

EVALUACION DE DOS METODOS DE SIEMBRA Y CUATRO
 DENSIDADES POBLACIONALES EN LA PRODUCCION DE SEMILLA
 DE DOS HIBRIDOS DE MAIZ (Zea mays L.)

P O R

José Roberto Andino L.

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION

DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

MICROCISIS:	<u>6.427</u>
FECHA:	<u>8/Sept/93</u>
ENCARGADO:	<u>VILLARREAL</u>

BIBLIOTECA WILSON PUFENDE
 ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
 APARTADO 54
 TEGUCIGALPA HONDURAS

EL ZAMORANO, HONDURAS

Abril, 1993

EVALUACION DE DOS METODOS DE SIEMBRA Y CUATRO
DENSIDADES POBLACIONALES EN LA PRODUCCION DE SEMILLA DE
DOS HIBRIDOS DE MAIZ (Zea mays L.)

Por:

JOSE ROBERTO ANDINO L.

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.

JOSE ROBERTO ANDINO L.

Abril 1993

BIBLIOTECA WILSON FOFENDE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

DEDICATORIA

En primer plano a Dios por haberme incluido en su creación
y a la Virgen María que siempre me acompaña.

A mi madre a quien debo mi vida y lo que soy le dedico no solo
este trabajo, también todo mi amor y admiración.

Por toda la ayuda y consejos brindados, dedico también este
trabajo a mi muy querida hermana Karla.

A mi Abuelita, Tíos, Primos y Papá.

Finalmente a Tí como te llames y que lees ahora estas letras,
espero que encuentres lo que en este trabajo buscas.

BIBLIOTECA WILSON POBENO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
PARTADO ST
TEGUCIGALPA HONDURAS

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial para el Dr. Leonardo Corral, no solo por su asesoramiento, también por su amistad. Desde ya lo felicito por sus futuros éxitos.

Al Dr. Juan Carlos Rosas y su personal en el Departamento de Agronomía, gracias por su apoyo y confianza.

Al Ingeniero David Moreira por su asesoramiento y trabajo le doy las gracias. Al Ingeniero Oscar Díaz por su ayuda y consejos. A mis amigos Armando Calidonio, Joaquín Romero y Roque Barrientos gracias por su colaboración y palabras de aliento.

A Isbelita de Alvarez y Noemí muchas gracias por toda su colaboración.

Gracias también a la ingeniera Aracely Castro por su colaboración en los momentos finales.

Finalmente al personal de campo de la sección de producción del Departamento de Agronomía, gracias por la ayuda brindada.

INDICE

DERECHO DE AUTOR	i
TITULO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
A. Importancia del Maíz a Nivel Mundial	3
B. Importancia del Maíz en Honduras	4
C. Necesidades de Semilla en Honduras	5
D. Maíz Híbrido	6
E. Tipos de Híbridos	11
F. Producción de Semilla Híbrida	13
G. Métodos de Siembra	18
H. Densidad de Siembra	21
III. MATERIALES Y METODOS	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	39
A. Híbrido H-29	39
B. Híbrido B-833	56
V. CONCLUSIONES	71
VI. RECOMENDACIONES	72
VII. RESUMEN	73
VIII. LITERATURA CITADA	75

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Características físico químicas de los suelos en los que se sembraron los experimentos. El Zamorano, Honduras, 1991 y 1992. p.28
- Cuadro 2. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables altura de la planta, altura de la primera mazorca y número de mazorcas por planta. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.40
- Cuadro 3. Tendencia lineal del número mazorcas por planta en respuesta a diferentes densidades de siembra. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.42
- Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables largo de mazorca, diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.44
- Cuadro 5. Respuesta lineal negativa para la variable largo de la mazorca con relación a densidades de siembra y coeficientes del polinomio ortogonal. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.46
- Cuadro 6. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables peso de mazorca y peso de 100 semillas. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.48
- Cuadro 7. Respuesta lineal negativa para la variable peso de mazorca con relación a densidad de siembra y coeficientes de los polinomios ortogonales. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.49
- Cuadro 8. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables coeficiente de desgrane, porcentaje de semilla plana y porcentaje de semilla redonda. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.51
- Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento de semilla. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.54
- Cuadro 10. Medias de rendimiento de semilla para los factores métodos de siembra y densidades. Híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992. p.55

- Cuadro 11. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables altura de planta, altura de la primera mazorca y número de mazorcas por planta. Híbrido B-833. El Zamorano, Honduras, 1991. p.57
- Cuadro 12. Tendencia lineal positiva de las variables altura de planta y de mazorca en respuesta a diferentes densidades de siembra. Híbrido B-833. El Zamorano, Honduras, 1991. p.58
- Cuadro 13. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables peso de mazorca y peso de 100 semillas. Híbrido B-833. El Zamorano, Honduras, 1991. p.62
- Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento de semilla. Híbrido B-833. El Zamorano, Honduras, 1991. p.65
- Cuadro 15. Medias de rendimiento de semilla para los factores métodos de siembra y densidades. Híbrido B-833. El Zamorano, Honduras, 1991. p.66

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitación mensual en el valle de El Zamorano.
1991 y 1992. p.31
- Figura 2. Respuesta de altura de planta y altura de la
primera mazorca con relación a la densidad de
siembra. p.60
- Figura 3. Respuesta lineal de rendimiento (Y) con relación
a la densidad (X). p.68

I. INTRODUCCION

El maíz es una de las plantas cultivadas más antiguas; es nativa de América y era la principal planta alimenticia de los indígenas cuando Cristóbal Colón descubrió este continente.

En la producción mundial de cereales el maíz ocupa el tercer lugar después del trigo y del arroz, pero su valor económico es el doble del de la cosecha del trigo.

Hasta 1930 los rendimientos de maíz en los Estados Unidos y otros países se supone eran similares a los que obtenían los aborígenes precolombinos. Ningún otro grupo humano, con ningún otro cultivo, logró tanto en términos de fitomejoramiento como lo hicieron los habitantes indígenas de América.

Con el desarrollo y uso del maíz híbrido, los incrementos en el rendimiento en los Estados Unidos han sido espectaculares. De un promedio de 1.3 t/ha que se obtenía en la década de 1930 con variedades de polinización libre, se pasó a un rendimiento promedio de 7.5 t/ha a finales de 1980 (Hallauer *et al.* , 1988). De acuerdo con estos datos se estima que el incremento en el rendimiento se debió en un 66 % (4.23 t/ha) al uso de maíz híbrido y el resto del incremento (1.97 t/ha) al uso de mejores prácticas agronómicas.

En otros países, en especial del tercer mundo, los rendimientos de maíz han permanecido sin mayor cambio por muchos años. Por ejemplo en Honduras, el rendimiento promedio de maíz en 1988 fue de 1.4 t/ha (FAO, 1989).

Únicamente alrededor del 20 % de la tierra cultivada

con maíz en Honduras, es sembrada con maíces híbridos. Aunque el maíz híbrido no desplazará a las variedades mejoradas y tradicionales de polinización libre en Honduras, en los últimos años se ha incrementado el uso de maíz híbrido en los sistemas de producción. Según varias estimaciones se calcula que en 1988 se comercializaron 540 t (12,000 qq) de semilla híbrida de maíz.

Por todo lo expuesto anteriormente, se hace necesario no solo el desarrollo de nuevos híbridos de maíz que tengan buena adaptabilidad y presenten buenos rendimientos, sino que también se justifica emplear nuevas prácticas que mejoren, faciliten y aumenten la producción de semilla híbrida de maíz en nuestro medio.

Los objetivos de este trabajo de investigación fueron:

- 1) Evaluar el efecto de dos métodos de siembra sobre la producción de semilla en dos híbridos de maíz.
- 2) Determinar el efecto de cuatro densidades poblacionales en la producción y desarrollo de la semilla en el progenitor femenino de dos híbridos de maíz.
- 3) Estudiar posibles interacciones entre métodos de siembra y densidades.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Importancia del Maíz a Nivel Mundial

El maíz es el principal cultivo agrícola en muchos países. Junto con el arroz y el trigo proporcionan aproximadamente el 65 por ciento de los hidratos de carbono y el 50 por ciento de las proteínas que necesita el hombre (FAO, 1984).

A nivel mundial, de la producción total de cereales en 1988, el maíz ocupó el 7.3 % del área cosechada (127 millones de hectáreas) con un rendimiento promedio de 3,382 kg/ha y una producción total de 405 millones de toneladas (FAO, 1988).

Leonard (1981) resumió tres factores por los cuales al maíz se le atribuye gran importancia a nivel mundial:

1. Se puede adaptar a muchas variaciones de temperaturas, suelos, y niveles de humedad. Además es resistente o tolerante a muchas enfermedades e insectos.
2. Tiene un alto potencial de rendimiento.
3. Se utiliza en la alimentación humana y animal.

El maíz es la planta más importante originaria de América por su elevado valor nutricional. En base a materia seca el grano contiene aproximadamente 77% de almidón, 2% de azúcar, 9% de proteínas, 5% de aceite, 5% de pentosanas y 2% de cenizas. Las cenizas del grano contienen sales de calcio, magnesio y cloro.

Por su valor nutricional y sus múltiples usos su consumo se distribuye en tres grandes grupos: pecuario, industrial y humano.

Como alimento pecuario puede usarse para la obtención de concentrados, ensilaje, pastoreo y forraje. En la industria, de la molienda en húmedo y seco, se obtiene almidón, jarabe, azúcar, aceite, dextrinas, harina, sémola y cereales para el desayuno. Para consumo humano, es utilizado como elote tierno, fresco o envasado y como grano seco, principalmente en la elaboración de tortillas (Jugenheimer, 1988).

B. Importancia del Maíz en Honduras

En Honduras el maíz representa el cereal de mayor importancia y con la mayor área cultivada. En 1988 se sembraron 350,000 hectáreas, lo que representa el 84% del área total destinada a la producción de cereales en el país. Para ese mismo año la producción fue de 505,000 t y un rendimiento promedio de 1,440 kg/ha (FAO, 1989).

De la producción total en Honduras, el campesino típico destina para autoconsumo el 27% de su cosecha, fraccionado en consumo humano (elaboración de tortillas principalmente), para la alimentación animal (ganado, cerdos y aves de corral) y una proporción muy baja para semilla del siguiente año. El 73% restante es utilizado para la venta en el mercado local, y puede destinarse a la elaboración de concentrados para animales, alimentos industriales o bien como grano básico para

consumo humano (Sanabria, 1991).

Además de lo anterior, cabe mencionar que una parte del maíz en Honduras es utilizado para consumo fresco en elote o para consumo en planta en forma de ensilaje para la alimentación del ganado.

C. Necesidades de Semilla en Honduras

Si se toma como referencia el año de 1988 en el que se sembraron 350,000 hectáreas de maíz en Honduras y si se requieren 18.18 kg/ha de semilla para sembrar una hectárea, tenemos que la necesidad total de semilla y que deberá cubrirse tanto con semilla criolla como con semilla mejorada, llega a una cantidad de 6.3 millones de kg (140,000 quintales).

Del área total que se siembra con maíz, sólo el 20% se siembra con semilla híbrida. En el área restante (80%) se siembran variedades criollas de polinización libre (Sanabria, 1991).

Los híbridos han sido seleccionados para que expresen su potencial genético en condiciones ideales de clima y manejo, condiciones que no se presentan en la mayoría de las fincas en Honduras. Por esto y por su semilla de bajo precio las variedades de polinización libre seguirán siendo importantes en Honduras.

Pese a la importancia que reviste la semilla criolla, en los últimos años se ha observado una reducción en su uso y un

incremento en el empleo de semilla híbrida. Desde 1985 hasta 1988 el incremento en el uso de semilla híbrida ha sido de un 20% (Sanabria, 1991). A esto se atribuye en cierta parte el incremento en el rendimiento que llegó a 1.4 t/ha en 1988 (FAO, 1989).

