiológica del grano o máxima acumulación de la materia seca se obtiene a los 88 días en el clima caliente, 146 en el clima medio, 182 en el frío moderado y 139 en el clima frío. El período de llenado de los granos es de 35, 64, 72 y 109 días en los climas caliente a frío, respectivamente.

Las investigaciones de Miles (1958), relacionadas con los días requeridos por la planta de maíz para alcanzar la máxima acumulación de la materia seca en el grano después de la floración femenina, indican que las variedades más tardías necesitan más días que las precoces. Resultados similares obtuvieron Díaz y Rivera (1976), quienes encontraron además que los maíces de la zona fría moderada de Antioquia posiblemente requieren de dos a dos y medio meses para llenar sus granos.

El contenido de humedad en el grano a la madurez fisiológica (Cuadro 6) es de 30% en el clima caliente y medio, 34% en el frío moderado y 32% en el clima frío. En este aspecto, Aldrich (1945), cita varios estudios en los cuales se dan valores de humedad del grano de maíz a la madurez fisiológica entre un 37 a 40%; a su vez, Shaw y Thum (1951), usando tres variedades de maíz con floración femenina de 50, 51 y 52 días, encontraron porcentajes de humedad del grano a la madurez fisiológica de 30, 37 y 42%, respectivamente.

El máximo peso seco en el grano a la madurez fisiológica (Cuadro 6) fue de 140 gramos por planta en el clima caliente, 129 en el clima medio, 147 en el frío moderado y 179 en el clima frío.

La evolución del peso seco de la paja y del grano de los maíces en cada uno de los climas del país, se presentan en los anexos 1, 2, 3 y 4.

División del llenado del grano

El concepto tasa, ritmo o velocidad del crecimiento de un organismo ha sido descrito por Bonner y Galston (1967) y Radford (1967), como el incremento en el peso seco por unidad de tiempo en una época dada, dependiendo dicho incremento del tamaño alcanzado por el organismo en un instante dado y por la diferencia entre el tamaño anterior y el que tendrá en el próximo período o estado.

Goldsworthy y Colegrove (1974), basados en

gráficas de las tasas del crecimiento vegetativo y reproductivo en maíz, dividieron el período de llenado del grano en las siguientes tres fases: de la floración femenina a la iniciación del llenado; desde el final del estado anterior hasta el punto en donde las dos tasas se igualan; y, de aquí hasta la madurez fisiológica.

En los cuadros 7 y 8 y figuras 3, 4, 5 y 6, se presentan los valores de las tasas del crecimiento vegetativo (paja) y reproductivo (grano) de cuatro maíces adaptados a los climas caliente, medio, frío moderado y frío de Colombia.

Los maíces de los climas caliente y medio, presentan incrementos más elevados del peso seco de la paja que los maíces del clima frío moderado y frío, debido al crecimiento más rápido del maíz en estos climas (período vegetativo más corto).

La tasa de crecimiento de la paja es superior a la del grano en todos los climas colombianos, mostrando aumentos hasta un poco después de la floración femenina y comenzando a disminuir a partir de esa fecha.

Los granos empiezan a llenarse a los 64 días en el clima caliente, 88 en el medio, 122 en el frío moderado y 134 en el frío.

La tasa de crecimiento del grano alcanza el máximo a los 77 días después de la siembra en el clima caliente, 121 días en el medio, 144 días en el frío moderado y 190 días en el frío.

Las tasas de crecimiento de la paja y del grano se igualan a los 75 días en el clima caliente, 111 en el medio, 140 en el frío moderado y 172 en el frío y a partir de estos puntos la del grano es superior.

Con base en las tasas de crecimiento de la paja y del grano, se dividió el llenado de los granos en tres períodos, para conocer la acumulación y distribución del peso seco en la planta y en el grano de los cuatro maíces cultivados en los climas caliente a frío del país, siguiendo la metodología de Goldsworthy y Colegrove (1974).

El Cuadro 9 y la Figura 7 contienen la información relacionada con la subdivisión del período de llenado del grano en dichos maíces.

El primer período, conocido como de reposo o de preparación para traslocar material fotosintético al grano, empleó 11 días en el maíz Criollo Blanco

Cuadro 7. Tasa del crecimiento de la paja de cuatro maíces según el clima en Colombia.

Tasa paja (g/planta/día) ^{1/}							
Días	Caliente	Días	Medio	Días	Frío moderado	Días	Frío
15	0,23	17	-0,05	31	0,18	56	1,00
30	6,43	32	1,91	61	1,89	91	2,74
45	11,06	46	3,21	92	2,88	119	3,11
60	12,58	60	4,03	124	3,08	154	2,52
75	7,79	77	4,34	155	2,44	182	1,13
88*	1,20	126	1,05	182*	1,21	210	0,13
		146*	-2,03			239*	-1,21

^{1/} Datos ajustados por la regresión.

* Madurez fisiológica del grano.

Cuadro 8. Tasa del crecimiento del grano de cuatro maíces según el clima en Colombia.

Tasa grano (g/planta/día) ^{1/} ^{2/}							
Días	Caliente	Días	Medio	Días	Frío moderado	Días	Frío
12	0,08	12	0,85	14	0,49	24	1,80
17	5,38	22	2,20	24	2,23	52	2,09
22	7,92	33	2,99	34	3,00	73	1,91
27	7,04	39	3,10	45	2,97	80	1,78
32	4,33	44	3,02	62	1,82	109*	0,84
35*	1,76	55	2,31	72*	0,95		
		64*	1,17				

^{1/} Después de la floración femenina.

^{2/} Datos ajustados por la regresión.

* Madurez fisiológica del grano.

Cuadro 9. Incrementos en los pesos secos (g/planta/día) de la paja (W) y del grano (w) de cuatro maíces adaptados a los diferentes climas colombianos.

Período * Nº	Incrementos	Caliente	Medio	Frío moderado	Frío
1	W ₁	113	22	36	30
2	W ₂	80	59	37	102
3	W ₃	<u>29</u>	<u>60</u>	<u>95</u>	<u>74</u>
Total		222	141	168	206
1	w ₁	0	0	0	0
2	w ₂	79	54	33	78
3	w ₃	<u>61</u>	<u>75</u>	<u>114</u>	<u>101</u>
Total		140	129	147	179

* Contados a partir de la floración femenina así:

1 = de floración femenina a inicio llenado grano

2 = del inicio llenado grano al punto de corte de las curvas.

3 = del punto de corte hasta la madurez fisiológica.

