

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



SELECCION DE GENOTIPOS TOLERANTES A DENSIDADES  
ALTAS DE SIEMBRA EN MAIZ (*Zea mays* L.)  
— COMPARACION DE METODOLOGIAS —

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO  
ORIENTACION FITOTECNIA  
P R E S E N T A :  
ADRIANA FRUCHIER VELA

GUADALAJARA, JAL.

1981.



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

COMITE PARTICULAR

DIRECTOR: *Ing. Salvador Mena Munguía*

ASESOR: *Ing. M. C. Manuel Oyerwides García*

ASESOR: *Ing. M. C. Salvador Hurtado de la Peña.*

*Con inmenso cariño*

*A mis Padres*

*A mi Hermana*

*A Alfredo.*

*Mi sincero Agradecimiento:*

*A la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara.*

*Al Ingeniero M. C. Mario Abel García Vázquez.*

*A los ingenieros Martha Georgina Heredia Acosta y Salvador Mena  
Munguía.*

*A cada uno de mis compañeros del grupo EMMA.*

## CONTENIDO

Pág.

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	2
III.	HIPOTESIS	3
IV.	REVISION DE LITERATURA	4
	4.1 Unificación de divergencias ambientales	4
	4.2 Concepto de rendimiento de grano, por planta y por área	5
	4.3 Efectos de la densidad de población sobre las plantas de maíz	6
	4.3.1 Competencia	7
	4.3.2 Humedad y nutrientes del suelo	8
	4.3.3 Captación de la luz solar	9
	4.4 Características de las plantas de maíz tolerantes a la alta densidad de población	10
	4.4.1 Ideotipos	11
	4.5 Utilización del gene braquítico-2	12
V.	MATERIALES Y METODOS	14
	5.1 Origen y características del material genético	14
	5.2 Localización del experimento y prácticas de cultivo.	14
	5.3 Desarrollo del experimento	18
	5.4 Metodologías de selección	22
	5.4.1 Normal	22
	5.4.2 Alta densidad	24
	5.4.3 Alternante	24
	5.4.4 Unificación de divergencias ambientales -- (UDA)	27
	5.5 Aplicación de UDA en la selección de otros caracteres	29

5.5.1	<i>Resistencia a la sequía</i>	29
5.5.2	<i>Resistencia a plagas y enfermedades</i>	31
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION	34
VII.	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	42
VIII.	RESUMEN	44
IX.	BIBLIOGRAFIA	45
X.	APENDICE	48

## LISTA DE CUADROS

		Pág.
CUADRO	1. DIAS A FLORACION, ALTURA DE PLANTA Y MAZORCA Y PORCIENTO DE ACAME DE LAS VARIEDADES SEMBRADAS A UNA-DENSIDAD DE 50 000 PLANTAS POR HECTAREA.	20
CUADRO	2. DIAS A FLORACION, ALTURA DE PLANTA Y MAZORCA Y PORCIENTO DE ACAME DE LAS VARIEDADES SEMBRADAS A UNA - DENSIDAD DE 100 000 PLANTAS POR HECTAREA.	21
CUADRO	3. ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE LAS VARIE-DADES CONSIDERADAS. LAS AGUJAS, ZAPOPAN. 1979.	35
CUADRO	4. RENDIMIENTO DE GRANO DE LAS VARIEDADES A DOS DENSI-DADES DE POBLACION Y RENDIMIENTO MEDIO. LAS AGUJAS, ZAPOPAN. 1979.	36
CUADRO	5. RENDIMIENTO DE LOS SINTETICOS EXPRESADO COMO PORCEN-TAJE DEL RENDIMIENTO DEL SINTETICO TESTIGO A DENSI-DAD DE SIEMBRA NORMAL (50 000 pl/ha).	38
CUADRO	6. RENDIMIENTO DE LOS SINTETICOS EXPRESADO COMO PORCEN-TAJE DEL RENDIMIENTO DEL SINTETICO TESTIGO A ALTA - DENSIDAD DE SIEMBRA (100 000 pl/ha).	39
CUADRO	7. NUMERO DE FAMILIAS POR CICLO DE SELECCION PARA LAS-DIFERENTES TECNICAS.	40
CUADRO	1A. DATOS DE ALTURAS DE PLANTA Y MAZORCA Y PORCENTAJE - DE ACAME DE 150 FAMILIAS DEL COMPUESTO 301 br <sub>2</sub> SE--LECCION CUATERA.	49
CUADRO	2A. PRECIPITACION, TEMPERATURA DE JUNIO A NOVIEMBRE EN ZAPOPAN, JAL. (1942-1964).	53

CUADRO 3A. PRECIPITACION Y TEMPERATURA DE DICIEMBRE A  
MAYO EN LA HUERTA, JAL. (1958-1972).



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. OBTENCION DEL COMPUESTO 301 $b_{n_2}$ SELECCION CUATERA	15
FIGURA 2. LOCALIZACION DE LOS MUNICIPIOS DE LA HUERTA Y ZAPO <u>PAN</u> EN EL ESTADO DE JALISCO	16
FIGURA 3. ESQUEMA DEL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO	19
FIGURA 4. METODOLOGIA NORMAL	23
FIGURA 5. METODOLOGIA ALTA DENSIDAD	25
FIGURA 6. METODOLOGIA ALTERNANTE	26
FIGURA 7. METODLOGIA UDA	28
FIGURA 8. UDA PARA RESISTENCIA A SEQUIA	30
FIGURA 9. UDA PARA RESISTENCIA A PLAGAS Y ENFERMEDADES	32

## I. INTRODUCCION

Uno de los problemas más serios que afronta la humanidad es el de su rápido crecimiento y por lo tanto la necesidad de incrementar la producción de alimentos con el fin de satisfacer sus necesidades alimenticias. Este problema se agudiza en los países en desarrollo, los cuales se estima duplicarán su población antes del año 2000; por lo que se requerirá producir, por lo menos, el doble de los alimentos que actualmente producen. Durante décadas pasadas, estos países pudieron elevar su producción de cereales, sin embargo, parte de este incremento fue posible gracias al cultivo de una mayor superficie. Por otra parte, es improbable disponer indefinidamente de mayores extensiones de terreno, por lo que se vuelve indispensable un uso más intenso de la tierra cultivable y mayores rendimientos por unidad de área.

Los programas de investigación agrícola persiguen como principal objetivo aumentar los rendimientos de grano en el caso del maíz, observando dos tendencias: aumentar el rendimiento individual e incrementando la densidad de población. En la actualidad se encuentran en el mercado híbridos de maíz con un gran potencial de producción en condiciones favorables (labores culturales, fertilización, humedad, etc.), pero presentan serios problemas al aumentar considerablemente la densidad de siembra.

La principal desventaja que se presenta en las poblaciones de maíz sometidas a una excesiva densidad de siembra es la falta de capacidad de las plantas para producir grano. Esto origina un rendimiento individual pobre y en ocasiones nulo, por lo cual el aumento de la producción mediante un incremento en la población se ve limitado al nivel de densidad en el cual la reducción del rendimiento individual queda superado por un mayor número de plantas.

En el presente trabajo se expone una metodología a seguir para tratar de reunir en una misma planta un buen rendimiento y tolerancia a la alta densidad de población, es decir, conjuntar los conceptos de rendimiento por planta y por área.

## II. OBJETIVOS

El presente estudio tiene como finalidad describir y comparar las ventajas y desventajas de tres técnicas de derivación de líneas para seleccionar genotipos tolerantes a la alta densidad de población.

Por otra parte, se presentan metodologías para la selección de resistencia a sequía, plagas y enfermedades mediante el método de unificación de divergencias ambientales (UDA).



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

### III. HIPÓTESIS

La hipótesis de trabajo del presente estudio es la siguiente:

"La técnica más eficiente para reunir las características de tolerancia a la alta densidad y rendimiento de grano, es aquella en la que se pueden tener en un mismo lugar y en el mismo ciclo plantas sembradas a alta densidad y otras a densidad normal o baja".

Como se puede observar en la hipótesis, el objeto de tener en un mismo lugar y ciclo las plantas bajo las dos condiciones de selección es para -- evitar pérdida de individuos rendidores pero que no se manifiestan en alta -- densidad, o, resistentes al "stress" de alta densidad pero que no se manifiestan en condiciones normales de número de plantas.

Por otra parte, de las tres técnicas que se presentan para tolerancia a la alta densidad (unificación de divergencias ambientales LDA-, alter-- nante y alta densidad), LDA es la que posee la ventaja mencionada en la hipótesis, de tal forma que será la mejor comparada con las otras dos y aún con la de selección en condiciones normales de población.

#### IV. REVISIÓN DE LITERATURA

El rendimiento de las plantas depende en gran parte de su capacidad para aprovechar mejor el agua, la energía solar, las sustancias nutritivas, y en general, las condiciones del medio ambiente. Las condiciones ambientales influyen en la expresión del fenotipo modificando o limitando el potencial genotípico de las plantas de tal forma que la reacción de las variedades de maíz a la alta densidad de población puede ser considerada como una interacción entre el genotipo y las condiciones ambientales que prevalecen en las plantaciones densas y que influyen en el crecimiento de las plantas, tales como la humedad y fertilidad del suelo y el sombreado producido por los individuos vecinos (Stinson y Moss, 1960).

##### 4.1 Unificación de divergencias ambientales

Durante el proceso de mejoramiento, el efecto ambiental puede controlarse para crear condiciones de presión que permitan identificar ciertos genotipos para su selección. Así mismo, esta presión puede limitar la expresión de otras características, y se corre el riesgo de reducir sus frecuencias o al menos limitar su selección. Al extremar una condición ambiental -- por varias generaciones consecutivas se corre el peligro de seleccionar solamente para adaptabilidad, lo cual no implica necesariamente mayor rendimiento cuando la presión ambiental adversa se relaja (Poey, 1978).

Una de las metodologías que se han utilizado para tratar de agrupar características de rendimiento y adaptabilidad a condiciones desfavorables -- consiste en alternar generaciones de selección en ambientes adversos y óptimos. Sin embargo, esto puede ocasionar pérdida de genes que únicamente se manifiestan en uno de estos dos ambientes. Con la finalidad de eliminar estas limitantes en la selección de genotipos rendidores y tolerantes a la alta densidad de siembra, Poey y García (1976) proponen la aplicación de un sistema que permite la selección y recombinación simultánea de plantas escogidas en dos ambientes. Este sistema denominado unificación de divergencias ambientales (UDA) puede aplicarse en el mejoramiento del maíz bajo dos am-

bientes divergentes: baja y alta densidad de población. El ambiente de baja densidad y condiciones óptimas de fertilización y humedad pretende favorecer la manifestación de genes que contribuyen al rendimiento en forma directa, y el de alta densidad pretende provocar presiones por competencia de luz, nutrientes y humedad que favorezcan la expresión de genes de adaptación a condiciones ambientales limitantes.

Esta metodología puede aplicarse tanto en la derivación de líneas por endogamia lenta como en los programas de selección en familias de hermanos completos o de medios hermanos, pudiendo ser adaptada también a sistemas de selección masal estratificada. El sistema UDA puede adaptarse para incluir otros ambientes limitantes tales como: deficiencia de humedad, baja fertilización, infestación artificial de plagas y enfermedades, etc.