D. Maíz Híbrido

Poehlman (1974) afirma que hasta 1930 los rendimientos de maíz eran similares a los obtenidos por los aborígenes precolombinos, pero a partir de ese año los incrementos en los rendimientos han sido espectaculares principalmente gracias a la creación y utilización de maíz híbrido.

En los Estados Unidos en la década de 1930 se obtuvo un rendimiento promedio de 1250 kg/ha en un área de 42 millones de hectáreas. En 1970 el rendimiento promedio fue de 4,850 kg/ha en 23 millones de hectáreas. Este incremento se debió al uso de maíz híbrido y al uso de mejores prácticas agronómicas, pero el 60% del incremento se acredita al uso de semilla híbrida.

Los híbridos son plantas más eficientes en el uso de agua y fertilizantes; además se obtiene una mayor uniformidad en la madurez y producción, facilitando así la cosecha e incrementando el valor del producto en el mercado (Burton, 1983).

El vigor presente en los híbridos radica en el aprovechamiento de la heterosis. La heterosis es un fenómeno

que se manifiesta en el cruzamiento de dos variedades o líneas, al generarse una progenie que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o vigor en general.

Algunos investigadores definen la heterosis como el incremento en vigor de la generación F1 con respecto al mejor progenitor. Shull (1909) fue quien propuso que este fenómeno se llamara heterosis (Jugenheimer, 1988).

La heterosis en cruces entre variedades y entre líneas puras ha sido ampliamente estudiada; pero la base genética de la heterosis en el maíz y otras plantas aún no ha sido resuelta, a pesar de las diferentes teorías presentadas para explicar el fenómeno (Hallauer et al. , 1988). En síntesis estas teorías son:

1. Teoría de la dominancia

De acuerdo con Hallauer et al. (1988), esta teoría fue sugerida por Davenport en 1908. Se plantea que el vigor híbrido es el resultado de la acción e interacción de genes dominantes favorables. Depresión endogámica (reducción en vigor) resulta cuando genes deletéreos recesivos y ocultos en la forma heterocigota en plantas de polinización cruzada, comienzan a ser homocigotos con la autopolinización. El cruce de líneas homocigotas no relacionadas borra el efecto de los genes deletéreos recesivos y restaura el vigor. Esta teoría fue ampliamente discutida y dio origen a la teoría de la sobredominancia.

2. Teoría de la sobredominancia

De acuerdo con Burton (1983), Shull en 1909 propuso esta teoría, afirmando que la forma heterocigota (Aa) es más vigorosa que las formas homocigotas (AA o aa). Pero esta teoría tampoco ha explicado claramente el fenómeno.

Las discusiones sobre la razón de la heterosis son todavía más amplias, pero su efecto es claro sobre el estímulo general de la planta híbrida, afectándola de muchas maneras. Frecuentemente, tiene por resultado el incremento de los rendimientos, madurez precoz, mayor resistencia a insectos y enfermedades, plantas más altas, mayor número y peso de los frutos, incremento del tamaño o del número de partes de la planta o de otras características externas o internas (Jugenheimer, 1988).

Se manifiesta principalmente en las plantas de la generación F1 provenientes de semilla. Por lo tanto, es necesario repetir los cruzamientos para cada cosecha. La importancia y la utilización de la heterosis depende de los incrementos de rendimiento, de la adquisición de otros caracteres agronómicos deseados, de la facilidad de la hibridación o del bajo costo de la producción de la semilla (Poehlman, 1979).

Zirkle (1952), citado por Jugenheimer (1988) resume el concepto del vigor híbrido en varias ideas:

1. La endocria reduce el vigor y produce muchos individuos defectuosos y estériles.

2. Al cruzar dos líneas endocriadas se restaura el vigor perdido y con frecuencia se produce mayor vigor del que las líneas tenían originalmente.

3. El método más simple de hibridación del maíz en gran escala es sembrar dos variedades o líneas en surcos alternos y despanojar una de ellas.

El maíz híbrido obtenido en el material despanojado producirá mayores rendimientos.

4. Se debe asegurar la hibridación en cada generación si se desea mantener el rendimiento.

Para la obtención de maíz híbrido, Poehlman (1979) resume el procedimiento en tres pasos:

1. Selección de plantas que presenten buenas características. Estas plantas pueden provenir de variedades de polinización libre, de variedades sintéticas o de híbridos.

2. Obtención de líneas autofecundadas a partir de las plantas seleccionadas. El maíz es una especie que tiene las flores masculinas y femeninas en la misma planta, aunque en estructuras separadas. El conjunto de flores masculinas, donde se producen los granos de polen se llama panoja y el conjunto de flores femeninas, donde se producen los óvulos, se llama jilote o mazorca. Esta separación de estructuras determina que la polinización sea cruzada, es decir que la mayoría de granos de polen que llegan a los pelos del jilote provengan de panojas de otras plantas (Sprague y Eberhart, 1977).

Una línea autofecundada de maíz se produce mediante autopolinización y selección, hasta que se obtengan plantas aparentemente homocigóticas; esto requiere generalmente de cinco a siete generaciones. Como el maíz es una especie de polinización cruzada, debe controlarse la polinización en cada generación y los estigmas deben polinizarse aplicando a mano el polen colectado en las panojas de la misma planta. Una vez que se ha obtenido una línea autofecundada, se puede conservar ya sea mediante su autofecundación o por apareamiento de plantas dentro de la misma línea.

Con cada autofecundación se observará una reducción adicional del vigor, hasta que se obtenga una línea homocigótica. Además de la pérdida del vigor, las plantas individuales de las primeras generaciones autofecundadas muestran muchos defectos, como reducción en altura, tendencia a producir chupones, acame, susceptibilidad a enfermedades y una gran variedad de otras características desfavorables. Las plantas anormales se desechan y solamente se autofecundan las plantas normales (Poehlman, 1979).

El propósito de las autofecundaciones es fijar caracteres convenientes en una condición homocigótica, con el objeto de que las líneas se puedan conservar sin que sufran cambios genéticos. El vigor que se perdió durante el período de autofecundación se recupera en la generación F1 cuando una línea se cruza con otra (Poehlman, 1979).

3. Pruebas de aptitud combinatoria. Esto es una estimación de cuán bien se combinan unas líneas con otras. No todas las combinaciones de líneas producen híbridos superiores; por esto antes de realizar las cruzas, las líneas deben ser evaluadas por pruebas de aptitud combinatoria para determinar las mejores combinaciones (Poehlman, 1979).

E. Tipos de Híbridos

1. Híbridos de cruza simple

Una cruza simple es la descendencia híbrida de dos líneas autofecundadas. Debido a que las líneas autofecundadas que se utilizan en una cruza simple son homocigotas, las plantas de la cruza simple son heterocigotas para todos los pares de genes en que difieren las dos líneas autofecundadas. Las cruzas simples son más uniformes y presentan por lo regular mayor heterosis que las cruzas dobles (Poehlman, 1979).

Sin embargo en las cruzas simples los rendimientos de semilla son bajos debido a que la línea autofecundada en la que se produce la semilla es relativamente improductiva. Por este motivo la semilla de las cruzas simples es de producción costosa (Poehlman, 1979).

Para solucionar el problema anterior se desarrolló la cruza simple modificada, que consiste en utilizar una cruza de líneas hermanas para la producción del progenitor femenino (A1 x A2).

El progenitor masculino es una línea pura B, realizándose el cruce (A1 x A2) x B. Con este método se ha incrementado la producción de semilla de 10 a 50% (Zuber y Darrach, 1987).

Actualmente, los híbridos de cruza simple son ampliamente utilizados en los Estados Unidos y Canadá, debido a las ventajas anteriormente mencionadas. El 90% de la producción de maíz en estos países se realiza con híbridos de cruza simple (Wych, 1988).

2. Híbridos de cruza doble

Es la progenie híbrida obtenida de una cruza entre dos cruza simples. La semilla de una cruza doble se produce en una planta de cruza simple que ha sido polinizada por otra cruza simple. La cruza doble es un híbrido entre cuatro líneas progenitoras. Debido a que la semilla de la cruza doble se cosecha en una planta vigorosa (una cruza simple) es más uniforme en tamaño y apariencia, la semilla se obtiene en mayor abundancia y con mayor economía que la semilla de las cruza simples que se cosecha en una planta autofecundada (Poehlman, 1979).

Actualmente en los Estados Unidos menos del 1% de los sistemas de producción son a base de cruza doble (Wych, 1988).

En países como Honduras, debido al grado de tecnología agrícola, la cruza doble es la base de todos los sistemas de producción que utilizan maíz híbrido.

3. Híbridos de cruza triple

Resulta de la cruza entre tres líneas puras. Esto implica que primero hay que formar el híbrido de cruza simple y luego cruzarlo con una línea pura diferente $(A \times B) \times C$ (Hallauer *et al.* , 1988).

Esta cruza difiere de la simple en que presenta mayor diversidad genética y menor uniformidad, pero es superior a la cruza doble en uniformidad y rendimiento (Poehlman, 1979).

La limitación de este tipo de híbrido es que el progenitor masculino al ser una línea pura puede tener una baja producción de polen (Hallauer *et al.* , 1988).

Los sistemas de producción de los Estados Unidos y Canadá se basan en un 10% en este tipo de híbrido (Wych, 1988).

F. Producción de Semilla Híbrida

El uso del maíz híbrido ha dado lugar al desarrollo de una nueva empresa: la producción, el acondicionamiento, la venta y la distribución de semilla híbrida (Jugenheimer, 1988). La semilla de calidad es un producto de agricultura especializada en la que se da una rigurosa atención al mantenimiento de la estabilidad genética y de la pureza varietal. La semilla producida con todo cuidado puede resultar inútil si no se adoptan precauciones para mantener su identidad y su viabilidad durante la recolección, el tratamiento y el almacenamiento. Por lo tanto, la única forma de garantizar la calidad de una semilla es supervisar

adecuadamente las diferentes etapas de producción (FAO, 1984).

Wych (1988) describe tres puntos importantes que deben considerarse en un sistema de producción de semilla híbrida: aislamiento, emasculación y sincronización.

1. Aislamiento

Para producir buena semilla híbrida, el campo de cruzamiento debe aislarse de otro campo de maíz para evitar la contaminación por polen extraño.

Los campos en que se producen las cruzas deberán estar cuando menos a 200 metros de distancia de otros campos de maíz (Jugenheimer, 1988).

Según la Ley de Certificación de semillas de Honduras, emitida por la Secretaría de Recursos Naturales, la distancia mínima de otro campo de maíz debe ser 300 metros, pero este requisito puede ser reemplazado por una separación de 30 días entre fechas de siembra (aislamiento por tiempo).

Wych (1988) resumió cinco factores que reducen la contaminación en campos de producción de semilla de maíz:

a. Siembra de surcos de progenitor masculino en los bordes del campo.

Zuber y Darrach (1987) concluyen que se ha determinado que un surco de progenitor masculino equivale a 5 m de aislamiento.

b. Barreras naturales.

c. Abundante producción de polen en un tiempo adecuado por parte del progenitor masculino.

d. Diferencia en el tiempo de siembra con otros campos.

2. Emasculación

Es necesario interferir con la liberación de polen del progenitor femenino. Para lo anterior se emplean los siguientes métodos: esterilidad masculina citoplasmática, despanojado manual, descogollado y despanojado mecánico.

a. Esterilidad masculina citoplasmática (EMC)

Antes de 1970, el método de control de polen más extendido era el uso de esterilidad masculina citoplasmática del tipo Texas (T). Sin embargo, estos materiales resultaron ser altamente susceptibles a la raza T de *Helminthosporium maydis*. Como consecuencia de la epifitía ocurrida en los Estados Unidos en 1971-1972, se abandonó el empleo de la esterilidad masculina citoplasmática de este tipo.