CLIMA CALIENTE

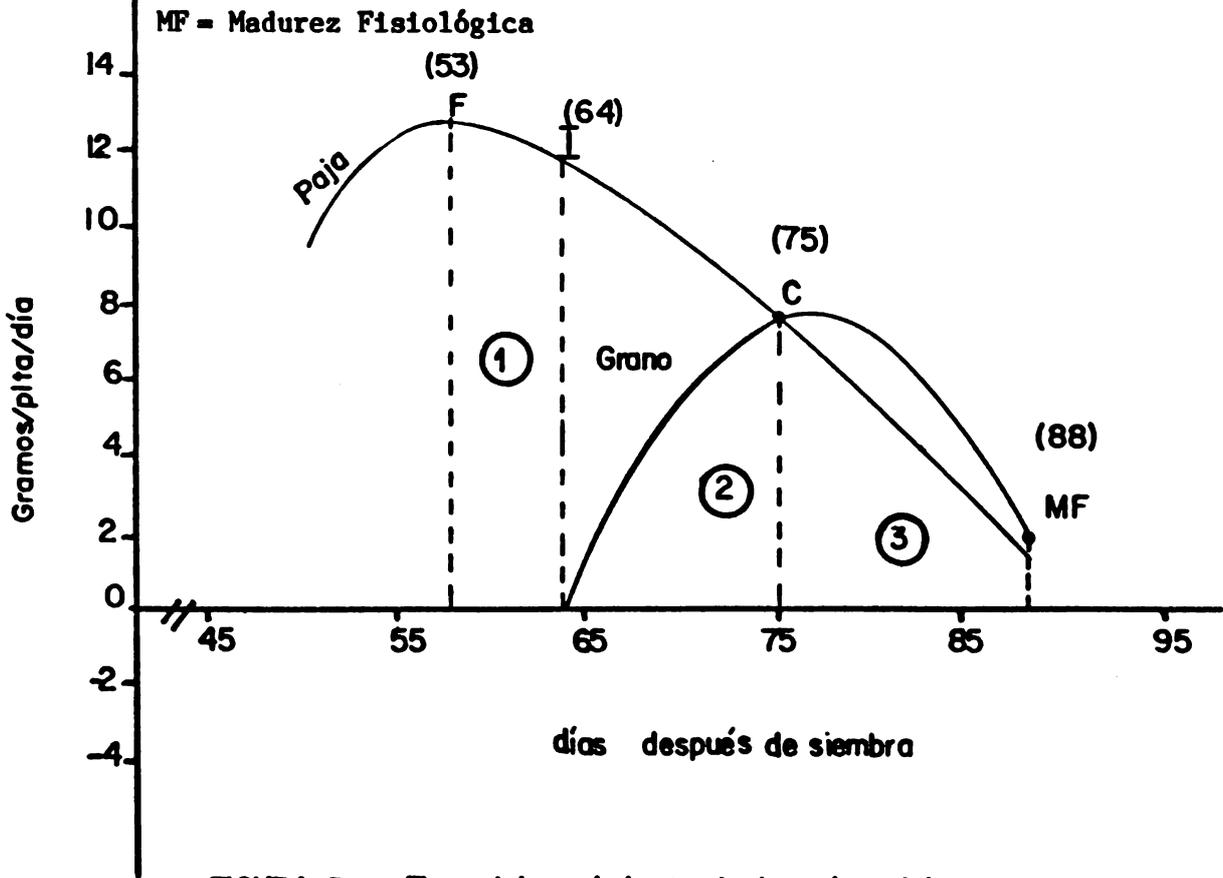
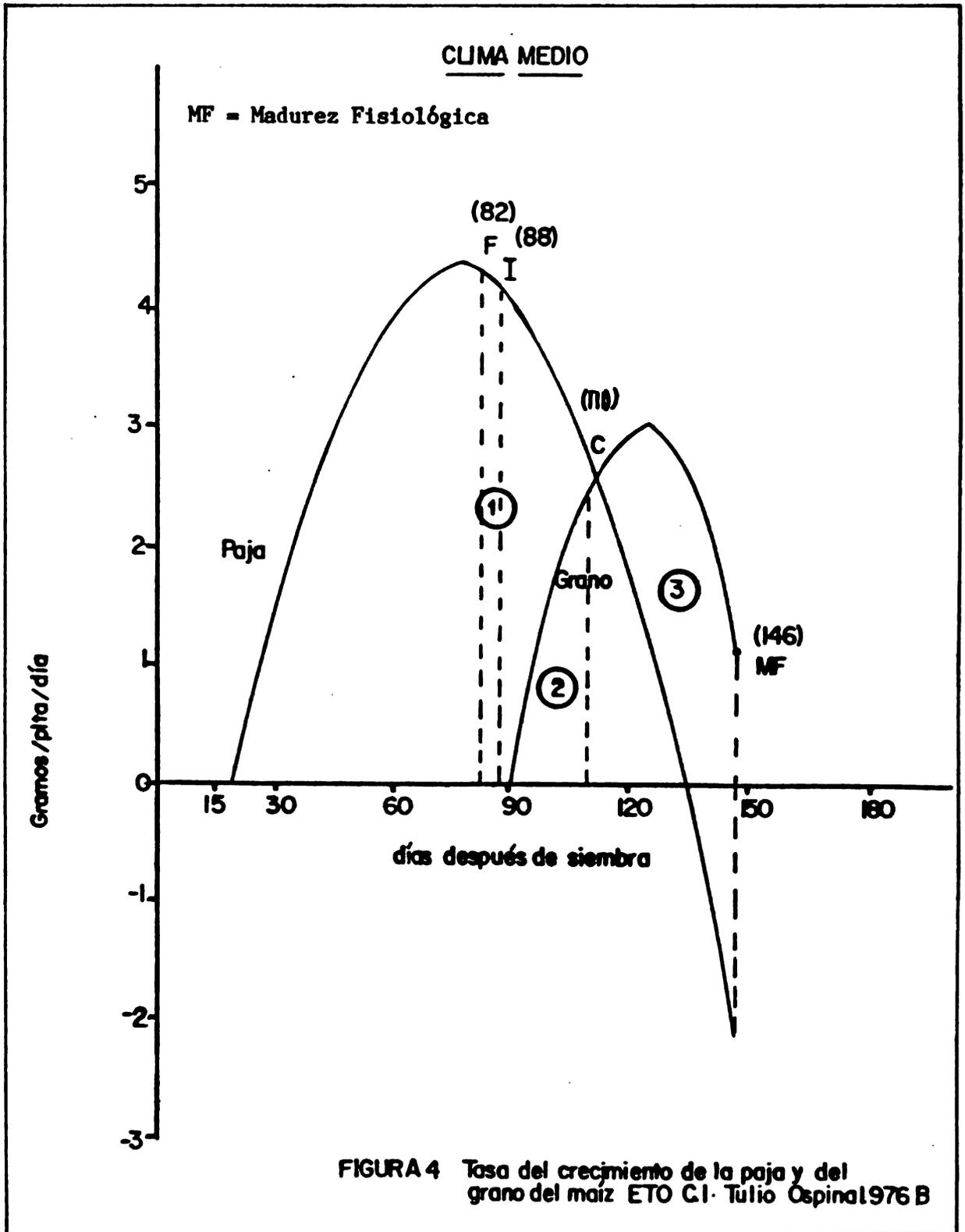


FIGURA 3 Tasa del crecimiento de la paja y del grano del maíz "Criollo Blanco" C. I. Turipaná 1979A.



CLIMA FRIO MODERADO

MF = Madurez Fisiológica

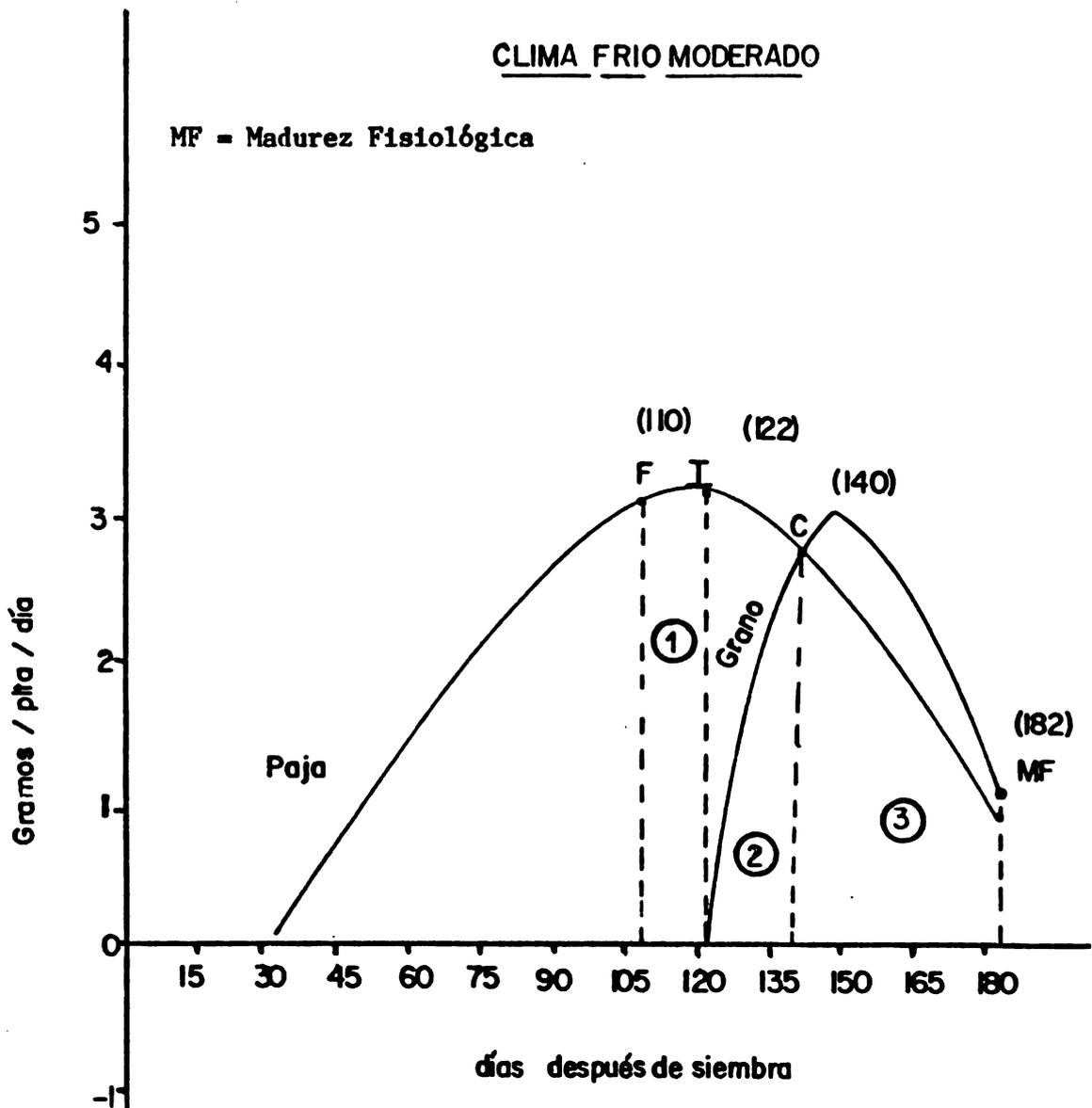


FIGURA 5 Tasa del crecimiento de la paja y del grano del maíz
ICA H 401 C.I. La Selva 1.980

