

8  
27



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores  
"Cuautitlán"

## EVALUACION DE CRUZAS SIMPLES DE MAIZ PARA VALLES ALTOS QUE SE INTEGRARON CON UNA FUENTE DE PRECOCIDAD-PROLIFICIDAD BRAQUITISMO.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A:  
María de los Angeles Cortés Lugo

Director de Tesis: M. C. JOSE LUIS ARELLANO VAZQUEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	i
RESUMEN.....	ii
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Hipótesis.....	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Definición de "ideotipo".....	3
2.2. Ambiente de producción para un "ideotipo" de maíz.....	4
2.2.1. Humedad adecuada.....	5
2.2.2. Temperatura favorable a través de la estación de crecimiento.....	6
2.2.3. Densidad de población.....	7
2.2.4. Fecha de siembra temprana.....	9
2.3. Caracterización morfológica y fisiológica de un "ideotipo" de maíz.....	9
2.3.1. Tolerancia al frío de semillas en germinación y de plántulas.....	9
2.3.2. Insensibilidad al fotoperíodo.....	12
2.3.3. Número de hojas por planta.....	13
2.3.4. Altura de planta.....	15
2.3.5. Prolificidad de ápices de mazorca..	17
2.3.5.1. Herencia de prolificidad en maíz.....	20
2.3.5.2. Reguladores químicos del crecimiento de ápices de fructificación.....	25
2.3.6. Angulo foliar.....	27
2.3.7. Intervalo corto entre emisión del polen y emergencia del jilote.....	30
2.3.8. Envejecimiento lento de hojas.....	31
2.3.9. Período de llenado de grano.....	33
2.3.10. Tamaño pequeño de espiga.....	36

	Página
2.3.11. Máxima eficiencia fotosintética.	40
2.3.11.1. Fuente y demanda.....	41
2.3.11.2. Índice de área foliar.	44
2.3.11.3. Suministro de fotosintatos.....	45
2.3.12. Traslocación eficiente de fotosintatos a grano.....	47
2.3.13. Sugerencias para el mejoramiento genético del "ideotipo".....	49
III. MATERIALES Y METODOS.....	51
3.1. Características climáticas de la localidad e instalación del experimento.....	51
3.2. Preparación del terreno.....	51
3.3. Siembra.....	52
3.4. Variedades.....	52
3.5. Diseño experimental y tamaño de parcela.	55
3.6. Riegos.....	55
3.7. Escardas.....	55
3.8. Control de malezas.....	56
3.9. Plagas y enfermedades que se presentaron y su control.....	56
3.10. Toma de datos.....	56
3.10.1. Número de plantas por parcela - (NUMPL).....	56
3.10.2. Días a floración masculina - (FLOMA).....	57
3.10.3. Días a floración femenina (FLOFE)	57
3.10.4. Altura de planta (ALTPL).....	57
3.10.5. Altura de mazorca (ALTMZ).....	57
3.10.6. Tipo de hojas (TIPHO).....	57
3.10.7. Calificación de sanidad de planta (CALPL).....	58
3.10.8. Número de plantas cuatas - (NUMPLCU).....	58
3.10.9. Calificación de sanidad de mazorca (CALMZ).....	58
3.10.10. Rendimiento económico (RE).....	58
3.10.11. Número de mazorcas (NUMMZ).....	59
3.10.12. Porcentaje de humedad.....	59
3.11. Análisis estadístico.....	59
3.11.1. Comparación de medias.....	59

	Página
3.11.2. Medias para Número de plantas/ parcela y Número de mazorcas/ parcela.....	60
3.11.3. Relación mazorcas/planta/parce la.....	60
3.11.4. Porcentaje de plantas cuatas/ parcela.....	60
 IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	 61
4.1. Análisis de varianza.....	61
4.2. Niveles de significancia estadística pa ra Rendimiento de grano (RE), de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Dun can y porcentaje respecto a testigos H-30, H-131 y H-137E de los híbridos "prolífi cos".....	63
4.3. Niveles de significancia estadística de híbridos "prolíficos" y 3 testigos - (H-30, H-131, H-137) para las variables Días a floración masculina (FLOMA) y fe menina (FLOFE), según la prueba de ran gos múltiples de Duncan.....	65
4.4. Diferencias entre medias de 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables Altura de - planta (ALTPL) y Altura de mazorca - (ALTMZ), según la prueba de rangos múlti ples de Duncan.....	67
4.5. Medias de 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E), para - las variables Número de plantas (NUMPL) y Número de mazorcas por parcela (NUMMZ).	71
4.6. Relación mazorcas/planta/parcela y por centaje de plantas cuatas/parcela para 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos - (H-30, H-131 y H-137E).....	73
 V. CONCLUSIONES.....	 77
 VI. LITERATURA CITADA.....	 79

## LISTA DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1. Genealogía de las cruzas simples evaluadas en esta investigación.....	53
2. Valor de los cuadrados medios, nivel de significancia para "F" y coeficientes de variación, registrados en los análisis de varianza realizados para cada uno de los caracteres estudiados.....	61
3. Niveles de significancia estadística para Rendimiento de grano, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan y porcentaje respecto a testigos H-30, H-131 y H-137E de los híbridos "prolíficos", Chapingo, Méx. 1981.....	64
4. Niveles de significancia estadística de híbridos "prolíficos" y testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables Días a floración masculina y femenina, según la prueba de rangos múltiples de Duncan.....	66
5. Diferencias entre medias de 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables Altura de planta y Altura de mazorca, según la prueba de rangos múltiples de Duncan.....	69
6. Medias de 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables Número de plantas y Número de mazorcas por parcela.....	72
7. Relación mazorcas/planta/parcela y porcentaje de plantas cuatas/parcela para 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E).....	75

## R E S U M E N

En el mejoramiento de especies vegetales un objetivo primordial ha sido la obtención de genotipos con alta capacidad de producción de materia seca y con buenas características agronómicas, sin considerar los caracteres fisiológicos y morfológicos que conducen a esta mejora. Es por ello que recientemente se han realizado investigaciones que muestran la conveniencia de obtener plantas más productivas y eficientes en la conversión de nutrimentos a grano. Las tendencias de estas nuevas investigaciones involucran el desarrollo de plantas "ideales" de maíz, considerando principalmente componentes de rendimiento morfológicos y fisiológicos que respondan en forma óptima al suministro adecuado de factores ambientales y al manejo para la producción del cultivo. Tomando en cuenta estos aspectos, los objetivos de la presente investigación fueron:

- 1) Señalar algunas de las características morfológicas de los genotipos estudiados.
- 2) Indicar si la modificación en la estructura de la planta conduce a una mayor eficiencia en la producción de grano respecto al tipo de planta normal.

Los genotipos usados fueron 19 cruces simples "prolíficas" que contienen los caracteres selección de planta pre-

coz (SPP), super enano prolífico (SEP) y líneas de los híbridos H-28, H-30, H-32, H-127, H-129 y H-133. Como testigos se emplearon los híbridos H-30, H-131 y H-137E.

Para lograr los objetivos se estableció un ensayo de rendimiento bajo riego en terrenos del CAEVAMEX, evaluándose en este ensayo principalmente Rendimiento económico, Días a floración masculina y femenina, Número de plantas cuatas y Altura de planta y mazorca. Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias altamente significativas para estas variables, a excepción de la variable Rendimiento económico la cual resultó no significativa.

De acuerdo a los resultados y a la discusión de éstos, se concluye que: 1) De los tres caracteres que se incluyeron en la fuente SPP y SEP, el más determinante en el comportamiento de los híbridos "prolíficos" fue el carácter precocidad, pues aún con menor ciclo biológico, los "prolíficos" manifestaron un Rendimiento económico estadísticamente igual al de los testigos, lo cual es ventajoso ya que estos híbridos están menos expuestos a adversidades climáticas; 2) El carácter braquitismo redujo el porte de planta de una manera significativa en los híbridos "prolíficos", pero su influencia en el Rendimiento económico no fue satisfactoria; 3) El carácter prolificidad de mazorca se manifiesta de una manera poco significativa, no obstante - - -



los híbridos "prolfficos" pueden llegar a producir igual ó más Rendimiento económico que los híbridos comerciales si se incrementa la densidad de plantas/ha.

## I. INTRODUCCION

En el mejoramiento de especies vegetales un objetivo primordial ha sido la obtención de genotipos con alta capacidad de producción de materia seca y con buenas características agronómicas sin considerar los caracteres fisiológicos y morfológicos que conducen a esta mejora. Es por ello que recientemente se han realizado investigaciones que muestran la conveniencia de obtener plantas más productivas y eficientes en la conversión de nutrimentos a grano, y se da énfasis a caracteres relacionados con fotosíntesis, crecimiento y producción de grano. Las tendencias de estas nuevas investigaciones involucran el desarrollo de "plantas ideales" de maíz considerando principalmente componentes de rendimiento morfológicos y fisiológicos que respondan en forma óptima al suministro adecuado de factores ambientales y al manejo para la producción del cultivo.

1.1. Considerando los aspectos enunciados anteriormente, los objetivos que se persiguen en este trabajo son:

1. Señalar algunas de las características morfológicas de los diecinueve genotipos estudiados.
2. Señalar si una modificación en la estructura de la planta conduce a una mayor eficiencia en la producción de grano respecto al tipo de planta normal.

1.2. Las hipótesis a comprobar son:

1. Los híbridos experimentales empleados en esta evaluación tienen características morfológicas favorables para una mayor producción de grano.
2. Los híbridos con características morfológicas modificadas son mejores en producción de grano que los híbridos testigo.

## II. REVISION DE LITERATURA

En virtud de la importancia actual del mejoramiento de maíz por tipo de planta que muestre una mayor eficiencia para la producción de materia seca; en el Programa de mejoramiento genético de Maíz del Campo Agrícola Experimental Valle de México de INIA, se conducen proyectos para formar variedades ó híbridos "ideotipo" que superen en rendimiento a los actuales mediante el aprovechamiento óptimo de los factores ambientales, partiendo de combinaciones entre líneas con diferente grado de endogamia y los maíces mutantes que muestran los caracteres braquitismo, hoja erecta (sin lígula) y opaco. (González, 1976).

### 2.1. Definición de "ideotipo"

Donald citado por Mock y Pearce, (1975) dió el término "ideotipo" a plantas de cereales con características morfológicas y fisiológicas modelo, aptas para influir en la fotosíntesis, el crecimiento y en el rendimiento de grano.

Barriga (1972), señala que las características que conforman un ideotipo de maíz son: Plantas de tallo grueso, altura de planta reducida, menor número y menor longitud de entrenudos, pocas hojas pequeñas y erectas, área foliar reducida y prolificidad de ápices de mazorca.

Mock y Pearce (1975), concibieron un ideotipo de maíz potencialmente capaz de producir altos rendimientos de grano por unidad de área cultivada, en un ambiente de producción favorable. Los caracteres más importantes de este modelo de planta son: Hojas rígidas orientadas verticalmente arriba de la mazorca y horizontales las que se sitúan por debajo de ella, máxima eficiencia fotosintética, eficiente conversión de fotosintatos a grano. corto intervalo entre la emisión de la espiga y la emergencia del jilote, prolificidad de ápices de mazorca, tamaño pequeño de espiga, insensibilidad al fotoperíodo, semillas en germinación y plántulas tolerantes al frío, período de llenado de grano tan largo como sea posible y lento envejecimiento de hojas.

## 2.2. Ambiente de producción para un ideotipo de maíz

Una limitante para el rendimiento de los "ideotipos" es el ambiente óptimo de producción del cultivo.

Mock y Pearce (1975), basándose en recientes investigaciones sobre el tema, definen para la faja maicera de los Estados Unidos de Norte América un ambiente en el que el "ideotipo" pudiera producir altos rendimientos de grano; tal ambiente de producción incluye los siguientes factores: a) Humedad adecuada, b) temperatura favorable a través de

la estación de crecimiento, c) adecuada fertilidad, d) alta densidad de siembra, e) espaciamiento estrecho entre surcos y f) fecha de siembra temprana.

### 2.2.1. Humedad adecuada

Robins y Domingo (1953), señalan que la mayor parte del período crítico por tensiones de humedad en maíz ocurre durante la floración, lo cual puede resultar en un atraso en la floración, pobre polinización y fertilización de los jilotes expuestos.

Denmead y Shaw (1960), mencionan que en maíz la tensión por humedad durante la polinización causa un 50% de reducción en el rendimiento de grano comparado con un 20 ó 25% por pérdidas ocurridas por períodos de tensión tempranos ó tardíos.

Dale y Shaw (1965) muestran que un déficit de agua en el cultivo del maíz ocurrido durante el período de seis semanas antes de floración femenina y tres semanas después de esta floración es muy crítico ya que reduce considerablemente el rendimiento de grano.

Bauman (1960) cita que en maíz la sequía u otros factores adversos a la emisión de estigmas, restringen el desarrollo de segundas mazorcas en híbridos prolíficos.

Russell y Eberhart (1968a), encuentran que el incremento en la producción de segundas mazorcas en híbridos de maíz, depende en buen grado de la alta densidad de población y de la humedad y fertilizantes presentes en cantidades suficientes en el suelo.

### 2.2.2. Temperatura favorable a través de la estación de crecimiento

Duncan y Hesketh (1968), consideran que la temperatura afecta fotosíntesis, respiración, traslocación de fotosintatos y el desarrollo del cultivo, particularmente la duración del período de llenado de grano, y que tanto la fotosíntesis como el desarrollo de la planta son grandemente retrasados a temperaturas de 10°C ó menores.

Wilson et al. (1973) citan que las altas temperaturas, particularmente las nocturnas, acortan el período de maduración y reducen grandemente el rendimiento de grano en maíz.

Hunter et al. (1974), indican que altas temperaturas aceleran la floración, pero generalmente incrementan el número de hojas en maíz.

Para Mock y Pearce (1975) los factores que contribuyen en el uso eficiente de la energía solar de cultivos en pie son: a) cantidad de luz interceptada, b) uniformidad de la distribución de luz sobre el área foliar total,

c) fotosíntesis foliar en alta intensidad de luz y calidad de luz observada en la superficie foliar.

Prine y Schroder (1965) encontraron que los híbridos de maíz semi-prolíficos presentaron un período crítico durante ó cerca de la floración femenina; causando aborción de mazorcas, debido principalmente a la falta de luz causada por el sombreamiento mutuo de las plantas.

Milbourn (1976) encontró que en plantas de maíz el número de flores femeninas formadas estuvo influenciado por la temperatura prevaleciente durante las primeras semanas después de la siembra.

Siemer et al. (1969), de acuerdo a sus investigaciones postulan que las altas temperaturas ocasionan una temprana iniciación de desarrollo de mazorcas en el cultivo del maíz.

### 2.2.3. Densidad de población

Mock y Pearce (1975), citan que la densidad de población, los surcos estrechos y la fecha de siembra temprana, son factores que influyen en la máxima utilización de radiación solar. La alta densidad de población y los surcos estrechos permiten incrementar el índice de área foliar y de esta manera interceptar la mayor parte de la energía en



trante a la superficie de la tierra.