Actualmente en el Programa de Maíz del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) de Guatemala se está aplicando la metodología UDA en la formación tanto de líneas puras por endogamia lenta, como en las familias de medios hermanos y hermanos completos. Para ello se utilizan surcos de 11 metros de largo, sembrándose 7 metros a 33 centímetros entre plantas y 4 metros a 12.5 centímetros (Poey, 1978).

#### 4.2 Concepto de rendimiento de grano, por planta y por área

Conforme se aumentan las densidades de población, la producción por planta tiende a disminuir. Un mayor número de plantas por unidad de superficie puede contribuir a incrementar los niveles de producción solo si la reducción del rendimiento por planta es proporcionalmente menor que el aumento de plantas por unidad de superficie (Johnson, 1976).

La eficiencia de la producción, ya sean por planta o por unidad de superficie, puede ser medida en formas muy variadas mediante índices que generalmente relacionan el rendimiento de grano con otros factores de

la producción. El índice de cosecha (peso seco de grano/peso seco total) presenta una buena asociación con el rendimiento de grano por superficie. La densidad de población es uno de los factores ambientales controlables de mayor importancia para la elaboración e interpretación de índices de producción (Poey, 1978).

El concepto de "stress" puede explicarse considerándolo bajo dos aspectos: rendimiento por planta y rendimiento por unidad de área. Una planta de maíz ha estado a algún tipo de "stress" cuando su rendimiento de grano es menor del potencial máximo del genotipo. Considerando el rendimiento por unidad de área, la condición de "stress" es un factor limitante cuando el genotipo no desarrolla el rendimiento de grano máximo por unidad de superficie (Russell y Teich, 1965).

Mediante el análisis de datos de experimentos en que se probaron varios niveles de densidad de siembra en maíz, se encontró que existe una relación lineal entre el logaritmo del rendimiento medio por planta y la densidad de población, proponiéndose la siguiente fórmula para calcular la densidad de población ( $P_{max}$ ) con la cual se obtendría el máximo rendimiento por acre, bajo las condiciones del experimento en estudio (Duncan, 1958):

$$P_{max} = \frac{P_1 - P_2}{2.303 \log y_1/y_2}$$

En donde ( $P_1$ ) y ( $P_2$ ) representan dos densidades diferenciales de población; y ( $y_1$ ) y ( $y_2$ ) son los rendimientos medios por planta correspondientes.

#### 4.3 Efectos de la densidad de población sobre las plantas de maíz

La presión por competencia de luz, agua y nutrientes a que se ven

sometidas las plantas sembradas a alta densidad de población ocasiona algunas modificaciones en la estructura y fisiología de las mismas. El elevar la densidad de población da como resultado un aumento en la altura de planta y de mazorca, una disminución en la longitud y el diámetro de mazorca y una menor profundidad del grano; pero tiene poco efecto en el porcentaje de desgrane -- (El-Lankay y Rusell, 1971). Esto indica que los pesos de grano y olote disminuyen proporcionalmente a medida que el tamaño de mazorca se reduce debido a una alta densidad. Al incrementar la densidad de población la humedad de mazorca y grano a la cosecha también se incrementa (Rutger y Crowder, 1967).

El elevado porcentaje de acame que se presenta e plantaciones densas puede ser explicado por el aumento de altura de mazorca y la reducción -- en el diámetro del tallo (Norden, 1966).

La densidad de siembra influye en forma directa en los rendimientos y valores nutrientes del maíz. A medida que se aumenta la densidad el tamaño de mazorca disminuye llegando en casos extremos a no producirse (Poey, 1978). Esta condición limitante generalmente da como resultado un alargamiento en el intervalo entre la antesis y la emisión de estigmas (Buren et al., 1974); por lo que se considera que el elevado número de plantas "horras" que se presentan en cultivos de maíz sometidos a altas densidades, es originado por la falta de emergencia de estigmas durante el período de dispersión del polen más bien que por la no formación de órganos florales (Sass y Loeffel, 1959). La madurez tardía, alto contenido de humedad y el color verde oscuro de estas plantas sin mazorca pueden dar la impresión de un mayor vigor y supuestamente más alto rendimiento que el de las plantas que producen grano (Moss, 1962).

#### 4.3.1 Competencia

Muchos de los criterios utilizados para incrementar los rendimientos se basan en el mejoramiento de una planta como unidad y esto puede tener poca relación con el potencial de rendimiento de las plantas como comunidad. Dentro de un cultivo cada planta soporta una intensa competencia por parte de las plantas vecinas con una reducción variable en el rendimiento con respecto a la planta aislada; por lo que la capacidad del genotipo para rendir --



bien dentro de la comunidad puede ser analizada mediante dos conceptos: el rendimiento por planta en ausencia de competencia y la respuesta a la densidad entre plantas de genotipo semejante (Donald, 1968).

Los esquemas convencionales de selección emplean el aislamiento de las plantas superiores en poblaciones heterogéneas; sin embargo, bajo altas densidades de población este procedimiento generalmente da como resultado la selección de genotipos que son los mejores competidores (plantas altas con sistemas radical y foliar "agresivos"), pero que no son necesariamente los mejor adaptados a las condiciones de alta densidad en condiciones homogéneas o sea, de monocultivo (Mock y Pearce, 1975).

El decremento en el rendimiento individual a medida que se incrementa la población se debe sin duda al abastecimiento de luz, agua y nutrientes que cada planta se ve forzada a compartir con las demás plantas competidoras (Duncan, 1958).

#### 4.3.2 Humedad y nutrientes del suelo

La humedad requerida por un cultivo varía con la densidad. La planta de maíz requiere 370 kilogramos de agua por cada kilogramo de materia seca producida incluyendo el grano. La escasez de humedad durante el crecimiento de la planta ocasiona reducción del área foliar y también afecta el desarrollo de las mazorcas produciendo menos estigmas funcionales (Poey, 1978).

Es difícil identificar cuantitativamente los factores del suelo que afectan el crecimiento de las plantas. Los suelos en su medio ambiente natural varían grandemente con respecto a su productividad de maíz. Los elementos que comunmente se han relacionado con los rendimientos de maíz son el nitrógeno, fósforo y potasio disponibles a la planta (Sprague, 1977).

Extensas investigaciones han mostrado que es posible desarrollar híbridos que se adapten a diferentes niveles de fertilidad del suelo y de densidad de siembra. De cualquier modo, éstos deben ser también superiores en su resistencia al acame, a la sequía, a la infecundidad, etc., (Jugenheimer, 1976).

### 4.3.3 Captación de la luz solar

Cuando los nutrientes y la humedad del suelo no son factores limitantes, la cantidad de radiación solar interceptada por el follaje es determinante en el crecimiento de un cultivo durante la etapa vegetativa (Williams et al., 1968).

En función de la energía solar disponible, la densidad de población óptima puede definirse como aquella en la que al momento de la floración toda la energía lumínica disponible es utilizada por las plantas, a la vez que todas las hojas permanecen funcionales. Esto puede medirse prácticamente mediante el Índice de Área Foliar (IAF) (la relación de superficie total de las hojas sobre la unidad de superficie del suelo) que varía de acuerdo a la densidad de población y a la arquitectura de las plantas (Poey, 1978). Los rendimientos se incrementan a medida que aumenta el IAF hasta alcanzar valores de 3 a 4. Los IAF mayores de 4 reducen grandemente la profundidad de penetración de la luz dentro del dosel de hojas (Hoyt y Bradfield, 1962 y Eik et al., 1966; citados por Hicks y Stucker en 1972).

Debido a la amplia variación del área foliar por planta para híbridos y prácticas de manejo diferentes, se sugiere que el comportamiento de las variedades se compare a IAF constante en lugar de hacerlo a una densidad de población dada. En áreas altamente tecnificadas una densidad de población de 50,000 plantas de maíz por hectárea corresponde a un IAF de 3.5 aproximadamente (Brown et al., 1970; citados por Sprague en 1977).

En estudios realizados mediante sombreado artificial utilizando híbridos de maíz tolerantes y sensibles a la alta densidad de siembra, se encontró que la reducción en el rendimiento de los híbridos tolerantes fue mucho menos drástica que en los sensibles cuando ambos grupos se cultivaron a la sombra, por lo que es aparente que la respuesta diferencial de las variedades a la alta densidad es debida, al menos en parte, a una respuesta diferencial al sombreado. Así mismo se observó que la incapacidad de los materiales menos competitivos para producir mazorca debido a problemas que se presentan en la emisión de estigmas contribuyó mayormente a la reducción del rendimiento que-

el decremento en el peso de mazorca. La altura de planta se incrementó en ambos grupos de híbridos al ser sometidos a la sombra (Moss y Stinson, 1961).

Estudiando el efecto de seis niveles de sombra artificial y diferentes densidades de siembra sobre la producción de materia seca, contenido de azúcar, ácido cítrico y nitratos, y la actividad de la nitrato reductasa en dos híbridos de maíz, uno tolerante y otro susceptible a la alta densidad de población, se llegó a las siguientes conclusiones (Hageman et al., 1961 y Knipmeyer et al., 1962; citados por Earley et al. en 1966):

- La actividad de la nitrato reductasa se reduce proporcionalmente a la reducción en la intensidad de luz. El nivel de actividad de esta enzima es más alto en un híbrido tolerante que en uno susceptible a todos los niveles de luz.
- El decremento en el peso seco y en la acumulación de nitratos en las plantas cultivadas bajo sombra artificial o por competencia indican que la luz es un factor limitante de gran importancia en la reducción de rendimiento por planta cuando la densidad de población se incrementa.

#### 4.4 Características de las plantas de maíz tolerantes a la alta densidad de población

Para establecer la relación de doce características agronómicas con respecto al rendimiento en maíz, El-Lakany y Russell (1971) evaluaron un grupo de líneas a baja, intermedia y alta densidad de siembra. A baja densidad de población solo la altura de planta y de mazorca presentaron correlación altamente significativa con el rendimiento; a densidad intermedia, además de las dos características citadas, se encontró correlación para diámetro de mazorca y porcentaje de desgrene; por otro lado, a alta densidad todas las características excepto el peso de 300 granos estuvieron correlacionadas significativamente con el rendimiento. Las características estudiadas, además de las ya mencionadas, fueron: número de mazorcas por planta, longitud de mazorca, profundidad de grano, número de granos por planta, fecha de floración masculina y femenina y el intervalo entre ambas floraciones. De todas estas ca--

racterísticas la que tuvo mayor influencia sobre el rendimiento fue el número de mazorcas por planta (prolificidad).

La ventaja que presentan las líneas de maíz con dos mazorcas no es -- la producción de segundas mazorcas en las combinaciones híbridas, sino la resistencia a la "infecundidad" que exhiben a más altos niveles de población -- (Russell, 1968).

Con el fin de determinar la influencia de algunas características fisiológicas y morfológicas sobre la incapacidad de las plantas de maíz para -- producir mazorca (plantas horras), que es el factor que limita mayormente el rendimiento de grano a altas densidades, Buren et al. (1974) cultivaron maíz a una densidad de población de 98,000 plantas por hectárea. Los resultados de los análisis de correlación y regresión múltiple indicaron que los genotipos-tolerantes se caracterizan por una rápida terminación de la emisión de estigmas, coincidencia en la dispersión del polen y la aparición de los estigmas, -- rápido desarrollo de la primera mazorca, prolificidad, tamaño reducido de espiga y eficiente producción de grano por unidad de área foliar; por lo que -- proponen la selección de "ideotipos" que reúnan estas características para de sarrollar materiales tolerantes a la densidad y altamente rendidores.

#### 4.4.1 Ideotipos

Donald (1968) define el concepto de "ideotipo" como aquellas plantas que poseen características modelo que se sabe influyen en la fotosíntesis, -- crecimiento y producción de grano, y por lo tanto son capaces de hacer una demanda mínima de recursos por unidad de materia seca producida.

Por otra parte, Mock y Pearce (1975) mencionan que el "ideotipo" de maíz es aquél que pueda utilizar al máximo un medio ambiente óptimo de producción. Tal medio ambiente incluye:

- humedad adecuada
- temperatura favorable
- fertilidad adecuada

- alta densidad de población
- espaciamiento reducido entre surcos
- fechas de siembra tempranas

Así mismo señalan que para que el "ideotipo" de maíz produzca al máximo en el medio ambiente descrito debe presentar las siguientes características:

- hojas rígidas y verticales arriba de la mazorca y hojas horizontales por debajo de ésta.
- eficiencia fotosintética máxima
- eficiente conversión de fotosintatos en grano.
- intervalo corto entre la dispersión del polen y la emergencia de estigmas
- prolificidad.
- espiga pequeña
- período de llenado de grano tan largo como sea posible prácticamente
- envejecimiento lento de las hojas

Reducir la altura de la planta de maíz es de gran importancia para lograr una arquitectura ideal, ya que ésta es la limitación más obvia para poder incrementar los niveles de densidad de siembra (Johnson, 1976).

#### 4.5 Utilización del gene braquítico-2

La excesiva altura de planta y mazorca en los maíces comunes constituyen una limitación para la obtención de mayores rendimientos, principalmente por su susceptibilidad al acame e ineficiencia en altas densidades de población. Una alternativa para reducir la altura de la planta de maíz es la utilización del gene braquítico-2 ( $br_2$ ), que es un mutante recesivo que induce enanismo y cuyo efecto característico es provocar un acortamiento drástico en los entrenudos debajo de la mazorca, que generalmente se asocia a un aumento en el ancho de las hojas y una tendencia a demorar la madurez de la planta. La altura total en plantas típicas  $br_2$  es inferior a un metro encontrándose -

la mazorca a menos de 50 centímetros del suelo. Por otro lado, en las poblaciones existen mecanismos modificadores con efectos cuantitativos que pueden ser seleccionados para contrarrestar los efectos drásticos del mutante (Poey, 1974)

Anderson y Chow (1962) al transferir el gene  $br_2$  a líneas de maíz normales observaron cambios en el comportamiento de las cruzas simples, tales como:

- que la altura de planta y mazorca de los híbridos  $br_2$  estuvieron correlacionadas positivamente con las alturas de sus contrapartes normales.
- las hojas fueron más anchas, de color verde oscuro y de mayor --longevidad en los materiales  $br_2$
- menos hileras por mazorca y más granos por hilera coincidieron -- con la presencia del gene  $br_2$
- la conversión a  $br_2$  demoró la producción de polen y estigmas
- las plantas  $br_2$  mostraron una mayor resistencia al acame de tallo

Trabajando con un híbrido doble  $br_2$  a densidades de población de -- 12,000 a 32,000 plantas por acre, Pendelton y Seif (1961) observaron que al graficar el rendimiento contra la densidad de población se tuvieron curvas -- similares a las obtenidas con maíces normales. En general los rendimientos -- de este híbrido no se elevaron por encima de los rendimientos de híbridos -- normales por el incremento en la densidad de población. Por lo que Bolaños -- et al., (1974) han sugerido como criterio para aumentar rendimientos a altas -- densidades someter poblaciones de planta baja y  $br_2$  a presión de selección -- a alta densidad ya sea en el proceso de formación de líneas puras para desa -- rrollar híbridos, o en la selección masal y de familias de materiales de li -- bre polinización.

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Origen y características del material genético

El material utilizado en el presente trabajo experimental fue el compuesto 301 br<sub>2</sub> selección cuatera, proporcionado al Banco de Germoplasma de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Los trabajos efectuados para obtener este material fueron realizados por el Dr. Mario Castro Gil, en los Campos Experimentales del CIMMYT en Roque, Guanajuato (Martín del Campo, 1977). La manera inicial como se desarrolló este compuesto se muestra en la Figura 1. La selección cuatera del compuesto 301 br<sub>2</sub> quedó formada por plantas de altura intermedia con dos mazorcas bien desarrolladas.

El material genético (150 familias) sobre el que se practicó la selección presentaba una altura media de planta y mazorca de 1.24 m. y 0.66 m., respectivamente; con un promedio en el porcentaje de acame de 12.3. En cuanto a días a flor, el promedio fue de 70 días para la floración masculina y de 74 días para la femenina.

Algunas de las principales características no deseables inherentes al material son: el ancho excesivo de las hojas, mala cobertura de la mazorca y abertura del olote entre las hileras de grano; presentándose gran variabilidad entre las familias por lo que se prestó especial cuidado para tratar de eliminarlas.

Los datos recabados en cuanto a las características de altura de planta y mazorca y porcentaje de acame de dichas familias pueden observarse en las tablas que se presentan en el Cuadro 1 del apéndice.

### 5.2 Localización del experimento y prácticas de cultivo

El trabajo de campo se llevó a cabo durante cuatro ciclos agrícolas en localidades de los municipios de La Huerta y Zapopan, ambos en el Estado de Jalisco (Ver Figura 2).

(Puebla Gpo I) x (Tuxpeno br<sub>2</sub>)

x

(Puebla Gpo I) #



Tallo Cuadrado



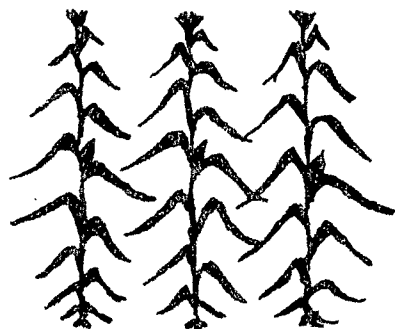
x

F<sub>1</sub>

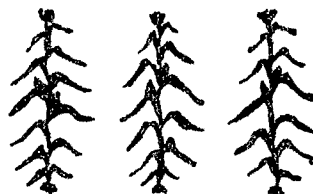


F<sub>2</sub>

Plantas como Puebla Gpo I



Selección Cuatera



Selección Super Enana



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

FIGURA 1 OBTENCIÓN DEL COMPUESTO 301 br<sub>2</sub> SELECCIÓN CUATERA





ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

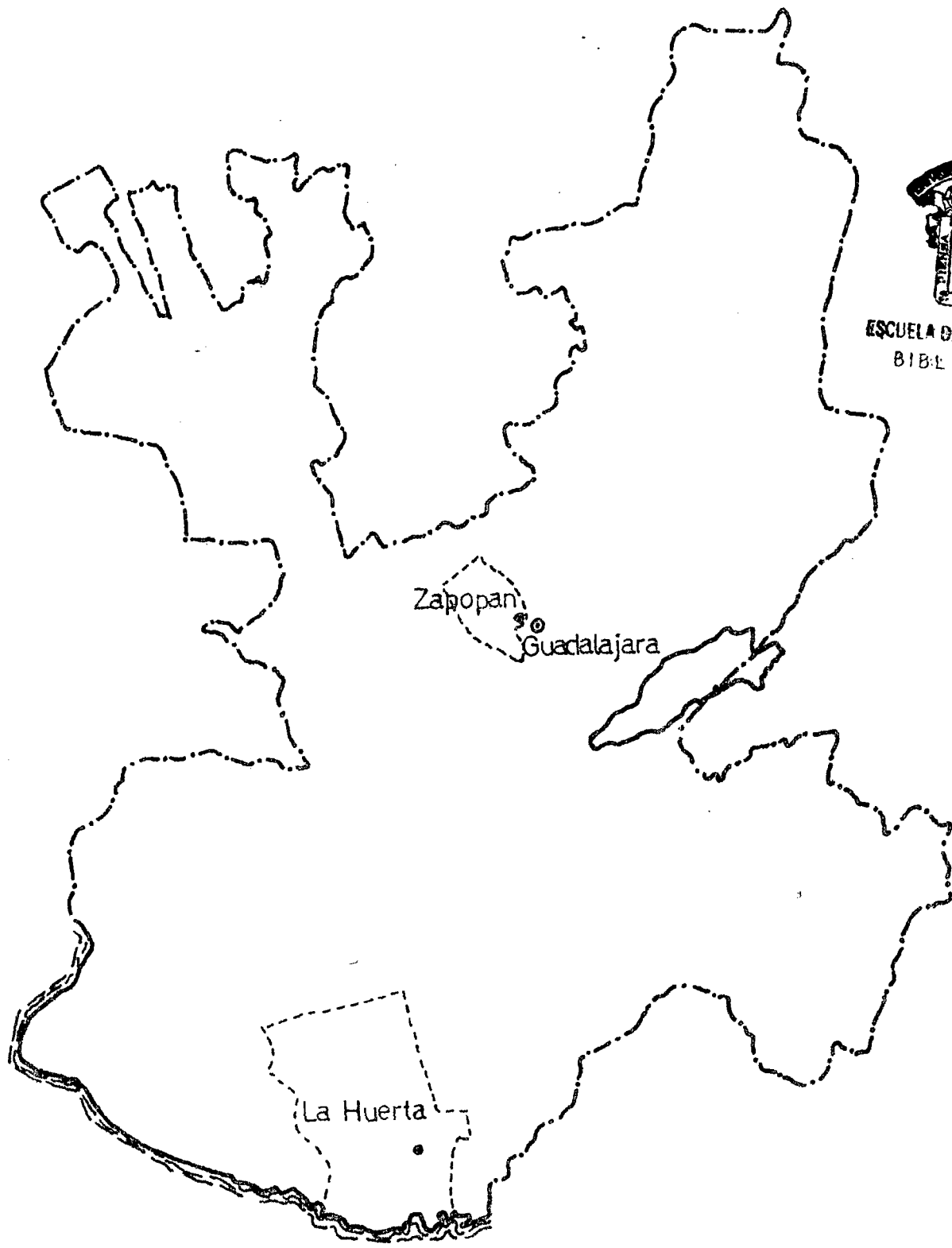


FIGURA 2 LOCALIZACION DE LOS MUNICIPIOS DE LA HUERTA Y  
ZAPOPAN EN EL ESTADO DE JALISCO

- La Huerta se encuentra en la zona de la costa de Jalisco a una altitud de 500 metros sobre el nivel del mar, con una latitud de  $19^{\circ} 28'$  norte y  $104^{\circ} 38'$  de longitud oeste.
- Zapopan tiene una altura sobre el nivel del mar de 1,700 metros y latitud y longitud de  $20^{\circ} 43'$  norte y  $103^{\circ} 23'$  oeste, respectivamente.

En los Cuadros 2 y 3 del apéndice se muestran algunos datos climatológicos para las meses de cultivo en dichas regiones. La secuencia de lugar y tiempo en que se establecieron los experimentos es la siguiente:

LOCALIDAD EXPERIMENTAL	CICLO	FECHA DE SIEMBRA
La Huerta	Invierno	5/Enero/1977
Los Belenes, Zapopan	Temporal	18/Junio/1977
La Huerta	Invierno	14/Enero/1978
Las Agujas, Zapopan	Temporal	24/Junio/1978

Como preparación del suelo se dió, en las cuatro ocasiones, un barbecho y un paso de rastra. El espaciamiento entre surcos fué de 80 centímetros teniendo éstos diferente longitud dependiendo de la técnica aplicada.

Para la siembra se marcaron lazos a la distancia conveniente para obtener las densidades de población deseadas; ésta se hizo manualmente utilizando dos semillas por golpe para asegurar la nacencia. Posteriormente se dejó únicamente el número de plantas requerido.

La fórmula de fertilización utilizada fué la 160-60-00, aplicándose un medio del nitrógeno y todo el fósforo a la siembra y la otra mitad del nitrógeno en la primera escarda. Mezclado con el fertilizante se aplicó el insecticida para prevenir daño de plagas del suelo.

Se utilizó Gesaprím Combi como herbicida preemergente en una dosis de dos kilogramos por hectárea. En los ciclos de temporal de 1977 y 1978 hubo necesidad de hacer un ligero deshierbe a mano.

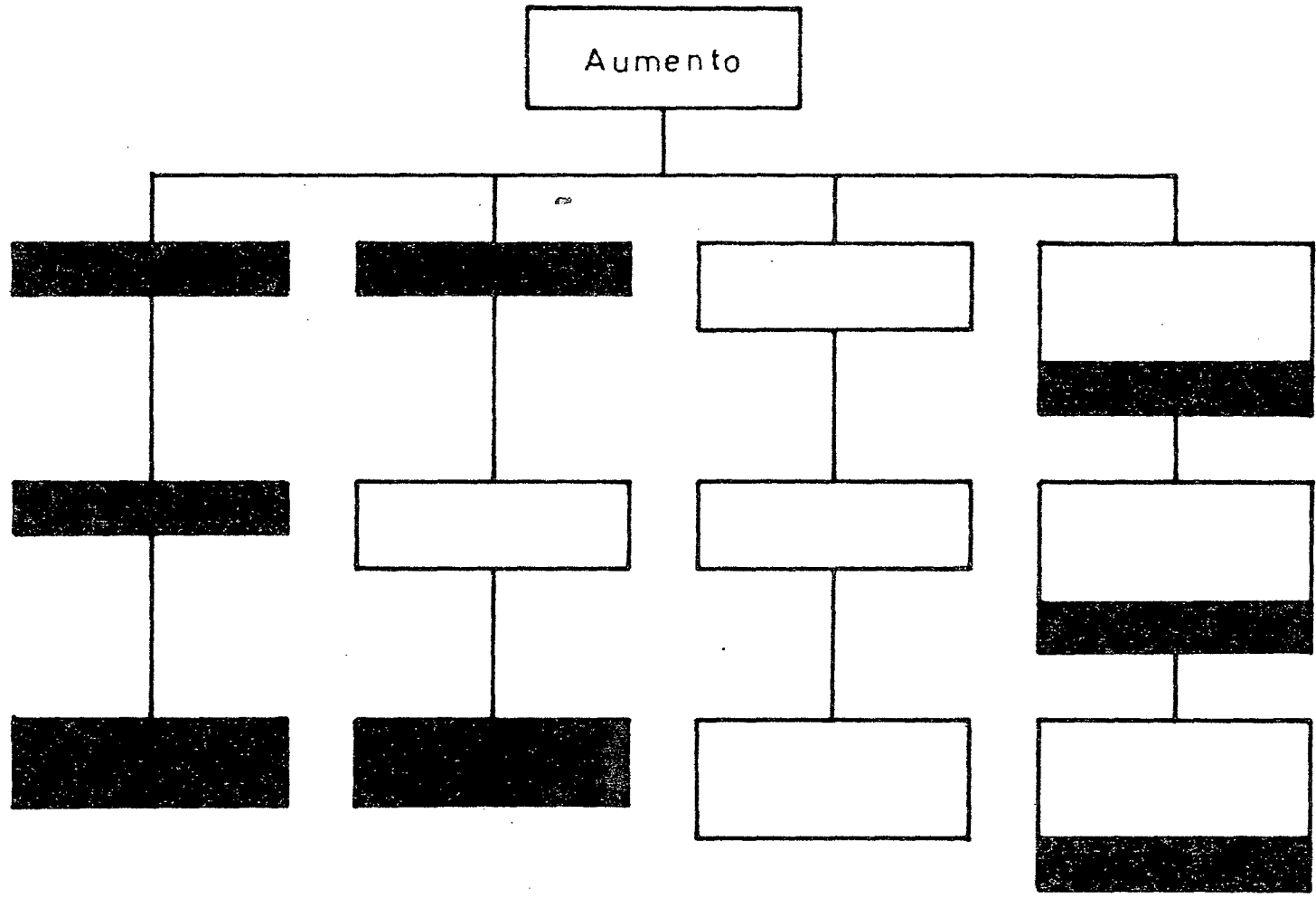
La plaga que se presentó con más incidencia fue el "gusano cogollero" (Spodoptera frugiperda) que se controló con Dipterex al 2.5% granulado, aplicado en forma de salero. En el verano de 1978 las espigas se vieron bastante infestadas de "frailecillo" (Maerodactylus sp.), el cual se combatió con Sevín 80 PH no llegando a afectar la polinización.

### 5.3 Desarrollo del experimento

En el ciclo de invierno 1976-1977, se sembró un lote para aumentar el material con el fin de obtener la semilla necesaria para empezar a trabajar con cada uno de las técnicas. Dicho aumento se hizo mediante cruzas fraternales y a la cosecha se seleccionaron las mazorcas de plantas sanas y de altura media que no presentaran problemas en su cobertura. De esta manera se obtuvieron 150 mazorcas con las cuales se constituyeron las 150 familias iniciales para la selección de tolerancia a la alta densidad por medio de las siguientes metodologías: normal (testigo), alta densidad, alternante y unificación de divergencias ambientales (UDA); las cuales se explican posteriormente en forma detallada (Ver Figura 3).

En el ciclo primavera-verano 1979 se sembró en terrenos de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara una evaluación preliminar con el fin de probar cuatro sintéticos formados a partir de las cinco mejores líneas de cada una de las técnicas, dos cruzas simples entre líneas seleccionadas: (UDA 131-1-2 x Alter 73-2-4) y (UDA 131-1-2 x Alta Dens 120-1-2) y dos cruzas triples formadas por líneas con un ciclo de selección y ETO: -- (52-1 x 54-2) x ETO y (54-2 x 68-1) x ETO. Además se incluyeron como testigos los híbridos comerciales B-57 y B-49 (NK y Cía), H-309 (Pronase) y A-793 (Asgrow).

Debido a problemas con la germinación de algunos de estos materiales y a la presencia de malas hierbas al principio del ciclo, se cosecharon únicamente 10 plantas con competencia completa en los surcos sembrados a densidad normal (50,000 plantas/hectárea) y 20 plantas en los de alta densidad (100,000 plantas/hectárea).

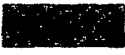


Alta Densidad

Alternante

Normal

UDA

 Alta densidad (100,000 pl/Ha)

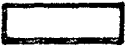
 Baja densidad (37,878 pl/Ha)

FIGURA 3 ESQUEMA DEL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA



CUADRO 1. DIAS A FLORACION, ALTURA DE PLANTA Y MAZORCA Y PORCIENTO DE ACAME DE -  
LAS VARIETADES SEMBRADAS A UNA DENSIDAD DE 50,000 PLANTAS POR HECTAREA

VARIEDAD	DIAS A FLOR		ALTURA (CM.)		% ACAME
	♂	♀	PLANTA	MAZORCA	
SINTETICO UDA	85	89	114.0	58.5	4.75
SINTETICO NORMAL	86	88	100.0	25.0	12.50
SINTETICO ALTERNANTE	86	90	94.0	32.5	10.20
(UDA 131-1-2XALTER 73-2-4)	81	85	118.0	54.0	15.70
[52 1 X 54-2) X ETO]	84	86	154.5	70.0	16.00
[54-2 X 68-1) X ETO]	85	89	158.0	71.0	17.70
B-57	87	91	181.0	84.0	7.30
B-49	86	89	144.0	77.5	11.25
H-309	84	88	181.5	101.5	8.35
A-793	89	92	219.5	122.5	6.65



CUADRO 2. DIAS A FLORACION, ALTURA DE PLANTA Y MAZORCA Y PORCIENTO DE ACAME DE LAS VARIETADES SEMBRADAS A UNA DENSIDAD DE 100 000 PLANTAS POR HECTAREA.

VARIEDAD	DIAS A FLOR		ALTURA (cm)		% ACAME
	♂	♀	PLANTA	MAZORCA	
<i>Sintético UDA</i>	85	90	121.5	63.0	7.15
<i>Sintético Normal</i>	86	90	107.5	42.5	8.10
<i>Sintético Alternante</i>	86	90	107.5	36.0	11.65
( UDA 131 - 1 - 2 x Alter 73-2-4 )	82	87	119.0	48.5	29.25
[ ( 52-1 x 54-2 ) x ETO ]	84	86	176.5	94.0	7.25
[ ( 54-2 x 68-1 ) x ETO ]	87	91	171.0	90.0	5.65
B - 57	89	94	187.5	87.5	0.00
B - 49	85	87	156.0	79.0	11.00
H - 309	85	89	181.0	91.0	7.15
A - 793	90	96	218.0	127.5	7.35

Los datos obtenidos de días a floración, alturas de planta y mazorca y porcentaje de acame de las variedades que presentaron el número de plantas requerido en las dos densidades de población, se muestran en los Cuadros 1 y 2.

#### 5.4 Metodologías de selección

##### 5.4.1 Normal

Esta metodología se incluyó en el trabajo con el fin de que sirviera como testigo. Para ello se utilizaron surcos por mazorca de 5 metros de longitud para derivar líneas por endogamia lenta, la cual consiste en llevar a las líneas a la homocigosis en mayor número de ciclos utilizando la polinización en hermanos completos o medios hermanos en vez de autofecundar. Esto da una mayor oportunidad de seleccionar caracteres que son manifestados mediante el vigor.

La separación entre plantas fue de 33 centímetros para obtener una densidad de siembra de 37,878 plantas por hectárea. La polinización se controló llevando a cabo cruces "planta a planta" o de hermanos completos dentro de cada surco. Las plantas progenitoras se marcaron debidamente para su identificación.

Para la elección de las plantas que actuaron como hembras y machos se tomó en cuenta que tuvieran competencia completa. En cuanto a las características de la planta en sí, se consideró su altura, resistencia al acame, sanidad y orientación y ancho de las hojas. Así mismo, se eligieron mazorcas sanas, con buena cobertura y que no presentaran aberturas del olote entre las hileras de granos. A la floración se eliminaron las familias que no reunían las características de sanidad y altura deseadas, practicándose también selección a la cosecha entre las familias y dentro de ellas considerando los atributos tanto del progenitor femenino como del masculino.

En el tercer ciclo de aplicación se sembraron surcos de 7 metros de longitud con el fin de dejar 2 metros sin "jilotear" para observar su producción a la cosecha y contar con un criterio más de selección.

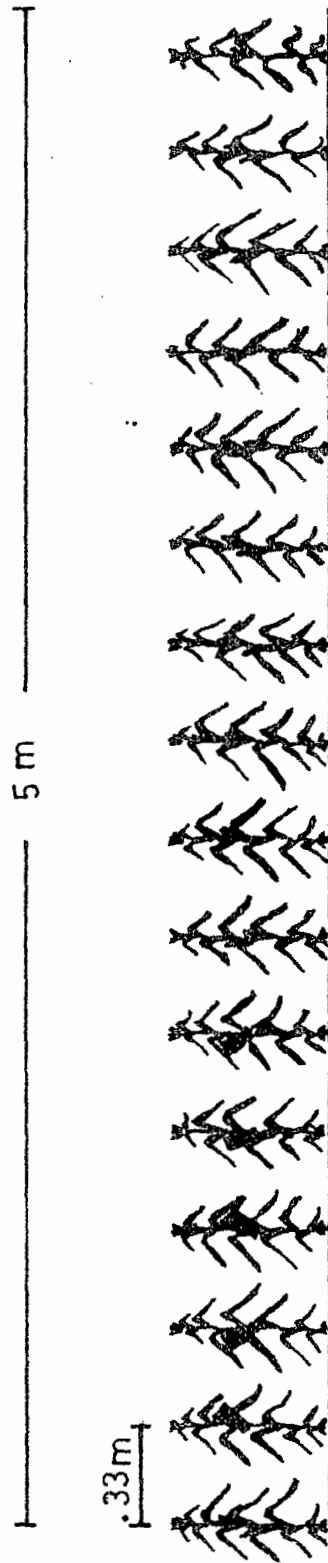


FIGURA 4 METODOLOGIA NORMAL



#### 5.4.2 Alta densidad

Esta metodología consistió en sembrar las familias durante los tres ciclos de selección en surcos de 3 metros de largo con separación entre plantas de 12.5 centímetros lo que dio una densidad de población de 100,000 plantas por hectárea.

De la misma manera que en la técnica anteriormente descrita se seleccionaron los progenitores teniendo especial cuidado en la competencia uniforme y procurando que el macho elegido presentara jilote al momento de efectuar la crusa "planta a planta". Se practicó selección entre y dentro de familias a la floración y a la cosecha.

En el último ciclo de selección se sembraron surcos por mazorcas 2 metros más largos para poder observar al momento de la cosecha las diferencias de rendimiento entre las familias.

#### 5.4.3 Alternante

El material sujeto a selección para tolerancia a la alta densidad mediante este sistema se sembró un ciclo a alta densidad de población, otro a baja y uno más a alta.

En el primer ciclo se utilizaron surcos de 3 metros de largo, sembrados a la densidad de 100,000 plantas por hectárea. En el ciclo siguiente los surcos fueron de 5 metros con separación entre plantas de 33 centímetros, esto es, una densidad de población de 37,878 plantas por hectárea. En el último ciclo se sembraron surcos de 5 metros por familia a una densidad de 100,000 plantas por hectárea con el fin de dejar 2 metros para observaciones de rendimiento a la cosecha.

La selección de plantas y mazorcas a la floración y al tiempo de la cosecha se hizo de acuerdo a lo descrito en las dos metodologías anteriores. Las polinizaciones se llevaron a cabo también mediante cruas fraternales "planta a planta".

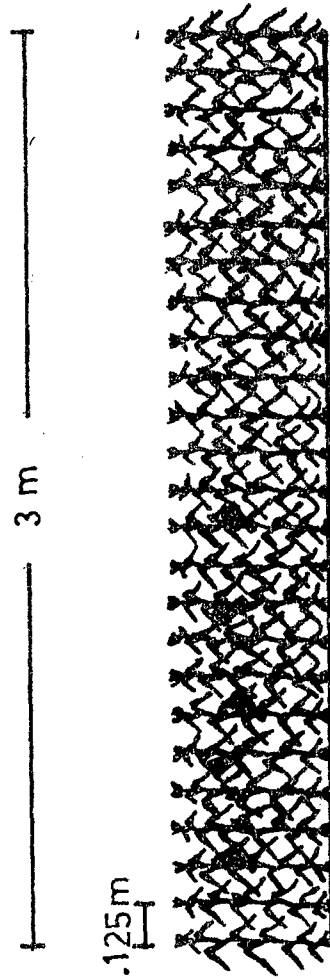
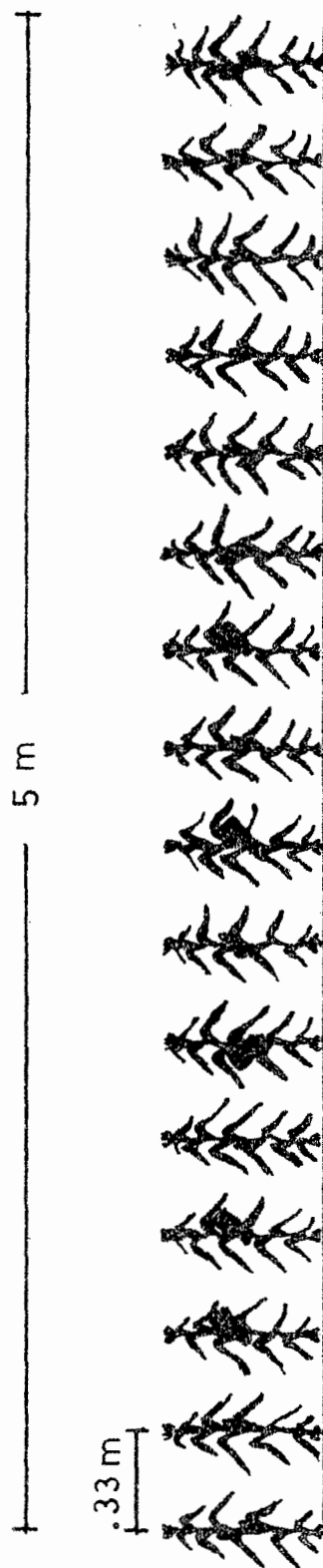
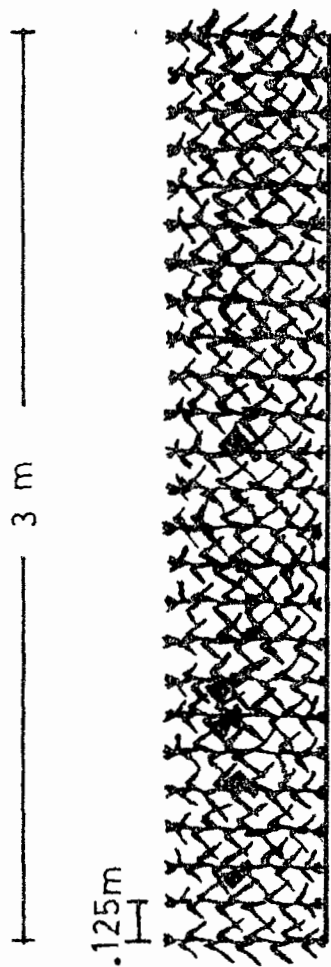


FIGURA 5 METODOLOGIA ALTA DENSIDAD



#### 5.4.4 Unificación de divergencias ambientales (UDA)

Esta metodología fue propuesta por Poey y García en 1976, quienes -- la describen como sigue:

"Cada línea o familia se siembra en surcos individuales donde la mitad de las plantas se distribuyen a baja densidad y la otra mitad a alta densidad. Al momento de la floración se seleccionan las mejores plantas en cada ambiente y se cruzan entre sí, marcando debidamente la fuente del polen. Al momento de la cosecha, se vuelve a hacer selección en base a la mazorca considerando tanto la planta polinizada como la que contribuyó con el polen. Los cruzamientos se pueden realizar en forma recíproca entre plantas de los dos ambientes. Lo importante es seleccionar plantas con competencia uniforme, sobre todo en el ambiente de alta densidad y marcar la fuente de polen para practicar la segunda presión de selección en base a las características de la planta y mazorca de ambos progenitores. El número de plantas que se debe sembrar así como la presión de selección que se pretende practicar al momento de la floración y de la cosecha dependerá de la disponibilidad de recursos de semilla en cada caso particular".

En 1978 Poey agrega lo siguiente:

"Al seleccionar las plantas en el momento de la floración en la sección de alta densidad, se les da prioridad a aquellas que demuestren coincidencia en la emisión del polen y pistilos por considerar esta característica como un parámetro de eficiencia fisiológica de la planta. A las plantas de la sección de alta densidad no se les cubren los jilotes, ya que estas plantas sólo contribuirán con el polen al realizarse los cruzamientos con las plantas sembradas a baja densidad. Con este recurso se obtiene mayor cantidad de semilla que si se hiciera el cruzamiento en forma recíproca, y además permite añadir un criterio de selección adicional a nivel de familia mediante la evaluación de la producción de esas plantas a la hora de la cosecha. Esto se logra cosechándose las mazorcas de las plantas de la alta densidad, agrupándolas en la cabecera de cada surco. Aún sin necesidad de pesar esta producción, se logra hacer una calificación visual que permite identificar claramente las



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

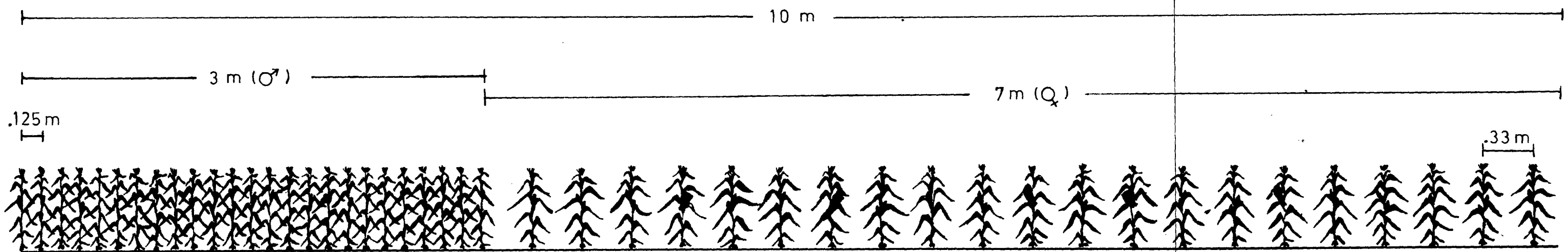


FIGURA 7

METODOLOGIA UDA

líneas o familias con mejor potencial de producción bajo esas condiciones. Debe recordarse, que al no estar cubiertos los jilotes, la polinización resultante es comparable a condiciones normales de campo".

Para las condiciones de este trabajo se utilizaron surcos por mazorca de 10 metros de largo, 3 de los cuales se sembraron a alta densidad de población (100,000 plantas por hectárea) y de éstos se seleccionaron las plantas que actuaron exclusivamente como machos ya que esta parte no se jiloteo. En los 7 metros restantes las plantas tuvieron una separación de 33 centímetros una de otra, y entre ellas se eligieron las que se usaron como hembras.

Al tiempo de la floración se escogieron los progenitores tomando en cuenta las características mencionadas anteriormente y ambos se marcaron en forma conveniente.

Durante los tres ciclos que se seleccionaron las familias mediante este sistema, se pusieron al pie de cada surco las mazorcas cosechadas de los 3 metros de mayor densidad para conocer el potencial de rendimiento de las diferentes líneas al someterse a esta condición limitante.

## 5.5 Aplicación de UDA en la selección de otros caracteres

En el capítulo de Revisión de Literatura se mencionó que la metodología UDA puede ser utilizada para seleccionar genotipos resistentes a otras condiciones limitantes diferentes a la alta densidad de siembra. En esta parte del trabajo se ilustra una forma práctica para aplicarla en la selección de líneas resistentes a la falta de humedad y al ataque de plagas y enfermedades que a la vez tengan buen rendimiento.

### 5.5.1 Resistencia a la sequía

Para aplicar la metodología UDA en la derivación por endogamia lenta de líneas resistentes a la sequía pueden emplearse dos bloques con el número de surcos correspondientes al número de familias que se desee someter a este tipo de selección. La longitud de los surcos puede ser de 5 metros, por lo

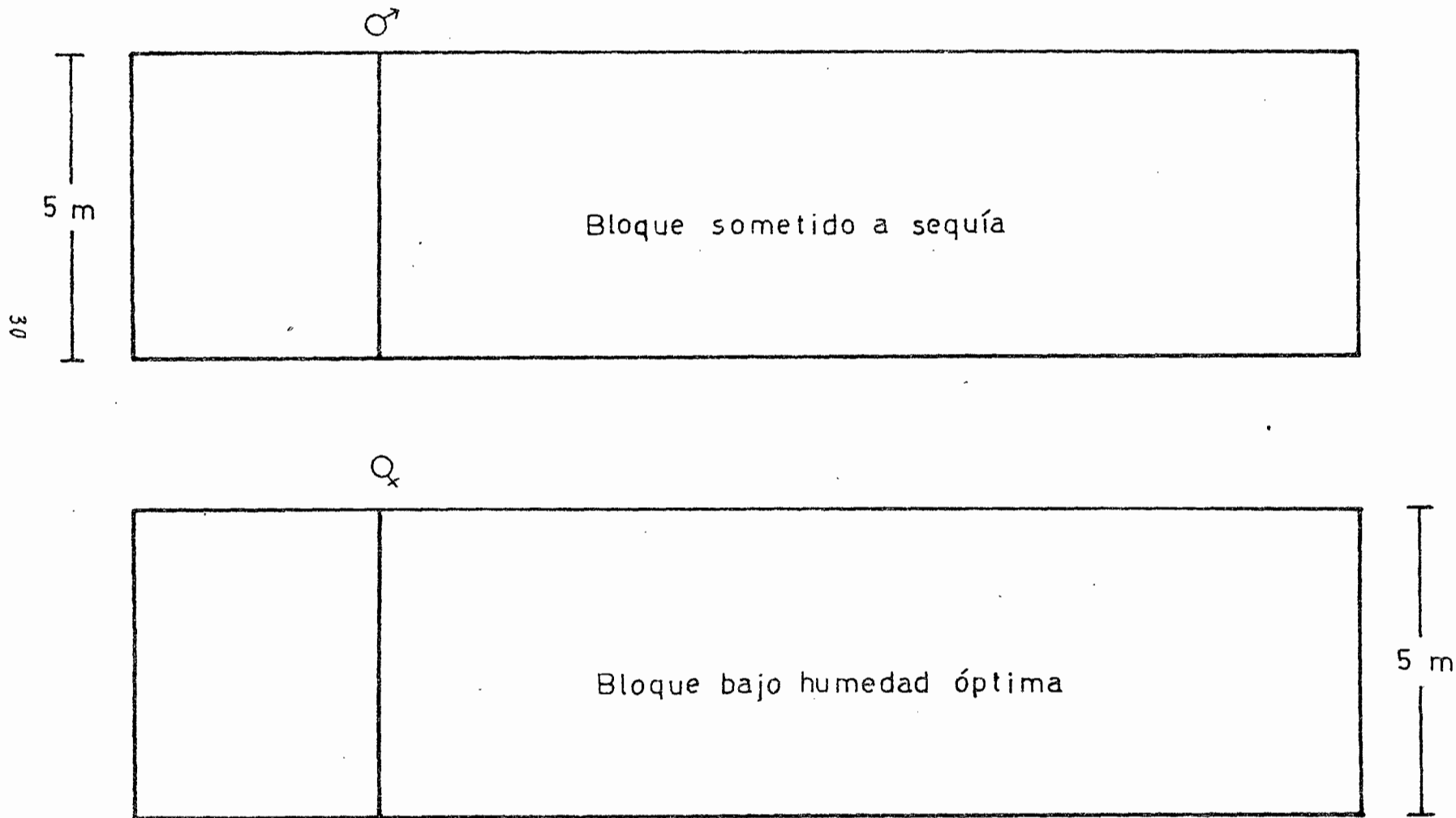


FIGURA 8

UDA PARA RESISTENCIA A SEQUIA

que la semilla de las mazorcas seleccionadas debe ser suficiente para sembrar 10 metros a una densidad de población normal.

Esta modalidad de la metodología UDA requiere desarrollarse en el ciclo de invierno en un lugar en donde no se presenten lluvias en este tiempo - para poder regular el suministro de agua a cada uno de los bloques. Uno de -- los bloques debe ser sometido a una drástica limitación de agua, mientras que el otro debe conservarse en condiciones óptimas de humedad. De esta manera ca da familia se ve expuesta a dos condiciones contrastantes.

Los progenitores masculinos serán elegidos entre las plantas sometidas a sequía y los femeninos entre las que se encuentran con humedad adecuada con el fin de lograr una mejor producción de semilla, además de que las mazorcas de las plantas localizadas en los surcos que proporcionan el polen pueden cosecharse para observar las diferencias en rendimiento de las familias cuando se limita la humedad y utilizar esto como un criterio más de selección.

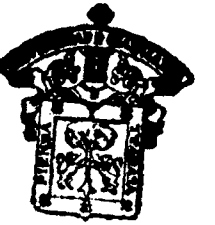
La presión de selección entre y dentro de las familias deberá aplicarse al tiempo de la floración y de la cosecha y puede variar dependiendo de las necesidades particulares de cada experimento.

#### 5.5.2 Resistencia a plagas y enfermedades

Para emplear la metodología UDA en la selección de resistencia a plagas y enfermedades pueden utilizarse surcos por mazorcas de 10 metros de largo, 5 de los cuales se tratan con insecticida o se inoculan, según el caso, y los otros 5 metros se dejan en condiciones naturales.

Cuando se trata de seleccionar líneas resistentes al ataque de insectos, las plantas que contribuirán con el polen serán las mejores, dentro de las familias menos dañadas, sembradas en los 5 metros en los cuales no se aplica insecticida y la producción de esta parte de los surcos puede compararse a la cosecha. Al seleccionar las hembras se eligen las mejores plantas de la porción del surco tratada con insecticida, dentro de las familias menos atacadas. Se marcan los progenitores para observar el estado de ambos a la cosecha.





ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

sin insecticida

con insecticida

sin insecticida

Plagas

con insecticida

sin insecticida

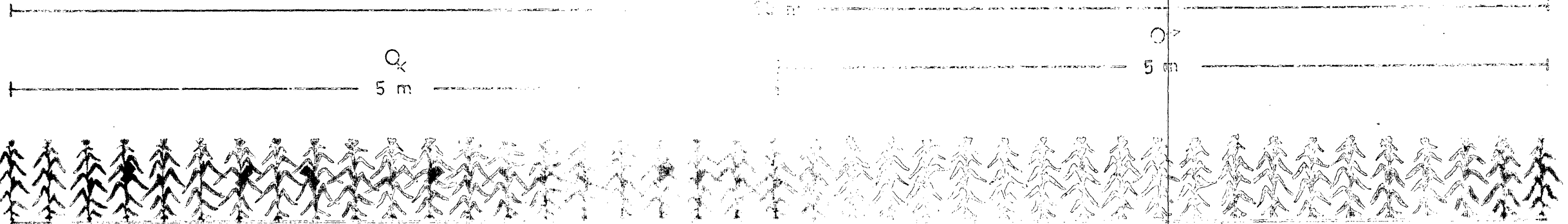


FIGURA 9

EFECTOS DE LA APLICACION DE INSECTICIDAS A PLAGAS Y ENFERMEDADES

Si el insecticida se aplica mediante aspersión debe hacerse cuando no haya viento y poner especial cuidado para rociar únicamente las plantas -- que corresponde.

Si se desea derivar líneas resistentes a alguna enfermedad por este método, las plantas de 5 de los 10 metros que se siembran por familia se inoculan con las esporas o bacterias causantes de la enfermedad y las plantas -- restantes se dejan libres del inóculo.

Al tiempo de la floración se seleccionan las mejores plantas dentro de las familias que presenten menos infección y se cruzan. En este caso actúan como progenitores masculinos las mejores plantas de la parte del surco -- en donde se hizo la inoculación y como hembras las mejores plantas de la porción no inoculada por considerarse de gran importancia la producción de semilla sana para ciclos posteriores. Los progenitores deben de marcarse en forma conveniente para su identificación al momento de la cosecha. La selección debe practicarse tanto a la floración como a la cosecha eligiendo las familias más resistentes y dentro de ellas las mejores plantas. A la cosecha puede hacerse la comparación de la producción de mazorcas de la parte inoculada entre las familias seleccionadas.

La longitud de los surcos en la aplicación de esta metodología para seleccionar resistencia a algún factor adverso, que aquí se sugiere sea de 10 metros, queda condicionada a la disponibilidad de semilla y terreno de cada -- experimento en particular.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 3 se hizo en base al rendimiento de las variedades consideradas dentro de la evaluación preliminar y corresponde al de un arreglo en parcelas divididas, con tratamien-tos distribuidos en un diseño completamente al azar, siendo las parcelas gran-des las variedades y las subparcelas las dos densidades probadas.

De acuerdo al análisis estadístico no hubo diferencia significativa para variedades ni para la interacción variedad x densidad, mientras que la diferencia para densidades fue altamente significativa.

La media de rendimiento de las variedades sembradas a densidad nor-mal fue de 3,451 kilogramos por hectárea de grano al 15% de humedad, mientras que estas mismas variedades sometidas a alta densidad tuvieron un rendimiento medio de 5,640 kilogramos de grano por hectárea en condiciones semejantes de humedad; por lo que al elevarse la densidad de población de 50,000 a 100,000 plantas por hectárea, la producción de grano se incrementó en promedio 2,189 kilogramos por hectárea, es decir, el 63.43%.

La media de rendimiento de grano de las variedades en cada una de -- las densidades y la calculada como promedio de su producción en ambas densida-des se presentan en el Cuadro 4.

Aún cuando las medias de rendimiento de las variedades muestran di-ferencias notorias entre sí, éstas no resultaron significativas en el análi-sis estadístico debido probablemente al reducido número de repeticiones, además de que se asignaron a parcelas grandes en donde la precisión del diseño -- es menor. Al no ser significativa tampoco la interacción variedad x densidad se deduce que las variedades reaccionaron de manera similar al cambio de densidad, es decir, que todas elevaron su rendimiento al incrementarse la densidad de siembra. Para densidades sí se tuvo una diferencia altamente significati-va, lo que indica que la densidad de población influyó estadísticamente en el rendimiento obtenido; sin embargo, es posible que esto se deba en parte a las condiciones de la evaluación.

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE LAS VARIEDADES CONSIDERADAS LAS AGUJAS, ZAPOPAN.  
1979.

F. V.	GL.	SC.	CM.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Variedad	6	1.053	0.1755	1.272	3.87	7.19
Error (a)	7	0.966	0.138			
Total Parcela Grande	13	2.019				
Densidad	1	2.500	2.500	166.6**	5.9	12.25
Variedad x Densidad	6	0.1115	0.0186	1.24	3.87	7.19
Error (b)	7	0.1054	0.0150			
Total Sub-Parcela	14	2.7169				
T O T A L	27	4.7359				

CUADRO 4. RENDIMIENTO DE GRANO DE LAS VARIEDADES A DOS DENSIDADES DE POBLACION Y RENDIMIENTO MEDIO. LAS AGUJAS, ZAPOPAN. 1979.

VARIEDAD	RENDIMIENTO (Kg / ha)		Medio
	50 000 pl/ha	100 000 pl/ha	
A-793	5 590	8 660	7 125
B-57	5 210	8 780	6 995
H-309	5 410 <sup>+</sup>	7 105 <sup>+</sup>	6 257
UDA 131-1-2 x Alter 73-2-4	4 245	8 190	6 217
(54-2 x 68-1) x ETO	4 900	6 715	5 807
B-49	4 380 <sup>+</sup>	6 480	5 430
(52-1 x 54-2) x ETO	4 050	6 670	5 360
Sintético UDA	3 630	6 550	5 090
Sintético Alternante	2 720	5 700	4 210
Sintético Normal	2 845 <sup>+</sup>	4 315	3 580

<sup>+</sup> Datos de una repetición.

A pesar de que estadísticamente el rendimiento de los tres sintéticos que entraron en la prueba es igual, las diferencias numéricas entre ellos son considerables. Si se expresan en porcentaje tomando como 100% el rendimiento del sintético normal (testigo), quedarían de la manera como se presentan en los Cuadros 5 y 6.

Como puede observarse en dichos Cuadros, la técnica alternante y UDA tendieron, en diferentes proporciones, a seleccionar genotipos más rendidores en alta densidad de población, mientras que a densidad normal la diferencia en la eficiencia de las técnicas no fue tan notable.

Por otra parte, durante el desarrollo del trabajo no se logró mantener un número constante de familias con ninguna de las técnicas, sin embargo se observó una diferencia en la capacidad de cada una de ellas para conservar un número de líneas satisfactorio, lo cual se presenta en el Cuadro 7. Si se considera la capacidad de los técnicos para conservar un número de líneas adecuado, resulta que las menos favorecidas en este aspecto fueron la alternante y la alta densidad.

El principal problema que se presentó en los surcos sembrados a alta densidad de población fue la falta de coincidencia en el período de dispersión del polen y la emisión de estigmas. Muchas familias tuvieron que ser eliminadas ante la imposibilidad de efectuar las cruza, ya que cuando aparecían los estigmas en los jilotes las espigas se encontraban completamente secas.

Otra de las causas por las que se redujo marcadamente el número de familias al estar sembradas todas las plantas del surco a alta densidad fue la reducida producción, tamaño y poder de germinación del grano de las mazorcas de plantas sometidas a esta condición en comparación a los granos de mazorcas cosechadas de plantas sembradas a una densidad baja. Influyó además la tendencia a presentarse mayor número de plantas acamadas en las plantaciones densas.

CUADRO 5. RENDIMIENTO DE LOS SINTETICOS EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL RENDIMIENTO DEL SINTETICO TESTIGO A DENSIDAD DE SIEMBRA NORMAL- (50 000 pl/ha).

MATERIAL	RENDIMIENTO (Kg/ha)	% CON RELACION AL TESTIGO
<i>Sintético Normal</i>	2 845	100
<i>Sintético Alternante</i>	2 720	95
<i>Sintético UDA</i>	3 630	127

CUADRO 6. RENDIMIENTO DE LOS SINTETICOS EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL RENDIMIENTO DEL SINTETICO TESTIGO A ALTA DENSIDAD DE SIEMBRA (100 000 pl/ha).

MATERIAL	RENDIMIENTO (Kg/ha)	% CON RELACION AL TESTIGO
<i>Sintético Normal</i>	4 315	100
<i>Sintético Alternante</i>	5 700	132
<i>Sintético UDA</i>	6 550	152



CUADRO 7. NUMERO DE FAMILIAS POR CICLO DE SELECCION PARA LAS DIFERENTES TECNICAS.

TECNICA	CICLO	No. DE FAMILIAS
UDA	1	150
	2	101
	3	80
Normal	1	150
	2	94
	3	76
Alternante	1	150
	2	62
	3	53
Alta Densidad	1	150
	2	62
	3	47



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

Por las razones expuestas, la selección de plantas y mazorcas en las metodologías normal y UDA pudo realizarse en una forma más eficiente que en las otras dos metodologías utilizadas.

Con respecto a la superficie de terreno y cantidad de semilla que se utilizó en la aplicación de cada una de las metodologías, es evidente que las mayores correspondieron a UDA, pero realmente esto no representa un gran problema ya que, como se mencionó en la sección 5.4.4, el número de plantas y por lo tanto la longitud del surco pueden adaptarse a las necesidades y -- disponibilidad de cada trabajo en especial.

La aplicación de la metodología UDA no permite la autofecundación de las líneas en proceso de endogamia, lo que pueden ser una seria desventaja si se considera el tiempo necesario para lograr la homocigosis; sin embargo, la endogamia lenta permite hacer una mejor selección de las características determinadas por genes cuantitativos debido a la pérdida más lenta del vigor.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

De acuerdo a las observaciones de campo realizadas y teniendo como base de apoyo la literatura consultada, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Las metodologías alternante y UDA mostraron cierta tendencia a seleccionar genotipos tolerantes a la alta densidad de población al ser comparados con la metodología testigo, observándose una mayor eficiencia en la segunda de ellas. No obstante estadísticamente no hubo diferencia entre las 3 metodologías evaluadas.
- En el desarrollo de las metodologías alternante y alta densidad se presentaron problemas para llevar a cabo las polinizaciones y la producción de semilla fue deficiente en comparación con las de UDA y normal.
- La principal desventaja que presenta la metodología UDA es la imposibilidad de efectuar autofecundaciones por lo que la homocigosis debe lograrse mediante endogamia lenta.

Se sugiere llevar a cabo la evaluación del material proveniente de la selección mediante las cuatro metodologías con un número adecuado de repeticiones y tamaño de parcela, considerando cuando menos tres niveles de población diferentes. En esta prueba de rendimiento podrían incluirse los sintéticos representantes de cada metodología y las cruzas simples obtenidas de un dialéctico entre las dos mejores líneas de cada una de ellas.

Se considera conveniente continuar derivando líneas tolerantes a la alta densidad de siembra en este material, o en algún otro que presente las características adecuadas, mediante la aplicación de las cuatro metodologías descritas, cuidando de utilizar el mismo número de plantas en cada una de ellas y realizando evaluaciones a medida que se avance en la selección.

Para tener evidencias más sólidas de la superioridad de las metodologías UDA y alternante, sobre las otras dos utilizadas, se sugiere aplicarlas

a otro material genético; si es posible de diferente porte de planta y ciclo vegetativo.

Por último, la realización de trabajos de investigación para probar la eficiencia de UDA en la selección de tolerancia a diversos factores adversos podría proporcionar valiosa información.



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

## VIII. RESUMEN

La capacidad de las plantas de maíz para producir grano disminuye a medida que se incrementa la densidad de siembra, por lo que se requiere de -- una metodología eficiente para reunir en una misma planta un buen rendimiento y tolerancia a la alta densidad de población, esto es, conjuntar los conceptos de rendimiento por planta y por área.

Describir y comparar tres técnicas de derivación de líneas de maíz -- tolerantes a la alta densidad de población y presentar una metodología a se -- guir para la selección de resistencia a sequía, plagas y enfermedades, consti -- tuyen el objeto del presente estudio.

Como material genético se utilizaron 150 familias del Compuesto 301 br<sub>2</sub> (selección cuatera), a las cuales se les sometió a selección de tolerancia a la alta densidad de siembra mediante cuatro técnicas: normal (testigo) alta densidad, alternante y unificación de divergencias ambientales (UDA).

En una evaluación preliminar, considerando dos densidades diferen -- ciales de siembra, no se encontraron diferencias estadísticas para las medias de los sintéticos formados a partir de las cinco mejores líneas obtenidas por cada una de las metodologías, a pesar de que las diferencias numéricas fueron notables; por lo que se sugiere efectuar dicha prueba de rendimiento incluyen do un número adecuado de repeticiones, tamaño de parcela y cuando menos tres niveles de densidad de siembra.

Así mismo, se considera de interés la realización de trabajos de investigación para probar la eficiencia de UDA en la selección de tolerancia a diversos factores adversos.



## IX. BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, J.C. and P.N. CHOW. 1962. Phenotypes and Grain Yield Associated -- with Brachytic-2 Gene in Single - Cross Hybrids of Dent -- Corn. *Crop Sci.* 2: 111 - 113.
- BOLANOS, M.R., H. SANCHEZ y F.R. POEY. 1974. Interacción de Rendimiento de -- Grano con Fenotipos Contrastantes de Maíz a Diferentes Densi- dades de Población. VI Reunión de Maiceros de la Zona Andina Maracay, Venezuela.
- BRAUER H., O. 1969. *Fitogenética Aplicada*, 1a. ed. Ed. Limusa-Wiley, S. A. -- México. P. 27.
- BUREN, L.L., J.J. MOCK and I.C. ANDERSON. 1974. Morphological and Physiologi- cal Traits in Maize Associated with Tolerance to High Plant Density. *Crop Sci.* 14: 426-429.
- CIMMYT. 1974. *El mejoramiento del Maíz a Nivel Mundial en la Década del Seten- ta y el Papel del CIMMYT. Memoria. El Batán, México.*
- DONALD, C.M. 1968. The Breeding of Crop Ideotypes. *Euphytica.* 17: 385-403.
- DUNCAN, W.G. 1958. The Relationship Between Corn Population and Yield. *Agron. Jour.* 50: 82-84.
- EARLEY, E.B., R.J. MILLER, G.L. REICHERT, R.H. HAGEMAN and R.S. SEIF. 1966. - Effects of Shade on Maize Production Under Field Conditions. *Crop. Sci.* 6: 1-6.
- EL-LAKANY, M.A. and W.A. RUSSELL. 1971. Relationship of Maize Characters with Yield in Testcrosses of Inbreds at Different Plant Densities. *Crop. Sci.* 11: 698-701.

- HICKS, D.R. and R.E. STUCKER. 1972. Plant Density Effect on Grain Yield of --  
Corn Hybrids Diverse in Leaf Orientation. *Agron. Jour.* 64: -  
484-487.
- INIA, SAG. 1974. Datos Climatológicos de la Zona de Influencia del campo Agrí-  
cola Experimental "Costa de Jalisco" 1958-1972. CIAB.
- JOHNSON, E.C. 1976. Arquitectura de la Planta de Maíz. XXII Reunión Anual del  
PCCMCA. San José, Costa Rica.
- JUGENHEIMER, R.W. 1976. *Corn: Improvement, Seed Production and Uses*. Ed. - -  
Wiley-Interscience. USA. P. 187.
- MARTIN DEL CAMPO V., S. 1977. Formación y Evaluación de Híbridos Super-Enanos  
de Maíz (*Zea mays* L.) en Jalisco y Guanajuato. Tesis Profe-  
sional. Escuela de Agricultura. U. de G. Guadalajara, Jalis-  
co.
- MOCK, J.J. and R.B. PEARCE. 1975. An Ideotype of Maize. *Euphytica*. 24: 613- -  
623.
- MOSS, D.N. 1962. Photosynthesis and Barrenness. *Crop. Sci.* 2: 366-367.
- MOSS, D.N. and H.T. STINSON. 1961. Differential Response of Corn Hybrids to -  
Shade. *Crop Sci.* 1: 416-418.
- NORDEN, A.J. 1966. Response of Corn (*Zea mays* L.) to Population, Bed Height,  
and Genotype on Poorly Drained Sandy Soil II. Top Growth and  
Root Relationships. *Agron. Jour.* 58: 299-302.
- PENDLETON, J.W. and R.D. SEIF. 1961. Plant Population and Row Spacing Studies  
with brachytyc-2 Dwarf Corn, *Crop Sci.* 6: 433-435.
- PLAN LERMA ASISTENCIA TECNICA. 1966. Meteorología. Boletín No. 1.

- POEV, F.R. 1974. El Uso del Gene Braquítico-2 en Maíces Tropicales. XX Reu --  
nión Anual del PCCMCA. San Pedro Sula, Honduras.
- POEV, F.R. y M.A. GARCIA. 1976. Unificación de Divergencias Ambientales para  
Seleccionar Simultáneamente Genes de Adaptación y de Rendi --  
miento. XXII Reunión Anual del PCCMCA. San José, Costa Rica.
- POEV, F.R. 1978. El Mejoramiento Integral del Maíz: Valor Nutritivo y Rendi --  
miento; Hipótesis y Métodos. SARH y CP. Chapingo, México.
- RUSSELL, W.A. and A.H. TEICH. 1965. Selection in Zea mays L. by Inbred Line --  
Appearance and Testcross Performance in Low and High Plant --  
Densities. Department of Agronomy. Research Bulletin 552. --  
Ames, Iowa.
- RUSSELL, W.A. 1968. Testcrosses of One and Two-Ear Types of Corn Belt Maize --  
Inbreds. I. Performance at Four Plant Stand Densities. Crop  
Sci. 8: 244-247.
- RUTGER, J.N. and L.V. CROWDER. 1967. Effect of High Plant Density on Silage --  
and Grain Yields of Six Corn Hybrids. Crop Sci. 7: 182-184.
- SASS, E.J. and F.A. LOEFFEL. 1959. Development of Axillary Buds in Maize in --  
Relation to Barrenness. Agron. Jour. 51: 484-486.
- SPRAGUE, G.F. 1977. Corn and Corn Improvement. 2nd. ed. American Society of --  
Agronomy. Wisconsin, USA. P. 597 y 634.
- STINSON, H.T. and D.N. MOSS. 1960. Some Effects of Shade upon corn Hybrids --  
Tolerant and Intolerant of Dense Planting. Agron. Jour. 52:  
482-484.
- WILLIAMS, W.A., R.S. LOOMIS, W.G. DUNCAN, A DOVRAT and F. NUNEZ. 1968. Canopy  
Architecture at Various Population Densities and the Growth  
and Grain Yield of Corn. Crop Sci. 8: 303-308.

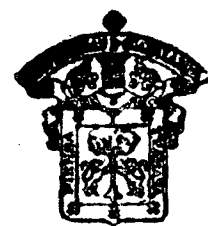


X. APENDICE

CUADRO 1 A. DATOS DE ALTURAS DE PLANTA Y MAZORCA Y PORCENTAJE DE ACAME DE -  
150 FAMILIAS DEL COMPUESTO 301 br<sub>2</sub> SELECCION CUATERA.

FAMILIA	(M) ALTURA DE PLANTA	(M) ALTURA DE MAZORCA	% ACAME
1	1.52	0.69	32.3
2	1.15	0.51	2.6
3	1.29	0.67	6.4
4	1.20	0.63	1.7
5	1.44	0.68	9.1
6	1.15	0.55	30.1
7	1.29	0.64	8.7
8	0.98	0.48	1.4
9	1.13	0.52	8.2
10	1.29	0.68	15.4
11	1.31	0.71	1.3
12	1.39	0.73	11.7
13	1.32	0.75	58.2
14	1.41	0.72	0.0
15	0.94	0.45	16.0
16	0.99	0.52	3.8
17	1.32	0.73	26.2
18	1.09	0.57	16.9
19	1.26	0.76	50.7
20	1.09	0.62	9.1
21	1.08	0.49	55.5
22	1.20	0.67	26.2
23	1.19	0.60	19.2
24	1.23	0.60	18.5
25	1.36	0.88	47.6
26	1.18	0.65	27.8
27	1.23	0.66	46.3
28	1.44	0.71	39.7
29	1.17	0.66	11.0
30	1.12	0.61	30.0
31	1.38	0.71	36.0
32	1.30	0.70	15.7
33	1.35	0.81	41.0
34	1.10	0.60	26.6
35	2.03	1.22	40.5
36	1.29	0.78	29.3
37	1.04	0.51	6.0
38	1.27	0.62	3.8
39	1.20	0.65	47.1
40	1.14	0.58	18.6
41	1.32	0.73	17.8
42	1.21	0.65	15.9
43	1.35	0.70	31.5
44	1.20	0.65	63.1

FAMILIA	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	% ACAME
45	1.09	0.58	3.7
46	1.33	0.86	56.8
47	1.28	0.74	8.5
48	1.10	0.63	2.6
49	1.13	0.59	4.0
50	1.62	0.95	12.8
51	1.00	0.42	0.0
52	1.19	0.75	8.3
53	1.28	0.68	2.5
54	1.52	0.89	4.6
55	0.99	0.49	9.1
56	1.29	0.82	40.2
57	1.09	0.65	9.5
58	1.06	0.52	6.6
59	1.07	0.48	10.2
60	1.44	0.98	5.5
61	1.12	0.65	3.6
62	1.34	0.71	0.0
63	1.13	0.58	8.9
64	1.21	0.66	21.9
65	1.42	0.79	29.9
66	1.58	0.80	11.1
67	1.13	0.71	12.3
68	1.47	0.76	17.3
69	0.99	0.45	7.8
70	0.84	0.41	12.6
71	1.42	0.83	11.0
72	1.10	0.51	2.7
73	1.14	0.49	12.3
74	1.26	0.72	5.3
75	0.92	0.49	0.0
76	1.16	0.63	2.5
77	1.32	0.64	0.0
78	1.25	0.70	0.0
79	1.20	0.62	11.3
80	1.18	0.66	1.2
81	1.17	0.63	7.7
82	1.34	0.82	2.6
83	1.41	0.68	0.0
84	0.93	0.39	8.4
85	0.87	0.45	2.5
86	1.20	0.65	5.9
87	1.14	0.60	5.3
88	1.32	0.71	2.5
89	1.48	0.80	11.2
90	1.28	0.67	9.0
91	1.38	0.78	7.8
92	1.51	0.93	3.9
93	1.02	0.54	1.2



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

FAMILIA	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	% ACAME
94	1.34	0.77	1.3
95	1.14	0.56	3.6
96	1.20	0.51	3.0
97	1.08	0.56	5.3
98	1.10	0.50	1.4
99	1.15	0.57	2.5
100	1.06	0.56	1.4
101	1.21	0.66	0.0
102	1.36	0.71	1.3
103	1.29	0.60	7.0
104	1.29	0.75	12.3
105	1.23	0.65	2.5
106	1.24	0.62	18.7
107	1.09	0.54	24.6
108	1.50	0.84	33.8
109	1.39	0.76	5.3
110	1.22	0.75	1.4
111	0.99	0.51	0.0
112	1.19	0.61	2.3
113	1.08	0.58	6.5
114	0.88	0.40	17.1
115	0.94	0.50	7.1
116	1.48	0.74	7.4
117	1.21	0.74	3.9
118	1.47	0.75	7.1
119	1.63	1.01	7.4
120	1.09	0.50	17.9
121	1.27	0.69	7.5
122	1.23	0.70	2.6
123	1.05	0.59	8.2
124	1.20	0.62	9.1
125	1.16	0.65	12.6
126	1.47	0.81	17.3
127	1.32	0.75	7.9
128	1.15	0.61	4.9
129	1.29	0.67	11.3
130	1.37	0.73	3.9
131	1.54	0.85	3.6
132	1.57	0.79	4.9
133	1.21	0.64	11.5
134	1.31	0.71	2.5
135	1.32	0.65	2.7
136	1.79	0.94	1.6
137	1.55	0.83	0.0
138	1.31	0.71	0.0
139	1.15	0.55	2.6
140	1.44	0.80	3.7
141	1.26	0.61	4.9
142	1.18	0.64	3.2

FAMILIA	ALTURA DE PLANTA	ALTURA DE MAZORCA	% ACAME
143	1.21	0.64	1.2
144	1.13	0.65	8.0
145	1.54	0.92	7.0
146	1.47	0.85	8.3
147	0.95	0.50	5.5
148	1.11	0.58	7.8
149	1.38	0.78	4.8
150	1.22	0.67	22.7
$\bar{x}$	1.24	0.66	12.3

CUADRO 2 A. PRECIPITACION Y TEMPERATURA DE JUNIO A NOVIEMBRE EN ZAPOPAN, - -  
 JAL. (1942 - 1964)

MES	PRECIPITACION (mm)	TEMPERATURA MEDIA (°C)
<i>Junio</i>	189.2	25.8
<i>Julio</i>	250.9	26.7
<i>Agosto</i>	192.6	24.0
<i>Septiembre</i>	126.2	23.1
<i>Octubre</i>	74.4	24.0
<i>Noviembre</i>	10.1	21.4

FUENTE: Plan Lerma Asistencia Técnica.

CUADRO 3 A. PRECIPITACION Y TEMPERATURA DE DICIEMBRE A MAYO EN LA HUERTA, --  
 JAL. (1958 - 1972).

MES	PRECIPITACION (mm)	TEMPERATURA MEDIA (° C)
Diciembre.	36.4	21.82
Enero	22.3	22.02
Febrero	4.6	22.02
Marzo	9.6	23.49
Abril	5.9	25.61
Mayo	2.1	26.05

FUENTE: INIA. Campo agrícola Experimental "Costa de Jalisco". CIAB.