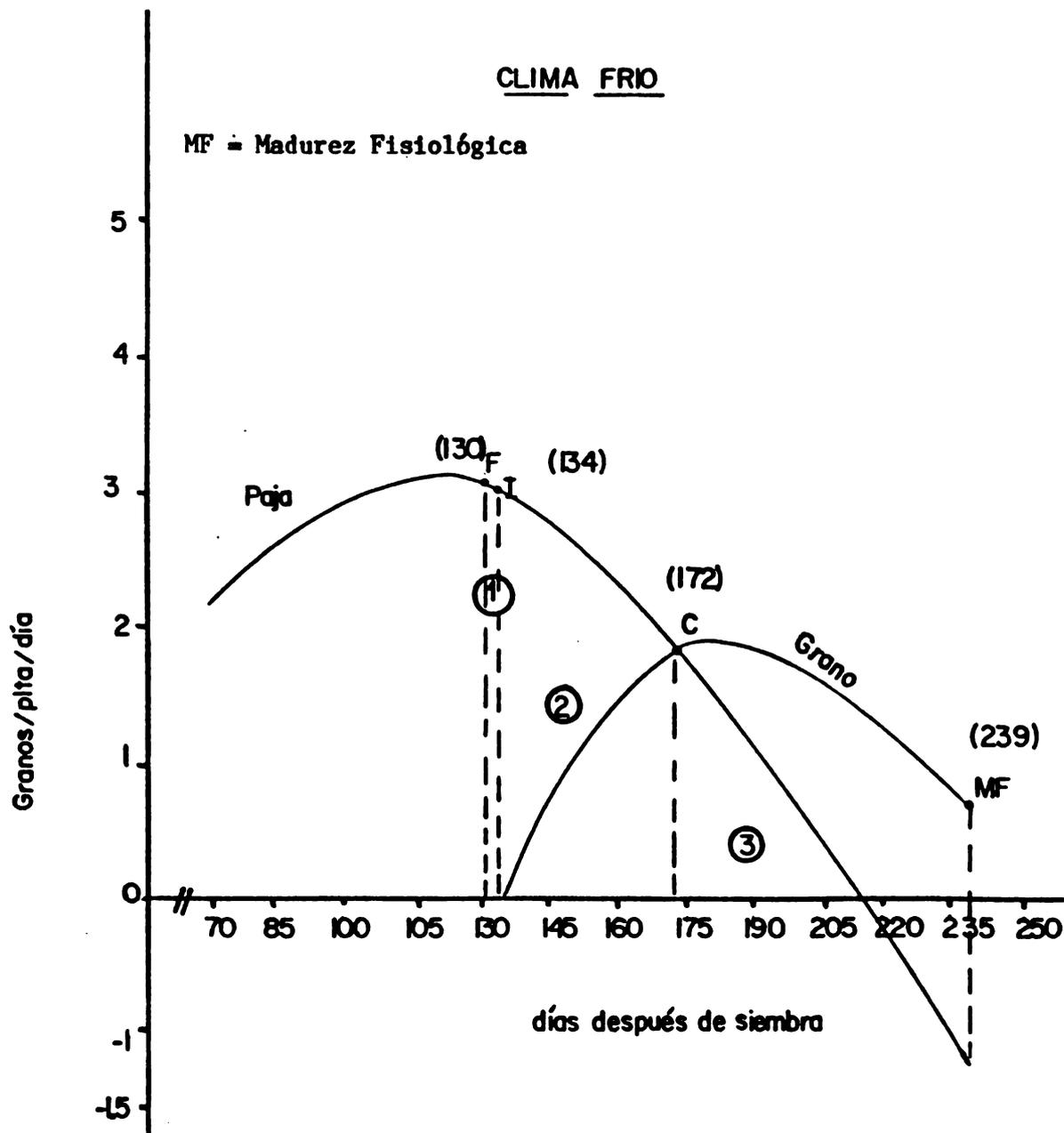


FIGURA 6 Tasa del crecimiento de la paja y del grano del maíz MB 510 Cl. Tibaitatá. 1.979.

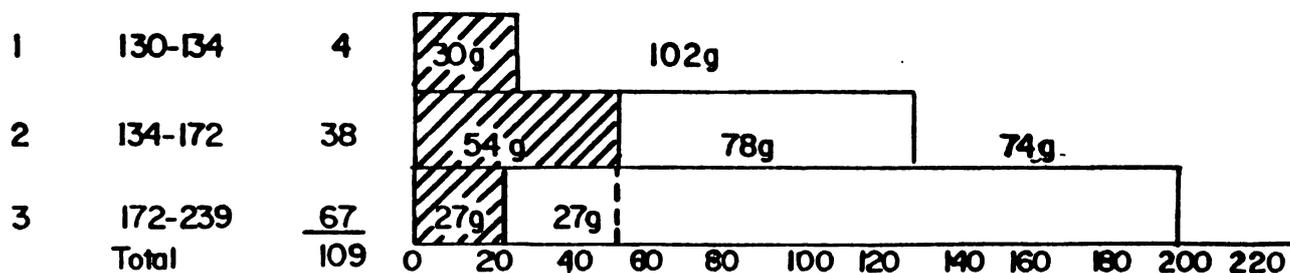
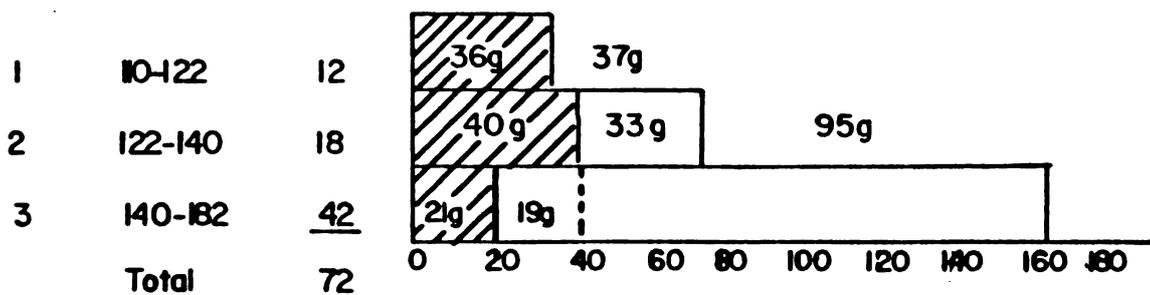
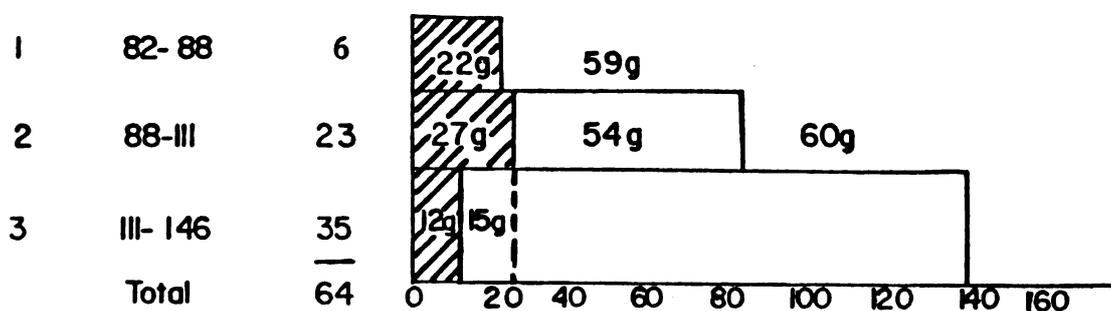
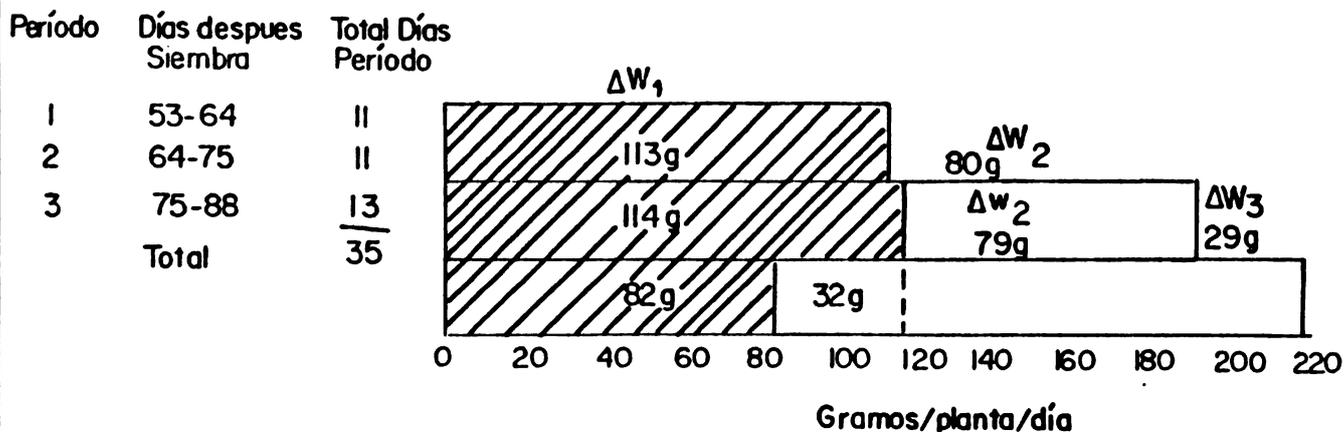


FIGURA 7 Acumulación y distribución del peso seco de la paja (zona sombreada) y del grano (zona blanca), durante tres periodos después de la floración femenina en cuatro maíces adaptados a los climas caliente a frío de Colombia.

del clima caliente, 6 en ETO del clima medio, 12 en el clima frío moderado y 4 en el frío. El incremento de la materia seca en la planta (AW1) durante este período es de 113, 22, 36 y 30 gramos/planta/día, respectivamente, en los cuatro maíces estudiados.