Russell y Eberhart (1968a) indican que las cruza<sup>s</sup> triples prolíficas de maíz produjeron mayores rendimientos de grano que las cruza<sup>s</sup> triples no prolíficas en siembras bajo altas densidades de población.

Loomis et al. citados por Smith et al. (1982), señalan que variedades de maíz con el dosel superior erecto y el dosel vegetal inferior plano u horizontal producen altos rendimientos de grano a altas densidades de población.

Monteith (1969) propuso que plantas de maíz con dosel vegetal erecto podrían utilizar la luz más eficientemente que las plantas con dosel vegetal horizontal cuando crecieran en altas densidades de población; sin embargo, plantas con dosel horizontal podrían ser muy eficientes en bajas densidades.

Smith et al. (1982) concluyen que la esterilidad de mazorca es una respuesta fisiológica del maíz a la competición inter e intra planta por factores como nutrientes minerales, humedad del suelo y luz en siembras a alta densidad de población.

Chipman y Mackay (1960) observaron mayor número de hijos con mazorca en maíces prolíficos con espaciamiento ancho de surcos.

Pepper citado, por Mock y Pearce (1975), sugiere que los genotipos de maíz que no son tolerantes a altas densidades de población (con problemas de esterilidad de mazorca), no producirán altos rendimientos de grano independientemente de la orientación del dosel vegetal.

Sorrells et al. (1979) citan que una gran frecuencia de segundas mazorcas en un cultivo de maíz estuvo asociada con pocos nudos encima de la primera mazorca.

#### 2.2.4. Fecha de siembra temprana

Mock y Skrdla (1978) citan que la tolerancia del maíz a temperaturas frías del aire y del suelo debe ser una cualidad inherente a un "ideotipo" de maíz, porque ello es necesario para que tomen ventaja en las fechas de siembra tempranas y de esta manera se incrementaría el rendimiento.

Mock y Bakri (1976), muestran que la selección recurrente puede usarse para el mejoramiento efectivo de tolerancia al frío de genotipos de maíz adaptados a varias partes del mundo.

### 2.3. Caracterización morfológica y fisiológica del "ideotipo"

#### 2.3.1. Tolerancia al frío de semillas en germinación y de plántulas

En regiones de clima templado y con corta estación de

crecimiento no se consiguen buenos rendimientos de grano de maíz a menos que se realicen siembras tempranas en la primavera. Sin embargo la siembra temprana frecuentemente está sujeta a condiciones frías para la emergencia, es por ello que el "ideotipo" de maíz debe tener capacidad de germinar en una forma rápida y segura en bajas temperaturas del suelo y del aire (Eagles y Hardacre 1979).

Landi y Crosbie (1982), empleando bajas temperaturas en la germinación del maíz, obtuvieron que la cruza B14A x 1337 mostró un genotipo dominante para tolerancia a tensiones de frío, concluyendo que la respuesta del maíz a bajas temperaturas está bajo control genético.

Mock y Bakri (1976), usando un índice de selección que incluye los caracteres porcentaje de emergencia, tasa de emergencia y ahijamiento en plantas de maíz sometidas a tensiones de frío, obtuvieron una respuesta positiva en la selección para porcentaje a emergencia pero no en tasa de emergencia.

Mock y Skrdla (1978), evaluaron por su respuesta al frío 144 colecciones de maíz representativas de diferentes condiciones ecológicas. Las colecciones se sembraron y crecieron durante 42 días en cajas de plástico dentro de una cámara de crecimiento con temperaturas de  $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . La respuesta al frío se evaluó en base a: 1) porcentaje

de emergencia (registrado 30 días después de la siembra), 2) índice de emergencia (6 estimador de la tasa de emergencia), y 3) peso seco de las plántulas muestreadas 42 días después de la siembra. Se encontró que los valores de la varianza y de Heredabilidad de estos tres caracteres fueron amplios, lo cual sugiere variación genotípica para tolerancia al frío en dicha colección de germoplasma, permitiendo así avance por selección.

Por otro lado, las correlaciones genotípicas entre esos tres caracteres fueron altas, de ahí que el mejoramiento en base a un índice de selección pudiera ser posible. Así mismo se encontró que las correlaciones entre los caracteres de tolerancia al frío y los días a 50% de jiloteo fueron bajos.

Los días de siembra a 50% de jiloteo de las 25 mejores colectas variaron de 46 para un maíz de Canadá hasta 106 días para una colecta de Etiopía.

Eagles y Hardacre (1979), en un estudio de varianza genética emplearon familias de hermanos completos, familias de medios hermanos y líneas  $S_1$ , para determinar la varianza genética de porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia y tiempo de emergencia a 10°C, resultando de ello varianzas genotípicas amplias para todos los caracteres. Por otro lado encontraron que la varianza aditiva (efectos ma-

ternos) fue la de mayor relevancia para porcentaje de germinación, y la varianza dominante (efectos paternos) fue significativa para porcentaje de emergencia y tiempo a emergencia; las líneas a nivel de plántula presentaron depresión endogámica para tiempo y porcentaje de emergencia. Finalmente señalan que los caracteres de germinación y emergencia no correlacionaron con el peso de la semilla.

Gubbels (1974), manejando un pequeño número de cultivos de maíz, encontró que el tiempo a emergencia estuvo significativamente correlacionado con peso y concentración de aceite de la semilla. Este investigador sugirió que semillas con alta concentración de ácido linoleico podrían representar a genotipos con una habilidad superior para germinar bajo condiciones frías.

### 2.3.2. Insensibilidad al fotoperíodo

Mock y Pearce (1975) sugieren que la manipulación de las fechas de siembra puede resultar en un ajuste de los fotoperíodos con varios estados de desarrollo de las plantas de maíz, modificando probablemente el tamaño de la planta y la fecha de floración de genotipos susceptibles, y enfatizan que los genotipos que son insensibles al fotoperíodo podrían desarrollar normalmente en un amplio rango de fotoperíodos.

Francis et al. (1969) y Francis (1972), citados por Mock y Pearce (1975), indican que existe en maíz una adecuada variabilidad genética para respuesta al fotoperíodo, lo cual podría permitir hacer selección para insensibilidad.

Allison y Daynard (1979), concluyeron que el incremento en la temperatura altera el área foliar más que el tiempo a floración femenina y que un decremento en el fotoperíodo aceleró la floración y redujo el número de hojas en plantas de maíz.

Gooding (1972) concluye que los rendimientos de híbridos de maíz son producto de condiciones de día largo, y que cuando ellos son llevados a latitudes bajas maduran muy rápidamente, producen pocos nudos y no consiguen su altura normal de planta.

### 2.3.3. Número de hojas por planta

Las hojas determinan las proporciones relativas entre las partes vegetativas y fructíferas de la planta, y tienen relación con la producción de granos, con la densidad óptima de plantas por unidad de área cultivada para una máxima producción, y con la capacidad competitiva de la planta. Gardner y Allard (1920).

Sobre este aspecto, Chase y Nanda (1967) estudiando 21 híbridos dobles de maíz (18 dentados y 3 semidentados) en

tres épocas de siembra, en sus resultados se advierte la importancia relativa del genotipo, de la temperatura y del fotoperíodo en la determinación del número de hojas y del período vegetativo de las plantas (de la germinación hasta la antesis). También observaron correlaciones positivas altamente significativas, entre el número total de hojas por híbrido y el número de días para su floración.

Los autores concluyeron que el fotoperíodo tuvo un acentuado efecto sobre el número de hojas formadas y que la temperatura afectó el crecimiento. Finalmente observaron una fuerte interacción entre el fotoperíodo y la temperatura.

Neal (1968) propone la posibilidad de usar el número de hojas formadas como una medida ó índice para la clasificación de los híbridos de maíz respecto a su ciclo vegetativo.

Hesketh et al. (1969) observaron en 18 híbridos de cruz simple y 2 razas de maíz que la temperatura, el fotoperíodo y el genotipo tienen fuerte interacción sobre la modificación del número de hojas por planta. Estos autores muestran también en sus resultados que el número de hojas estuvo correlacionado con el número de días a floración, área foliar, peso seco y altura de planta. Finalmente consideran la necesidad de estudiar la relación entre el núme-

ro de hojas y el tamaño de la mazorca y los efectos de la interacción genotipo ambiente sobre la permanencia de las hojas en la planta después de la floración.

Allen et al. (1973), opinan que el número de hojas en maíz está determinado genéticamente, aumenta con temperaturas altas y con la fertilidad del suelo, pero decrece con el aumento en densidad de población y el fotoperíodo puede afectarlo. Los autores encontraron que el número de hojas tiene correlación con algunos indicadores de la madurez como días a espigamiento y humedad a la cosecha. También observaron que el número de hojas en un híbrido tuvo asociación significativa con el área foliar de la planta.

Stein (1955), comparando una línea isogénica portadora del gene br-2 con una línea de maíz no portadora de este gene verificó que la proporción de hojas iniciales y finales en el cultivo fue igual para ambas líneas.

#### 2.3.4. Altura de planta

Los mejoradores de sorgo, trigo y arroz, han logrado obtener incrementos sustanciales en los rendimientos por hectárea de estos cultivos al formar variedades "enanas". Castro (1973) cita que esta modificación en la altura de las plantas les ha permitido reducir las pérdidas por acame, aumentar la densidad de población y reducir las dosis



de fertilización, y señala que al limitar el crecimiento de las plantas el enanismo causa un ahorro de energía que se capitaliza por lo menos parcialmente en una mayor producción de grano. ó bien en un menor requerimiento de agua y/o nutrientes por parte de las plantas. Los mejoradores de maíz también han hecho esfuerzos para reducir la altura de las plantas; sin embargo, los cambios han sido lentos. Cuando la reducción en altura se ha logrado en forma brusca, casi siempre se ha utilizado para este propósito el gene recesivo braquíptico<sub>2</sub>, y al usarlo los genetistas han fracasado en su intento por incrementar la productividad y la densidad de población.

Katta y Castro (1970) establecen que una de las razones importantes por la que los maíces enanos no han permitido una elevación sustancial de los rendimientos por hectárea, es que el proceso fotosintético no se realiza eficientemente en todas las hojas de las plantas enanas por los siguientes motivos: a) en los maíces enanos braquípticos la longitud de los entrenudos es muy reducida, sin embargo, el número, la longitud y el ancho de las hojas no se reduce; por ello es de esperarse que entre las hojas se produzca una mayor competencia por luz que en los maíces normales, b) en los maíces enanos braquípticos es de esperarse que existan dificultades relacionadas con la polinización ya que las hojas están tan cerca unas de otras que

los estigmas muchas veces son cubiertos por las hojas superiores y el polen no llega libremente a ellos, c) uno de los efectos secundarios del gene braquítico<sub>2</sub>, y que a veces es ignorado es que todas las hojas emergen del tallo alineadas en una sola dirección y no en espiral como emergen en los maíces normales; esta característica aunada al acortamiento tan marcado de los entrenudos, causa sombreamiento de las hojas inferiores, por las superiores (competencia entre hojas de la misma planta.

Leng (1957), demostró que las plantas de híbridos de maíz enanos tienen un rendimiento menor que los híbridos normales.

Campbell (1965), reporta que cruza dobles de híbridos enanos rindieron igual que los mejores híbridos normales de Mississippi, aunque los enanos fueron más resistentes al acame que los maíces normales.

#### 2.3.5. Prolificidad de ápices de mazorca

Uno de los caracteres más importantes del "ideotipo" de maíz propuesto por Mock y Pearce (1975), es la prolificidad de mazorca, ó sea la habilidad de la planta de maíz para producir más de una mazorca. Una de las mayores limitaciones para una conversión eficiente de fotosintatos a grano es el limitado potencial (demanda) para desarrollar ma-

zorca. King et al. y Bingham, citados por Mock y Pearce (1975).

El vigor de la "demanda" está ampliamente determinada por el tamaño y número de granos, y un incremento en cualquiera de estas componentes puede mejorar el poder de atracción de la demanda (Bingham citado por Mock y Pearce 1975). Por tal motivo las plantas de maíz prolíficas, deben poseer un amplio vigor de demanda en comparación de los genotipos de una sola mazorca; resultando así mucho más eficientes en la producción de grano.

Muchos investigadores han mostrado que los genotipos prolíficos son menos susceptibles a producir plantas jorras cuando se siembran en altas densidades de población.

Zuber y Grogan, y Collie et al., citados por Mock y Pearce (1975), señalan que híbridos de maíz prolíficos tuvieron respuestas más estables al rendimiento al cambiar la densidad de siembra; investigaciones posteriores indican que la presencia de una segunda posición para producción de grano en la planta permitió maximizar la utilización de fotosintatos disponibles.

Andrew citado por Mock y Pearce (1975), mostró que la esterilidad de mazorca estuvo directamente relacionada con la densidad de población, y que los híbridos de una sola

mazorca presentaron relativamente más esterilidad que los híbridos de mazorcas múltiples en alta densidad de población.

Russell citado por Mock y Pearce (1975), encontró que los genotipos de maíz de una sola mazorca creciendo a 29,000 plantas/ha no produjeron segundas mazorcas, y en 58,000 plantas/ha tuvieron 11.9% de plantas jorras en tanto que los genotipos prolíficos tuvieron un 27% de plantas con segunda mazorca bajo siembra de 29,000 plantas/ha y manifestaron únicamente 3% de plantas jorras bajo siembras a 58,000 plantas/ha.

González (1976) considera la prolificidad como la capacidad de producir más de una mazorca por planta y que ésta puede elevar el número de mazorcas y el rendimiento, lo cual puede lograrse con ahijamiento ó con el cuateo, y aunque en ambos casos se trata de características poco heredables y muy influenciadas por el ambiente es posible obtener genotipos que las manifiesten.

Bauman (1960), observando el rendimiento de la primera y segunda mazorca de 10 cruzas dobles de híbridos puestas en tres localidades encontró que: a) los híbridos difieren mucho en el rendimiento de la segunda mazorca y afectan el rendimiento de la primera y el rendimiento to-

tal, b) la mayor parte de las variaciones en el rendimiento de la segunda mazorca son explicadas por las diferencias en rendimiento dentro de los híbridos en las tres localidades, c) híbridos con buen rendimiento en la segunda mazorca tendieron a tener sus primeras mazorcas muy chicas, y d) el porcentaje de grano de la primera mazorca y segunda fue casi igual.

Rietz y Smith (1917) indican que en plantas de maíz prolíficas, la primera mazorca presenta mayor tamaño que la segunda, y establecieron que las mazorcas de maíces no prolíficos fueron igual de grandes que las primeras mazorcas de plantas prolíficas en iguales condiciones de densidad de población.

#### 2.3.5.1. Herencia de la prolificidad en maíz

La asociación de prolificidad de mazorcas en maíz (*Zea mays* L.) con tolerancia a altas densidades de población y estabilidad de rendimientos en varios ambientes ha estimulado el desarrollo de investigaciones sobre herencia y expresión de desarrollo de mazorcas múltiples. Russell y Eberhart (1968b), Buren et al. (1974), y Prior y Russell (1975).