Otros tipos de esterilidad han sido descubiertos; los tipos C y S que son los mejores, hasta la fecha han servido para el desarrollo de nuevas líneas con esterilidad masculina citoplasmática completa.

La EMC se ha usado para reducir la cantidad de despanojado necesario para producir la semilla híbrida, pero la introducción de este método en un programa de mejoramiento es costoso.

b. Despanojado manual

Es el método de emasculación más utilizado. Consiste en la remoción de la panoja cuando comienza a emerger y antes de

que se inicie la liberación del polen. En un lote de producción de semilla el programa de certificación solamente acepta hasta un 5% de estigmas receptivos en el progenitor femenino cuando hay un 1% de panojas del mismo progenitor liberando polen (Wych, 1988).

El recorrido del campo para la eliminación de las panojas debe realizarse diariamente durante varias semanas (1-5) dependiendo del tipo de híbrido. Por esta razón, la práctica resulta costosa, estimándose un costo entre \$ 250.00 y 300.00 para despanojar una hectárea en los Estados Unidos (Wych, 1988).

Luna (1989) evaluó dos métodos de emasculación en tres híbridos diferentes utilizados en Honduras, encontrando que el tiempo necesario para despanojar una hectárea era en promedio 57.5 horas/ha/hombre, con un costo de L. 90.00/ha.

Wych (1988) cita varios puntos con relación al despanojado:

- 1) Las panojas del progenitor femenino deben ser removidas lo más rápido posible.
- 2) Cuando las condiciones del clima favorecen el rápido desarrollo del cultivo, la práctica se debe realizar a diario.
- 3) Ciertas líneas femeninas son más fáciles de despanojar que otras.
- 4) Ciertos materiales en los que las panojas del progenitor femenino comienzan a liberar polen antes de su

emergencia ocasionan dificultad en el despanojado y reducen la pureza de la semilla.

5) Condiciones de clima como lluvia o excesivo calor dificultan la operación.

c. El método de descogollado

Este método consiste en arrancar el cogollo, estructura que contiene la panoja antes de que esta emerja. Luna (1989) encontró que el tiempo necesario para el descogollado fue de 43.8 horas/ha/hombre con un costo de L. 70.00/ha . El mismo autor concluyó que con algunos híbridos el ahorro en mano de obra al descogollar no compensa la pérdida económica resultante por la disminución de los rendimientos debido a la defoliación que causa el descogollado.

d. Despanojado mecánico

Debido a los altos costos involucrados en el despanojado manual, se han diseñado máquinas que realizan un despanojado mecánico. La eficiencia de este método es afectada por variables como la morfología de la planta (orientación de hojas y panoja), uniformidad en la altura del progenitor femenino y la habilidad del operador.

Las cruzas o líneas puras más adaptadas al despanojado mecánico son aquellas que tienen un alto grado de uniformidad y que producen panojas que salen del verticilo o cogollo de la planta antes de que se libere el polen (Jugenheimer 1988).

3. Sincronización

La sincronización en el tiempo de floración de las plantas machos y hembras es crucial para asegurar una buena producción de semilla. Si hay diferencia, entonces se debe adelantar o atrasar la siembra de uno de los progenitores.

Según Wych (1988), otros métodos utilizados para lograr una buena sincronización en la floración de los progenitores son:

- a) Tasas variables de fertilización,
- b) Diferente profundidad de siembra y
- c) Podas para retardar el desarrollo.

G. Métodos de Siembra

En cualquier sistema de producción de semilla de maíz la siembra se realiza de acuerdo con un diseño aceptado. En la multiplicación de líneas autofecundadas, de variedades sintéticas o de polinización abierta, el diseño de siembra es el mismo o bastante similar al utilizado para la producción de maíz grano. Cuando se siembran dos líneas progenitoras diferentes (macho y hembra) para producir semilla híbrida, es necesario sembrar los progenitores de semilla y de polen en hileras separadas y en proporciones convenientes (FAO, 1984).

Existen varios diseños de siembra. Entre estos se pueden nombrar los siguientes: método 6:2, 4:1, 4:2 y siembra sólida o compacta.

1. Método de siembra 6:2

Es probablemente el método más usado. En el que el 75% del área cultivada produce semilla y el 25%, que corresponde al macho es para la producción de polen. Posteriormente, las plantas macho se pueden cortar para ensilaje o dejarlas que maduren para la producción de grano. Para su siembra se usa una sembradora de cuatro tolvas.

Una tolva del extremo lleva la semilla del progenitor masculino y el resto de las tolvas semilla del progenitor femenino.

2. Método de siembra 4:1

Para su aplicación se necesita abundante producción de polen del progenitor masculino. El 80% del área cultivada produce semilla y el 20% del área restante corresponde al macho para la producción de polen.

Se usa con sembradoras de cinco tolvas. La tolva del medio lleva la semilla del progenitor masculino y las tolvas restantes semilla del progenitor femenino.

3. Método de siembra 4:2

Utilizada si es que el progenitor masculino produce poco polen. El 67% del área cultivada produce semilla y el 33% del área restante corresponde al macho para la producción de polen. Para su siembra se utiliza una sembradora con seis tolvas.

Las dos tolvas de los extremos llevan la semilla del progenitor masculino y las cuatro del centro llevan la semilla del progenitor femenino.

4. Siembra sólida o compacta

En este método de siembra toda el área destinada para la producción se siembra con semilla del progenitor femenino. La semilla del progenitor masculino se siembra entre los surcos de la hembra, cada cuatro o cinco surcos.

En este diseño se obtiene como ventaja una completa utilización del área para la producción de semilla. Además, hay una menor distancia del progenitor masculino al progenitor femenino.

La desventaja es que con este método puede dificultarse la despanojada si hay propensión al acame. Por esto, el método se debe utilizar con progenitores masculinos que tengan buen desarrollo del tallo y de la raíz.

Una vez que se ha producido la polinización, se cortan y sacan las plantas macho para favorecer el desarrollo de la semilla.

Los diseños anteriores no son los únicos. Se ha experimentado con otros métodos y se han obtenido buenos resultados. Por ejemplo, al evaluar tres métodos de siembra 1:6:1 (control), 1:8:1 y 1:12:1, Hussaini y Sarada (1989), encontraron que el método 1:12:1 dio origen a semilla más uniforme por mazorca e incrementó los rendimientos de semilla en un 17.7% comparado con el control.

Es muy importante tener una relación de siembra adecuada entre los progenitores para que exista suficiente polen para polinizar al progenitor de semilla (hembra). La escasez de polen causa una mala polinización y por lo tanto una disminución en los rendimientos (Pohelman, 1979).

Una práctica utilizada para aumentar la producción de polen en el campo es sembrar el progenitor masculino a una mayor densidad (Wych, 1988).

H. Densidad de siembra

Muchos trabajos se han desarrollado para evaluar el efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento de maíz, obteniéndose siempre resultados muy variables. Muchas compañías de semillas conducen sus propios ensayos de densidad para el progenitor femenino, para lograr establecer la población más adecuada para sus híbridos (Wych, 1988).

El número de plantas por unidad de área para tratar de incrementar los rendimientos del progenitor femenino es una decisión en la que debe considerarse una serie de aspectos: tipo de híbrido, características de la planta para responder adecuadamente a diferentes intensidades poblacionales, factores nutricionales del suelo, fertilización y humedad.

1. Tipo de Híbrido

Diferentes tipos de maíz responden de una manera diferente a fluctuaciones en la intensidad de siembra (Aldrich

y Leng, 1974).

Bertic *et al.* (1989) y Tomoroga *et al.* (1989) llegaron a la conclusión que híbridos precoces y semiprecoces responden mejor a densidades bajas, mientras que híbridos tardíos se adaptan mejor a densidades mayores.

Dentro de un conjunto de híbridos estudiados por Jugenheimer (1988) uno de ellos mostró ser superior a bajas densidades, mientras que con altas densidades el mismo híbrido mostró un decrecimiento en la producción.

2. Fertilización y Humedad

El número de plantas por unidad de área debe ajustarse a la fertilidad del suelo y al abastecimiento de agua (Jugenheimer, 1988).

Apoyando esta afirmación de Jugenheimer, Ruzsany (1989), en sus investigaciones sobre densidades de siembra, encontró que incrementos en la densidad de plantas de 50,000 a 90,000 plantas/ha subieron los requerimientos de agua. Además del requerimiento de agua, el requerimiento de nitrógeno va también correlacionado con la densidad poblacional. Los rendimientos varían con diferentes niveles de nitrógeno y densidades poblacionales altas (Bangarwa *et al.* 1992).

Por la importancia que tienen estos dos factores que se correlacionan directamente con la densidad de siembra, es importante tener presente la conclusión a la que llegan Gamboa *et al.* (1992), quienes indican que bajo condiciones

favorables, densidades poblacionales bajas reducen el rendimiento, mientras que en condiciones desfavorables la incrementan .

3. Características de la planta

El efecto de diferentes densidades poblacionales se manifiesta sobre varias características de la planta durante su desarrollo. Algunos de estos caracteres están relacionados. Estudios de la relación de varios caracteres del maíz con el rendimiento, en cruces de prueba de líneas puras cultivadas a diferentes densidades de plantas, revelaron que a bajas densidades, la altura de planta y mazorca se correlacionaron significativamente con el rendimiento. A densidades intermedias, el diámetro de la mazorca, el porcentaje de grano y la altura de la planta y mazorca, se correlacionaron significativamente con el rendimiento. A densidades altas, todos los caracteres, excepto el peso de 300 granos y las fechas de floración del progenitor masculino y femenino, se correlacionaron significativamente con el rendimiento. Se concluyó que la diferencia en el rendimiento estaba afectada por todos los componentes del rendimiento estudiados (Jugenheimer, 1988).

Tanto las partes vegetativas como reproductivas sufren efectos con la variación en densidades, ocurriendo primero el efecto sobre el desarrollo vegetativo.

Conclusiones acerca de la altura de planta, altura de la

primera y segunda mazorca, número de hojas por planta y el índice de área foliar fueron obtenidas por Emeklier y Kun (1989). Ellos encontraron que estos factores se incrementaron con altas densidades poblacionales, mientras que el diámetro del tallo, área de hojas por planta y el rendimiento biológico decrecieron. Resultados iguales fueron reportados por Ogunlela *et al.* (1989), en lo que respecta a altura de la planta y producción de materia seca.

Jugenheimer (1988) añade que como efecto de altas densidades poblacionales el porcentaje de plantas acamadas aumenta.

Aunque el efecto sobre las partes vegetativas es al inicio, las partes reproductivas son las más afectadas.

Desde el principio de la fase reproductiva, la emergencia de la panoja se retrasa debido a las altas densidades (Bangarwa *et al.* , 1990 ; Emeklier y Kun, 1989).

Este retraso en la emergencia de la panoja causa una deficiencia en la polinización lo que da origen a un incremento de plantas sin mazorca y plantas con mazorcas imperfectas (Aldrich y Earl, 1974 ; Jugenheimer, 1988).

Jugenheimer (1988), en un estudio sobre la densidad de siembra y la correlación entre el rendimiento y el peso de la mazorca, encontró que el peso de la mazorca disminuía a medida que la densidad se incrementaba. El rendimiento en un inicio se incrementó pero a medida que la densidad de plantas aumentaba, éste fue decreciendo. Finalmente, el rendimiento de semilla resultó más afectado que el número de mazorcas.

Wang et al. (1988) afirman que al reducirse la población de plantas el rendimiento de semilla por planta se incrementa, pero el rendimiento por hectárea se reduce.