El segundo período necesitó 11, 23, 18 y 38 días en los maíces del clima caliente, medio, frío moderado y frío, en tal orden, con incrementos del peso seco de la paja (AW2) de 80, 59, 37 y 102 gramos/planta/día, respectivamente. La suma de materia seca de la planta en los dos primeros períodos (AW1 + AW2) fue de 193, 81, 73 y 132 gramos/planta/día. De la cantidad anterior, el maíz Criollo Blanco acumula en el grano (AW2) 79 gramos, ETO 54 gramos, ICA H.401, 33 gramos y 78 gramos MB.510, quedándose en las partes vegetativas de la planta, 114 g en Criollo Blanco, 27 g en ETO, 40 g en ICA H.401 y 54 g en MB.510. Lo anterior evidencia mayor cantidad de reservas nutritivas retenidas en las partes vegetativas (hojas, tallos, etc.) en el maíz Criollo Blanco del clima caliente y poca en los mejorados ETO, ICA H.401 y MB.510.

El tercer período es el más prolongado de los tres y necesita 13 días en el clima caliente, 35 en el medio, 42 en el frío moderado y 67 en el frío. En este período, el incremento en el peso seco del grano (Aw3), sobrepasa al correspondiente de la planta (AW3) en 32 g el Criollo Blanco, 15 g ETO, 19 g ICA H.401 y 27 g MB.510. La diferencia anterior (Aw3-AW3), conocida como retraslocación es una medida de eficiencia fisiológica y da valores de 28% en el genotipo del clima caliente, 56% el del clima medio, 48% el del frío moderado y 50% el del frío. Además, en la planta se queda una parte de la materia seca en cantidad de 82 g (37%), 12 g (9%), 21 g (13%) y 27 g (13%), en los maíces del clima caliente a frío, respectivamente.

En estos aspectos, Goldsworthy y Colegrove (1974), al estudiar el crecimiento y producción de grano en cinco variedades mejicanas y un híbrido de maíz, en la localidad de El Batán (México), encontraron que el híbrido de Rodesia (SR-52) se diferenció de las cinco variedades mejicanas en los siguientes aspectos: mayor tasa de crecimiento del grano; mayor acumulación de nutrientes en el grano durante el segundo período; mayor traslocación de fotosintatos al grano durante el tercer período; y, una tasa de crecimiento de la planta más prolongada durante el llenado del grano.

En sorgo, Gibson y Shertz (1977) determinaron

la tasa de crecimiento, el índice de área foliar, la tasa de asimilación neta y la distribución de la materia seca, en los padres y F1 del híbrido RS.610, en una localidad de Texas (EEUU). Hallaron que el híbrido fue superior a sus padres, en rendimiento de grano, crecimiento más rápido del grano, período más prolongado de llenado del grano y mayor crecimiento de la planta, desde la germinación hasta la iniciación de la panoja.

Díaz (1980b), para explicar la superioridad del rendimiento en grano del híbrido varietal de maíz, ICA H.401, sobre sus progenitores (ETP y Ant.439), tomó como base lo sucedido durante el período de llenado del grano, según una mayor tasa de crecimiento de la planta y del grano durante el período reproductivo, menor cantidad de fotosintatos en la planta durante el último período, envío de mayor cantidad de nutrientes al grano durante el tercer período y una mayor eficiencia fisiológica con base en la retraslocación de nutrientes al grano (55% contra 36% y 51% de los progenitores).

Desarrollo de la planta

Los valores totales para la evolución del peso seco de la planta (paja + grano) están consignados en los cuadros 10 y 11 y en las figuras 8 y 9. El peso seco de la materia seca en la planta en la maduración fisiológica del grano es de 731, 509, 529 y 524 gramos por planta, para los maíces del clima caliente, medio, frío moderado y frío, respectivamente.

Sustrayendo a los días requeridos por la planta para obtener el máximo peso seco del grano, los requeridos para lograr el máximo peso de la paja, en los maíces de los diferentes climas del país, se tienen valores de 0, 32, 32 y 57 días, lo que demuestra que a medida que se aleja la madurez fisiológica del grano del punto de máxima acumulación del material fotosintético en la paja, se logran mayores pesos de grano por planta, debido seguramente al mayor período de traslocación de nutrientes al grano, a medida que la planta del maíz asciende en altitud.

Los valores en porcentaje de la materia seca acumulada en el grano son de 19, 26, 28 y 34, para los climas caliente a frío, respectivamente.

En este aspecto, Vargas y colaboradores (1975) encontraron valores para la acumulación de la materia seca total en el grano de 31 a 34%, para tres híbridos de líneas endogámicas del clima caliente colombiano; mientras que, Díaz y Rivera (1978), al

Cuadro 10. Evolución del crecimiento de la planta de cuatro maíces según el clima en Colombia.

Peso seco de la planta (g/planta) ^{1/}							
Días	Caliente	Días	Medio	Días	Frío moderado	Días	Frío
19	0	28	0	37	0	48	0
30	113	32	52	60	87	56	52
45	280	46	112	90	177	91	153
53	369	60	167	110	225	119	238
64	482	82	242	126	265	154	366
70	579	88	269	140	331	182	516
75	641	111	373	182*	529	210	537
88*	731	146*	509			329*	524

^{1/} Datos ajustados por la regresión

* Madurez fisiológica del grano.

Cuadro 11. Días requeridos para obtener el máximo peso seco de la planta (paja y grano) en cuatro maíces adaptados a los diferentes climas colombianos.

Parte de la planta	Días requeridos en los climas			
	Caliente	Medio	Frío moderado	Frío
Paja	88	114	150	182
Grano	88	146	182	239
Diferencia	0	32	32	57
Peso seco total por planta en MFG*	731	509	529	524
Peso grano en MF	140	129	147	179
Materia seca grano (%)	19	26	28	34
Indice cosecha	0,24	0,34	0,38	0,52

* Madurez fisiológica del grano.