Otros autores como Josephson (1961), Earley et al. (1974) y Hallauer (1974), indican que la prolificidad de

mazorcas parece tener un control poligénico; sujeta a modificación mediante mejoramiento considerándolo como un carácter cuantitativo. Russell y Eberhart (1968b) postulan que una forma de integración de germoplasma prolífico es la selección masal ó la selección recurrente. Smith et al. (1982) estudiando la variabilidad genética y la heredabilidad de características morfológicas y fisiológicas de una población de maíz con hojas verticales, encontraron que mediante selección se redujo la esterilidad de mazorca y se incrementó el rendimiento de grano en altas densidades de población. Lonquist (1967), observó que la selección masal para prolificidad en la variedad de maíz "Hays Golden" fue muy efectiva, pues incrementó el rendimiento 6.28% por ciclo. Moll y Stuber (1971) indican que después de seis ciclos de selección recíproca recurrente en maíces prolíficos, el aumento del rendimiento estuvo acompañado por un aumento en el número de hijos.

Por otro lado, Robinson et al. (1955) y Laible y Dirks (1968), en sus estudios han señalado que la prolificidad se debe a un tipo de acción génica de parcial ó completa dominancia.

Hallauer (1974) concluyó que la prolificidad se ubica en la descripción de un carácter de transición en el cual la herencia es de tipo cuantitativo pero en su expresión es

cualitativa, y señala que el caracter de prolificidad es de naturaleza recesiva.

Duvick (1974), incrementó la prolificidad de mazorca en una línea de maíz no prolífica mediante retrocruzadas y selección realizadas durante tres ciclos con materiales isogénicos de la versión prolífica, y al comparar ambos con el material no prolífico en combinaciones de híbridos bajo tres densidades de población, los "prolíficos" fueron significativamente menos estériles y de mayor rendimiento que los no prolíficos observados en altas densidades, de 74,000 plantas/hectárea. Lo anterior demuestra que las retrocruzadas continuas pueden usarse para transferir prolificidad. Harris et al. (1976), en base al resultado anterior infieren que un número pequeño de genes controlan la manifestación del número de mazorcas en maíz.

Sorrells et al. (1979), en sus estudios de herencia de prolificidad en maíz encontraron correlaciones negativas entre: a) el número de mazorcas y la proporción entre el peso de las mazorcas inferiores respecto al peso de grano de la primera mazorca, b) el tiempo de la emergencia de los ápices inferiores con el período de dispersión del polen, c) la emergencia del primer y segundo ápice de fructificación, y c) la extrusión del primer y segundo jilote, y observaron también que en generaciones segregantes la ma

yor frecuencia de mazorcas inferiores ocurrió en plantas que tenían pocos nudos abajo de la primera mazorca. Estos investigadores, de su análisis genético indican que un simple locus o un grupo de loci ligados son los responsables de la mayoría de la variación para número de mazorcas en generaciones segregantes; también enfatizan que la formación de segundas mazorcas depende en un alto grado de la sincronización del desarrollo entre el primer y segundo ápice de fructificación en el momento de iniciación y extrusión de las flores femeninas, e indican que el número de mazorcas de un genotipo es la manifestación de uno ó muchos procesos fisiológicos complejos (involucrándose - probablemente en ello hormonas vegetales), que están afectando el desarrollo de la mazorca desde el tiempo de iniciación floral hasta varios días después de la polinización.

Harris et al. (1976) estudiaron los efectos de varios tratamientos (eliminación de los primeros jilotes durante el jiloteo, control de la polinización del primer y segundo jilote, e inyecciones de hormonas sobre la mazorca en desarrollo) en cruza simples prolíficas, semi-prolíficas y no prolíficas de maíz. Los factores de prolificidad se examinaron en ciertos híbridos y sus líneas progenitoras en  $F_2$  y en retrocruzas. Las comparaciones dentro y entre cruza simples revelaron que las plantas prolíficas produ-



ieron significativamente más grano que las no prolíficas. La disponibilidad de un solo centro de demanda aparentemente propició un tope para rendimiento en maíces no prolíficos. En base a datos de emergencia de jilote, la aborción de los segundos jilotes en híbridos semi-prolíficos y de terceros jilotes en híbridos prolíficos parece estar condicionado a la falta de sincronización de floración femenina con el jilote principal. Cuando el intervalo de floración femenina fue suficientemente largo, el primer jilote del genotipo semi-prolífico mostró dominancia apical sobre el segundo jilote y a su vez el segundo jilote del genotipo prolífico mostró dominancia sobre el tercer jilote. Las respuestas genotípicas a la eliminación del jilote indicaron que la aborción de los jilotes más bajos comienza a presentar un deterioro irreversible pocos días después de su fertilización satisfactoria. El fuerte potencial prolífico fue aparentemente debido a una condición genética recesiva. La bondad de las pruebas y la respuesta genotípica al control de la polinización no proporcionó evidencias para descartar un modelo postulado de herencia cualitativa en el cual la sincronización de jilotes inferiores es reprimida por una hormona vegetal que se forma en el jilote superior antes y durante la antesis. Las inyecciones de IBA sintético (ácido indolbutírico) causaron aborción de grano de manera significativa y un desarrollo raquítico del olote.

### 2.3.5.2. Reguladores químicos del crecimiento de ápices de fructificación

Bonnet (1954), Bauman (1960), Messiaen (1963), Earley et al. (1974) y Harris et al. (1976), en sus investigaciones indican que el poco desarrollo de los ápices de fructificación inferiores es debido a la dominancia apical que ejerce el ápice de fructificación superior sobre los inferiores. Sin embargo hay diferentes opiniones sobre si la dominancia es nutricional (Earley et al. 1974), u hormonal (Harris et al. 1976).

Earley et al. (1974) usaron varias técnicas para probar los efectos de diferentes auxinas inhibidoras de la traslocación (ácido triiodobenzoico 2,3,5) en el desarrollo de ápices de fructificación. Aunque el crecimiento de algunos ápices de fructificación funcionales fueron afectados adversamente por los tratamientos de auxinas, concluyeron que el ápice de fructificación superior presentó dominancia apical debido a la competencia que se presentó durante el crecimiento para atraer sustancias y nutrientes.

Cherry et al. (1960) efectuaron semanalmente aspersiones foliares de ácido giberélico sobre plantas de maíz desde el inicio de espigamiento hasta madurez, y observaron reducción en el número de mazorcas de los híbridos prolíficos.

Los resultados de eliminar experimentalmente ápices de

fructificación (Harris et al. 1976), y estudios de desarrollo de ápices de fructificación (Farley et al. 1974), indican que el intervalo desde alrededor de una semana antes de que inicie la extrusión de los jilotes hasta cuatro o cinco días después de esta extrusión es un período altamente crítico para el desarrollo de la mazorca.

Abrol y Audus (1973), y Thomson y Leopold (1974), establecieron que el ácido N-1-Naftiltalamico es un potente inhibidor del transporte de auxinas a lo largo de el tallo de la planta de maíz.

Sorrells et al. (1978), en dos experimentos diferentes trataron tres cruces simples prolíficas y tres no prolíficas de maíz con reguladores químicos del crecimiento para determinar su efecto sobre el desarrollo de la mazorca. En el experimento A las sustancias usadas fueron: ácido N-1 Naftiltalamico (NPA), ácido p-clorofenoxisolbutirico (PCIB) y 6-( $\gamma$ - $\gamma$ -dimetilamino) purina ( $i^8$ Ade). Se inyectaron 0.5 ml. de sustancia en el entrenudo situado entre el primero y segundo ápice de mazorca de híbridos no prolíficos y entre el segundo y tercer ápice de mazorca de híbridos prolíficos. La auxina inhibidora de traslocación (NPA) incrementó el rendimiento de los híbridos no prolíficos y aumentó muy poco el peso de grano y el número de mazorcas en todos los híbridos. En tanto que la antiauxina (PCIB) no tuvo efecto aparentemente perceptible, la cito-

quinina ( $i^8\text{Ade}$ ) disminuyó totalmente el rendimiento de los híbridos no prolíficos y el rendimiento de las mazorcas inferiores de todos los híbridos. En el experimento B, los ápices de fructificación superiores fueron extirpados el día de su extrusión y los tratamientos de (IBA) ácido indolbutírico, ácido giberélico ( $\text{GA}_3$ ) y citoquininas ( $i^8\text{Ade}$ ), fueron inyectadas dentro de los restantes entrenudos del segundo y tercer ápice de fructificación. El ácido giberélico y combinaciones de este con  $\text{GA}_3$  redujeron significativamente el número de mazorcas en todos los híbridos.

Anderson (1967) mostró que el balance de ácido indolacético en la espiga y el ácido giberélico en las hojas pueden ser un factor importante en la determinación de la tolerancia a esterilidad en altas densidades de población.

#### 2.3.6. Angulo foliar

Mock y Pearce (1975) citan que el mejoramiento contemporáneo de poblaciones de maíz considera tipos de planta con hojas rígidas y aproximadamente verticales (ángulos de  $75^\circ$  respecto a la posición horizontal); consideran que el uso de estos tipos de planta requieren de altas densidades de población y espaciamiento estrecho de surcos.

Para Loomis y Williams, citados por Mock y Pearce (1975), las hojas del maíz deben estar separadas del tallo

a una distancia mayor de dos veces su máxima anchura, sugiriendo que las plantas con hojas orientadas verticalmente presenten pocas hojas, cortas y angostas, y porte bajo.

González (1976) señala que las hojas erectas presentan la ventaja de disminuir el sombreado tanto entre las hojas de la misma planta como entre plantas vecinas, de manera que permiten aumentar la densidad de población para utilizar más eficientemente la energía solar, lo que a su vez puede incrementar el rendimiento al aumentar el número de mazorcas por unidad de superficie; este autor cita también que en el maíz existen diversos grados de hojas erectas, así el gene mutante recesivo "sin lígula" prácticamente mantiene verticales a las hojas, mientras que las hojas cortas de nervadura firme proporcionan una erectez intermedia (más ó menos un ángulo de  $45^\circ$  entre el tallo y la hoja).

Monsi y Saeki (1953) estudiaron lo que se podría esperar teóricamente con respecto a la utilización de la luz solar por hojas erectas y horizontales y encontraron que las hojas erectas interceptaron un 44% más de luz solar que las horizontales.

Por su parte Wilson (1960) demostró que una hoja erecta recibe luz solar en intensidad adecuada y en una mayor área. Moss y Peaslee (1965) mostraron que con la misma

intensidad de luz las hojas inferiores y más bajas de la planta de maíz, con adecuada nutrición pueden asimilar  $\text{CO}_2$  casi con la misma intensidad que las hojas superiores.

Moss (1964) por su parte, afirma que la fotosíntesis de la hoja de maíz es independiente del lado por el cual la luz penetra. Duncan et al. (1967a), establecen que las plantas de maíz orientadas en un ángulo de  $80^\circ$  respecto a la posición horizontal en regiones templadas pueden ser capaces de utilizar la energía solar con más eficacia.

Pendleton (1958), menciona que el área foliar de una planta de maíz expuesta a la luz es mucho mayor en el caso de hojas erectas, y concluye que este tipo de planta permite una mayor penetración de la luz en el follaje.

Rutger y Crowder (1967) informaron que una variedad de maíz con hojas erectas fue levemente superior al tipo normal en la producción de ensilaje en una alta densidad poblacional.

Semith et al. (1982) citan que la orientación del dosel vegetal fue una característica que generalmente mostró una débil asociación con rendimiento de grano y esterilidad de mazorca.

Por su parte Russell (1972) y Ariyanayagam et al. (1974) concluyeron que el rendimiento de grano de maíz tiende a ser más alto con hojas menos erectas en varios espaciamientos de plantas. Whigham y Woolley (1974) encontraron mayor intercepción de luz con hojas menos erectas, pero poco efecto sobre el rendimiento.

2.3.7. Intervalo corto entre emisión del polen y emergencia del jilote.

Para producir grano la planta de maíz debe desarrollar estigmas viables, los estigmas necesitan ser polinizados con polen vivo y los óvulos deben ser fertilizados; por esto las respuestas de la floración de maíz en altas densidades de población son de primordial importancia.

Kiesselbach y Wolley et al. citados por Mock y Pearce (1975), sugieren que incrementos en la densidad de población alargan el intervalo entre la iniciación de la dispersión del polen y la emergencia de los estigmas.

Stinson y Moss, Ellakany y Russell, Mock y Buren y Buren et al., citados por Mock y Pearce (1975), señalan que los genotipos de maíz clasificados como tolerantes a altas densidades, generalmente poseen un intervalo más corto entre la iniciación de dispersión de polen y la emergencia de los estigmas que los genotipos no tolerantes.

Sorrells et al. (1979) manifiestan que el intervalo de tiempo entre floración masculina y femenina depende de factores genéticos.

Hanway y Russell (1969a), Daynard et al. (1971), Peaslee et al. (1971) y Daynard y Kannenberg (1976), indican que existe una relación positiva entre la longitud del período de emergencia de la espiga hasta madurez del grano y rendimiento de

grano.

Sass y Loeffel (1959) indican que una causa primaria de esterilidad es el alargamiento que hay entre el inicio de la dispersión del polen y la emergencia de los estigmas.

Smith et al. (1982) trabajando con líneas de maíz de hojas erectas en densidades altas y bajas de población, encontraron que las características de floración femenina, intervalo de dispersión de polen a floración femenina y grano/planta estuvieron altamente correlacionadas con rendimiento de grano y esterilidad de mazorca en dos densidades de población (42,300 y 96,800 plantas/ha.), y que el rendimiento de grano para la densidad de población alta estuvo limitado por el intervalo de tiempo entre la extrusión del primer y segundo ápice de fructificación, la falta de coincidencia de polen fértil y estigmas fértiles, la eficiencia con la cual las plantas convirtieron la disponibilidad de fotosintatos dentro del grano (por ejemplo, grano/área foliar y grano/planta) y la esterilidad.

#### 2.3.8. Envejecimiento lento de hojas

Para un "ideotipo" de maíz, la longevidad de las hojas es un carácter importante, porque de su funcionamiento dependerá la producción de materia seca en un período de llegado largo de grano.



Tanaka y Yamaguchi (1972) indican que la senescencia foliar es un proceso gradual que puede comenzar temprano en el ciclo de vida en maíz, de tal forma que la tasa fotosintética puede comenzar a declinar pronto después de haberse completado la expansión de las hojas.

Crosbie y Mock (1980), mediante tres ciclos de selección recurrente para rendimiento practicados en maíz, obtuvieron un incremento en el rendimiento de grano y un alargamiento en el período de llenado de grano y senescencia lenta de planta.

Allison (1969) reporta que la senescencia de hojas en maíz fue más rápida cuando se incrementó la densidad de población.

Eik y Hanway (1966), citan que la senescencia de las hoja en plantas de maíz está influenciada por la disponibilidad de nutrientes; Wilson et al. (1973) lo atribuyen a cambios bruscos en la temperatura, y Claassen y Shaw (1970) a la falta de humedad.