Factores directamente relacionados con el rendimiento, como el largo de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso del grano y peso del grano por mazorca, se redujeron con incrementos en las densidades poblacionales (Eweida et al., 1989).

Totio-Kagho y Gardner (1989) agregan que el número de mazorcas por planta se incrementa con reducciones en la densidad de plantas, mientras que el número de hileras por mazorca decrece con el incremento en la densidad.

Varios trabajos de densidades relacionados con factores de rendimiento han mostrado resultados contradictorios, lo que puede ser indicativo de la adaptación de algunos híbridos a altas densidades.

Mannino y Tano (1988) reportaron que el peso de 1,000 granos y el número de mazorcas por planta no fueron afectados por bajas densidades. También, el número de hileras por mazorca es escasamente afectado por fluctuaciones en las densidades poblacionales (Bertrand et al. , 1990).

El incremento en la densidad de siembra, según hemos visto, aparentemente depende del tipo de híbrido. Por lo general, puede aumentar los rendimientos de maíz hasta cierto nivel. Densidades muy altas, por lo contrario, tienden a reducir los rendimientos.

En sistemas de producción de semillas, además de interesarse por el rendimiento, se toma muy en cuenta cualquier efecto que puedan causar las altas densidades sobre la calidad de la semilla. Hruska y Dostalek (1989) reportaron que la emergencia de la semilla producida a diferentes densidades se incrementó con el decrecimiento de la densidad de siembra parental.

Así mismo, la calidad nutricional es afectada en forma decreciente por las altas densidades, mostrándose reducciones en la proteína cruda, nitrógeno, fósforo y potasio en el grano (Fluierasu y Draghicioiu, 1990).

III. MATERIALES Y METODOS

A. Localización del Experimento

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los lotes de producción del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), El Zamorano, Honduras, en los años 1991 y 1992. La EAP está situada en el valle del río Yeguaré, a 37 km al este de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán. La EAP se encuentra a una altura de 805 m sobre el nivel del mar y está ubicada a 14°00' latitud norte y 87°02' longitud oeste.

B. Clima

En El Zamorano se tiene una precipitación anual de 1,100 mm de agua repartidos en seis meses aproximadamente. La temperatura promedio es de 22 °C. El Zamorano presenta dos estaciones bien marcadas: la lluviosa, de Junio a Noviembre y la seca, de Diciembre a mayo.

C. Suelos

Las características físico-químicas de los suelos donde se realizaron los ensayos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físico-químicas de los suelos en los que se sembraron los experimentos. El Zamorano, Honduras, 1991 y 1992.

Tipo de análisis	Suelo 1	Suelo 2
Textura	Franca	Franca arcillosa
pH(H ₂ O)	5.58	6.02
N total (%)	0.16	0.13
P (ppm)	13.20	12.60
K (ppm)	744.00	500.00

D. Preparación del Terreno

La preparación del terreno consistió en una arada y dos rastreadas. Luego se formaron las camas con un surcador y se adecuaron canales para facilitar el drenaje.

E. Material Experimental

Se utilizaron dos híbridos de maíz: el híbrido B-833 y el híbrido H-29. Algunas características de los híbridos utilizados se presentan a continuación:

1. Híbrido B-833

Es un híbrido de grano color blanco, de tipo semidentado, desarrollado por la Compañía de Semillas Dekalb-Pfizer Genetics. Su ciclo vegetativo varía entre 120 a 130 días, de siembra a madurez fisiológica. La planta alcanza una altura de 2.5 a 2.7 m y la inserción de la primera mazorca es entre 1.2 y 1.4 m . Bajo las condiciones de El Zamorano tiene un rendimiento de 5 a 6 t/ha .

2. Híbrido H-29

Es un híbrido de grano color blanco, de tipo dentado, desarrollado por la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras. Su ciclo vegetativo varía de 120 a 130 días, de siembra a madurez fisiológica.

Alcanza una altura de planta entre 2.2 y 2.6 m y la inserción de la primera mazorca es entre 1.2 a 1.45 m .

Bajo las condiciones de El Zamorano su rendimiento varía entre 5.6 y 5.9 t/ha .

F. Siembra

1. Híbrido B-833

La siembra de la semilla parental (macho y hembra) se realizó el 16 de Agosto de 1991. Durante su ciclo de desarrollo se Presentó una escasa precipitación que afectó principalmente las etapas de floración y llenado de grano.

2. Híbrido H- 29

La siembra de los parentales tuvo lugar el 20 de mayo de 1992. En su ciclo de desarrollo se presentaron condiciones adecuadas de precipitación.

En la Figura 1 se presentan las características del régimen de lluvias durante los ciclos de vida de los híbridos.

Las siembras se realizaron manualmente, colocando una semilla por postura debido a la poca disponibilidad del insumo y su alto costo.

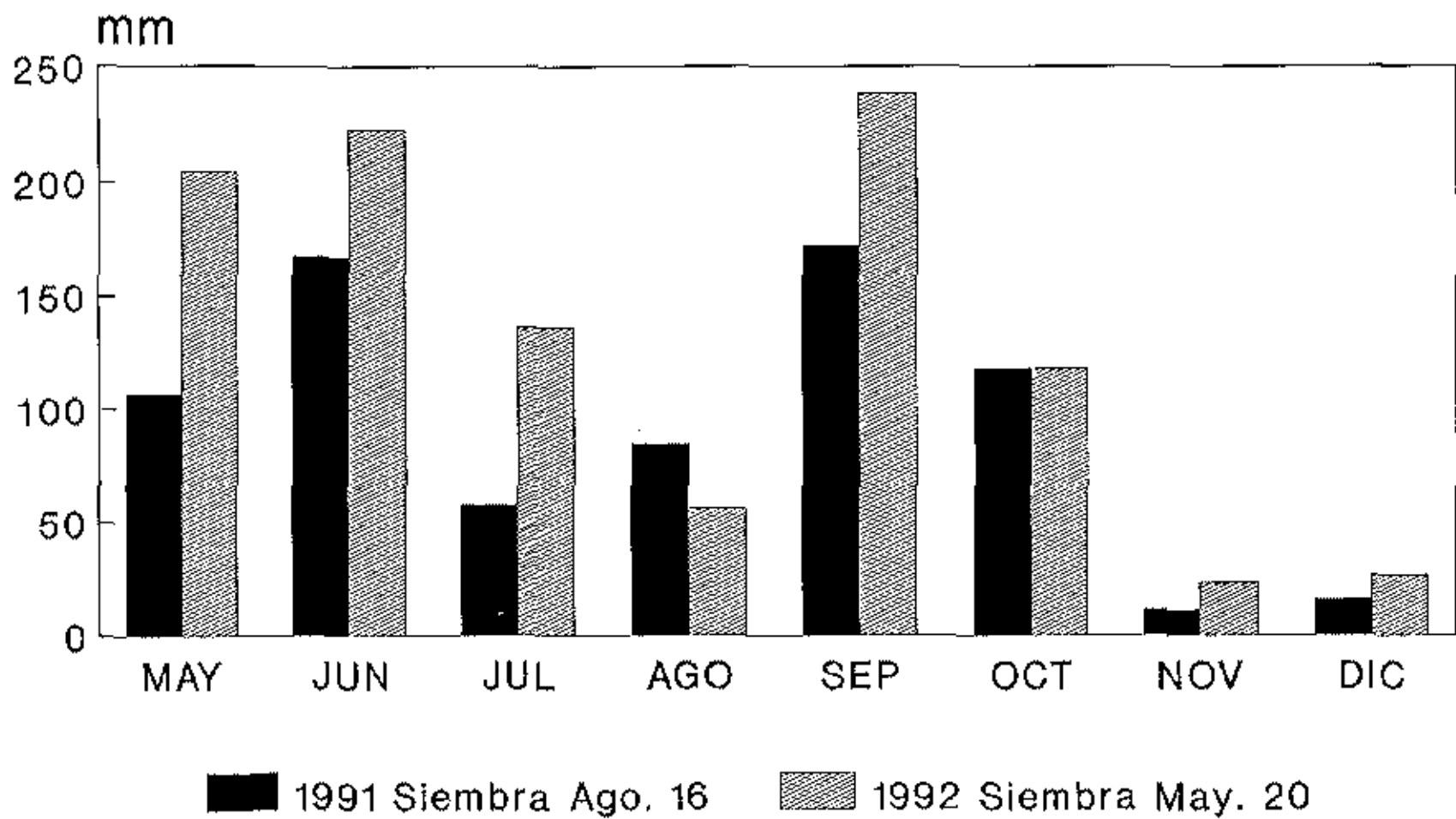


Figura 1. Precipitación mensual en el valle de El Zamorano, años 1991 y 1992.

G. Fertilización

La fertilización se realizó de acuerdo con las recomendaciones de la Sección de Producción del Departamento de Agronomía de la EAP . Se fertilizó con el equivalente de 120 kg/ha de N y 80 kg/ha de P_2O_5 .

No fue necesario suplir potasio por que en el suelo se encontraron cantidades adecuadas del elemento para el desarrollo de las plantas. Las fuentes de nutrimentos empleadas fueron: 18-46-0 y urea (46 % de nitrógeno).

El 18-46-0 se aplicó al momento de la siembra para suplir todo el requerimiento de fósforo y parte del nitrógeno. Las fertilizaciones suplementarias de nitrógeno con base en urea, se realizaron en dos partes: una a los 30 días después de la siembra, cuando se aplicó el 75 % del nitrógeno que restaba, después de la siembra, y una aplicación final de urea a los 45 días, para complementar el 25 % del nitrógeno que restaba.

H. Labores de Campo

Para proteger la semilla y el cultivo de plagas del suelo se utilizó Marshall 25 TS (carbosulfán), insecticida nematocida sistémico, aplicado a la semilla al momento de la siembra a razón de 1 kg por cada 45 kg de semilla.

Para el control de plagas del follaje, especialmente cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se realizó una aplicación de Lorsban (chlorpirifos), en dosis de 1 l/ha antes de los 30 días.

Después de los 30 días el control de plagas del follaje se realizó con Volaton al 5% (phoxim), a una dosis de 14 kg/ha.

El control de malezas se realizó mediante una mezcla pre-emergente de Gesaprin 80 WP (atrazina) y Lasso (alachlor) con una dosis de 3 y 2 l/ha, respectivamente. Posteriormente se efectuaron deshierbas a mano.

I. Emasculación

La emasculación se realizó utilizando el método del despanojado. Se arrancaron las panojas al estar visibles y antes de que liberaran polen.

Para cada híbrido se efectuó en tres pasadas: a los 60, 63 y 67 días después de la siembra para el B-833, y a los 57, 60 y 64 días después de la siembra, para el H-29.

J. Cosecha

La cosecha tuvo lugar el 10 de Enero de 1992 para el híbrido B-833, y el 19 de Octubre de 1992 para el H-29.

La cosecha se realizó en forma manual.

K. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, en un arreglo factorial 2*4. Los factores en estudio fueron: métodos o patrones de siembra y densidades.

Los patrones o métodos de siembra estudiados en este experimento fueron las proporciones 6:2 y 4:1. Este factor A correspondió a las parcelas principales. En las sub-parcelas se evaluaron las siguientes densidades de siembra para la hembra: 30, 40, 50 y 60 mil plantas por hectárea (factor B).

L. Parcela Experimental

La parcela experimental consistió de diez surcos para el método de siembra 6:2, y de seis surcos para el método 4:1; cada surco de una longitud de cinco metros y separados a 0.9 m . Esto constituyó un área de 45 m² y 27 m² para los métodos 6:2 y 4:1, respectivamente. La parcela útil en ambos casos la formaron los dos surcos centrales, con un área de 9 m². La distancia entre cada repetición fue de 1 m y entre cada método de siembra de 2.7 m. El experimento cubrió una superficie total de 1,522 m² para cada híbrido.

M. Datos tomados

Los datos que se tomaron en el experimento correspondieron únicamente al progenitor femenino de cada híbrido. Los datos fueron:

1. Altura de planta

Para esta variable se tomó el promedio de la altura de 10 plantas al azar, desde el ras del suelo a la base de la panoja.

2. Altura a la primera mazorca

En 10 plantas al azar se tomó el promedio de la altura desde el ras del suelo hasta la base de la primera mazorca.

3. Número de mazorcas por planta

Se determinó el número promedio de mazorcas de 10 plantas tomadas al azar en cada parcela útil.

4. Número de plantas

Es el número total de plantas cosechadas dentro de cada parcela útil.

5. Número de mazorcas por parcela

Es el total de mazorcas cosechadas dentro de cada parcela útil.

6. Largo de la mazorca

Este dato se tomó midiendo con una regla graduada el largo de diez mazorcas seleccionadas al azar de cada parcela útil.

7. Diámetro de la mazorca

Se midió el diámetro de diez mazorcas seleccionadas al azar por cada parcela útil.

8. Número de hileras por mazorca

Se contó el número de hileras de diez mazorcas por parcela, obteniéndose un promedio por mazorca.

9. Peso de mazorca

Se pesaron diez mazorcas obtenidas al azar de cada parcela y luego se calculó el peso promedio por mazorca.

10. Peso de 100 semillas

Se realizaron varios muestreos de 100 semillas de cada parcela útil. Mediante una balanza de precisión se obtuvo su peso y luego se sacó un promedio.

11. Coeficiente de desgrane

Para obtener este dato se seleccionaron cinco mazorcas al azar de cada parcela útil, se desgranaron a mano y se obtuvo el peso de grano y olote por separado. Se calculó por diferencia el porcentaje de semilla por mazorca.

12. Porcentaje de semilla plana y redonda por mazorca

Se seleccionaron cinco mazorcas, se desgranaron y se clasificó la semilla en planas y redondas mediante tablas manuales de clasificación. Al final, se pesaron por separado y se obtuvo el porcentaje de cada categoría por mazorca.

13. Porcentaje de humedad

Se determinó el porcentaje de humedad de la semilla cosechada en cada parcela útil, para después ajustar los rendimientos a un solo valor.

14. Rendimiento de semilla corregido al 12% de humedad

El peso total de la parcela se corrigió a una humedad de 12%. Para la corrección se utilizó la siguiente fórmula:

$$PF = P_i (100 - H_i) / (100 - H_f)$$

Donde: PF= Peso final al 12% de humedad,

P_i= Peso inicial de la muestra,

H_i= Porcentaje de humedad inicial,

H_f= Porcentaje de humedad final (12%).

15. Porcentaje de germinación

Se realizó un análisis de germinación por cada parcela útil utilizando papel "Kim Pak". Se sembraron cuatro repeticiones de 50 semillas por parcela.

El conteo se realizó a los siete días, encontrándose plántulas normales, anormales y semillas muertas. El porcentaje final resultó del total de plántulas normales multiplicadas por dos.

16. Análisis de datos

Los análisis de varianza fueron realizados empleando el programa de computación MSTAT 4C, desarrollado por la Universidad Estatal de Michigan. Se estructuraron polinomios ortogonales para un estudio de tendencias.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Híbrido H-29

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables altura de planta y altura de la primera mazorca.

1. Altura de planta y altura a la primera mazorca

No se encontraron interacciones significativas para estas variables ni tampoco se encontraron diferencias significativas para ninguno de los factores evaluados. Contrario a lo reportado por Emeklier y Kun (1989), la altura de planta y altura de la primera mazorca no fueron afectados por los métodos de siembra y las diferentes densidades.

Ambas variables están estrechamente relacionadas y se esperaba que fueran afectadas específicamente por el factor densidades.

Para tratar de encontrar algún tipo de tendencia, se realizaron análisis de regresión lineal y cuadrática. Las tendencias resultaron estadísticamente no significativas y no correspondieron a una respuesta lineal.

Cuadro 2. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables altura de la planta, altura de la primera mazorca y número de mazorcas por planta. El Zamorano, Honduras, 1992.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Altura de Planta	Altura de la Primera Mazorca	Número de Mazorcas por Planta
Repeticiones	3	0.001	0.000	0.109
Métodos (M)	1	0.042 n.s.	0.022 n.s.	0.189 *
Error	3	0.035	0.009	0.013
Densidades (D)	3	0.016 n.s.	0.014 n.s.	0.114 n.s.
M*D	3	0.062 n.s.	0.009 n.s.	0.050 n.s.
Error	18	0.192	0.006	0.050
C.V.%		4.33	5.41	17.37
n.s.	Significa que el valor no es estadísticamente significativo.			
*	Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$).			

Esto nos lleva a afirmar que el híbrido H-29 tiene la capacidad de adaptarse en cuanto a modificaciones en altura de planta y altura a la primera mazorca hasta densidades de 60,000 plantas por hectárea. Aunque la respuesta lineal resultó no significativa, no se puede afirmar que a densidades mayores utilizando el mismo híbrido se obtendrán los mismos resultados.

2. Número de mazorcas por planta

No se detectó interacción alguna para esta variable, pero sí se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los métodos de siembra, como se muestra en el Cuadro 2. Se observó un mayor número de mazorcas por planta en la proporción 4:1.

El promedio de mazorcas por planta en el método de siembra 4:1 fue de 1.36 y en el método 6:2 fue 1.21. Este resultado no se esperaba y no se dispone de datos para su discusión, pudiendo ser un resultado aleatorio dentro de las probabilidades especificadas.

El efecto de las densidades poblacionales sobre esta variable no llegó a ser significativo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Mannino y Tano (1988). Ellos reportaron que el número de mazorcas por planta no es afectado al reducir las densidades. Sin embargo, en el Cuadro 3 se muestra que al aumentar la densidad de plantas, el número de mazorcas por planta se reduce linealmente, tal como lo reporta Totio -Kagho y Gardner (1989).

Cuadro 3. Tendencia lineal del número de mazorcas por planta en respuesta a diferentes densidades de siembra. El Zamorano, Honduras, 1992.

Densidades	Número de mazorcas por planta	Coeficientes	
		Lineal	Cuadrático
30,000	1.44	+3	1
40,000	1.31	-1	-1
50,000	1.23	1	-1
60,000	1.16	3	1
Valor F		6.669*	0.130 n.s.

n.s. Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

* Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$).

Función de respuesta: $\hat{Y} = 1.28 - 0.04X$

Unicamente la respuesta lineal resultó estadísticamente significativa.

Todo lo anterior conlleva a afirmar que con incrementos en la densidad de plantas mayores a 60,000 por hectárea habrá una reducción en el número de mazorca por planta en este híbrido, hasta cierto límite. Pese a que las características de crecimiento del híbrido no fueron afectadas, el efecto de la densidad se reflejó en una tendencia a la reducción del número de mazorcas por planta.

3. Largo de la mazorca

Los cuadrados medios para esta variable se presentan en el Cuadro 4 . Se encontró diferencia significativa para el factor A (métodos de siembra). El método de siembra 6:2 dio origen a mazorcas más largas. El tamaño promedio de las mazorcas con el método 4:1 fue de 17.48 cm, mientras que con el método 6:2 fue de 18.10 cm. Este resultado se podría relacionar con la variable número de mazorcas por planta anteriormente analizada. Hubo mayor número de mazorcas con el método 4:1, pero éstas tenían menor longitud que las mazorcas encontradas con el método 6:2. Esto resulta en un efecto compensatorio en este híbrido, ya que la reducción en el número de mazorcas por planta con el método 6:2 se ve compensada por un incremento en el largo de la mazorcas.

Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables largo de mazorca, diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca. El Zamorano, Honduras, 1992.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Largo de la Mazorca	Diámetro de la Mazorca	Número de hileras por Mazorca
Repeticiones	3	0.14	0.21	0.48
Métodos (M)	1	3.06*	0.01 n.s.	0.02 n.s.
Error	3	0.71	0.17	0.19
Densidades (D)	3	3.27 n.s.	0.03 n.s.	0.43 n.s.
M*D	3	1.10 n.s.	0.20 n.s.	0.01 n.s.
Error	18	9.21	0.10	0.42
C.V.%	-	4.02	6.52	4.54

n.s. Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

* Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$).

A pesar de que el efecto de las densidades sobre esta variable no llegó a ser significativo, se encontró una reducción lineal del largo de la mazorca debido a incrementos en la densidad. En el Cuadro 5 se muestran las medias de largo de mazorca para las densidades y la relación inversa significativa ($P \leq 0.05$) entre densidades y largo de las mazorcas, representada por la ecuación $\hat{Y} = 17.79 - 0.128 X$.

Esta ecuación indica que en promedio, con cada densidad, el largo de la mazorca se redujo en 0.128 cm .

Esta reducción en el largo de la mazorca es un resultado directo de la competencia entre plantas. Se supone que con densidades mayores a las utilizadas se llegará a un largo no deseable de mazorca, que afectará directamente al rendimiento debido a la relación existente entre ambas variables.

4. Diámetro de la mazorca y número de hileras por mazorca

Ninguna de las dos variables fue afectada en forma alguna por los factores en estudio. Esto no concuerda con los resultados reportados por Eweida *et al.* (1989) y Totio-Kagho y Gardner (1989).

Con relación al número de hileras por mazorca, los resultados concuerdan con los trabajos de Bertrand *et al.* (1990), quienes concluyen que el número de hileras por mazorca es escasamente afectado por fluctuaciones en las densidades poblacionales.

Cuadro 5. Respuesta lineal negativa para la variable largo de la mazorca con relación a densidades de siembra y coeficientes del polinomio ortogonal. El Zamorano, Honduras, 1992.

Densidades	Largo de la mazorca (cm)	Coeficientes	
		Lineal	Cuadrático
30,000	18.25	-3	1
40,000	17.91	-1	-1
50,000	17.43	1	-1
60,000	17.56	3	1
Valor F		5.08*	0.88 n.s

n.s. Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

* Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$).

$$\hat{Y} = 17.79 - 0.12X$$

Esta variabilidad en resultados hace pensar que estas variables para que se vean afectadas dependen de la adaptabilidad del híbrido a fluctuaciones en densidades.

5. Peso de mazorca y peso de 100 semillas

No se detectó interacción alguna entre método y densidad de siembra para las variables estudiadas. El método de siembra no tuvo ningún efecto significativo sobre las variables peso de mazorca y peso de 100 semillas. Sin embargo, el efecto del factor densidad de siembra fue altamente significativo ($P \leq 0.01$) sobre el peso de mazorca (Cuadro 6). Los resultados coinciden con una reducción en el peso de la mazorca debido al incremento de la densidad poblacional. Esta reducción corresponde a un decrecimiento lineal en el peso promedio de las mazorcas (Cuadro 7).

La función de respuesta nos indica que por cada incremento de 10,000 plantas en la densidad de siembra, el peso de las mazorcas se reduce en 8.03 g .

Datos como los anteriores se atribuyen en parte a que el efecto de altas densidades se refleja directamente en caracteres productivos, como son: largo de mazorca, número de mazorcas por planta y peso de la mazorca. Estos en conjunto causarán reducciones mayores en el rendimiento por planta (Jugenheimer, 1988).

Cuadro 6. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables peso de mazorca y peso de 100 semillas. El Zamorano, Honduras, 1992.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Peso de mazorca	Peso de 100 semillas
Repeticiones	3	392.96	16.01
Métodos (M)	1	3,750.21 n.s.	13.04 n.s.
Error	3	1,593.41	21.64
Densidades (D)	3	3,648.07 **	32.48 n.s.
M*D	3	1,628.30 n.s.	9.98 n.s.
Error	18	602.45	20.20
C.V. %		8.59	11.60

n.s. Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

* Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 1% de probabilidad ($P \leq 0.01$).

Cuadro 7. Respuesta lineal negativa para la variable peso de mazorca con relación a densidades de siembra y coeficientes de los polinomios ortogonales. El Zamorano, Honduras, 1992.

Densidades	Peso medio de mazorcas (g)	Coeficientes	
		Lineal	Cuadrático
30,000	312.70	-3	1
40,000	292.96	-1	-1
50,000	270.21	1	-1
60,000	266.73	3	1
Valor F		17.13**	0.87 n.s.

n.s. Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

* Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 1% de probabilidad ($P \leq 0.01$).

Función de respuesta: $\hat{Y} = 285.65 - 8.03X$

Pese a las reducciones ocurridas en estas variables productivas debido a incrementos poblacionales, el peso de 100 semillas no se vio afectado por los factores en estudio. Esto indica que a pesar de la reducción en el peso y largo de mazorca la semilla que se cosechó dentro de cada mazorca se llenó bien y no sufrió efectos directos de las densidades.

Resultados similares fueron obtenidos por Mannino y Tano (1988). Ellos no explican la razón por la cual el peso del grano no se redujo, pero en este estudio, con el híbrido y las densidades que se trabajó no hubo competencia en el llenado de la semilla dentro de la mazorca. Resultados contrarios fueron obtenidos por Eweida *et al.* (1989), quienes encontraron que el peso del grano sí fue afectado por altas densidades de plantas. Estos resultados diferentes se mencionan para dar a conocer la variabilidad de respuestas que se pueden encontrar, dependiendo del tipo de híbrido con que se trabaje y las condiciones del experimento.

6. Coefficiente de desgrane, porcentaje de semilla plana y porcentaje de semilla redonda

Estas variables no resultaron afectadas por los factores en estudio, como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables coeficiente de desgrane, porcentaje de semilla plana y porcentaje de semilla redonda. El Zamorano, Honduras, 1992.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Coefficiente de desgrane	Porcentaje de semilla plana	Porcentaje de semilla redonda
Repeticiones	3	2.15	1.69	1.69
Métodos (M)	1	0.14 n.s.	0.68 n.s.	0.68 n.s.
Error	3	1.67	3.09	3.09
Densidades (D)	3	0.37 n.s.	15.50 n.s.	15.50 n.s.
M*D	3	1.62 n.s.	10.02 n.s.	10.02 n.s.
Error	18	1.44	7.28	7.28
C.V.%		1.46	3.06	22.89

n.s. Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

En lo que respecta al coeficiente de desgrane (relación entre el peso de la semilla y el peso de la mazorca) los resultados obtenidos son contrarios a lo que se reporta en la literatura (Eweida *et al.* , 1989). Estos autores afirman que el peso del grano por mazorca se reduce debido a incrementos en la densidad poblacional. Se supone que al reducirse el peso de la mazorca también se reduce el peso del olote, proporcionalmente.

La forma y cantidad de semilla en la mazorca son afectados si al momento de la antesis hay una escasa cantidad de polen. Este fenómeno puede ocurrir debido a que altas densidades retrasan la floración (Bangarwa *et al.*, 1990 ; Emeklier y Kun, 1989). Puede haber problemas en la sincronización de la floración entre el progenitor masculino y el progenitor femenino por causa de densidades de siembra muy altas. Sin embargo, esto no se comprobó en este estudio con el híbrido H-29.

El hecho de que estas variables no hayan sido afectadas por los factores, indica que al momento de la antesis la sincronización en la floración de los progenitores fue adecuada y que en los dos métodos de siembra existió suficiente producción de polen por parte del progenitor masculino para causar una buena polinización en las hembras.

7. Rendimiento de semilla

Se encontró una respuesta significativa ($P \leq 0.1$) del efecto del método de siembra sobre el rendimiento de semilla corregido al 12% de humedad (Cuadro 9). Las densidades de siembra no tuvieron efectos significativos sobre el rendimiento. Sin embargo, se nota una tendencia lineal positiva, aunque no significativa. En el Cuadro 10 se muestra como los rendimientos se incrementaron con los aumentos en la densidad. En concordancia con Wang *et al.* (1988) estos datos revelan que el efecto de la densidad tiende a reducir el rendimiento por planta, pero el rendimiento por hectárea se incrementa. La reducción en el rendimiento por planta anteriormente discutida, fue compensada por el mayor número de plantas que existía en las parcelas con mayor densidad.

El efecto de los métodos de siembra sobre el rendimiento también se esperaba (Cuadro 10), debido a que en el método de siembra 4:1 existía una mayor población de plantas hembras (80%). Estos resultados conllevan a afirmar que bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo, el progenitor masculino del híbrido H-29 produjo suficiente cantidad de polen para asegurar una adecuada polinización en el método de siembra 4:1.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento de semilla del híbrido H-29. El Zamorano, Honduras, 1992.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Repeticiones	3	2.569	0.856	0.54	
Métodos (M)	1	13.673	13.673	8.64	0.06 +
Error	3	4.746	1.582		
Densidades (D)	3	2.573	0.857	0.69	n.s.
M*D	3	0.143	0.047	0.03	n.s.
Error	18	22.071	1.226		
C.V. %			21		
n.s.	Indica que el valor no es estadísticamente significativo.				
+	Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 10% de probabilidad ($P \leq 0.1$).				

Cuadro 10. Medias de rendimiento de semilla (kg/ha) para los factores métodos de siembra y densidades. El Zamorano, Honduras, 1992.

Densidades	<u>Métodos de siembra</u>		Medias de Densidades
	6:2	4:1	
30000	4151	5429	4790
40000	4571	5870	5221
50000	4591	6104	5348
60000	4998	6137	5568
Media de métodos	4578	5885	5232

B. Híbrido B-833

Por la similitud con el análisis anterior (híbrido H-29) solamente se discutirán las variables de mayor importancia o aquellas que fueron afectadas significativamente por los tratamientos.

1. Altura de planta y altura de la primera mazorca

Para estas variables, ambas de carácter vegetativo y estrechamente relacionadas, se encontró una interacción significativa entre métodos de siembra y densidades (Cuadro 11). Esta interacción es difícil de explicar y se atribuye únicamente como resultado del azar. Se detectó también un efecto significativo del factor densidades de siembra sobre los factores en estudio (Cuadro 11).

El efecto de las densidades consistió en un incremento lineal de la altura de la planta y de la primera mazorca. Este es un resultado que se esperaba debido a la competencia, principalmente por luz. El incremento en altura vuelve a las plantas más susceptibles al acame por la reducción del diámetro del tallo (Emeklier y Kun, 1989 y Jugenheimer, 1988). En el Cuadro 12 se presenta el análisis de tendencias, el cual resultó significativo para la función lineal.

Cuadro 11. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables altura de planta, altura de la primera mazorca y número de mazorcas por planta. El Zamorano, Honduras, 1991.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Altura de planta	Altura a la primera mazorca	Número de mazorcas por planta
Repeticiones	3	0.125	0.067	0.173
Métodos (M)	1	0.012	0.011	0.104 n.s
Error	3	0.020	0.008	0.071
Densidades (D)	3	0.035 *	0.046 **	0.071 *
(M*D)	3	0.036 *	0.023 **	0.039 n.s
Error	18	0.008	0.003	0.021
C.V.‡		3.370	3.900	12.090

n.s Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

*,** Indica que el valor es estadísticamente significativo a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro 12. Tendencia lineal positiva de las variables altura de planta y de mazorca en respuesta a diferentes densidades de siembra en el híbrido B-833. El Zamorano, Honduras, 1991.

Densidades	Altura de la planta (m)	Altura de la primera mazorca (m)
30,000	2.49	1.36
40,000	2.58	1.42
50,000	2.58	1.48
60,000	2.66	1.54
Valor F	11.56 **	46.57 **

** Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 1% de probabilidad.

Función de respuesta para altura de planta: $\hat{Y} = 2.58 + 0.024X$

Función de respuesta para altura de la mazorca: $\hat{Y} = 1.45 + 0.030X$

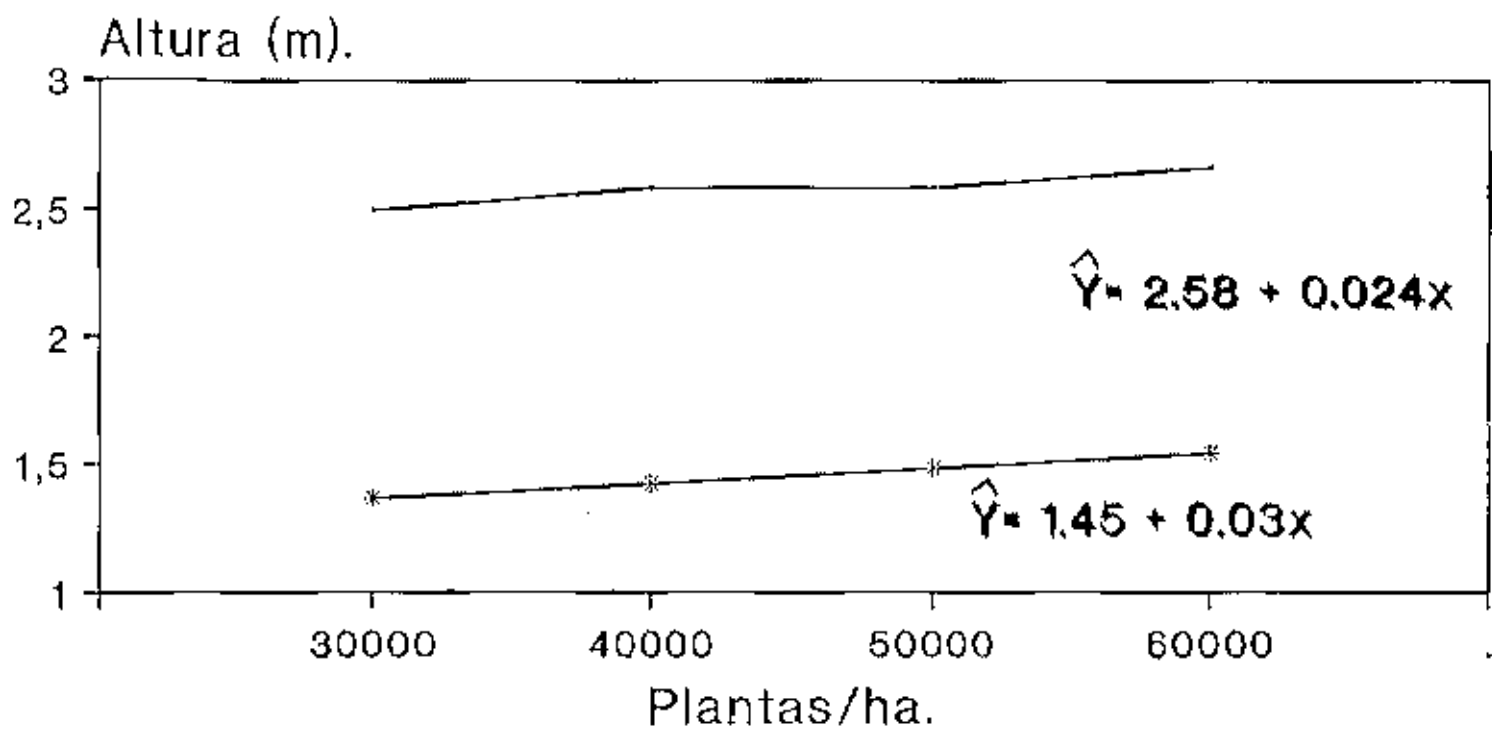
A diferencia del híbrido H-29, el híbrido B-833 sí resultó afectado en las variables de crecimiento. Es importante notar que el híbrido en estudio (B-833) es por naturaleza de porte alto ($Y = 2.70$ m); por lo tanto incrementos en la densidad fácilmente pueden dar origen a problemas de acame en el cultivo. Este problema no se presentó en el ensayo, posiblemente por que las densidades utilizadas no fueron lo suficientemente altas o por que las condiciones ambientales no contribuyeron a una caída de las plantas. En la Figura 2 se presenta la relación de la altura de la planta y de la primera mazorca por efecto de las diferentes densidades evaluadas en el experimento.

De acuerdo con las funciones de respuesta, la altura de la planta se incrementa en 0.024 m y la altura de la primera mazorca en 0.030 m con los incrementos de las densidades .

2. Número de mazorcas por planta

El híbrido B-833 fue afectado de igual manera que el híbrido H-29 en esta variable. La competencia entre plantas debido a las densidades de siembra dio origen a una reducción lineal en el número de mazorcas por planta.

La ecuación encontrada para la regresión lineal fue $\hat{Y} = 1.206 - 0.032X$. El signo negativo del segundo término indica que la relación entre las densidades y el número de mazorcas por planta es inversa.



— Altura de planta *— Altura primera mz.

Figura 2. Respuesta lineal de altura de planta y altura a la primera mazorca con relación a densidad de siembra.

La reducción en el número promedio de mazorcas por planta es un efecto normal cuando la población es alta. Con bajas densidades la proliferación de mazorcas es mayor, pero es preferible tener un promedio bajo de mazorcas por planta pero bien desarrolladas, y no un promedio alto de mazorcas por planta pero con un desarrollo inadecuado. La capacidad de producir mayor número de mazorcas bien desarrolladas es una característica genética, propia de cada híbrido.

3. Peso de mazorca y peso de 100 semillas

Los cuadrados medios y niveles de significación para las variables peso de mazorca y peso de 100 semillas se presentan en el Cuadro 13. Únicamente se encontraron diferencias significativas en el peso de mazorca debido a los métodos de siembra. El efecto consistió en una reducción del peso de mazorca en el método 4:1. Esta reducción se puede atribuir a un efecto directo de la sequía que se presentó durante el desarrollo de este híbrido en 1991 (Figura 1). El estrés hídrico se presentó en la etapa de floración y se extendió a las etapas de formación y llenado de la semilla. La reducción del peso de las mazorcas en el método 4:1 es consecuencia de una baja producción de polen que al final se traduce en mazorcas imperfectas o con menor cantidad de semilla que las mazorcas del método 6:2.

Cuadro 13. Cuadrados medios y niveles de significación para las variables peso de mazorca y peso de 100 semillas. El Zamorano, Honduras, 1991.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Peso de la mazorca	Peso de 100 semillas
Repeticiones	3	5433.83	65.32
Métodos (M)	1	8906.52 *	2.16 n.s
Error	3	618.41	10.33
Densidades (D)	3	1747.82 n.s.	0.79 n.s
M*D	3	1885.60 n.s.	20.37 n.s
Error	18	1074.60	10.93
C.V. %		22.18	15.25

n.s Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

* Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$).

Las proporciones de siembra actuaron de forma individual sobre la variable, o sea que las densidades no tuvieron efecto sobre los resultados y tampoco existió interacción entre los factores.

Para el peso de 100 semillas no existió diferencia significativa por efecto de ninguno de los factores. Se puede decir entonces que la semilla formada en cada mazorca tuvo un desarrollo y llenado similar, independiente de los factores y niveles de este estudio.

4. Coefficiente de desgrane

Para esta variable las diferencias encontradas no fueron significativas, por lo que se supone que una reducción en la cantidad de semillas por mazorca fue acompañada por una reducción en el peso del olote debido a la sequía.

La media del coeficiente de desgrane con el método de siembra 6:2 fue de 71.3, mientras que con el método 4:1 fue de 67.2. A pesar de la falta de significación estadística, el coeficiente de desgrane más alto que se observó con el método 6:2 parece reforzar los comentarios anteriores, en el sentido que con el método 4:1 existió menor cantidad de polen que en el método 6:2.

E. Rendimiento de Semilla

Para la variable rendimiento de semilla se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) por efecto de los métodos de siembra y densidades de siembra (Cuadro 14).

En el cuadro 15 se muestran las medias del rendimiento de semilla como efecto de ambos factores. Los rendimientos superiores encontrados con el método 6:2 sobre el método 4:1 demuestran que existió mayor formación de semilla con el método 6:2 posiblemente debido a una mayor abundancia de polen.

De acuerdo con la literatura, el período en que el estrés hídrico afecta mayormente los rendimientos del maíz es durante la antesis (Aldrich y Leng, 1974). La falta de agua durante la antesis interfiere con una polinización adecuada por causa de poca liberación de polen y baja viabilidad del mismo.

Como en el método 4:1 la proporción de machos fue menor, el efecto del estrés hídrico sobre el polen fue cuantitativamente mayor que en el método 6:2. Esto puede explicar la diferencia encontrada.

En todo caso, los rendimientos observados son bajos. Se puede señalar entonces, que el estrés hídrico también afectó a las parcelas sembradas con el método 6:2, pero en menor proporción.

Las siembras con el método 4:1 teóricamente deben rendir más semilla que las con el método 6:2 por existir mayor cantidad de plantas del progenitor femenino.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento de semilla del híbrido B-833. El Zamorano, Honduras, 1991.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Repeticiones	3	5.613	1.871	9.08	0.05
Métodos (M)	1	12.735	12.735	61.82	0.00 **
Error	3	0.617	0.205		
Densidades (D)	3	10.339	3.446	13.56	0.00 **
M*D	3	1.197	0.399	1.57	0.23 n.s
Error	18	4.574	0.254		
C.V.%			21.20		

n.s Indica que el valor no es estadísticamente significativo.

** Indica que el valor es estadísticamente significativo al nivel del 1% de probabilidad ($P \leq 0.01$).

Cuadro 15. Medias de Rendimiento de Semilla (kg/ha) para los Factores Métodos de Siembra y Densidades. El Zamorano, Honduras, 1991.

Densidades	<u>Métodos de siembra</u>		Medias de Densidades
	6:2	4:1	
30000	2102	1211	1656
40000	2876	1348	2112
50000	2979	2104	2542
60000	4075	2323	3199
Media de Métodos	3008	1747	2377

Sin embargo, para sembrar con el método 4:1 se debe asegurar no sólo una adecuada producción de polen del progenitor masculino si no que también un adecuado suplemento hídrico para que no se afecte la producción de polen. De lo contrario, se tendrá que utilizar otro método de siembra que asegure una mayor existencia de polen para la polinización de la hembra.

Para estudiar en más detalle el efecto de las densidades sobre el rendimiento, se realizó un análisis de regresión. Se encontró una respuesta lineal en el rendimiento debido a incrementos en la densidad. En la Figura 3 se muestra gráficamente esta relación.

De acuerdo con la función de regresión, el rendimiento de semilla se incrementa en 252.88 kg por cada 10,000 plantas que aumenta la densidad de siembra.

No se detectó el punto de inflexión de una respuesta cuadrática. Esto hace suponer que en las condiciones del experimento el máximo técnico de la producción está sobre las 60,000 plantas por hectárea.

Esta respuesta fue similar a la encontrada con el híbrido H-29. Las reducciones en el rendimiento por planta (menor peso de mazorca y menor número de mazorcas por planta) fueron compensadas por una mayor cantidad de plantas en las parcelas con altas densidades.

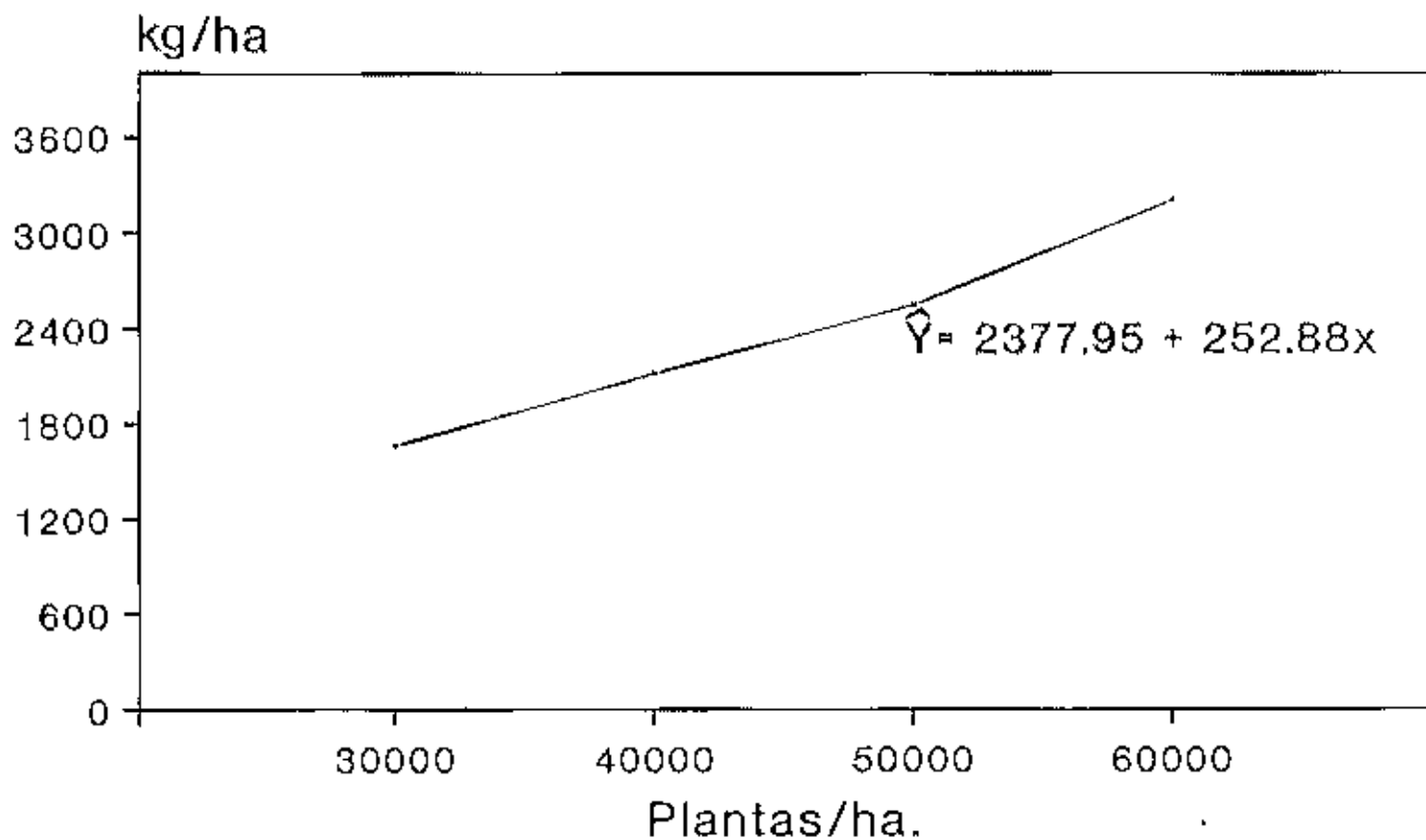


Figura 3. Respuesta lineal de rendimiento (Y) con relación a la densidad (X).

6. Porcentaje de germinación

Los factores en estudio no tuvieron efectos significativos sobre el porcentaje de germinación de la semilla. Inicialmente se pensó que las altas densidades podrían tener efecto negativo sobre la germinación de la semilla tal como lo reporta la literatura (Hruska y Dostalek, 1989), pero esto no se encontró en este ensayo.

La semilla sometida a las pruebas de germinación fue una semilla pequeña como resultado del estrés de sequía sufrido durante su llenado. Sin embargo, los resultados dieron porcentajes por encima del 87% de germinación.

7. Comentarios sobre los dos híbridos

Ambos híbridos tuvieron respuestas similares a los factores en estudio. El efecto de las densidades se reflejó en la reducción de ciertos caracteres reproductivos de la planta (peso de mazorca y número de mazorcas por planta), pero el rendimiento por hectárea se incrementó. A diferencia del H-29, el B-833 resultó afectado con incrementos en altura de la planta y altura de la primera mazorca como efecto de las altas densidades. Esto podría dar origen a problemas de acame en el híbrido B-833, por lo que se le atribuye al híbrido H-29 mejor capacidad de adaptación a altas densidades.

Las variables diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca no fueron afectadas por los factores dentro de los dos híbridos, pero en el híbrido H-29 el largo de la mazorca se

redujo con altas densidades poblacionales. Sin embargo, este efecto no fue significativo.

El efecto de los métodos de siembra no se puede comparar entre los dos híbridos. El método 4:1 en el híbrido B-833 dio origen a bajos rendimientos pero como un efecto indirecto del estrés hídrico existente durante el desarrollo del ensayo.

Posiblemente, si las condiciones de humedad hubieran sido adecuadas, los resultados obtenidos se asemejarían a los del híbrido H-29. Con el híbrido H-29 en los dos métodos de siembra se contó con suficiente polen para polinizar en forma adecuada al progenitor femenino. Esto determinó que se encontraran mejores rendimientos con el método 4:1 por tener mayor área sembrada con el progenitor femenino.

En lo que refiere a los rendimientos de semilla de los híbridos, la media de rendimiento para el híbrido H-29 fue de 5232 kg/ha , mientras que para el híbrido B-833 fue de 2377 kg/ha.

La marcada superioridad en rendimiento del híbrido H-29 sobre el híbrido B-833 fue ocasionada por las bajas condiciones de humedad imperantes durante el desarrollo del híbrido B-833.

V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluyó lo siguiente:

1. El método de siembra 4:1 fue superior al método 6:2 con relación al rendimiento de semilla del híbrido H-29. Este resultado se esperaba ya que con el método 4:1 hay más plantas hembras que con el método 6:2.
2. Por razón de la época de siembra, en el híbrido B-833 el rendimiento de semilla fue superior con el método 6:2. Las limitaciones hídricas afectaron la polinización, en especial en el método 4:1 que tiene menos plantas macho y consecuentemente menos polen.
3. Los incrementos en la densidad de siembra causaron una tendencia lineal, aunque no significativa, en los rendimientos de semilla. Esto podría indicar que con buenas condiciones se puede lograr mayores producciones con densidades más altas que las empleadas.
4. Los factores "densidad de siembra" y "métodos de siembra" no interactuaron significativamente en el rendimiento de semilla. Esta independencia se presentó en los dos híbridos y en condiciones diferentes de cultivo.

VI. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos se formularon las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar el método de siembra 4:1 en sistemas de producción de semilla, siempre y cuando se tenga buena producción de polen del progenitor masculino y se disponga de un adecuado abastecimiento hídrico.
2. Emplear densidades de siembra del progenitor femenino alrededor de 60,000 plantas por hectárea, para incrementar el rendimiento de semilla por área en los híbridos B-833 y H-29, si la disponibilidad de agua y nutrimentos es adecuada.
3. Estudiar el efecto que podrían tener otros métodos de siembra, como: 5:1, 4:2 y siembra compacta.
4. En estudios futuros, tratar de encontrar otros híbridos que también se adapten a altas densidades de siembra y a métodos que tengan más plantas del progenitor femenino.
5. Profundizar en el efecto que puedan originar altas densidades de siembra sobre aspectos de calidad de la semilla como vigor y germinación.

VII. RESUMEN

El uso de maíz híbrido ha dado lugar al desarrollo de una nueva empresa: la producción, el acondicionamiento, la venta y la distribución de semilla híbrida. Varias estimaciones indican que en Honduras en 1988 se comercializaron 540 t (12,000 qq) de semilla híbrida de maíz. Sin embargo, se prevé que la demanda de semilla híbrida de maíz en Honduras irá en aumento. Por esta razón se hace necesario identificar nuevas prácticas que conduzcan a incrementos en la producción de semilla.

Este estudio se orientó a generar alternativas que mejoren los sistemas de producción de semilla del país. Se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana en los años 1991 y 1992. Los factores evaluados fueron: dos métodos de siembra, 6:2 y 4:1; cuatro densidades poblacionales en la hembra, 30000, 40000, 50000 y 60000 plantas por hectárea y dos híbridos, H-29 y B-833.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se analizaron variables de carácter vegetativo y reproductivo; también se realizaron estudios de tendencias para tratar de encontrar respuestas lineales y cuadráticas a los niveles del factor densidades.

El método de siembra 4:1 resultó superior al método 6:2 con relación al rendimiento de semilla del híbrido H-29.

Este resultado se esperaba ya que con el método 4:1 hay

más plantas hembra que con el método 6:2. Por razón de la época de siembra, en el híbrido B-833 el rendimiento de semilla fue superior con el método 6:2. Las limitaciones hídricas afectaron la polinización, en especial en el método 4:1 que tiene menor número de plantas macho y consecuentemente menos polen total.

Los incrementos en la densidad de siembra causaron una tendencia lineal, aunque no significativa, en los rendimientos de semilla. Esto podría indicar que en buenas condiciones de clima y suelo se pueden lograr mayores producciones con densidades más altas que las empleadas. Finalmente, los factores densidad de siembra y métodos de siembra no interactuaron significativamente en el rendimiento de semilla.

Con base en los resultados obtenidos se recomienda utilizar el método de siembra 4:1 en sistemas de producción de semilla, siempre y cuando se tenga buena producción de polen del progenitor masculino y se disponga de un adecuado abastecimiento hídrico.

La densidad de siembra del progenitor femenino podría subirse a 60,000 plantas por hectárea. Esto incrementaría el rendimiento de semilla por área en los híbridos B-833 y H-29, si la disponibilidad de agua y nutrimentos es adecuada.

En estudios futuros sería conveniente estudiar los efectos que podrían tener otros métodos de siembra y altas densidades sobre aspectos de calidad de la semilla, como vigor y germinación.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ALDRICH, S.R. ; LENG, E.R. 1974. Producción moderna de maíz. Trad. por Oscar Martínez y Patricia Leguisamón. Buenos Aires Argentina, Editorial Hemisferio Sur. 302 p.
- BANGARWA, A. ; KAIRON, M. ; SINGH, K. 1992. Effect of plant density and nitrogen application on yield and economics of winter maize. Maize Abstracts. Vol. 8, No. 2. Artículo No. 621.
- BERTIC, B. ; SEPUT, M. ; VUKADINOVIC, V. ; TROGLIC, V. ; TEKLIĆ, J. 1989. Response of maize hybrids to plant density. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 3. Artículo No. 1658.
- BERTRAND, M. ; TARDIEU, F. ; FLEURY, A. 1990. Variability in the number of rows in maize ears. Maize Abstracts. Vol. 6, No. 6. Artículo No. 3431.
- BURTON, G.W. 1983. Utilization of hybrid vigor. In Crop breeding. Ed. by D.R. Wood. Madison, Wisconsin, U.S.A, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. p. 89-107.
- EMEKLIER, H. ; KUN, E. 1989. Possibility of growing grain and silage maize as irrigated second crops and determination of their feeding value in central Anatolia. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 3. Artículo No. 1614.
- EWEIDA, M. ; DAWLA, N. ; FAYED, M. ; SHAIN, M. 1989. Effect of plant density and irrigation at different soil moisture levels on maize yield and its components. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 5. Artículo No. 3129.
- FAO. 1984. Guía Técnica Sobre la Tecnología de la Semilla del Maíz. Roma, Italia, impreso en Roma. 172 p.
- FAO. 1989. Anuario de producción. Roma, Italia, impreso en Roma. V 42. 350 p.
- FLUIERASU, U. ; DRAGHICIOIU, V. 1990. Studies on the influence of sowing rate on the chemical composition of maize plants. Maize Abstracts. Vol. 6, No. 6. Artículo No. 3452.

- GAMBOA, D. ; PEREZ, F. ; AREVALO, G. 1992. Effect of population density on four subtropical maize hybrids. Maize Abstracts. Vol. 8, No. 2. Artículo No. 687.
- HALLAUER, A.R. ; RUSELL, W.A. ; LAMKEY, K.R. 1988. Corn breeding. In Corn and corn improvement. Ed. by G.F. Sprague and J.W. Dudley. 3 ed. American Society of Agronomy. Wisconsin, U.S.A. p. 469-554.
- HRUSKA, L. ; DOSTALEK, R. 1989. Effect of organization of maize stands on the quality and biological value of seed materia. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 5. Artículo No. 2873.
- HUSSAINI, S. ; SARADA, P. 1989. Determination of planting ratio for double cross hybrid seed production of maize. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 4. Artículo No. 219.
- JUGENHEIMER, R. W. 1988. Maíz variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Trad. por Rodolfo Piña García. 3 ed. México, D.F. Editorial Limusa. 841 p.
- LEONARD, D. 1981. Cultivos Tradicionales. Ed. por Marilyn Chakroff y Nancy Dybus. Trad. por Elizabeth J. Carico. 541 p.
- LUNA, I. 1989. Efecto de densidad de siembra y métodos de emasculación en la producción de semilla de tres híbridos comerciales de maíz (Zea mays L.). Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana. 55 p.
- MANNINO, M. ; TANO, F. 1988. The effects of row width and sowing density on yield of maize grains. Maize Abstracts. Vol. 4, No. 6. Artículo No. 2376.
- OGUNLELA, V. ; AMORUWA, G. ; OLOGUNDE, O. 1989. Growth, yield components and micronutrient nutrition of yield grown maize (Zea mays) as affected by nitrogen fertilization and plant density. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 6. Artículo No. 3755.
- POHELMAN, J.M. 1979. Breeding field crops. 2 ed. Westport, Connecticut, U.S.A. The AVI Publishing Company, INC. 473 p.
- RUZSANY, L. 1989. Main results of the maize production research conducted at the crop production. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 2. Artículo No. 621.

- SANABRIA, O. 1991. Análisis de Mercado de Semilla Mejorada en Honduras. El Zamorano, Honduras. Publicación interna de la Escuela Agrícola Panamericana. 93 p.
- SPRAGUE, G.F. ; EBERHART, S.A. 1977. Corn breeding. In Corn and corn improvement. Ed. by G.F. Sprague. Wisconsin, U.S.A. American Society of Agronomy. p. 305-354.
- TOMOROGA, P. ; CHIMISLIU, C. ; PLOAE, V. ; MIHAILESC, I. ; CONSTANTIN, V. ; CONSTANTIN, D. 1989. Contributions to establishing some technological elements in maize cultivation under irrigation in Dobrogea. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 3. Articulo No. 1831.
- TOTIO-KAGHO, P. ; GARDNER, F. 1989. Responses of maize to population density. Reproductive development, yield, and yield Adjustments. Maize Abstracts. Vol. 5, No. 4. Articulo No. 2531.
- WANG, C. ; TSAO, S. ; LIV, D. 1988. The effect of population density on the accumulation of dry matter in maize. Maize Abstracts. Vol. 4, No. 6. Articulo No. 3194.
- WICH, R.D. 1988. Production of hybrid seed corn. In Corn and corn improvement. Ed. by G.F. Sprague and J.W. Dudley. 3 ed. Wisconsin, U.S.A. American Society of Agronomy. p. 565-605.
- ZUBER, M.S. ; DARRACH, L.L. 1987. Genetics and seed corn production. In Corn chemistry and technology. Ed. by S.A. Watson y P.E. Ramstad. Minnessota, U.S.A. American Association of Cereal Chemists Inc. p. 31-47.