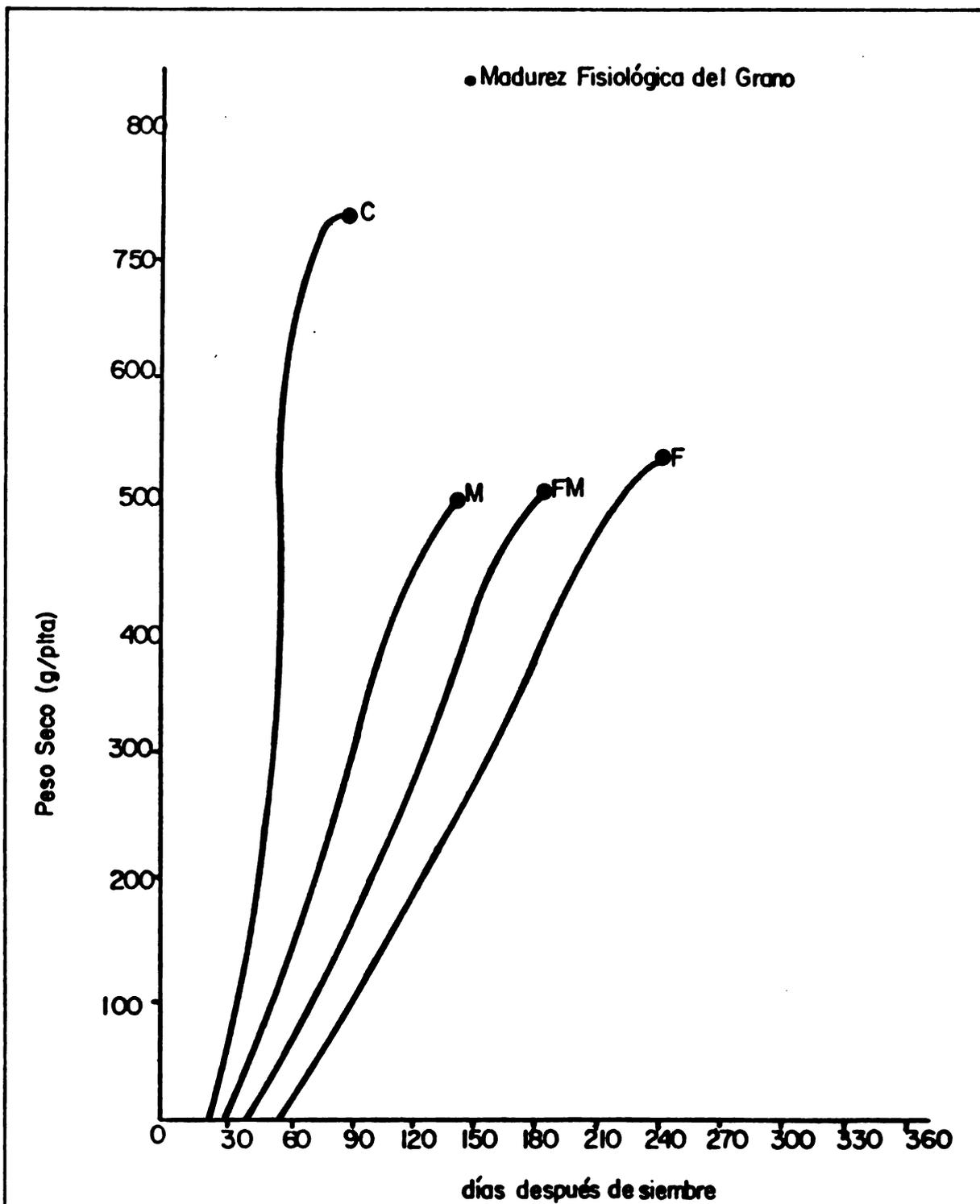


FIGURA 8 Evolución del peso seco total de la planta de cinco maíces adaptados a los climas caliente(C), medía(M), frío moderado(FM) y frío(F) de Colombia.

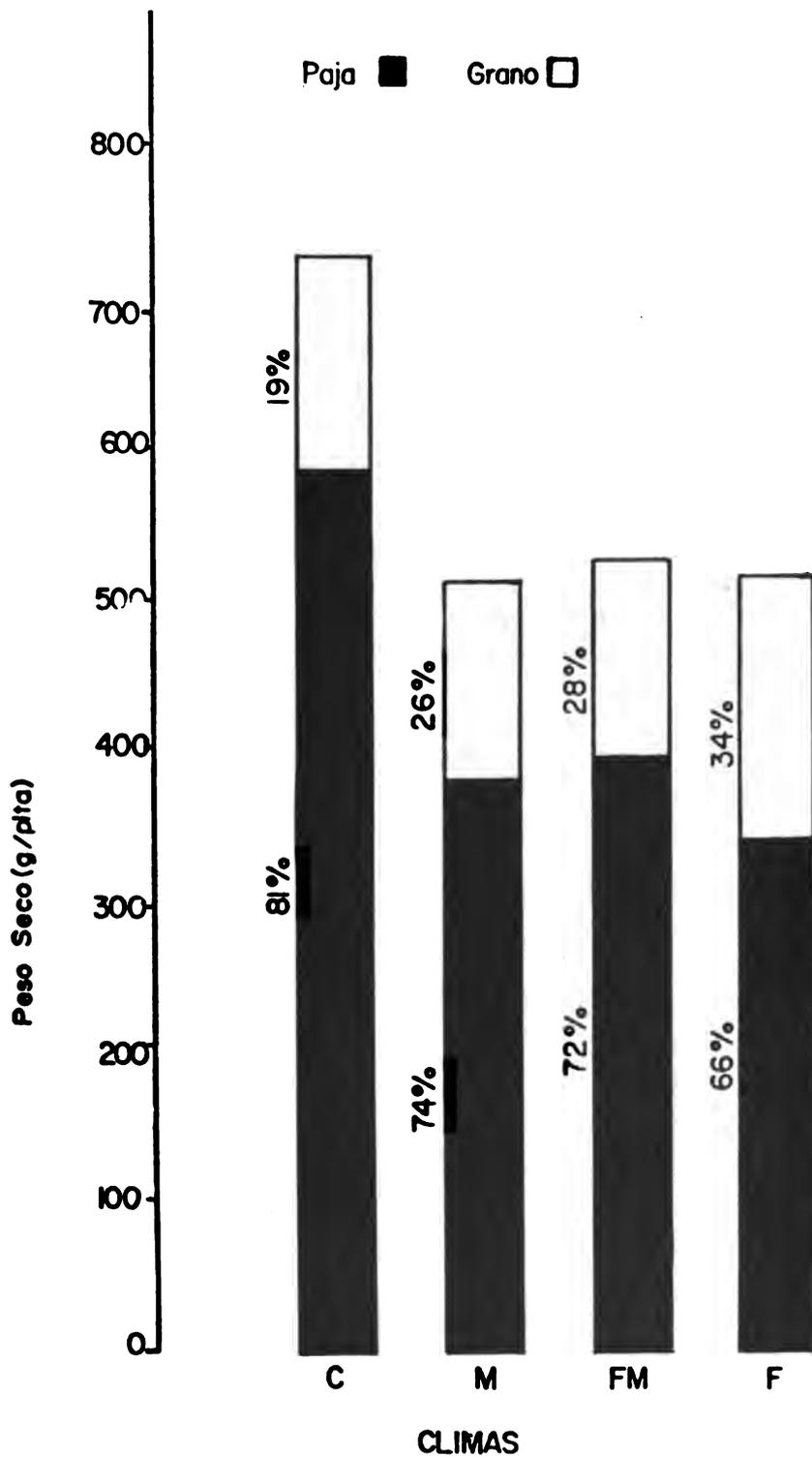


FIGURA 9 Distribución de la materia seca en la planta(paja y grano) a la maduración fisiológica de cinco maíces adaptados a los climas caliente(C), medio (M), frío moderado (FM), y frío(F) de Colombia.

evaluar 20 genotipos de maíz precoces y tardíos, adaptados al clima frío moderado de Antioquia, encontraron que el peso seco total por planta varió de 137 a 358 gramos, correspondiéndole al grano entre un 23 y 37% del total.

El índice de cosecha, según el Cuadro 11, es de 0,24 para el maíz Criollo Blanco del clima caliente, 0,34 para la variedad ETO del clima medio, 0,38 para ICA H.401 y 0,52 para el Maíz Básico MB.510 del clima frío.

Según los datos anteriores, se aprecia que en Colombia la planta de maíz se hace más eficiente fisiológicamente a medida que se incrementa la altura sobre el nivel del mar, alcanzándose la máxima eficiencia en el clima frío, lo que indica que en este clima la planta de maíz distribuye más eficientemente la materia seca en sus diferentes órganos, especialmente en el grano.

Francis (1971) indica que el índice de cosecha es un parámetro que mide la eficiencia fisiológica del maíz y ayuda en la escogencia o selección de genotipos altamente rendidores.

Sánchez (1973), en el Perú, halló valores del índice de cosecha entre 0,23 y 0,36 para maíces híbridos en la Costa peruana y de 0,29 para los de altura; en México, Goldsworthy y Colegrove (1974), dan valores de 0,29 a 0,40 para variedades y de 0,53 para híbridos, cultivados en El Batán. Los investigadores anteriores explican el mayor valor del índice de cosecha en los híbridos por las siguientes causas: a) incremento más rápido en la velocidad de crecimiento del grano; b) velocidad del crecimiento de la planta más prolongada durante el desarrollo del grano; y, c) mayor traslocación de fotosintatos de las partes vegetativas al grano.

En resumen, los resultados sobre la morfología y fisiología de la planta de maíz en los diferentes climas colombianos, indican lo siguiente:

1. En Colombia el maíz necesita para germinar 4 días en el clima caliente, 8 en el medio, 12 en el frío moderado y 16 en el frío, presentándose la floración masculina a los 50, 77, 103 y 120 días y la femenina a los 53, 82, 110 y 130 días, en tal orden. La madurez fisiológica del grano ocurre a los 88 días en condición climática caliente, 146 en el medio, 182 en el frío moderado y 239 en el frío, con un período de llenado del grano de 35, 64, 72 y 109 días, respectivamente. La humedad del grano en la madurez fisiológica es de 30% en

las zonas caliente y media, 34% en la fría moderada y 32% en la fría. El período vegetativo es de 4 meses en el cálido, 6 en el medio, 8 en el frío moderado y 10 en el frío.