Allison (1969), en investigaciones hechas en Rhodesia sobre senescencia en hojas de maíz, encuentra que ésta ocurre hasta que el grano ha madurado completamente; en contraste, Goldsworthy y Colegrove (1974) reportan que en México y en regiones del centro de Ontario Canada la senescencia foliar empieza poco tiempo después del comienzo de maduración

del grano. Daynard et al. (1969), atribuyen este fenómeno a la poca reserva de asimilados que se tiene al final del período de llenado de grano, en tanto que Tollenaar y Daynard (1978a) a factores del ambiente (temperatura y humedad del suelo) y a diferencias genéticas.

### 2.3.9. Período de llenado de grano

El período de llenado de grano del "ideotipo" de maíz debe ser tan largo como sea posible (lo suficientemente largo para permitir una máxima producción de materia seca). Mock y Pearce (1975).

Para Jhonson y Tanner (1972b) el período desde floración femenina a formación de la capa negra, es decir el estado en que se alcanza la máxima acumulación de materia seca en el grano, está formado de tres diferentes fases de desarrollo del grano: a) período lento de acumulación de materia seca que se inicia con la fertilización de los estigmas y se extiende 15 ó 18 días), b) el período de acumulación lineal de materia seca durante el cual es acumulada en el grano más del 90% de la materia seca y c) período en el cual la tasa de acumulación de materia seca en el grano declina y termina con la formación de la capa negra.

Tollenaar (1977) señala que el rendimiento es la resultante de la tasa y duración de acumulación de materia seca en el grano, y las variaciones en rendimiento puede ser atri

buidas a tasa y/o duración de acumulación de materia seca en el grano.

Daynard y Kannenberg (1976), al probar híbridos de maíz en Ontario (Canada) (región con corta estación agrícola), obtuvieron con cortos períodos de llenado de grano rendimientos altos de grano y altas tasas de acumulación de materia seca.

Allison (1964), al comparar maíz y trigo, consideró que la mayor producción de grano del maíz se debió a un período de llenado de grano más largo (10 semanas) que el trigo (7 semanas).

Daynard et al. (1971) informaron que en maíz el 80% de las diferencias en rendimiento entre tres híbridos se explicaron por variaciones en la duración efectiva del período de llenado de grano.

Gunn y Christiansen (1964) reportan que en híbridos tardíos de maíz fue característico un período de llenado de grano más largo y granos más grandes que sus contrapartes precoces.

Datos presentados por Shaw y Thom, y Peaslee et al., citados por Evans (1975), sugieren que la temperatura tuvo poco efecto sobre la duración del período de llenado de grano en maíz. En contraparte Brooking (1981), atribuye la alteración de la duración del período de llenado de grano

en maíz a descensos en la temperatura.

Hallauer y Russell (1962) encontraron para plantas de maíz un período relativamente constante de 60 días en su período de llenado de grano; para Hanway y Russell (1969b), este período no fue muy estable en sus híbridos.

Eastin, citado por Mock y Pearce (1975), menciona que en maíz durante el llenado de grano, aproximadamente el 90% de los fotosintatos producidos por las hojas colocadas arriba de la mazorca son transportados a la mazorca en desarrollo y a los granos; consecuentemente el llenado de grano que ocurre durante el período de alta intensidad de luz de la estación de crecimiento podría resultar en una utilización más eficiente de la energía solar.

Carter y Poneleit, citados por Mock y Pearce (1975), observaron una variabilidad significativa para duración del período de llenado de grano entre genotipos de maíz, indicando que es factible la selección para ampliación de esta fase; estos datos sirvieron a Mock y Pearce (1975), para sugerir que podría ser posible desarrollar materiales prolíficos con períodos cortos de crecimiento vegetativo (de siembra a floración femenina), y períodos largos de llenado de grano (de floración femenina a madurez fisiológica); tales materiales al sembrarse temprano podrían permitir la coincidencia del período de llenado de grano con el período de máximo poten-

cial de fotosíntesis (máxima incidencia de luz) y por lo tanto un mayor incremento de materia seca.

Daynard et al. (1971), sugirieron que en maíz existe un gran potencial para altos rendimientos de grano a través de una extensión genética del período de llenado de grano; Hilsong Penny (1965) indican que este rango puede ser heredable.

Ottaviano y Camusi (1981) concluyen que la tasa de acumulación de materia seca fue el principal factor limitante del rendimiento en híbridos de maíz, y que la duración del período efectivo de llenado de grano fue el carácter más afectado por la interacción genotipo-ambiente.

Hanway y Russell (1969a), indican que la tasa de acumulación de materia seca en los granos de maíz fué relativamente constante entre los híbridos seleccionados. Sin embargo, estudios hechos por Daynard et al. (1971), Jhonson y Tanner (1972b) y Carter y Poneleit (1973), afirman que existen diferencias genéticas para acumulación de materia seca en el grano.

#### 2.3.10. Tamaño reducido de espiga

Mock y Pearce (1975) citan que varios investigadores han demostrado las ventajas para el rendimiento económico que ocasiona la disminución de la habilidad competitiva de la espiga a través del uso de la esterilidad masculina, del desespigue o del tamaño reducido de espiga.

Leonard y Kiesselbach, Grogan, Duvick, y Schwanke citados por Mock y Pearce (1975), observaron que la eliminación de la espiga resultó en una disminución de plantas jorras e incrementó el rendimiento de grano de las varieades de maíz

que crecieron a altas densidades de población.

Grogan, citado por Mock y Pearce (1975), sugirió que la asociación entre una reducción en el número de plantas jorras con el desespigue se debió primeramente a un decremento en la competencia por fotosintatos entre la mazorca en desarrollo y la espiga.

Muleba, citado por Fischer y Palmer (1980), sugirió que la espiga ejerce una dominancia apical sobre los estigmas del maíz.

Poey et al. (1977) citan que en maíces tropicales la remoción de la inflorescencia masculina realizada antes de que esta emergiera, incrementó el rendimiento de grano en 9.5, 2.10 y 17.9% respectivamente, y que la fluctuación de estos rendimientos de grano fue debida a diferencias en el tamaño y número de granos por planta.

Duvick, citado por Mock y Pearce (1975), observó una reducción significativa en plantas jorras y un incremento en el rendimiento de grano con híbridos de esterilidad masculina en altas densidades de población (superiores a 58,000 plantas/ha) cuando los comparó con su contraparte de fertilidad masculina. En otro estudio Chinwuba et al., citados por Mock y Pearce (1975), observaron que los híbridos de esterilidad masculina sobrepasaron el rendimiento de los híbridos de fertilidad masculina en 41.2% bajo una densidad de población de 67,950 plantas/ha; mientras que en 32,740 plantas/ha. aquellos únicamente aventajaron en 17.5% el rendimiento; estos investigadores concluyeron que la influencia de la es-

terilidad masculina tuvo como resultado disminuir la competencia entre espiga y mazorca. Resultados presentados por Sanford citado por Mock y Pearce (1975) sostienen esta hipótesis demostrando que antes de antesis, espigas de plantas con fertilidad masculina, contenían significativamente más nitrógeno que aquellas de esterilidad masculina, después de antesis dichas diferencias no existieron. Duncan et al. y Hunter et al., citados por Mock y Pearce (1975), sugieren que las respuestas para rendimiento asociadas con el desespigue, resultaron de reducir el sombreado de las capas superiores del dosel vegetal.

Mock y Buren (1972), en un arreglo dialéctico de cruza simples entre seis líneas de maíz sembradas a 98,000 plantas/ha. observaron que el peso seco reducido de espiga en época de polinización incrementó los rendimientos de grano y redujo la incidencia de plantas "jorras". Espiga pequeña debió reducir tanto la habilidad competitiva como el sombreado de la capa superior del dosel, y por esta razón consideran el tamaño de espiga como un carácter importante para el "ideotipo" de maíz.

González (1976) cita que el tamaño de espiga es una variante que se está manejando para conformar un ideotipo de maíz, buscando fijar fenotipos con espiga relativamente pequeña y poco ramificada, de manera que se reduzca el sombreado que ejercen sobre las hojas superiores, (ya que según Tana

ka y Yamaguchi, (1972), tales hojas son las que más aportan productos elaborados a las mazorcas), y también pensando que de esa manera se disminuye la dominancia que ejerce la espiga sobre los órganos femeninos desde la iniciación floral hasta la floración (dominancia que se traduce en menor número y menor tamaño de mazorca).

Duncan et al. (1967b) confirmaron que una gran proporción de la respuesta al rendimiento debido a desespigamiento resultó de la eliminación de la intercepción de luz por la espiga.

Lambert y Jhonson (1978) citan que la remoción de espigas incrementó el rendimiento de grano de híbridos con hojas orientadas horizontalmente, no sucediendo lo mismo con híbridos de hojas liguladas. El ángulo foliar y la morfología de la hoja fueron dos caracteres que estuvieron asociados con el incremento del rendimiento de grano de los híbridos ligulados bajo altas densidades de población y espaciamientos estrechos de surcos. Estos datos sostienen el concepto de que tamaño de espiga y orientación vertical de las hojas son caracteres de suma importancia en la selección de "ideotipos" de maíz.

Katta y Castro (1970), sugieren que maíces enanos con hojas erectas y espigas de tamaño pequeño permiten una mayor penetración de luz en las hojas.



Mock y Schuetz (1974) al estudiar la herencia del número de ramas de la espiga de maíz encontraron que: a) es un carácter cuantitativo controlado por un mínimo de ocho pares de genes, b) que el mayor número de ramas en la espiga domina sobre el menor, c) que la acción génica dominante debe ser evaluada cuidadosamente en estudios futuros, y por último, d) indican que es posible la selección para el número de ramas de la espiga.

### 2.3.11. Máxima eficiencia fotosintética

Generalmente plantas con altas tasas fotosintéticas son capaces de producir grandes cantidades de materia seca. Consecuentemente el "ideotipo" de maíz debe tener inherente un alto potencial de utilización de la energía solar para producir suficiente materia seca. Mock y Pearce (1975).

Moss et al., citado por Mock y Pearce (1975), afirman que los cultivos de maíz son capaces de incrementar su tasa fotosintética con aumentos en la intensidad de luz, por lo que durante el período de máxima intensidad de luz, las plantas de maíz pudieran estar fotosintetizando a su tasa máxima.

Akiyama y Takeda (1975), estudiando el efecto de la tasa fotosintética sobre la producción de materia seca en maíz, encontraron que la tasa fotosintética de la hoja varío entre cultivares; algunos observaron una alta capacidad fotosintética a alta intensidad de luz, mientras que otros fueron saturados a baja intensidad de luz. La tasa máxima de fotosín

tesis generalmente creció con el incremento en la edad de la hoja y el índice de área foliar. Bajo estas condiciones, los cultivares que respondieron satisfactoriamente a baja intensidad de luz, tuvieron los más altos rendimientos de materia seca. Los resultados sugieren que la capacidad fotosintética a baja intensidad de luz juega un papel importante en la producción de materia seca.

Murata (1975) señala que las condiciones de luz y temperatura durante el desarrollo foliar pueden influir profundamente la capacidad fotosintética de las hojas; el maíz cuando crece en regiones de altas temperaturas y fuerte intensidad de luz incrementa su tasa fotosintética. La declinación de la tasa fotosintética foliar durante la última parte de la estación de crecimiento puede ser atribuida a una declinación en la temperatura e irradiación solar, y a la edad de las hojas, lo cual ha sido asociado con una declinación en el contenido de nitrógeno de las hojas.

#### 2.3.11.1. Fuente y Demanda

Goldsworthy y Colegrove (1974), teniendo la inquietud por determinar si la capacidad de grano o abastecimiento fotosintético en postantesis son las limitaciones para obtener mayores rendimientos de grano, realizaron investigaciones al respecto y concluyeron que la demanda fue la limitante. Otros investigadores como Giffort et al (1975), afirma que ni la fuente ni la demanda presentaron una limitante

dominante para rendimiento de grano.

Yamaguchi (1974) y Goldsworthy et al. (1974), concluyeron que la capacidad de la demanda es la limitante predominante para rendimiento de grano de maíz en México.

Para Evans (1976) la capacidad de almacenamiento del grano puede limitar el rendimiento, tanto como la capacidad de la planta para suministrar los fotosintatos durante la etapa de llenado de grano. Por otro lado este investigador cita que en términos de fuente-demanda el tamaño potencial del grano y/o el sitio de demanda están determinados por el suministro de fotosintatos en las etapas iniciales de crecimiento de la planta; y que las etapas vegetativas y reproductivas y de llenado de grano deben encontrarse en balance para lograr rendimientos altos y estables.

Para Tollenaar (1977) las dos mayores componentes de la demanda en maíz son el número de mazorcas por planta y número de granos por planta, y cita que factores genéticos y ambientales determinan la tasa y duración de la iniciación floral, y de estas depende el número potencial de semillas. Muchos autores reportan solo el número de granos final y no es conocido si factores ambientales afectan el número de semillas inicial ó el número de grano que no llegó a madurar completamente.

Sass y Loeffel (1959), y Nishikawa y Kudo (1973), señalan que el número de mazorcas potenciales en plantas de maíz y el número de florecillas por mazorca, son de mayor magnitud al inicio de la floración femenina que después de ella, por lo que durante el período de llenado de grano se reduce el número potencial de mazorcas y el número de granos por mazorca. Por otro lado, Earley et al. (1967) y Prine (1971) citan que la aborción de mazorcas parece ocurrir predominantemente un poco antes y durante el período de emergencia de los estigmas.

Tollenaar y Daynard (1978b) indican que el cesamiento de acumulación de materia seca en los granos de maíz ocurre al comienzo del período lineal de acumulación de materia seca, pero no lograron determinar cual fue la causa.

Tollenaar (1977) menciona que un aumento en la fotosíntesis total de la planta creada por un incremento en la tasa de fotosíntesis por unidad de área foliar o por la alteración de la arquitectura del dosel vegetal, puede conducir a la continuación del crecimiento de más granos por planta durante el período de floración y así a un mayor tamaño de la demanda, dando con ello un período de llenado de grano más largo, y que la capacidad de la demanda pueda ser incrementada aumentando la capacidad de demanda de las semillas individuales.

### 2.3.11.2. Índice de área foliar

Cuando la fuente es identificada como el factor limitante para rendimiento de grano, el rendimiento puede ser mejorado aumentando el índice de área foliar (IAF), mediante la extensión de la duración del área foliar después de floración e incrementando la Tasa de asimilación neta. Una manera de incrementar el IAF es aumentando el área foliar por planta y/o la densidad de población, (Tollenaar 1979).

Para Hunter (1977), con altas densidades de población se incrementa el IAF y a su vez el suministro de asimilados hacia la demanda.

Loomis y Williams (1969) mostraron que un maíz con hojas erectas puede tener mayor tasa de crecimiento del cultivo que maíces con hojas orientadas horizontalmente, cuando el IAF sea mayor que tres. Winter y Ohlrogge (1973) encontraron una pequeña ventaja en el rendimiento de maíz con hojas más erectas con un alto IAF.

Vietor y Musgrave (1975), observaron una declinación en la tasa de crecimiento del cultivo en la última parte del período de llenado de grano, que atribuyen a una declinación en la tasa de crecimiento del cultivo en dicha fase, a una declinación en la tasa fotosintética foliar y al IAF.