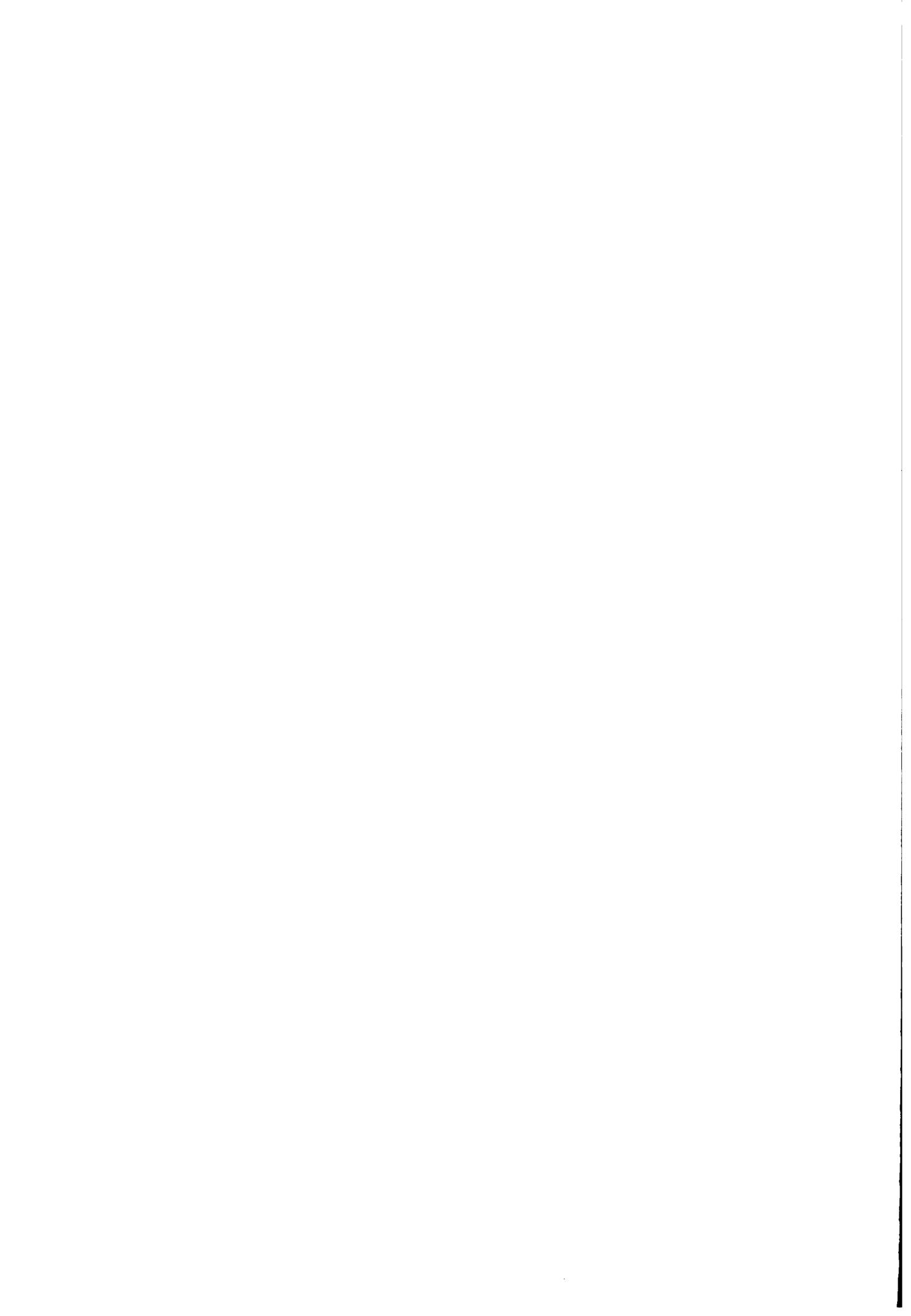
2. La planta presenta en general una altura entre los 3 y 3,5 metros en todas las regiones en donde se cultiva este cereal, con una inserción de la mazorca superior entre 1,5 y 2,1 metros.
3. Las plantas desarrollan entre 14 y 18 hojas, de las cuales 4 a 5 están por encima de la mazorca superior.
4. La mazorca superior presenta una longitud entre 15 y 19 centímetros con un número de hileras que varía entre 14 y 16 y con 286 a 420 granos por planta.
5. En el país se presentan diferentes colores del grano, siendo lo más comerciales el amarillo y el blanco con textura fina y harinosa.
6. El número de mazorcas por planta (prolificidad) es de 1 mazorca por planta en la variedad del clima caliente; 1,1 en la del medio; 1,3 en el híbrido del clima frío moderado; y, 1,7 en el Maíz Básico del frío. La producción de granos por hectárea es de 3,5, 5,8, 6,0 y 6,5 toneladas, en los climas caliente a frío, respectivamente.
7. El porcentaje de tusa por planta oscila entre 18 y 22 con un índice de grano entre 82 y 78%.
8. Según los datos, cuanto más se aleje la maduración fisiológica del grano del punto de máximo peso seco en la paja, se obtienen mayores pesos de grano por planta.
9. Los resultados parecen indicar que existe una relación positiva entre el rendimiento de granos por planta con el período de llenado del grano y con el período de reposo o de preparación para traslocar nutrientes de la planta al grano.
10. Los maíces mejorados ETO, ICA H.401 y MB.510 resultaron con mayor eficiencia fisiológica que el maíz Criollo Blanco, pues la retraslocación al grano dio valores de 56, 48, 50 y 28%, respectivamente. Además, dichos genotipos acumulan mayor cantidad de la materia seca en el grano y con mayores índices de cosecha.
11. El maíz regional Criollo Blanco, adaptado al clima caliente es el más pobre en eficiencia (28%

de retraslocación al grano), debido posiblemente a que deja en la planta el 37% de las reservas fotosintéticas elaboradas, siendo en los mejorados de apenas un 8 a 13%. Además, presenta el período de llenado del grano y la prolificidad más baja de los cuatro genotipos estudiados.

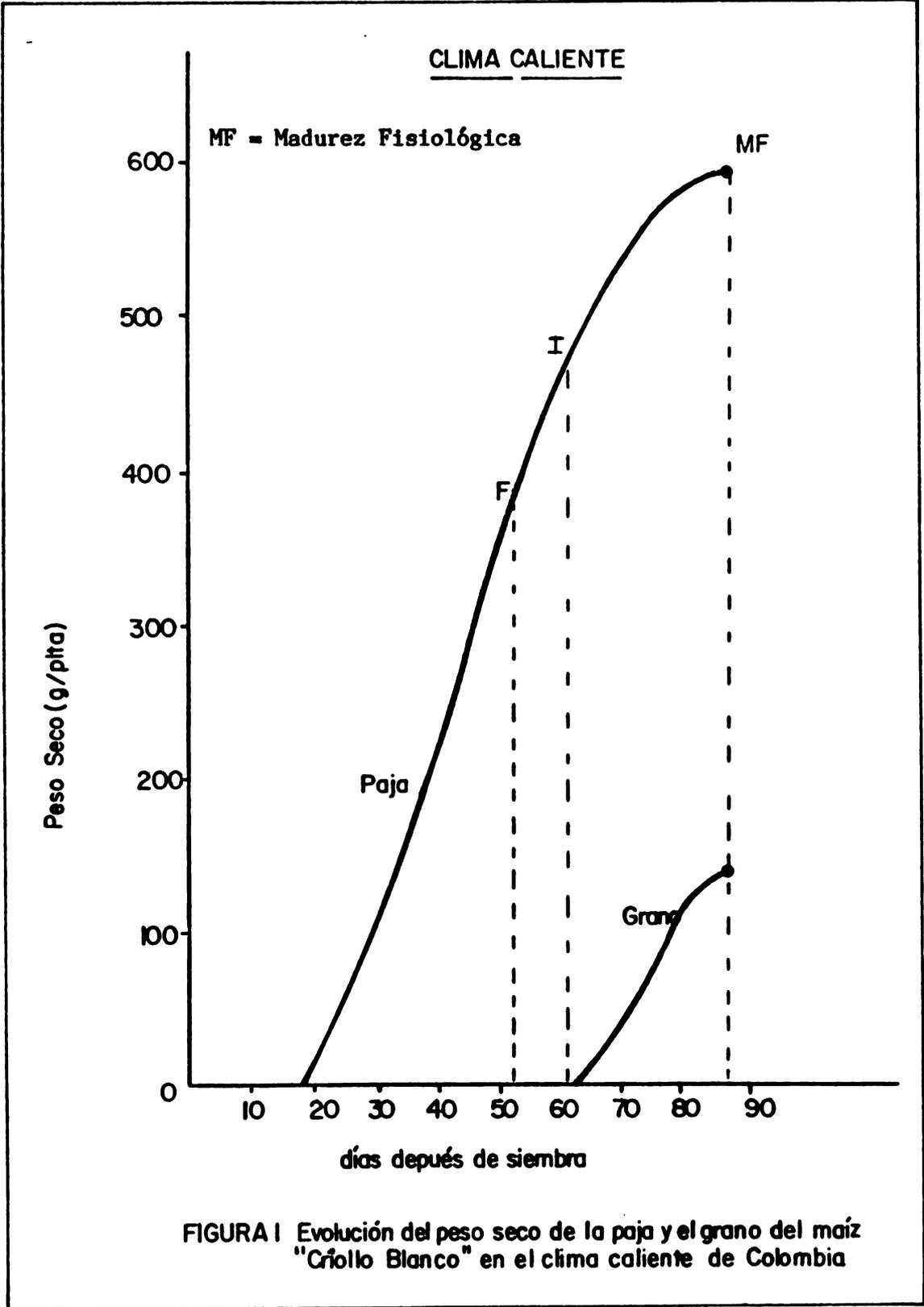
12. Posiblemente, la superioridad en producción de grano en el clima frío se deba al crecimiento más prolongado de la planta que le permite acumular grandes cantidades de material fotosintético para enviar al grano, mayor período de llenado del grano, mayor retraslocación de nutrientes al grano, menor cantidad de fotosintatos en la planta durante el último período y mayor eficiencia fisiológica con base en la retraslocación de nutrientes al grano y mayor depósito de nutrientes (mazorca/planta).