Tollenaar y Daynard (1978a), citan que por selección de

genotipos que altas tasas de producción de área foliar se pueden obtener mayores IAF.

### 2.3.11.3. Suministro de Fotosintatos

El tamaño de la demanda es el principal factor limitante en maíz que crece en regiones de ciclo agrícola largo. Pri-ne, Yamaguchi, Allison et al. y Hunter et al, citados por Hunter (1980). En contraste en áreas de estación agrícola corta existe una limitación en la fuente ó suministro de Fotosintatos especialmente durante la etapa crítica que corresponde a pre-floración femenina y parte de la etapa de llenado de grano. Hunter (1980).

Tollenaar y Daynard (1978c), por medio de reflectores de luz y sombreamiento establecidos durante el período que corresponde a pre-floración femenina y parte de la etapa del período de llenado de grano, manipularon los factores fuente y demanda, encontrando alteraciones en el suministro de fotosintatos durante el período de llenado de grano, indicando que existió una limitación predominante en la fuente para el rendimiento de grano.

El suministro de fotosintatos que proporcionan las hojas situadas arriba de la mazorca principal es más rápido y congtituye los mayores suministros de substratos para el grano; todo lo cual es debido a la alta intensidad de luz que recibe la parte superior del dosel vegetal Evans (1976).

Duncan et al. (1967a), sugieren que un cambio en la orientación de las hojas incrementaría la eficiencia de la intercepción de luz y por lo tanto el suministro de fotosintatos.

Hunter (1980) encontró que el incremento en el rendimiento de un híbrido de maíz fue resultado de un aumento en el suministro de fotosintatos debido a la gran cantidad de área foliar por planta.

Hanway (1962) indica que la competencia por fotosintatos ocurre principalmente entre olote, espiga, tallo y raíces durante el período de floración.

Las líneas de maíz mantienen una alta proporción de carbohidratos solubles en sus tallos que hacen más productivos a los híbridos, Jhonson y Tanner (1972a).

Campbell y Hume (1970) afirman que más del 40% del peso total del tallo es sacarosa no transportada al grano.

Tollenaar (1977) cita que el abastecimiento de fotosintatos a la(s) mazorca(s) depende de la tasa de crecimiento del cultivo, la disponibilidad de reservas de fotosintatos en otras partes de la planta, la existencia de otras demandas compitiendo por el sitio de fotosíntesis, la vía de traslocación a las mazorcas y el tamaño de la demanda de la mazorca.

Otras maneras de incrementar el suministro de fotosintatos en maíz es la selección de genotipos con altas tasas de fotosíntesis por unidad de área foliar Mock y Pearce (1975).

#### 2.3.12. Traslocación eficiente de fotosintatos a grano

Las limitaciones para el rendimiento de grano en cereales, a menudo se ha considerado en términos de la importancia relativa de la fuente (organos fotosintéticos) y la demanda (crecimiento de grano), con poca o ninguna consideración del sistema de transporte de fotosintatos de la fuente a la demanda. Sin embargo, la capacidad de este sistema puede limitar el crecimiento del grano y es posible que ocurran cambios en el transporte y distribución de fotosintatos, pues estos han sido una componente mayor en la evolución de los cereales Evans (1976).

Simmonds, citado por Mock y Pearce (1975), afirma que en los cereales un factor limitante del rendimiento puede ser el transporte ineficiente de los fotosintatos hacia los organos de almacenamiento (granos). Posteriormente sugirió mejorar esta situación mediante la conducción de más fotosintatos al grano a través de un reducido follaje y porte bajo de planta. De ahí que, una eficiente acumulación de materia seca en el grano pudiera ser considerada como un rango importante para el "ideotipo" de maíz.



Daynard et al. (1969), Adeiana y Milbourn (1972), y Hume y Campbell (1972), estudiando la contribución de carbohidratos solubles en la producción de granos, encontraron que en varias poblaciones de maíz ocurría una reducción significativa en el peso del tallo durante la última mitad del período de madurez del grano. Esta disminución fue debida al transporte de carbohidratos solubles a la mazorca, que antes estaban acumulados temporalmente en el tallo. Esto ocurrió debido a la ineficiencia de la fuente para satisfacer las demandas de carbohidratos de la mazorca en desarrollo.

Para Wall y Mortimore (1965) el grado de traslocación puede ser acelerado por pérdidas prematuras de hojas.

Evans (1975), cita que tanto en maíz como en arroz, la velocidad de traslocación se acelera conforme se incrementa la intensidad luminosa.

Fakorede y Mock (1978), concluyen que el aumento en la eficiencia de la traslocación y la duración del transporte de fotosintatos al grano fueron los responsables del incremento de grano en una selección recurrente en maíz.

Eastin, Tripathy, et al., Palmer et al. y Fairly, citados por Tollenaar (1977), sugirieron que las hojas situadas arriba de la mazorca principal influyen grandemente la tasa y dirección de traslocación, y que son las que exportan el mayor número de fotosintatos a la mazorca durante el

período de postantesis, mientras que las hojas más bajas exportan relativamente menos a la mazorca y más a los entrenudos más bajos y a las raíces.

Eastin (1970) encontró una rápida traslocación de  $^{14}\text{C}$  a la mazorca en postantesis, por lo que sugiere que la tasa de traslocación no es limitante.

### 2.3.13. Sugerencias para el mejoramiento genético del "ideotipo" de maíz

Mock y Pearce (1975) proponen que varios caracteres morfológicos y fisiológicos pueden ser combinados en un tipo de planta mediante el mejoramiento genético. Para ello es necesario estimar la variabilidad genética, las correlaciones genéticas y la heredabilidad de estos caracteres.

Sugieren que posiblemente el aprovechamiento más benéfico para el mejoramiento de "ideotipos" de maíz pudiera involucrar la construcción de poblaciones que contengan varios caracteres de planta y la selección de tipos de planta deseables dentro de esa población. Para asegurar la máxima capacidad de rendimiento de ideotipos generados, los progenitores de la población debieran tener una habilidad inherente para producir grano eficientemente. En consecuencia, la mayoría de germoplasma en cada población debiera ser élite, por ejemplo esta pudiera haber sido previamente seleccionada para rendimiento y calidad agronómica.

Indican también que la selección de ideotipos de maíz pudiera ser realizada únicamente dentro de las progenies que son agrónomicamente aceptables, presentando buena calidad de tallo, resistencia a plagas y enfermedades, aceptable calidad de grano, buen vigor de plántula, etc. El desarrollo de un tipo de planta o un "ideotipo", como el que se ha sugerido, lleva la connotación de reducida variabilidad genética dentro del cultivo; para esquivar esta situación se pudieran producir varias élites de diversas poblaciones, cada una conteniendo los caracteres de planta deseables, pero cada uno con diferente contenido genético y citoplásmico.

## MATERIALES Y METODOS

### 3.1. Características climáticas de la localidad e instalación del experimento.

El experimento se estableció en terrenos del Campo Agrícola Experimental Valle de México (CAEVAMEX) del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central (CIAMEC), dependientes del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). El CAEVAMEX se localiza en Chapingo, Méx., a una Latitud Norte de  $19^{\circ}29'$ , Longitud oeste de  $98^{\circ}53'$  y a una altitud de 2,249 metros sobre el nivel del mar. Según García (1973) el clima es templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con lluvias de verano fresco y largo con poca oscilación término a lo largo del año. El fotoperíodo avanza de la primavera hacia el verano y decrece en el otoño. En este lugar empieza a llover entre abril y junio; la distribución de las lluvias es irregular, teniéndose un promedio de precipitación anual de 644.8 mm. El período de sequía intraestival se presenta a fines de julio y principios de agosto.

### 3.2. Preparación del terreno.

La preparación del terreno se hizo en la forma acostumbrada por el campo experimental mediante un barbecho, un paso de rastra y nivelación. Se surcó a 0.92 m de distancia entre surcos. La fertilización se realizó en dos oportunida

des; una al momento de la siembra con la fórmula 80-40-00 y con las fuentes de nitrato de amonio (268 kg/ha) y superfosfato de calcio triple (184 kg/ha), para nitrógeno y fósforo respectivamente. En la segunda labor se completó la fertilización con la fórmula 70-00-00, con nitrato de amonio (234.5 kg/ha).

### 3.3. Siembra.

Se sembró el 22 de abril de 1981 depositando tres semillas por mata con una separación de 0.50 m para posteriormente aclarar a dos plantas por mata y lograr una densidad de 46,800 plantas /ha.

### 3.4. Variedades.

Las 19 cruzas simples "prolíficas" evaluadas en esta investigación se integraron a partir de las líneas derivadas de la fuente de planta precoz (SPP), super enano prolífico (SEP) con líneas de los híbridos H-28, H-30, H-32, H-127, H-129 y H-133. Los testigos fueron los híbridos de maíz de Valles Altos H-30, H-131 y H-137E. La genealogía de éstos materiales se puede apreciar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Genealogía de las Cruzas Simples de Maíz Evaluadas en esta investigación

No. de híbrido	Genealogía
1	(Urquiza 54-4-1 x SPP x SEP-12)-2 x (Méx.37-5-3-1-1 x SPP x SEP-12)-3
2	(Méx.37-5-3-1-1 x SPP x SEP-12)-3 x (Méx.37-5-3-1-1 x SEP x SEP-12)-17
3	(Hgo.55-9 x SPP x SEP-12)-5 x (Hgo.4-5-4-2-1R <sub>14</sub> x SPP x SEP-12)-7
4	(Hgo.55-9 x SPP x SEP-12)-19 x (Mich.21 Comp.1-27-2 x SPP x SEP-12)-5
5	(Hgo.55-9 x SPP x SEP-12)-21 x (Hgo.4-5-4-2-1R <sub>14</sub> x SPP x SEP-12)-5
6	(CH-II-148-2-2-1R <sub>2</sub> B x SPP x SEP-12)-2 x (Hgo.55-9 x SPP x SEP-12)-20
7	(CH-II-148-2-2-1R <sub>2</sub> B x SPP x SEP-12)-3 x (Hgo.55-9 x SPP x SEP-12)-7
8	(CH-II-148-2-2-1R <sub>2</sub> B x SPP x SEP-12)-5 x (Hgo.55-9 x SPP x SEP-12)-5
9	( " " " " )-5 x ( " " " " )-20
10	(CH-II-148-2-2-1R <sub>2</sub> B x SPP x SEP-12)-1 x (Mich.21 Comp.1-27-2 x SPP x SEP-12)-5

No. de híbrido	Genealogía
11	(Sel. bra bra Comp.de Colec.temporal V.A. con caractéres mutantes)-3 (Mich.21-183 x Mich. 21 Comp.0p <sub>2</sub> ) -1F <sup>x</sup>
12	(CH-II-148-2-2-1R <sub>2</sub> B x SPP x SEP-12)-28 (Hgo.55-9 x SPP x SEP-12)-5 <sup>x</sup>
13	(Hgo.4-5-4-2-1R <sub>14</sub> x SPP x SEP-12)-11 (Hgo.55-9 x SPP x SEP-12)-20 <sup>x</sup>
14	(Hgo.3516-72 x SPP x SEP-12)-4 (Hgo.4-5-4-2-1R <sub>14</sub> x SPP x SEP-12)-10 <sup>x</sup>
15	(Mich.21 Comp.1-27-2 x SPP x SEP-12)-5 (Hgo. 55-9 x SPP x SEP-12)-19 <sup>x</sup>
16	(SPP x S. Enano F <sub>2</sub> -3-5 x SPP x SEP-12-58-3F-2) <sup>x</sup> (SPP x SEP-12-4)-1
17	(C.V.-368-40 x SPP x SEP-12)-10 (Mich. 21 Comp.1-27-2 x SPP x SEP-12)-8 <sup>x</sup>
18	(SPP x S. Enano) F <sub>3</sub> -1F <sup>x</sup> (SPP x S. Enano) F <sub>2</sub> -10-5F
19	(C.V.-368-40 x SPP x SEP-12)-3-1F <sup>x</sup> (Mich. 21 Comp.1-27-2 x SPP x SEP-12)-16
20	(Mich. 21-183) x (Mich. 21-181-14-1) <sup>x</sup> H - 30 (Mich. 21-88-3-3 x (Cr. 439)

No. de Hibrido	Genealogía		
21	(Hgo.55-253)	x (CH-II-148-2-2-1)	H-131
	(Hgo.55-477)	x (Hgo.4-5-4-2-1)	
22	(Mich.21 Comp.1-27-2)	x (Mich. 21 Comp. 1-7-2)	H-137E
	(CH-II-148-2-2-1R <sub>3</sub> B)	x (Hgo. 4-5-4-2-1R-4)	

### 3.5. Diseño experimental y Tamaño de parcela.

Se empleó el diseño de bloques al azar. La parcela experimental constó de dos surcos con una superficie de  $5.06m^2$ , cuyas dimensiones fueron 5.50 metros de largo por 0.92 m de ancho.

### 3.6. Riegos.

Solo se dieron dos riegos debido a que en 1981 la precipitación pluvial fue abundante (766 mm)\*. Un riego de asiento se dió el 24 de abril y uno de auxilio el 8 de mayo.

### 3.7. Escardas.

Se realizaron dos labores de cultivo, la primera fue el 23 de mayo y la segunda el 8 de julio, haciendo la segunda aplicación de fertilizante en la última labor.

\* Dato tomado de la estación meteorológica de Chapingo, Méx.



### 3.8. Control de malezas.

El 11 de mayo se aplicó al cultivo en forma preemergente la mezcla de los herbicidas Hierbamina y Gesaprim 50, a razón de 1 lt/ha y un kg/ha, respectivamente (17 días después del primer riego). Posteriormente se siguió con el control de la hierba a machete el 30 de julio, y una segunda aplicación de herbicida el 18 de agosto con la misma mezcla en iguales proporciones.

### 3.9. Plagas y enfermedades que se presentaron y su control.

En la etapa de crecimiento vegetativo de la planta se detectó infestación de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda, S.E. Smith) la cual se combatió con Sevín granulado al 5 por ciento.

En la etapa de llenado de grano se presentaron daños en los elotes causados por el gusano elotero (Heliothis sp.), así como algunas infestaciones de cuitlacoche o carbón (Ustilago maydis Cda.) para ambas enfermedades no se aplicaron productos químicos por ser mínimo el daño causado.

### 3.10. Toma de datos.

#### 3.10.1. Número de plantas por parcela (NUMPL)

Se determinó el número de plantas madres después de floración femenina.

### 3.10.2. Días a floración masculina (FLOMA)

Se consideró cuando más del 50% de las plantas de una parcela presentaron la espiga y en la mitad de la espiga las anteras estuvieron soltando polen.

### 3.10.3. Días a floración femenina (FLOFE)

Se determinó cuando más del 50% de las plantas de una parcela presentaron estigmas fuera de los bracteos con longitud de un centímetro aproximadamente.

### 3.10.4. Altura de planta (ALTPL)

Obtenida en centímetros desde la base o cuello de la planta hasta la lígula de la hoja bardera.