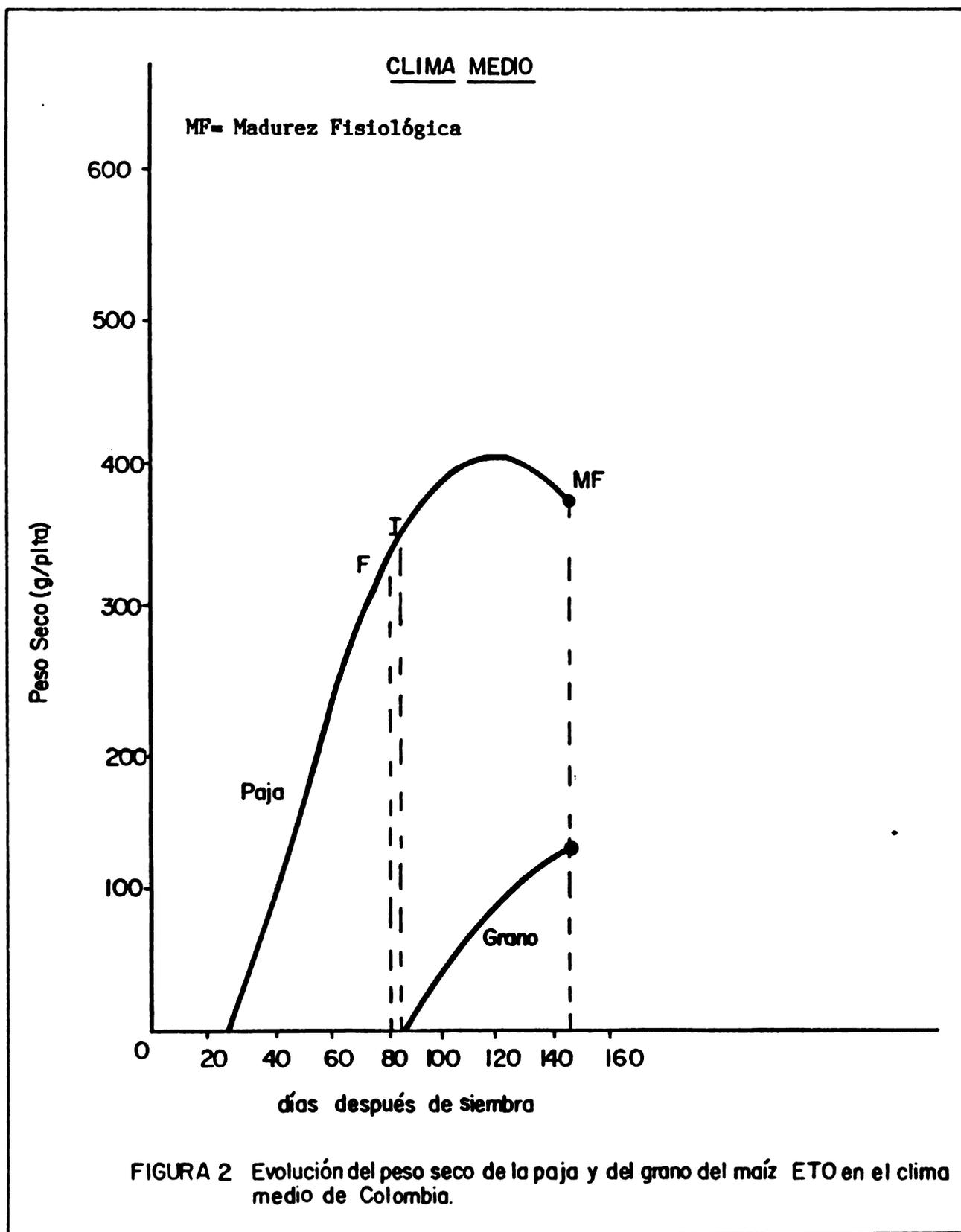
BIBLIOGRAFIA

1. ALCON, G.B. 1966. Correlation and regression: a supplement to experimental methods for extension workers. University of California Agricultural Extension Service. 62 p.
2. ALDRICH, R.S. 1945. Maturity measurements in corn and an indication that grain development continues premature cutting. Jour. Am. Soc. Agron. vol. 36, p. 667-680.
3. BONNER, J. y GALSTON, A.W. 1967. Principios de fisiología vegetal. Coleco. Ciencia y Técnica. Edit. Aguilar. Cap. 14, p. 311-324.
4. CARVAJAL, F.C., PINEDA, C.R. y DE COSTA, L. 1980. Análisis del crecimiento para tres tipos de maíz del clima frío colombiano. Programa de Estudios para Graduados (PEG), Universidad Nacional e ICA, Bogotá, 37 p. (Tesis de Máster).
5. DAVIS, S.F. y CASTANO, C. 1968. Crecimiento. En: Introducción a la fisiología de cultivos tropicales. Universidad Nacional de Colombia e ICA. Cap. 10. (Publicación miscelánea No. 9).
6. DAVIS, S.F. y CORREA, J. 1968. Ambiente. En: Introducción a la fisiología de cultivos tropicales. Universidad Nacional de Colombia e ICA. Cap. 2. (Publicación miscelánea No. 9).
7. DIAZ, A.C. y RIVERA, G.A. 1977. Caracterización de genotipos de maíz I. Madurez fisiológica y duración del período de llenado del grano. Revista ICA (Colombia). Vol. 12, No. 3, p. 213-224.
8. DIAZ, A.C. y RIVERA, G.A. 1978. Caracterización de genotipos de maíz II. Acumulación de materia seca y determinación del índice de cosecha en maíces adaptados a las zonas frías moderadas de Antioquia. Revista ICA (Colombia). Vol. 13, No. 1, p. 21-32.
9. DIAZ, A.C. 1980a. Evolución del crecimiento y desarrollo de un genotipo de maíz adaptado a clima frío moderado. ICA. Boletín de Investigación No. 59, 45 p.
10. DIAZ, A.C. 1980b. División del llenado del grano en un híbrido varietal de maíz. Progenitores y generación F1. Revista ICA (Colombia). Vol. 15, No. 2, p. 61-70.
11. DIAZ, A.C. 1983. Efecto del ambiente sobre el crecimiento y desarrollo de la variedad mejorada de maíz ETO. Revista ICA (Colombia). Vol. 18, No. extraordinario, p. 401-410.
12. DUNCAN, W.G. 1975. Maize, In Crop Physiology, Edited By L.T. Evans. Cap. 2, p. 8-50.
13. FRANCIS, G.A. Fotosíntesis en maíz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 9 p. (Sin publicar).
14. GIBSON, P.T. and SHERTZ, K.F. 1977. Growth analysis of a sorghum hybrid and its parents. Crop. Sc. Vol. 17, p. 387-391.
15. GOLDSWORTHY, P.R. and COLEGROVE, M. 1974. Growth and yield of high land maize in Mexico. Jour. Agric. Sci. Camb. Vol. 83, p. 213-221.
16. JOHNSON, and TANNER, J.W. 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.) Crop. Sci. Vol. 12, p. 485-486.
17. JORGENSEN, C.J. y MALAVER, L. 1968. Crecimiento y desarrollo de tallos, yemas y flores. En: Introducción a la fisiología de cultivos tropicales. Universidad Nacional de Colombia e ICA. Cap. 12. (Publicación miscelánea No. 9).
18. MACEA, A.A. 1980. Estudio de algunas características del crecimiento de maíz Blanco Criollo (*Zea mays* L.) con y sin fertilización. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Cl. Turipaná. 54 p.
19. MILES, S.R. 1958. When is corn fully mature? Crops and Soils. Vol. 11, No. 2, p. 22.
20. RADFORD, P.J. 1967. Growth analysis formulas-their use and abuse. Crop. Sci. Vol. 7, No. 3 171-175 p.
21. ROBBINS, W.W., WEIR, T.E. y STOCKING, C.R. 1968. La planta como mecanismo viviente. Botánica, México, Edit. Limusa, 606 p.
22. SALISBURY, F.B. and ROSS, C. 1969. Growth and problems morphogenesis, Plant Physiology. Wadsworth. Publishing Company, Inc. Belmont, California. 747 p.
23. SANCHEZ, R.C. 1973. El estado actual de la agronomía y fisiología del maíz en la Zona Andina. En: V Reunión de Maiceros de la Zona Andina, Cochabamba, Bolivia, p. 42-44.
24. SHAW, R.H. and THUM, H.C.S. 1951. On the phenology of field corn, silking to maturity. Agron. Jour. Vol. 43, p. 541-545.
25. TANAKA, A. and YAMAGUCHI, J. 1972. Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. Reprinted from the Journal of the Faculty of Agriculture. Hakkaido University. Vol. 57, p. 72-97.
26. YAMAGUCHI, J. 1974. Varietal traits the grain yield of tropical maize. I. Growth patterns as affected by altitude and season. Soil Sci. Plant Nutr. Vol. 20, p. 69-78.
27. YOSHIDA, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol. Vol. 23, p. 437-464.
28. VARGAS, DD., RIVEROS, R.G. and MORALES, T.L. 1975. Determinación del tercio de la planta de maíz más relacionado con la producción de grano. Resúmenes V Seminario Comalli. Bogotá. 3 p.