### 3.10.5. Altura de mazorca (ALTMZ)

Se estimó en base a una muestra de cinco plantas de cada parcela, considerándose como altura de mazorca la distancia en centímetros comprendida desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca principal.

### 3.10.6. Tipo de hojas (TIPHO)

Dato tomado en forma visual en cuanto a la orientación foliar; o sea el ángulo que forma la hoja con respecto al tallo.

### 3.10.7. Calificación de sanidad de planta (CALPL).

Se realizó 15 días antes de la cosecha y se utilizó la escala de 1 a 3 para determinar la sanidad de la planta. El número 1 correspondió a parcelas con aspecto de planta muy sano; el 2 para parcela donde hubo un término medio en cuanto a aspecto de sanidad con distribución muy variable dentro de la misma parcela, y el 3 para parcelas con plantas muy enfermas.

### 3.10.8. Número de plantas cuatas (NUMPLCU)

Número de plantas con dos o más mazorcas por planta sin incluir las mazorcas de los hijos.

### 3.10.9. Calificación de sanidad de mazorca (CALMZ)

Se utilizó la escala de 1 a 3 para determinar la sanidad de la mazorca y se realizó inmediatamente después de la cosecha. El número 1 fue para aspecto de mazorca muy sano, el 2 se usó donde hubo un término medio en cuanto a aspecto y sanidad de mazorca, y el número 3 para un aspecto de sanidad muy deficiente.

### 3.10.10. Rendimiento económico (RE)

Se obtuvo mediante el peso en kilogramos de todas las mazorcas cosechadas en la parcela al momento en que la planta mostró seco todo su follaje y totomoztle.

### 3.10.11. Número de mazorcas (NUMMZ)

Número total de mazorcas obtenidas por parcela experimental.

### 3.10.12. Porcentaje de humedad

Se consideraron cinco mazorcas al azar en cada parcela, de cada una de estas se desgranaron dos hileras y del grano obtenido se tomó una muestra de 100 gramos. Esta muestra se hizo pasar a través de una máquina detectora de humedad "Steinlite", que determinó el porcentaje de humedad correspondiente.

### 3.11. Análisis estadístico.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis estadístico para las variables: ALTPL, ALTMZ, FLOMA, FLOPE, NUMPLCU y RE con las cuales se efectuaron análisis de varianza y en los casos en que se rechazó la hipótesis de igualdad de medias de tratamiento se procedió a la prueba de comparación de medias.

#### 3.11.1. Comparación de medias.

Se ordenaron las medias de tratamiento en orden decreciente y enseguida se separaron las medias que fueron estadísticamente diferentes, mediante la prueba de rango múltiple de Duncan.

### 3.11.2. Medias para número de plantas/parcela y número de mazorcas/parcela.

Se obtuvieron haciendo un promedio de las tres repeticiones en cada híbrido (Para el caso de número de plantas solo se contaron plantas madres sin incluir hijos, pues estos genotipos casi no presentaron mazorcas en los hijos).

### 3.11.3. Relación mazorcas/planta/parcela.

Se obtuvo mediante la división del número total de mazorcas por parcela entre el número total de plantas por parcela.

### 3.11.4. Porcentaje de plantas cuatas/parcela.

Se obtuvo haciendo la siguiente operación aritmética.

Número total de plantas por parcela: 100

Número de plantas cuatas por parcela: X

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

## 4.1. Análisis de varianza

Los cuadrados medios de los análisis de varianza para todas las variables se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Valor de los cuadrados medios, nivel de significancia para "F" y coeficientes de variación registrados en los análisis de varianza realizados para cada uno de los caracteres estudiados.

Caracter	Cuadrado medio	Fc	Nivel de sig nificancia	Coefficiente de variación
Rendimiento económico	24869.039	1.34	N.S.	16.75
Días a floración masculina	18.122	8.99	**	1.81
Días a floración femenina	12.110	3.77	**	2.14
Número de plantas cuatas	52.916	5.87	**	47.73
Altura de planta	1178.615	6.70	**	5.69
Altura de mazorca	545.196	3.29	**	10.42

\*\* Significativo estadísticamente al 0.01 de probabilidad.

N.S. No significativo estadísticamente.

En este cuadro se puede apreciar que sus valores de "F" calculada son altamente significativos excepto para la variable Rendimiento económico, lo cual indica que estadísticamente no hay diferencias para esta característica entre

los híbridos probados. Los coeficientes de variación son aceptables para todas las variables a excepción de Número de plantas cuatas, el cual resultó alto en relación a los demás coeficientes de variación; esto se puede explicar en términos de que los híbridos "prolíficos" presentaron variación fuerte en la manifestación del carácter prolificidad, esto concuerda con lo expresado por Hallauer (1974), el cual considera a la prolificidad como un carácter de transición, en el que la herencia es de tipo cuantitativo pero su expresión es cualitativa y de naturaleza recesiva. Al respecto, Sorrells et al. (1979), indican en su análisis genético para estudios de herencia de prolificidad en maíz que, un simple locus ó un grupo de loci ligados son los responsables de la mayoría de la variación para número de mazorcas en generaciones segregantes - - - - - también enfatizan que la formación de segundas mazorcas depende en un alto grado de la sincronización del desarrollo entre el primero y segundo ápice de mazorca en el momento de iniciación y extrusión de las flores femeninas, e indican además que el número de mazorcas de un genotipo es la manifestación de uno ó muchos procesos fisiológicos complejos (involucrándose probablemente en ello hormonas vegetales) que están afectando el desarrollo de la mazorca desde el tiempo de iniciación floral hasta varios días después de la polinización.

Por su parte Harris et al. (1976) mencionan que un número pequeño de genes controlan la manifestación del número de mazorcas en maíz.

4.2. Niveles de significancia estadística para Rendimiento de grano (RE) de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan y porciento respecto a testigos H-30, H-131 y H-137E de los híbridos "prolíficos"

Aunque estadísticamente no se encuentran diferencias para la variable RE en los híbridos probados, en el Cuadro 3 se observa que el híbrido "prolífico" No. 8 es el de mayor RE, en seguida se ubica a los híbridos testigos H-137E y H-131. Los híbridos "prolíficos" No. 8, 2, 7, 3 y 9 superan en RE en un porcentaje de 16.34, 7.27, 6.73, 4.96 y 4.0 respectivamente al H-30; sin embargo, solamente el híbrido No. 8 supera en RE al H-131 y H-137E. Harris et al. (1976) indican que cruza simples prolíficas produjeron más rendimiento de grano que las no prolíficas y mencionan que la disponibilidad de un solo centro de demanda de fotosintatos aparentemente propició un tope al rendimiento en maíces no prolíficos y enfatizan que, el potencial prolífico fue debido aparentemente a una condición genética recesiva.

Se encontró también que el RE más bajo de los híbridos "prolíficos" correspondió al híbrido No. 4 y que su RE representa entre un 68 y 61% del RE de los testigos, situación desventajosa pues los híbridos "prolíficos" a diferen



CUADRO 3. Niveles de significancia estadística para Rendimiento de grano de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan y porcentaje respecto a Testigos H-30, H-131 y H-137E de los híbridos "prolíficos", Chapingo, Méx. 1981.

Híbridos	Rendimiento de grano en kg/ha	% de H-30	% de H-131	% de H-137E
8	8636.18 a	116.54	105.48	103.88
H-137E	8312.99 a	111.98	101.54	<u>100.00</u>
H-131	8186.90 a	110.28	<u>100.00</u>	98.48
2	7962.99 a b	107.27	97.26	95.78
7	7923.14 a b	106.73	96.77	95.31
3	7791.98 a b	104.96	95.17	93.73
9	7453.57 a b	100.40	91.04	89.66
H-30	7423.14 a b	<u>100.00</u>	90.67	89.29
5	7420.96 a b	99.97	90.64	89.26
16	7029.66 a b	94.69	85.86	84.56
17	6999.95 a b	94.29	85.50	84.20
10	6958.29 a b	93.73	84.99	83.70
1	6942.71 a b	93.52	84.80	83.51
18	6763.00 a b	91.10	82.60	81.35
19	6682.93 a b	90.02	81.62	80.39
12	6579.67 a b	88.65	80.36	79.14
14	6560.10 a b	88.37	80.12	78.91
6	6548.87 a b	88.22	79.99	78.77
11	6496.70 a b	87.51	79.35	78.15
13	6412.64 a b	86.38	78.32	77.13
15	5994.52 a b	80.75	73.22	72.11
4	5074.60 b	68.36	61.98	61.04

Tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al nivel de 0.05 de probabilidad.

C.V. = 21.37

cia de los testigos, se evaluaron a nivel de cruza simple, razón por la cual se esperaba que superaran en RE a los testigos.

4.3. Niveles de significancia estadística de híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables Días a floración masculina (FLOMA) y femenina (FLOFE), según la prueba de rangos múltiples de Duncan

En el Cuadro 4, se puede apreciar que el rango de FLOMA varía de 105 a 71 días y el de FLOFE de 111 a 78 días. Los testigos son los híbridos más tardíos, particularmente el H-137E y H-131; por lo que era de esperarse que fueran los de mayor RE, pues sus etapas vegetativa, reproductiva y de llenado de grano al ser más largas que la de los "prolíficos", probablemente permitirían que las plantas tuvieran mayor acumulación de fotosintatos y por lo tanto cubrirían satisfactoriamente la demanda que presenta la mazorca. Sin embargo, estadísticamente los híbridos "prolíficos" tuvieron el mismo RE que los testigos, a excepción del híbrido No. 4 que se encuentra en el segundo nivel de significancia para esta variable. Al respecto, Daynard et al. (1971), señalan que en maíz el 80% de las diferencias en rendimiento entre tres híbridos observados en sus estudios, se explicaron por variaciones en la duración efectiva del período de llenado de grano y sugieren que en maíz existe un gran potencial para alto rendimiento de gra-

CUADRO 4. Niveles de significancia estadística de híbridos "prolíficos" y Testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables Días a floración masculina y Femenina según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Híbridos	Días a Floración Masculina	Días a Floración Femenina
8	79 b c	85 b c
H-137	98 a	104 a
H-131	105 a	111 a
-2	80 b	85 b c
7	79 b c	84 b c
3	82 b	87 b
9	80 b	85 b c
H-30	92 a	98 a
5	80 b	86 b
16	78 b c	83 b c
17	79 b c	85 b c
10	78 b c	84 b c
1	76 d	82 c d
18	71 e	80 e d
19	79 b c	85 c
12	79 b c	84 c
14	78 b c	83 c d
6	79 b c	85 c
11	72 e	78 e
13	79 b c	84 c
15	77 b c	82 d c
4	77 b c	82 d c

Tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al nivel de 0.05.

no, lo cual podría lograrse a través de la ampliación del período de llenado de grano.

Por otra parte, Gunn y Christiansen (1964), mencionan que en híbridos tardíos de maíz, fue característico un período de llenado de grano más largo y granos más grandes que sus contrapartes precoces. Hillson y Peny (1965) indican que este rasgo puede ser heredable.

Ahora bien, a excepción de los testigos, todos los híbridos "prolíficos" son de precocidad intermedia, por lo que se puede decir que el carácter precocidad tuvo un efecto significativo sobre los híbridos "prolíficos", pues los resultados muestran que con sus etapas vegetativas, reproductiva y de llenado de grano más cortas que la de los testigos, estos fueron igual de eficientes en la producción de materia seca que los testigos (pues no se detectaron diferencias estadísticas para la variable RE entre los híbridos probados).

#### 4.4. Diferencias entre medias de 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables Altura de planta (ALTPL) y Altura de mazorca (ALTMZ), según la prueba de rangos múltiples de Duncan

En el Cuadro 5, se puede observar que el rango de ALTPL varía de 2.67 a 1.95 m y el de ALTMZ de 1.52 a 1.00 m. Los híbridos "prolíficos" No. 3, 5, 6, 7 y 8 y los testigos se ubican dentro del primer nivel de significancia

para ambas variables. Observando la media de ALTPL y ALTMTZ de todos los híbridos probados; ésta es inferior a la de los híbridos que se encuentran en el primer nivel de significancia para estas variables, lo que nos indica que la mayoría de los híbridos "prolíficos" presentó un porte de planta intermedio y esto es debido a la influencia del carácter braquitismo. Ahora bien, los "prolíficos" que son inferiores a esas medias, son también los híbridos que presentaron prácticamente inferioridad en RE respecto a los testigos (híbridos No. 1, 4, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19), de lo cual se podría inferir que el carácter braquitismo reduce significativamente tanto la ALTPL como el RE. Al respecto, Castro (1973), señala que el carácter braquitismo ha reducido el porte de las plantas en maíz pero no ha logrado incrementar substancialmente su rendimiento de grano. Leng (1957), menciona que los híbridos enanos de maíz tuvieron un rendimiento menor que el de los híbridos de porte normal, sin embargo, Campbell (1965) indica que cruza dobles de híbridos enanos rindieron igual que los mejores híbridos normales.

Aún cuando la mayoría de los "prolíficos" presentaron menor ALTPL, ALTMTZ y menor FLOMA y FLOFE que los testigos, estadísticamente su RE es igual al de éstos, lo cual da evidencia de que probablemente su eficiencia-fotosintética fue más alta. Al respecto, Mock y Pearce (1975), citan

CUADRO 5. Diferencias entre medias de 19 híbridos "prolíficos" y Testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables altura de planta y altura de mazorca según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Híbridos	Altura de Planta	Altura de Mazorca
8	2.62 a b	1.40 a b
H-137E	2.50 a b	1.30 a b
H-131	2.67 a	1.52 a
2	2.25 c d	1.10 d e
7	2.60 a b	1.42 a b
3	2.62 a b	1.40 a b
9	2.35 b c	1.25 a b
H-30	2.52 a b	1.37 a b
5	2.67 a	1.50 a
16	2.02 f g	1.00 f
17	2.20 d e	1.12 c d
10	2.22 c d	1.17 b c
1	2.17 e f	1.22 a b
18	1.95 g	1.02 f
19	2.17 e f	1.07 e f
12	2.40 a b	1.30 a b
14	2.17 e f	1.12 c d
6	2.65 a b	1.47 a b
11	2.12 e f	1.10 d e
13	2.27 c d	1.17 b c
15	2.02 f g	1.07 e f
4	1.97 f g	1.02 f

Tratamientos con la misma letra son iguales significativamente de acuerdo a la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al nivel de 0.05.

$\bar{X}$  Altura de Planta: 2.32

$\bar{X}$  Altura de Mazorca: 1.23

que generalmente plantas con altas tasas fotosintéticas son capaces de producir grandes cantidades de materia seca.

Ahora bien, los híbridos que tuvieron menor ALTPL y ALTMZ, podrían sembrarse en densidades de población más altas y se podría conseguir mayor RE, pues se incrementaría el número de mazorcas por unidad de superficie y de esta manera también aumentaría el índice de área foliar (IAF) que permitiría mayor intercepción de energía luminosa, lo que se traduciría en una formación de fotosintatos mayor; así lo manifiestan Mock y Pearce (1975), al citar que la densidad de población y los surcos estrechos son factores que influyen en la máxima utilización de radiación solar e indican que los genotipos prolíficos son menos susceptibles a producir plantas jorras cuando se siembran en altas densidades de población. Por su parte Hunter (1977), señala que con altas densidades de población se incrementa el IAF y a su vez el suministro de asimilados hacia la demanda. Zuber y Grogan y Collie et al., citados por Mock y Pearce (1975), menciona que los híbridos de maíz prolíficos tuvieron respuestas más estables al rendimiento, al cambiar la densidad de siembra y en investigaciones posteriores indicaron que la presencia de una segunda posición para producción de grano en la planta, permitió maximizar la utilización de fotosintatos disponibles.

4.5. Medias de 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E) para la variable Número de plantas/parcela (NUMPL) y Número de mazorcas/parcela (NUMMZ).

En el Cuadro 6, se puede observar que el rango de NUMPL por parcela varía de 37.0 a 39.6 y el de NUMMZ por parcela oscila entre 40.3 y 54.0. El menor NUMPL por parcela correspondió a los híbridos No. 1, 4, 14, 15, 16, 17 y 19. En tanto que el mayor NUMPL por parcela correspondió a los testigos H-137E y H-30 y a los "prolíficos" No. 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10 y 11.

El mayor NUMMZ por parcela lo tuvieron los híbridos No. 3, 5, 7, 8, 10, 13, 14, 15 y 16, estos resultados dan evidencia de que la modificación de la estructura de plantas de maíz al incorporarse a ellas el carácter prolicidad de mazorca fue trascendente, lo cual permitió comprobar los objetivos e hipótesis planteadas. Al respecto González (1976); considera la prolicidad como la capacidad de producir más de una mazorca por planta y que ésta puede elevar el número de mazorcas y el rendimiento, lo cual puede lograrse con el ahijamiento ó con el cuateo, y aunque en ambos casos se trata de características poco heredables y muy influenciadas por el ambiente es posible obtener genotipos que las manifiesten.

El menor NUMMZ por parcela correspondió a los testigos y a los "prolíficos" No. 4, 11, 12, 15 y 19, el hecho de que estos "prolíficos" presenten un bajo NUMMZ por parcela,



CUADRO 6. Medias de 19 Híbridos "prolíficos" y 3 Testigos (H-30, H-131 y H-137E) para las variables Número de Plantas y Número de Mazorcas por parcela.

Híbridos	Número de Plantas/Parcela	Número de Mazorcas/Parcela
1	37.0	44.6
2	38.3	44.3
3	38.6	49.0
4	37.6	41.0
5	38.6	48.6
6	39.0	47.0
7	38.0	48.0
8	39.0	54.0
9	39.6	47.3
10	39.3	50.0
11	39.0	43.0
12	38.0	40.3
13	38.0	48.0
14	37.6	52.0
15	37.0	43.0
16	36.3	49.3
17	36.6	48.6
18	38.0	47.6
19	37.0	40.3
H-30	39.3	38.3
H-131	38.0	43.3
H-137E	39.6	39.3

$\bar{X}$  de número de plantas: 38.2

$\bar{X}$  de número de mazorcas: 45.8

podría atribuirse probablemente a que la fijación del caracter prolificidad de mazorca sea muy inconsistente en plantas de maíz, al respecto Laible y Dirks (1968), citan que la prolificidad se debe a un tipo de acción génica de parcial ó completa dominancia; Josephson (1961) y Earley et al. (1974), indican que la prolificidad de mazorca parece tener un control poligénico sujeto a modificación a través del mejoramiento genético esto es, lo consideran como un caracter cuantitativo.

Asimismo se observa que la media de NUMMZ por parcela para todos los híbridos "prolíficos" es superior a la media de los híbridos testigo. En base a ésto, se puede concluir que la incorporación del caracter prolificidad a las cruza simples evaluadas si tuvo un efecto positivo.

#### 4.6. Relación mazorca/planta/parcela y por ciento de plantas cuatas/parcela para 19 híbridos "prolíficos" y 3 testigos (H-30, H-131 y H-137E)

En el Cuadro 7, se aprecia que la mayor relación mazorcas/planta/parcela correspondió a los "prolíficos" No. 3, 5, 7, 8, 10, 13, 14, 16, 17 y 18. De estos híbridos el No. 3, 7 y 8 presentaron mayor RE que el H-30 y solamente el No. 8 supera en pequeñas proporciones al H-131 y H-137E, aunque estadísticamente todos los híbridos tienen igual RE. En base a ésto se puede inferir que en cierto modo se ha logrado fijar el caracter prolificidad en estos híbridos,

aunque con resultados muy modestos. Los híbridos 13 y 14 se encuentran también entre los de mayor relación mazorca/planta/parcela, presentan bajo RE debido a que las mazorcas de estos híbridos, particularmente las mazorcas que se encontraron ocupando un segundo sitio de demanda fueron pequeñas; tuvieron olote muy grueso y en la mayoría de los casos presentaron grano solo en un tercio ó en la mitad del olote (aunque este tipo de apreciación se realizó en forma visual y no se analizó estadísticamente), lo que concuerda con lo expresado por Bauman (1960), al señalar que en plantas de maíz prolíficas, la primera mazorca presenta mayor tamaño que la segunda.

Respecto al porciento de plantas cuatas/parcela, cabe hacer mención que en algunos casos (híbridos No. 3, 8, 10, 12, 14, 16, 17, 18 y 19) este porcentaje no concuerda con la relación mazorca/planta/parcela debido a que esta relación se cuantificó incluyendo también las mazorcas de los hijos y mazorcas que ocupaban un tercer sitio de demanda en la planta (ambos casos fueron poco frecuentes).

El porcentaje de plantas cuatas/parcela se realizó cuando aún no se cosechaban los genotipos, es decir se cuantificaron plantas que presentaban 2 ó 3 mazorcas, sin observar si estas mazorcas eran vanas ó no, pero al cuantificar el NUMMZ por parcela estas mazorcas vanas no se incluyeron, razón por la cual también se presentan diferencias

CUADRO 7. Relación Mazorcas/Planta/Parcela y % de Plantas Cuatas/Parcela para 19 Híbridos "prolíficos" y 3 Testigos (H-30, H-131 y H-137E).

Híbridos	Relación Mazorca/Planta/Parcela	% de Plantas Cuatas/Parcela
1	1.20	10.81
2	1.15	13.05
3	1.26	41.45
4	1.09	7.97
5	1.25	28.49
6	1.20	30.76
7	1.26	28.94
8	1.38	12.82
9	1.19	20.20
10	1.27	12.72
11	1.10	0.00
12	1.06	28.94
13	1.26	28.94
14	1.38	18.61
15	1.16	13.51
16	1.35	16.52
17	1.32	13.66
18	1.25	5.26
19	1.08	16.21
H-30	0.97	5.08
H-131	1.13	5.26
H-137E	0.99	5.05

$\bar{X}$  Relación Mazorca/Planta/Parcela = 1.19

$\bar{X}$  % de Plantas Cuatas/Parcela = 16.55

apreciables entre la relación mazorcas/planta/parcela y porcentaje de plantas/cuatas/parcela.

El mayor porcentaje de plantas cuatas/parcela correspondió a los "prolíficos" No. 3, 5, 6, 7, 9, 12 y 13. Los testigos y los híbridos No. 1, 2, 4, 8, 10, 15, 17, 18 y 19 son los híbridos que presentan el más bajo porcentaje de plantas cuatas/parcela, aunque estadísticamente tienen el mismo RE.

Finalmente, respecto al tipo de hojas (TIPHO), calificación de sanidad de planta (CALPL) y calificación de mazorca (CALMZ), los genotipos se examinaron en forma visual y de esta manera se determinó una buena sanidad de mazorca y de planta para todos los híbridos, ya que casi todos presentaron calificación de 1 (calificación que se da cuando en la parcela experimental que se está observando, no hay ninguna planta ó mazorca enferma según sea el caso). En cuanto al TIPHO, todos los híbridos presentaron hojas normales, esto es, no se encontraron híbridos con hojas erectas ó semierectas.

## V. CONCLUSIONES

De los resultados y su discusión se concluye lo siguiente:

1. Todos los híbridos probados son iguales estadísticamente. Aún así, se observó que los híbridos "prolíficos" de más alto RE fueron el No. 2, 3, 7, 8 y 9 y de estos el No. 8 superó a los testigos, los demás solo superaron al H-30.
2. De los tres caracteres que se incluyeron en la fuente SPP y SEP, el más determinante en el comportamiento de los "prolíficos" fue el caracter precocidad, pues aún con menor ciclo biológico, los "prolíficos" manifestaron un RE estadísticamente igual al de los testigos.
3. El caracter prolificidad de mazorca no se manifestó de una manera muy marcada; pues ningún híbrido "prolífico" presentó una relación mazorca/planta y por ciento de plantas cuatas/parcela que al menos alcanzara las cifras de 1.5 y 50%.
4. El caracter braquitismo redujo el porte de planta de una manera significativa en los híbridos "prolíficos" (57%), pero su influencia en el RE no fue satisfactoria.
5. En general, los testigos fueron los híbridos más tar-

díos y los de menor relación mazorca/planta y porciento de plantas cuatas/parcela.

6. La ventaja de los híbridos "prolíficos", es que en menor tiempo están produciendo iguales RE estadísticamente que los testigos, lo cual es benéfico porque el cultivo está menos expuesto a adversidades climáticas.
7. Los híbridos "prolíficos" pueden llegar a producir igual ó más RE incrementando la densidad de plantas/ha, no obstante que el caracter prolificidad de mazorca en estos híbridos se manifieste de una manera poco significativa.

Una conclusión de caracter general que habría que tomar en cuenta respecto a la posible aceptación de estos híbridos por parte del agricultor, sería en relación al tamaño de la mazorca, de olote, de grano y a las prácticas culturales que habría que modificar para producir estos maíces.

## LITERATURA CITADA

- ABROL, B.R. and L.J. AUDUS. 1973. The effects of N-1-Naphthylphthalamic acid and (2-chloroethyl)-phosphonic acid on the gravity induced lateral transport of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. J. Exp. Bot. 24: 1224-1230.
- ADELANA, B.O. and G.M. MILBOURN. 1972. The growth of maize. II Dry-matter partition of three maize hybrids. J. Agric. Sci. 78: 73-78.
- AKIYAMA, T. and T. TAKEDA. 1975. Estudios of dry matter production in maize. Relation between the rate of leaf photosynthesis and dry matter production. J. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 44 (3): 269-274.
- ALLEN, J.R., G.W. MCKEE and J.H. MCGAHEN. 1973. Leaf number and maturity in hybrid corn. Agron. J. 65:233-235.
- ALLISON, J.C.S. 1964. A comparison between maize and wheat in respect of leaf area after flowering and grain growth. J. Agric. Sci. 63: 1-4.
- \_\_\_\_\_. 1969. Effect of plant population on the production and distribution of dry matter in maize. Ann. Appl. Biol. 63: 135-144.



- ALLISON, J.C.S. and T.B. DAYNARD. 1979. Effect of change in time of flowering induced by alternating photoperiod or temperature, on attributes related to yield in maize. *Crop. Sci.* 19: 1-4.
- ANDERSON, I.C. 1967. Plant characteristics that affect yield. *Proc. Ann. Hybrid Corn Ind. Res. Conf.* 22: 71-73.
- ARIYANAYAGAM, R.P., C.L. MOORE and V.R. CARANGAL. 1974. Selection for leaf angle in maize and its effect on grain yield and other characters. *Crop Sci.* 14: 551-556.
- BARRIGA B, P. 1972. Mejoramiento por ideotipo en maíz. *Turrialba* 22 (4): 454-461.
- BAUMAN, L.F. 1960. Relative yields of first (apical) and second ears of semi-prolific southern corn hybrids. *Agron. J.* 55: 220-222.
- BONNET. O.T. 1954. The inflorescences of maize. *Science.* 120: 77-87.
- BROOKING, I.R. 1981. Grain filling of maize in two contrasting seasons. *Field Crop Abstracts.* August 1982. Vol. 35, Num. 8, Abstracts 6374-7086. Commonwealth Agricultural Bureaux World Services to agricultural.

- BUREN, L.L., J.J. MOCK and I.C. ANDERSON. 1974. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. *Crop Sci.* 14: 426-429.
- CAMPBELL, C.M. 1965. New dwarfs and modifiers. *Proc. 20 th Ann. Hybrid Corn Ind. Res. Conf.* pp.22-30.
- CAMPBELL, D.K. and D.J. HUME. 1970. Evaluation of a rapid technique for measuring soluble solids in corn stalks. *Crop Sci.* 10: 625-626.
- CARTER, M.W. and C.G. PONELEIT. 1973. Black-layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 13: 436-439.
- CARR, M.K. and G.M. MILBOURN. 1976. Maize: Climatic and physiological factors limiting yield. *Span* 19: 65-67.
- CASTRO G, M. 1973. Maices "Super enanos" para el Bajío. *Boletín Técnico Esc. Sup. de Agric. "Antonio Narro"* pp. 1-20.
- CLAASSEN, M.M. and R.H. SHAW. 1970. Water deficit effects on corn. I. Vegetative components. *Agron. J.* 62: 649-652.
- CROSBIE, T.M. and J.J. MOCK. 1980. Effects of recurrent selection for grain yield on plant and ear traits of five maize populations. *Euphytica* 29: 57-64.

- CHASE, S.A. and D.K. NANDA. 1967. Number of leaves and maturity classification in *Zea mays* L. *Crop Sci.* 7: 431-432.
- CHERRY, J., H.A. LUND and E.B. EARLEY. 1960. Effects of gibberelic acid on growth and yield of corn. *Agron. J.* 52: 167-170.
- CHIPMAN, E.W. and D.C. MACKAY. 1960. The interaction of plant populations and nutritional levels on the production of sweet corn. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 76: 442-447.
- DALE, R.F. and R.H. SHAW. 1965. The climatology of soil moisture, atmospheric evaporative demand, and resulting moisture stress days for corn at Ames, Iowa. *J. Appl. Meteorol.* 4: 661-669.
- DAYNARD, T.B., J.W. TANNER and D.J. HUME. 1969. Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn (*Zea mays* L.). *Crop. Sci.* 9: 831-834.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and W.G. DUNCAN. 1971. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn (*Zea mays* L. ). *Crop Sci.* 11:45-48.
- \_\_\_\_\_ and L.W. KANNENBERG. 1976. Relationship between length of the actual and effective grain filling periods and grain yield of corn. *Can. J. Plant Sci.* 58: 237-242.

- DENMEAD, O.T. and R.H. SHAW. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* 52: 272-274.
- DUNCAN, W. G., R.S. LOOMIS, W.A. WILLIAMS and R. HANAU. 1967a. A model for simulating photosynthesis in crop communities. *Hilgardia* 38: 181-205.
- \_\_\_\_\_, W.A. WILLIAMS and R.S. LOOMIS. 1967b. Tassels and the productivity of maize. *Crop Sci.* 7:37-39.
- \_\_\_\_\_ and J.D. HESKETH. 1968. Net photosynthesis rates, relative leaf growth rates, and leaf numbers of 22 races of maize grown at light temperatures. *Crop. Sci.* 8: 670-674.
- DUVICK, D.N. 1974. Continuous backcrossing to transfer prolificacy to a single-eared inbred line of maize. *Crop. Sci.* 14: 69-71.
- EAGLES, H.A. and A.K. HARDACRE. 1979. Variation genetic in maize (*Zea mays* L.) for germination and emergence at 10°C *Euphytica* 28: 287-295.
- EARLEY, E.B., W.O. Mc ILRATH, R.D. SEIF and R.H. HAGEMAN. 1967. Effects of shade applied at different stages in corn (*Zea mays* L.) production. *Crop. Sci.* 7: 151-156.

- EARLEY, E.B., J.C. LYONS, E. INSELBERG, R.H. MAIER and E. R. LENG. 1974. Earshoot development of midwest dent corn. Illinois Agric. Exp. Stn. Bull. 747.
- EASTIN, J.A. 1970. C-14 labelled photosynthate export from fully expanded corn (*Zea mays* L.) leaf blades. Crop Sci. 10: 415-418.
- EIK, K. and J.J. HANWAY. 1966. Leaf area in relation to yield of corn Agron. J. 58: 16-18.
- EVANS, L.T. 1975. In Crop physiology L.T. EVANS (ed.) pp. 327-355. Cambridge Univ. Press, London and New York.
- \_\_\_\_\_ and I.F. WARDLAW. 1976. Aspectos de la fisiología comparativa del rendimiento de grano en cereales. Adv. in Agron. 28: 301-359. Traducc. de J. L. Arellano Vázquez. Mimeografiado FESQ. UNAM.
- FAKOREDE, M.A.B. and J.J. MOCK. 1978. Changes in morphological traits associated with recurrent selection for grain yield in maize. Euphytica 27: 397-409.
- FISCHER, K.S. and A.F.E. PALMER. 1980. Yield efficiency in tropical maize. Paper prepared for presentation in the Symposium "Potential productivity of field crops under different environments" held at IRRI, september 22-26.

- GARDNER, W.W. and H.A. ALLARD. 1920. Effect of the relative length of day and night and other factor of the environment on growth and reproduction in plants. J. Agron. Res., 18: 553-606.
- GIFFORD, R.M., P.M. BREMMER and D.B. JONES. 1973. Assessing photosynthetic limitation to grain yield in a field crop. Aust. J. Agric. Res. 24: 297-307.
- GOLDSWORTHY, P.R. and M. COLEGROVE. 1974. Growth and yield of highland maize in México. J. Agric. Sci. Camb. 83: 213-221.
- \_\_\_\_\_, A.F.E. PALMER and D.W. SPERLING. 1974. Growth and yield of lowland tropical maize in México. J. Agric. Sci. Camb. 83: 223-230.
- GONZALEZ H., V. 1976. Informe del Programa de Maíz. Campo Agrícola Experimental Valle de México, CIAMEC. INIA.
- GOODING, E.G.B. 1972. Plant response to tropical conditions. In. Agricultural meteorology. WMO, No. 310, pp. 71-77.
- GUBBELS, G.H. 1974. Growth of corn seedlings under low temperatures as affected by genotype, seed size, total oil, and fatty acid content of the seed. Can. J. Plant Sci. 54: 425-426.

- GUNN, R.B. and R. CHRISTENSEN. 1964. Maturity relationships among early to late hybrids of corn (*Zea mays* L.)  
Crop Sci. 9: 463-493.
- HALLAUER, A.R. 1974. Heritability of prolificacy in maize.  
J. Hered. 65: 163-168.
- \_\_\_\_\_ and W.A. RUSSELL. 1962. Estimates of maturity and its inheritance in maize. Crop Sci. 2: 289-294.
- HANWAY, J.J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield.  
Agron. J. 54: 145-148.
- \_\_\_\_\_ and W.A. RUSSELL. 1969 a. Dry matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plants: Comparisons among single-cross hybrids. Agron. J. 61: 947-951.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ 1969 b. Dry-matter accumulation and moisture loss during maturation of corn grain. Agron. J. 57: 150-153.
- HARRIS, R.E., R.H. MOLL and C.W. STUBER. 1976. Control and inheritance of prolificacy in maize. Crop Sci. 16: 843-850.
- HESKETH, J.D., S.S. CHASE and D.K. NANDA. 1969. Environmental and genetics modification of leaf number in maize, sorghum and hungarian millet. Crop Sci. 9: 160-163.

- HILLSON, M.T. and L.H. PENNY. 1965. Dry matter accumulation and moisture loss during maturation of corn grain. Agron. J. 57: 150-153.
- HUME, D.J. and D.K. CAMPBELL. 1972. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. Can. J. Plant Sci. 52: 363-368.
- HUNTER, R.B. 1977. Growing corn and sorghum in short-season areas. p. 58-71. In Proc. Thirty-second Annu. Corn and Sorghum Res. Conf., Am. Seed Trade Assoc. Washington, D.C.
- \_\_\_\_\_ 1980. Increased leaf area (source) and yield of maize in short-season areas. Crop Sci. 20: 571-574.
- \_\_\_\_\_, L.A. HUNT and L.W. KANNENBERG. 1974. Photoperiod and temperature effects on corn. Can. J. Plant Sci. 54: 71-78.
- JHONSON, D.R. and J.W. TANNER. 1972 a. Comparison of corn (*Zea mays* L.) inbreds and hybrids growth at equal leaf area index, light penetration and population. Crop Sci. 12: 482-485.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1972 b. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.) Crop Sci. 12: 485-480.



- JOSEPHSON, L.M. 1961. Combining prolificacy and earliness.  
Proc. Ann. Hybrid Corn. Ind. Res. Conf. 16:45-52.
- KATTA, Y.S. and CASTRO G.M. 1970. Some reasons for depressed  
yields in dwarf corns. Maize Genetics New Letter.  
24-25.
- LAIBLE, C.A. and V.A. DIRKS. 1968. Genetic variance and  
selection value of ear number in corn (*Zea mays* L.)  
Crop Sci. 8: 540-544.
- LAMBERT, R.J. and R.R. JHONSON. 1978. Leaf angle, tassel  
morphology, and the performance of maize hybrids.  
Crop Sci. 18: 449-502.
- LANDI, P. and T.M. CROSBIE. 1982. Response of maize to cold  
stress during vegetative growth. Agron. J. 74:  
765-768.
- LENG, E.R. 1957. Genetic production of short stalked hybrids  
proc. 12 th Ann. Hybrid Corn Ind. Res. Conf. p. 80
- LONQUIST, J.H. 1967. Mas selection for prolificacy in corn.  
Der Züchter 37: 185-188.
- LOOMIS, R.S. and W.A. WILLIAMS. 1969. Productivity and the  
morphology of crop stands: patterns with leaves.  
In: Physiological aspects of crop yield, eds. J.D.  
Eastin et al. Am. Soc. Agron. Madison, Wis. pp.  
28-45.

- MESSIAEN, C.M. 1963. Physiologie du développement chez *Zea mays*. Annales de Epiphyties, 14: Hors sriel.
- MOCK, J.J. and L.L. BUREN. 1972. Classification of maize (*Zea mays* L.) inbreds for population tolerance by general combining ability. Iowa State J. Sci. 46: 395-404.
- \_\_\_\_\_ and S.H. SCHUETZ. 1974. Inheritance of tassel branch number in maize. Crop Sci. 14: 885-888.
- \_\_\_\_\_ and R.B. PEARCE. 1975. Un ideotipo de maíz. Euphytica 24: 613-623. Trad. de J.L. Arellano Vázquez, Mimeografiado. Prog. Maíz. CAEVAMEX CIAMEC, INIA.
- \_\_\_\_\_ and A.A. BAKRI. 1976. Recurrent selection for cold tolerance in maize. Crop Sci. 16: 230-233.
- \_\_\_\_\_ and W.H. SKRDLA. 1978. Evaluation of maize plant introductions for cold tolerance. Euphytica 27: 27-32.
- MOLL, R.H. and C.W. STUBER. 1971. Comparisons of response to alternative selection procedures initiated with two populations of maize (*Zea mays* L.) Crop Sci. 11: 706-711.

- MONSI, M. and T. SAEKI. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzen Gesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion Jap. J. Bot. 14: 22-52.
- MONTEITH, J.L. 1969. Light interception and radioactive exchange in crop stands. p. 89-140. In R.C. Dinauer (ed.) Physiological aspects of crop yield. Am. Soc. Agron., Madison, Wis.
- MOSS, D.N. 1964. Optimum lighting of leaves. Crop Sci. 4: 131-136.
- \_\_\_\_\_ and D.E. PEASLEE. 1965. Photosynthesis of maize leaves as affected by age and nutrient status. Crop Sci. 5: 280-281.
- MURATA, Y. 1975. The effect of solar radiation, temperature, and aging on net assimilation rate of crop stands from the analysis the "maximal growth rate experiment" of IBP/PP. II. The case of maize and soybean plants. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 44: 160-165.
- NEAL, N.P. 1968. Maturity rating systems for corn hybrids. Proceedings 23 th Ann. Hybrid Corn and Sorghum Conf. pp. 45-53.
- MISHIKAWA, H. and M. KUDO. 1973. Explicational studies on the sterile ear as appeared on mechanized cultivation of the corn plant (*Zea mays* L.) (In Japanese, English summary). Tohoku Agric. Exp. Stn. Res. Rep. 44:51-95.

- OTTAVIANO, E. and A. CAMUSSI. 1981. Phenotypic and genetic relationships between yield components in maize. *Euphytica* 30: 601-609.
- PEASLEE, D.E., J.L. RAGLAND and W.G. DUNCAN. 1971. Grain filling period of corn as influenced by phosphorus, potassium and the time of planting. *Agron. J.* 63: 561-563.
- PENDLETON, J.W. 1958. Light relationships and corn plant geometry. *Proc. 23th. Ann. Corn and Sorghum Res. Conf.* pp. 91-96.
- POEY, F.R., J.E. GRAJEDA, O.J. FERNANDEZ and F. SOTO. 1977. Effect of detasseling on maize grain yield components. *Agron. Abstr.* p. 44.
- PRINE, G.M. 1971. A critical period for ear development in maize. *Crop. Sci.* 11: 369-786.
- \_\_\_\_\_ and V.N. SCHRODER. 1965. Varying the light environment of semi-prolific hybrid corn (*Zea mays* L.) *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 25: 284-294.
- PRIOR, C.L. and W.A. RUSSELL. 1975. Yield performance of nonprolific and prolific maize hybrids at six plant densities. *Crop Sci.* 15: 482-486.

- RIETZ, H.L. and SMITH, L.H. 1917. A statical study of some indirect effects of certain selections in breeding Indian Corn. J. Agr. Res. 11: 105-146.
- ROBINS, J.S. and C.E. DOMINGO. 1953. Some effects of severe soil moisture stress deficits at specific growth stages of corn. Agron. J. 45: 618-621.
- ROBINSON, H.R., R.E. COMSTOCK and P.H. HARVEY. 1955. Genetic variation in open-pollinated varieties of corn. Genetics 40: 45-60.
- RUTGER, J.N. and L.V. CROWDER. 1967. Effect of high plant density on silage and grain yields of six corn hybrids Crop Sci. 12: 90-92.
- RUSSELL, W.A. and S.A. EBERHART. 1968 a. Testcrosses of one- and two-ear types of Corn Belt maize inbreds. I. Performance at four plant stand densities. Crop Sci. 8: 244-247.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ 1968 b. Testcrosses of one- and two-ear types of Corn Belt maize inbreds. II. Stability of performance in different environments. Crop Sci. 8: 248-251.
- \_\_\_\_\_ 1972. Effect of leaf angle on hybrid performance in maize (*Zea mays* L.) Crop Sci. 12: 90-92.

- SASS, J.E. and F.A. LOEFFEL. 1959. Development of axillary buds in maize in relation to barrenness. Agron. J. 51: 484-486.
- SIEMER, E.G., E.R. LENG and O.T. BONNETT. 1969. Timing and correlation of major development events in maize, *Zea mays* L. Agron. J. 61: 14-17.
- SMITH, C.S., J.J. MOCK and T.M. CROSBIE. 1982. Variability for morphological and physiological traits associated with barrenness and grain yield in the maize population, Iowa Upright Leaf Synthetic # 1. Crop Sci. 22: 828-832.
- SORRELLS, M.E., R.E. HARRIS and J.H. LONNQUIST. 1978. Response of prolific and nonprolific maize to growth-regulating chemicals. Crop Sci. 18: 783-787.
- \_\_\_\_\_, J.H. LONNQUIST and R.E. HARRIS. 1979. Inheritance of prolificacy in maize. Crop Sci. 19: 301-306.
- STEIN, O.L. 1955. Rates of leaf initiation in two mutants of *Zea mays* L., dwarf I and brachytic 2. Am. J. of Bot. 42: 885-892.
- TANAKA, A. and J. YAMAGUCHI. 1972. Dry matter production, yield components and grain of the maize plant. J. Fac. of Agric. Hokkaido Univ. 57: 71-132.

- THOMSON, K.S. and A.C. LEOPOLD. 1974. In vitro binding of morphactins and 1-N-Naphthylthalamic acid in corn coleoptiles and their effects on auxin transport. *Planta (Berl.)* 115: 259-270.
- TOLLENAAR, M. 1977. Sink-source, relationships during reproductive development in maize. A Review *Maydica* XXII. 49-75.
- \_\_\_\_\_ and T.B. DAYNARD. 1978 a. Leaf senescence in short season maize hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 58(3): 869-874.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ 1978 b. Dry weight, soluble sugar content and starch content of maize kernels during the early postsilking period. *Can. J. Plant Sci.* 58: 199-206.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ 1978 c. Relationships between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short-season environment. *Agron. J.* 70: 219-223.
- VIETOR, D.M. and R.B. MUSGRAVE. 1975. Measurements of carbon dioxide exchange and dry matter production of maize during the grain filling period. *Amer. Soc. Agron. Abstr.* p. 77.

- WALL, R.E. and C.G. MORTIMORE. 1965. The growth pattern of corn in relation to resistance to root and stalk rot. *Can. J. Bot.* 43: 1277-1283.
- WHIGHAM, D.K. and D.G. WOOLLEY. 1974. Effect of leaf orientation, leaf area, and plant densities on corn production. *Agron. J.* 66: 482-486.
- WILSON, J.W. 1960. Influence of spatial arrangement of foliage area on light interception and pasture growth. Proc. 8 th. intern. Grassland Congr. Reading, England, pp. 275-279.
- WILSON, J.H., M.S. J. CLOWES and J.C.S. ALLISON. 1973. Growth and yield of maize at different altitudes in Rhodesia. *Ann. Appl. Biol.* 73: 77-84.
- WINTER, S.R. and A.J. OHLROGGE. 1973. Leaf angle, leaf area, and corn (*Zea mays* L.) yields. *Agron. J.* 65: 395-397.
- YAMAGUCHI, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. IV. Plant traits and productivity of tropical varieties. *Soil Sci. Plant Nutr.* 20: 287-304.