ANEXOS





CLIMA MODERADO

MF = Madurez Fisiológica

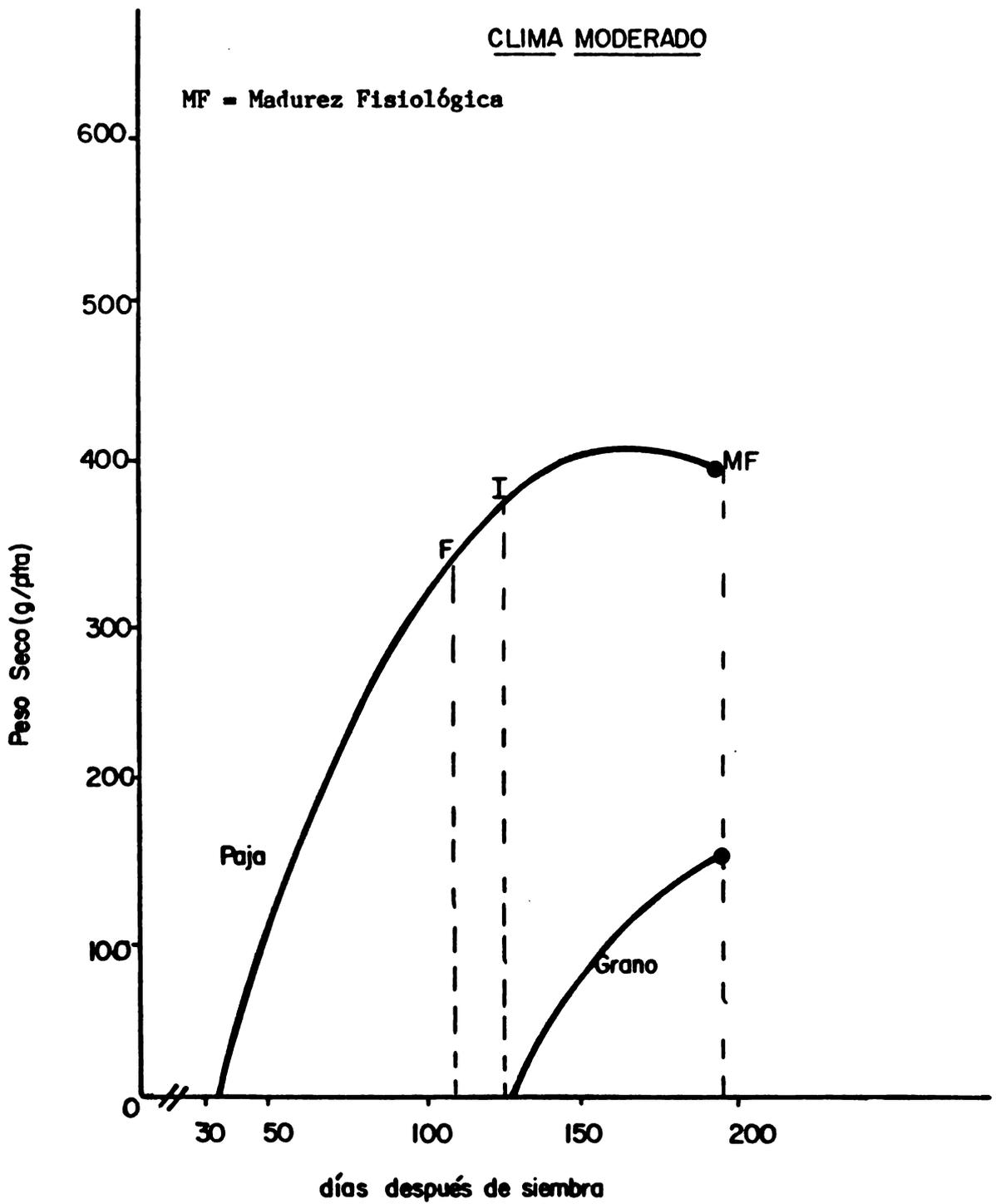


FIGURA 3 Evolución del peso seco de la paja y del grano del maíz ICAH 401 en el clima frío moderado de Colombia.

CLIMA FRIO

MF = Madurez Fisiológica

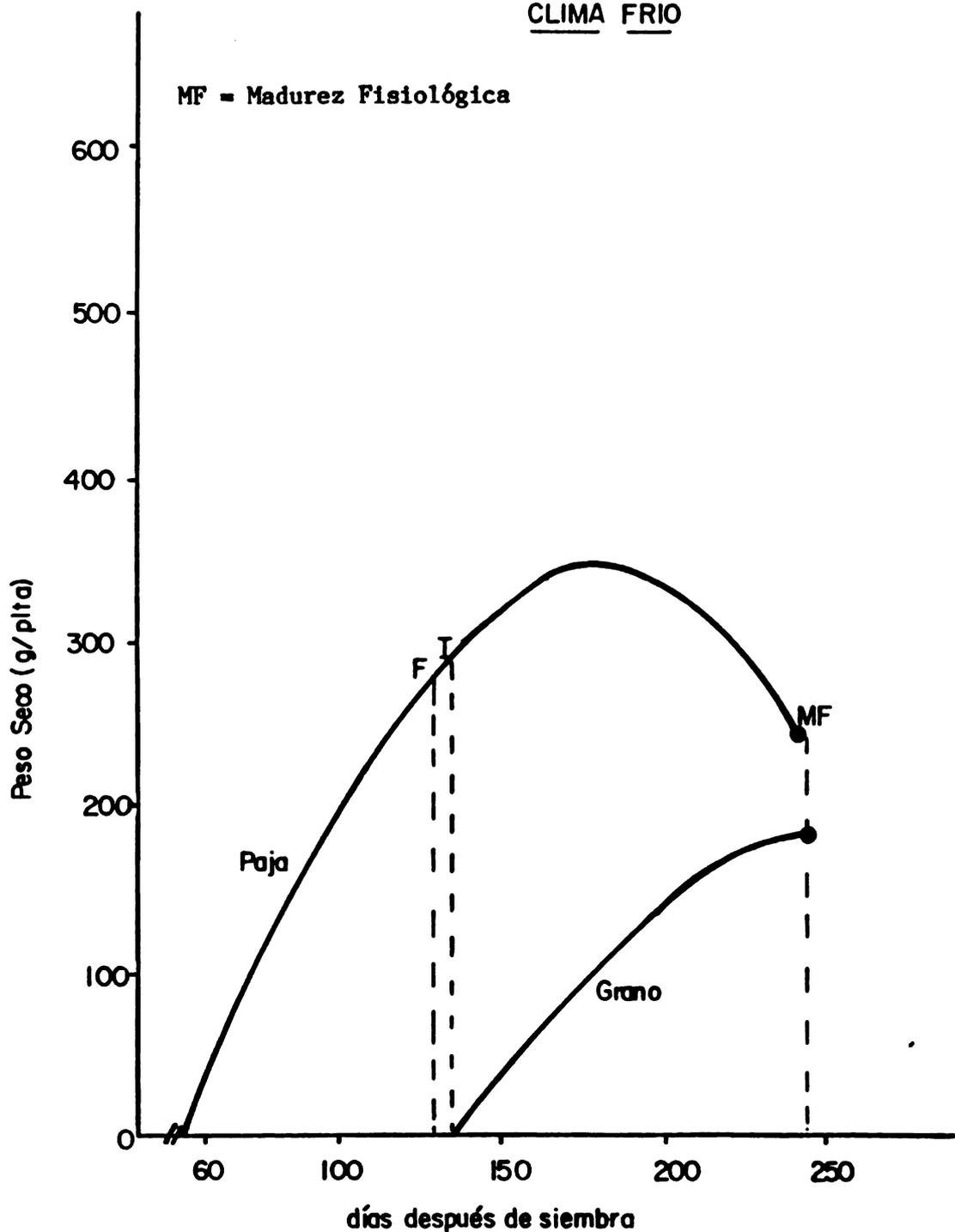


FIGURA 4 Evolución del peso seco de la paja y del grano de maíz MB510 con el clima frío Colombiano.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA