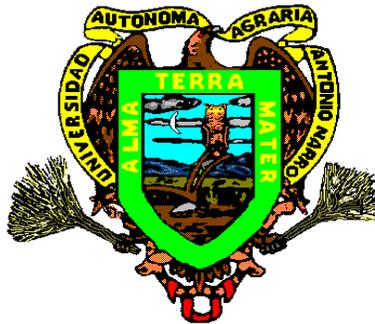


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Selección Entre Líneas S₁ Derivadas de la Población de Maíz Tropical (SA-7)
Tolerante a Suelos Acidos.

Por:

ANTONIO SANTIAGO CABRERA

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo

Especialidad Fitotecnia

Buenavista, Saltillo. Coah.

Junio, 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

SELECCIÓN ENTRE LÍNEAS S₁ DERIVADAS DE LA POBLACIÓN DE MAÍZ
TROPICAL (SA-7) TOLERANTE A SUELOS ÁCIDOS.

POR:

ANTONIO SANTIAGO CABRERA

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORIA APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO
ESPECIALIDAD FITOTECNIA.

COMITÉ PARTICULAR:

Dr. Froylán Rincón Sánchez
Asesor principal

Dr. Guillermo Castañón Nájera
Asesor

Dra. Norma A. Ruiz Torres
Asesor

M.C. José Luis Quemé de León
Asesor

Coordinador de la División de Agronomía

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 1999.

DEDICATORIA

Por su digno ejemplo de honradez, de calidad humana y sencillez, a dos personas de las cuales sin esperar nada a cambio, dan su vida por dar sus hijos un futuro mejor. Con el presente trabajo por mas modesto que sea, brindo a ellos un pequeño tributo de admiración, cariño y respeto.

Con gran amor a mis padres: Sr. Alberto Santiago Espinoza.

Sra. Guadalupe Cabrera Ambrosio (†).

Con mucho cariño a mis hermanas: Rosy, Dolores y Guadalupe.

A mis hermanos: José, Juan y Alberto, por la amistad, el respeto y el cariño que nos une.

A mis amigos (as): Pablo Martínez Hernández.

Miguel A. Rivas Rodríguez.

Plutarco Mederos Campos.

Marcelino Luciano Gerónimo.

Angel Hernández Hernández.

Gabriela Tafoya Rodríguez.

A la generación 86 de Ingenieros Agrónomos en la especialidad de Fitotecnia.

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Terra Mater por la oportunidad que me brindó para realizar mi estudio profesional.

Patentizo mi mas sincero y sentido agradecimiento al comité de asesoría de esta tesis: el Dr. Froylán Rincón Sánchez, el Dr. Guillermo Castañón Nájera, la Dra. Norma A. Ruiz Torres y el Ing. M.C. José Luis Quemé de León, por sus valiosas sugerencias, dirección y revisión de este trabajo de investigación, además de su gran amistad, comprensión y enseñanzas transmitidas.

A los trabajadores del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, particularmente a los Señores Hugo y Maximino, por su amplia colaboración durante la realización de las actividades de campo de este trabajo y además por su valiosa amistad.

Un especial reconocimiento a la Familia Fernández, por la hospitalidad y amistad brindada durante mi estancia en el Campo Experimental Cotaxtla para la realización de este trabajo de investigación.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Importancia de los suelos ácidos y su relación con el pH.	4
2.2. Conceptos sobre líneas autofecundadas o endocriadas	8
2.3. Desarrollo y obtención de líneas.....	8
2.3.1. Selección recurrente	9
2.3.2. Selección entre líneas S ₁	10
2.4. Estudios genéticos y fisiológicos para tolerancia a suelos ácidos	13
2.4.1. Estudios genéticos.....	13
2.4.2. Estudios Fisiológicos	16
2.5. Interacción genotipo ambiente.....	20
2.6. Índice de selección.....	23
2.6.1. Aspectos teóricos del índice de selección.....	23
III. MATERIALES Y METODOS	25
3.1. Material genético	25
3.2. Obtención de líneas y evaluación.....	25
3.3. Descripción de las localidades experimentales	27
3.3.1. Localidad Cotaxtla	27
3.3.2. Localidad Ignacio de la Llave.	28
3.3.3. Localidad Isla	28
3.4. Variables registradas.....	30
3.5. Diseño experimental y análisis	32
3.5.1. Análisis de varianza individual.....	32
3.5.2. Análisis combinado	33
3.5.3. Selección de líneas.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	36
4.1. Análisis de varianza individual.	36
4.2. Análisis de varianza combinado	40
4.3. Selección de líneas	43
4.3.1. Selección de líneas por localidades.....	43
4.3.2. Selección de líneas a través de ambientes	48
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. BIBLIOGRAFIA.....	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2. 1. Clasificación de los suelos en base a su pH.	7
Cuadro 3. 1. Características del experimento y manejo en las localidades de evaluación.	29
Cuadro 3. 2. Meta e intensidad de selección para seleccionar líneas S ₁ por localidades y a través de localidades.	35
Cuadro 4. 1. Cuadros medios del análisis de varianza para nueve variables de las líneas y testigos de maíz evaluadas en dos localidades del trópico, en Veracruz, México, 1998.	39
Cuadro 4. 2. Cuadros medios del análisis de varianza combinado de 130 líneas y 5 testigos de maíz evaluados en tres localidades del trópico de Veracruz, México, 1998.	42
Cuadro 4. 3.. Promedio de cada carácter estudiado en las mejores 13 líneas de acuerdo al índice de selección, CECOT, México 1997.	45
Cuadro 4. 4. Promedio de cada carácter estudiado en las mejores 11 líneas de acuerdo al índice de selección, CBTA # 36, México 1997.	46
Cuadro 4. 5. Promedio de cada carácter estudiado en las mejores 12 líneas de acuerdo al índice de selección, CEPAP, México 1997.	47
Cuadro 4. 6. Promedio de cada carácter estudiado de las mejores 16 líneas seleccionadas a través de las tres localidades, Veracruz., México 1997.	51
Cuadro 4. 7. Características agronómicas de las mejores 9 líneas elite.	52

RESUMEN

En México, el maíz es un cultivo importante debido a que es utilizado para la alimentación humana, animal y para la industria. En la zona maicera de Veracruz, el maíz es afectado en algunas regiones por problemas de acidez de los suelos. Este problema se puede solucionar a través de mejoramiento genético, por lo tanto se realizó este estudio con los objetivos de evaluar líneas S_1 en ambientes contrastantes con respecto a suelos ácidos y así identificar líneas superiores para continuar el mejoramiento genético y formar la variedad experimental. Se evaluaron 130 líneas S_1 , las cuales fueron derivadas de la población SA-7 tolerante a suelos ácidos. El material genético se obtuvo en el Campo Experimental de Cotaxtla (CECOT) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria (INIFAP), en el ciclo de otoño-invierno de 1996-1997.

La evaluación de las 130 líneas se realizó en tres localidades del estado de Veracruz: el Campo Experimental Cotaxtla, el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) #36 y el Campo Experimental Papaloapan (CEPAP), incluyendo los testigos siguientes: SA-7 original, (RC3XVANDEÑO)XSA-7, SA-6 tolerante a acidez y los híbridos H-512 y H-513, obteniendo 135 tratamientos, los cuales se evaluaron bajo un diseño alpha-lattice 9x15, con dos repeticiones por localidad, excepto la localidad del CBTA #36 donde se obtuvo información solo de una repetición. La unidad experimental estuvo constituido por un surco de 3.2 m de largo, con una densidad de 62, 500 plantas/ha. Las variables estudiadas fueron rendimiento y características agronómicas, haciéndoles análisis de varianza bajo la metodología de alpha-lattice. Para facilitar la selección de las mejores líneas se utilizó un índice de selección en el cual se especificó la meta y la intensidad para cada variable incluida.

En el análisis de varianza para la fuente localidad, se observó diferencias significativas para todas las variables, excepto sincronía de floración (ASI) que no mostró diferencias significativas; indicando que los ambientes de prueba son contrastantes lo cual permitió realizar la selección planificada. Con respecto a la fuente bloques dentro de repeticiones para cada localidad, se observaron diferencias significativas a excepción de la variable prolificidad (PRO), esto se debe que el diseño tiene la ventaja de explotar el efecto de bloques en cada repetición por ambiente de prueba. Al analizar los tratamientos, las variables mostraron diferencias significativas, indicando que por lo menos uno de ellos es diferente a los demás. También se observó una alta interacción del genotipo por el ambiente, lo cual indica que la expresión selectiva de los tratamientos cambia considerablemente por el efecto ambiental.

Se seleccionó una fracción de 29 líneas superiores, estas líneas poseen buenos atributos que se pueden explotar a través del proceso de mejoramiento. También se identificaron nueve líneas elite de buen rendimiento, buenas características agronómicas, estables y con resistencia a la acidez de los suelos; con estas últimas se formará la variedad experimental.

I. INTRODUCCION

El maíz es el tercer cultivo más importante en el mundo después de arroz y trigo y se cultiva en 130 millones de ha aproximadamente, de las cuales más del 60% se siembran en países en desarrollo. Este cultivo provee el 10% de la proteína y 69% de carbohidratos para la alimentación (Narro *et al.*, 1995).

En México, el maíz está presente en la mesa de los mexicanos, en todas las épocas del año, en todas las regiones del país y en forma tan diversas como sean sus necesidades y costumbres de la población. Por lo anterior, el maíz es el cultivo más importante en la agricultura nacional y la mayoría de los campesinos que cuentan con una porción de tierra cultivable siembra este cereal, aunque en muchos casos es para autoconsumo. Más de la tercera parte de la superficie cultivada en México es sembrada con maíz (SARH, 1994).

En el estado de Veracruz el maíz es un cultivo muy importante, pero en algunas regiones maiceras, los suelos en los que se siembra son ácidos o susceptibles de acidificarse. Esto trae como consecuencia que se presenten deficiencias de algunos elementos como el fósforo (P), bajo niveles de nitrógeno (N) y lixiviación de bases como el calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) principalmente (López *et al.*, 1992).

A pesar de los grandes logros obtenidos en el mejoramiento y productividad de maíz en las últimas décadas, los países en desarrollo se enfrentan con problemas muy serios en la producción y consecuentemente en la alimentación de las futuras generaciones. El incremento anual de la producción es menor que la demanda mundial, este déficit es mayor en países en vías de desarrollo, ocasionando con ello una mayor importación del grano para satisfacer la demanda interna de la población (Narro *et al.*, 1995).

Por otro lado, la productividad depende en gran medida de factores limitantes como el agua, suelo y en general de factores bióticos y abióticos, lo cual con el incremento de la población y la demanda de más alimento, se hace necesario utilizar suelos marginales para producir la cantidad de alimento que se demanda. Una de las principales causas de la baja fertilidad de los suelos en los trópicos es la acidez, estrechamente relacionada con pH bajos, alta saturación de aluminio y manganeso y, baja o nula disponibilidad del fósforo principalmente.

Sánchez (1977) citado por Granados *et al.*, (1993) menciona que en zonas de producción tropical, el 43% del total de la superficie susceptible al cultivo es considerado suelos ácidos, representando el 64% de Sudamérica tropical, 38% de Asia tropical, 27% de África tropical y 10% de América tropical, del Caribe y México (Mesoamérica) ocasionando que los rendimientos del cultivo se vean afectados muy severamente.

Las alternativas posibles de solución al problema de los suelos ácidos incluyen: a) alterar el ambiente a través del riego o mediante la corrección del suelo basándose en la incorporación de cal; b) domesticar especies silvestres adaptadas a estos ambientes y, c) adaptar genéticamente las especies cultivadas (Ceballos *et al.*, 1994; Betanzos *et al.*, 1996).

La primera alternativa es poco factible desde el punto de vista económico, la segunda también sería costosa, además, llevaría muchos años para lograr la domesticación de las especies silvestres y probablemente no sería de gran trascendencia, en tanto que la tercera alternativa por sus características ha cobrado mucho interés en la actualidad.

En esta investigación, se evaluó un grupo de líneas S_1 derivadas de la población SA-7, formada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en Cali, Colombia.

Objetivos:

1. Evaluar líneas de primera generación de endocria S_1 en ambientes contrastantes con respecto a suelos ácidos.
2. Identificar una fracción de líneas superiores para continuar el mejoramiento genético.
3. Seleccionar líneas elite para formar la variedad experimental, con características de alto rendimiento, buenas características agronómicas, estable y resistente a la acidez.

Hipótesis:

1. Todos los tratamientos tendrán respuestas similares por localidad y a través de localidades para las diferentes variables en estudio.
2. No existen diferencias entre líneas S_1 para resistencia a suelos ácidos.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia de los suelos ácidos y su relación con el pH.

El problema de acidez es un grave problema en la superficie donde se cultiva el maíz en la república mexicana, principalmente en el sureste de México que comprende los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche y Oaxaca; de acuerdo con Nuñez (1985), la superficie con problema de suelos ácidos es de 13,128,300 ha dedicadas a la actividad forestal, pecuaria y agrícola que están afectadas en mayor o menor grado por acidez.

El estado de Veracruz, por su ubicación geográfica, presenta clima tropical en casi todo el estado. Por lo anterior los suelos presentan problemas de acidez en forma natural, y en mucho de los casos es tan extrema que los rendimientos de los cultivos como el maíz, chile, sandía, soya y sorgo por citar algunos, son bajos y poco redituables. Lo anterior repercute en la economía de los productores, sobre todo en aquellos de poca superficie y que trabajan para autoconsumo (Vázquez *et al.*, 1990).

En un principio, se creía que el hidrógeno (H) intercambiable era lo que causaba la acidez del suelo. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que el aluminio (Al) intercambiable es el catión dominante asociado con la acidez de los suelos (Sánchez, 1981). El Al intercambiable se retiene fuertemente con las cargas negativas de

compuestos de silicato laminares y silicato con revestimiento de óxidos (Christiansen y Lewis, 1987).

El pH se considera una propiedad muy importante del suelo, debido a que se correlaciona con otras propiedades, como saturación de bases, además, la reacción del suelo ocurre entre pH de 3 a 9, pero en ocasiones estos valores se registran fuera de los límites señalados (FitzPatrick, 1984).

La acidez de los suelos se debe a los siguientes factores: 1) Presencia de materia orgánica la cual contiene grupos carboxílicos y fenólicos que al disociarse liberan iones de H^+ ; 2) al reemplazo en arcillas minerales del Al por otros cationes y su hidrólisis a complejos monoméricos y poliméricos de hidroxilo de aluminio, liberando H^+ ; y 3) a la reacción de CO_2 con H_2O para formar ácido carbónico (H_2CO_3) y su subsecuente disociación a H^+ y HCO_3^+ (Tisdale et al., 1985).

El pH en suelos orgánicos para el aprovechamiento de los elementos es de 5.5 y para suelos minerales es alrededor de 6.5. Además, el aluminio, hierro (Fe) y el Calcio (Ca) interfieren con el fósforo (P) formando compuestos insolubles (Christiansen y Lewis, 1987). Se ha comprobado también que existe relación entre el pH del suelo y la cantidad de bases de cambio, por lo que, al aumentar éstas, lo hace también el pH aunque en proporción variable que depende de la naturaleza de la tierra.

Los suelos ácidos para su estudio se clasifican de acuerdo con Wambeke (1976) citado por Christiansen y Lewis (1987), en cuatro grupos principales: oxisoles, ultisoles, alfisoles y andeptos (inceptisoles). Cada una de estas categorías se clasifica de acuerdo con la capacidad de intercambio catiónico de la fracción de arcilla, lixiviación y la iluviación

que ocurre en ellos. Por lo general, los oxisoles, están muy erosionados, intensamente lixiviados y tienen muy baja retención de cationes. La adsorción de iones depende de las reacciones ácido-básica con la materia orgánica, los óxidos de Al y Fe y con la caolinita. Los alfisoles, no están muy desprovistos de cationes y su saturación básica es mayor de 35%. Los andeptos están muy lixiviados, poco intemperizados y poco iluviados, además son comunes en las montañas volcánicas con precipitación pluvial alta, por lo regular se localizan fuera de las latitudes del trópico. Los oxisoles y ultisoles se encuentran sobre todo en climas calurosos, en terrenos viejos. Los oxisoles, ultisoles e inceptisoles de los trópicos representan casi mil millones de hectáreas; los suelos lixiviados de las regiones templadas ocupan en total aproximadamente 325 millones de hectáreas, y los ultisoles alcanzan alrededor de 130 millones de hectáreas. Desde el punto de vista de la superficie de terreno susceptible a la agricultura que no requiere riego, estos suelos representan el 33, 10 y 4%, respectivamente, dicho de otra forma, aproximadamente la mitad de las tierras de temporal son suelos ácidos.

Por la importancia del pH en el desarrollo vegetativo de las plantas, qué características presentan los suelos ácidos, cómo afecta la fertilidad del suelo y cómo se clasifican por la acidez, se demuestra en el siguiente cuadro con diferentes niveles de pH.

Cuadro 2. 1. Clasificación de los suelos en base a su pH.

pH	CLASIFICACION PARCIAL	CLASIFICACION GENERAL
Menos de 3.8 De 3.8-5.5 De 5.5-7.0	Muy ácidos Acido Poco ácidos	ACIDOS
7.0	Neutros	NEUTROS
De 7.0-8.0 De 8.0-9.2 De más de 9.2	Poco alcalinos Alcalinos Muy alcalinos	ALCALINOS

La acidez de los suelos se halla íntimamente ligada con la precipitación del lugar, en zonas tropicales por la abundante pluviosidad es común que los suelos tengan problemas de acidez. Mientras que en los ambientes secos se observan suelos de reacción generalmente alcalina. Esto se debe a que al percolarse el agua, arrastra considerables porcentajes de calcio, magnesio, que al perderse por drenaje, no pueden contrarrestar la acidez, con lo que se reduce notablemente el pH (Mela, 1966).

Para pH bajos, el hierro, aluminio y manganeso se hayan muy disociados, el segundo resulta tóxico para las plantas cultivadas. Los compuestos fosforados son muy solubles para pH algo ácido, pero cuando llega hasta valores de 5 o menor a esta cifra, el hierro y el aluminio experimentan gran disociación, produciéndose fosfatos poco asimilables que inmovilizan considerablemente el fósforo. En el caso del cobre y el zinc, parece ser que los pH bajos producen mayor solubilidad (Mela, 1966).

2.2. Conceptos sobre líneas autofecundadas o endocriadas

Una línea es un grupo de individuos descendientes de un ancestro común. Es un grupo definido más estrechamente que una variedad (Poehlman, 1986). Una línea endogámica, es el conjunto de individuos que resulta en una generación dada, se obtiene por la autofecundación de la misma planta en cada generación (Márquez, 1985). Es la población compuesta por la descendencia de uno o varios individuos de igual constitución genética, cuando todos los individuos tienen la misma composición genética que sus progenitores y son, por consiguiente, generalmente idénticos entre sí (De la Loma, 1985).

Brauer (1987) y Robles (1986) definen una línea como la prole que desciende de un solo individuo autogamo o autofecundado. Estas líneas puede ser reproducidas mediante semillas, conservando idénticamente sus características hereditarias de una generación a otra, así como entre las plantas de la misma generación.

El propósito de la autofecundación es fijar caracteres deseables en una condición homocigótica, con el objetivo de que las líneas se puedan conservar sin que sufran cambios genéticos. Durante el proceso de autofecundación, muchos de los genes recesivos desfavorables que reducen el rendimiento o afectan otros caracteres de interés agronómico se enmascaran por su alelo dominante, pero el efecto de la autofecundación los elimina (Poehlman, 1986).

2.3. Desarrollo y obtención de líneas

El mejoramiento genético se ha considerado como arte y como ciencia. Desde que el hombre descubrió la agricultura inició la selección de plantas, escogía aquellas plantas que manifestaban mayor rendimiento y vigor. Por lo tanto, la selección se ha considerado como el primer método para mejorar los cultivos. A la selección masal le siguieron otros métodos, como la selección mazorca por surco, hibridación y más recientemente mejoramiento poblacional e interpoblacional. En cada etapa de mejoramiento, los métodos que se aplican se basan en los principios biológicos y genéticos (Sprague y Eberhart, 1977).

2.3.1. Selección recurrente

La selección recurrente ha sido utilizada por varios autores, entre ellos Hayes y Garber (1919) y East y Jones (1920), pero fue Jenkins (1935) quien publicó la descripción detallada de este esquema.

La selección Recurrente es aquella la que de manera sistemática, se escogen los individuos deseables de una población determinada, luego se recombinan las unidades seleccionadas, con la finalidad de mejorar la población original por el incremento de genes favorables para los caracteres de interés como rendimiento de grano, calidad, resistencia a enfermedades, etc., (Chávez, 1995).

Los programas de mejoramiento de maíz para la obtención de híbridos, incluyen tres fases importantes: a) selección del germoplasma, b) mejoramiento cíclico del germoplasma elegido, y c) obtención de líneas para su uso como progenitores de híbridos, formación de sintéticos y/o compuestos balanceados (Hallauer y Miranda, 1981).

De acuerdo con Molina (1996) la selección recurrente es un proceso natural o artificial reiterativo. El método consiste en recombinar las unidades de selección que poseen los méritos favorables del carácter por mejorar. En la selección natural, la recombinación ocurre entre los individuos mejor adaptados. En la selección artificial, la recombinación ocurre entre individuos u otras unidades de selección que el fitomejorador decide que se recombinen en base a la evaluación previa.

Por su parte Hallauer (1985) menciona que la selección recurrente es un esquema de mejoramiento genético cíclico en el cual se seleccionan las plantas superiores de la población que se desea mejorar, posteriormente se recombina las progenes seleccionadas, con ello se completa un ciclo de selección. Los tipos de progenes que se pueden obtener son: líneas autofecundadas (S_1 o S_n), Hermanos Completos (HC) o Medios Hermanos (MH).

Allard (1965) especifica que mediante ésta metodología existe la posibilidad de retener una gran proporción de genes favorables presentes en los individuos que se seleccionen. Mientras que Pandey *et al.* (1995) sugieren el método de selección recurrente para factores adversos como el problema de suelos ácidos.

2.3.2. Selección entre líneas S_1

Robles (1986) y Chávez (1995) señalan que la selección basada en progenes S_1 teóricamente es más efectiva para cambiar las frecuencias génicas con efectos aditivos.

La población elegida para derivar líneas S_1 debe tener amplia variabilidad genética y por lo general se autofecundan de 200 a 500 plantas, para que a la cosecha se realice una selección de las mejores.

Las plantas autofecundadas producen poca semilla, por lo que la evaluación de ésta, por lo general se hace en un número limitado de localidades. De la información de los ensayos de evaluación se selecciona el 10% de la mejores líneas, posteriormente se recurre a la semilla remanente para que en un ciclo agrícola siguiente se realice la recombinación de las líneas selectas ó continuar con el proceso de endocria de las líneas hasta encontrar el material deseado.

De los métodos de mejoramiento de plantas, la selección recurrente entre líneas S_1 es una buena alternativa para mejorar por tolerancia a suelos ácidos. La derivación de líneas autofecundadas tiene mayor ventaja que el método de Hermanos Completos (HC) y de Medios Hermanos (MH), para obtener el mismo nivel teórico de endocria, se necesita tres y seis generaciones de HC y MH. La fijación de los caracteres deseables se logra mediante la autofecundación y selecciones sucesivas (Reyes, 1985).

De acuerdo con Márquez (1985) la metodología de líneas tiene ventaja cuando se aplica en germoplasma ya seleccionado, debido a que se aprovecha al máximo la varianza aditiva. Por otro lado, se ha demostrado que con la aplicación del método de líneas S_1 se eliminan los genes indeseables y va incrementando la frecuencia de los favorables para características de importancia agronómica.

García (1989) reporta que al realizar selección de líneas provenientes de selección recurrente se debe considerar los posibles efectos visuales, la presión de selección, la interacción genotipo-ambiente y edáficos. Además del enfoque u objetivos del mejoramiento para ciertas características deseables en etapas anteriores, para evitar la pérdida de materiales valiosos.

Jones, citado por Reyes (1985), en su trabajo presentó datos de tres líneas de maíz autofecundadas durante 30 generaciones. Estudiando altura de la planta y rendimiento de grano observa que la altura se mantuvo uniforme a partir de la quinta generación y los pequeños cambios se le atribuye a mutaciones; en cambio, el rendimiento bajo rápidamente durante 20 generaciones, después la baja fue menos brusca.

Genter y Alexander (1962) compararon el factor rendimiento en líneas S_1 obtenidos a través de dos métodos de selección recurrente; uno fue de progenies S_1 y el otro de cruza de pruebas. Sus resultados indican que con la selección entre líneas S_1 se incremento el rendimiento un 31.4%, mientras que para cruza de prueba solo fue de 17.9%.

Galarza *et al.* (1973) compararon líneas *per-se* y pruebas de mestizos, concluyeron que el método *per-se* para estudiar aptitud combinatoria general de líneas de primera generación es mas eficiente, rápido y económico que la prueba de mestizos.

Genter (1971) concluye que la selección basándose en líneas S_1 es efectiva para seleccionar genes con efectos aditivos, a su vez se desechan genes mayores recesivos que pueden llegar a homocigotos con mejoramiento y que causan los efectos de depresión genética en las líneas.

Genter (1973) en otro estudio comparó líneas S_1 y cruza de prueba. De sus resultados indica que la selección de líneas S_1 fue mas efectiva que la cruza de prueba para incrementar el rendimiento y la frecuencia de genes que controlan caracteres asociados o componentes del rendimiento de grano.

Molina (1988) evaluó 100 líneas S_1 derivadas de la variedad VAN-542 en tres ambientes contrastantes y con tres metodologías, con la finalidad de determinar la aptitud combinatoria de las líneas utilizando dos probadores y la prueba *per-se*. Los resultados obtenidos indican que la prueba de líneas *per-se* fue el mejor método para discriminar líneas.

Quemé *et al.* (1990) evaluaron líneas de maíz con diferentes niveles de autofecundaciones para establecer la aptitud combinatoria en diferentes grados de endogamia. Los resultados en los promedios calculados indican que en el nivel S_3 con efecto positivo de ACG continuaron manifestando estas características en el nivel S_6 , similarmente se observó para efectos no aditivos.

Castañón (1983) evaluó líneas S_1 derivadas de una población de amplia base genética. Las 280 líneas se evaluaron en Río Bravo, Tam. y Celaya, Gto. Los resultados obtenidos indican que este método fue efectivo para incrementar la frecuencia de genes en características agronómicas deseables.

2.4. Estudios genéticos y fisiológicos para tolerancia a suelos ácidos

2.4.1. Estudios genéticos

Muchos factores influyen en la adaptabilidad de las plantas a las condiciones adversas. Anteriormente se efectuaban aplicaciones de cal e inducción de riego para ajustarlo a las necesidades de las plantas. Investigadores interesados en los problemas de desequilibrio mineral, se han dirigido casi exclusivamente al mejoramiento del ambiente concediendo poca atención al mejoramiento genético. La selección y manipulación genética de los vegetales parece ser que brinda buenas esperanzas para la solución del problema. Se cuenta con información que indica que las plantas contienen suficiente variabilidad genética para responder a tales factores, lo cual permite que la selección y el mejoramiento no solo sean una posibilidad, sino una realidad.

El desarrollo de germoplasma con tolerancia a suelos ácidos implica un previo conocimiento de la variabilidad genética disponible, el tipo de herencia y acción génica responsable de la tolerancia, así como disponer de las ayudas de laboratorios y acondicionamiento de campos para poder detectar diferencias genéticas entre diferentes genotipo (Narro *et al.*, 1995).

El maíz en un cultivo sensible a sufrir daños cuando crece y se desarrolla en suelos ácidos. Sin embargo, existen diferencias entre individuos que se desarrollan bajo este estrés. Estas diferencias para tolerar la acidez, vislumbran la posibilidad de identificar individuos tolerantes y aumentar la frecuencia en la población.

Pandey *et al.* (1994) estimaron en las poblaciones SA-3 y SA-4, los componentes de la varianza genética, para ello usaron los diseños I y II de Carolina del Norte. De su estudio concluyen que la varianza para rendimiento en suelos ácidos es de tipo aditivo.

Duque-Vargas *et al.* (1994) evaluaron 250 progenies de Hermanos Completos con el diseño I de Carolina del Norte para estudiar la herencia de tolerancia para suelos ácidos en la población SA-3 de maíz tropical. La evaluación se realizó en tres ambientes ácidos y uno normal. En suelos ácidos, el valor de la varianza genética aditiva (V_a) fue semejante a la de dominancia (V_d) para rendimiento de grano, la V_d para altura de planta fue mayor, mazorca por planta y para días a floración, la V_d fue menor. La heredabilidad estimada para los cuatro caracteres estudiados fue de 19.9, 19.8, 19.3 y 19.8% respectivamente. La interacción de la varianza aditiva por ambiente fue el componente más importante de la varianza genética en todas las características, por lo que concluyen que el maíz presenta un patrón genético del tipo de herencia cuantitativa.

Lima *et al.* (1992) evaluó dos ciclos de selección divergente para tolerancia al aluminio en base a la longitud radicular (LR). Los resultados indican que la LR es del tipo de herencia cuantitativo y es altamente heredable.

Ceballos *et al.* (1994) al evaluar cinco poblaciones tropicales de maíz para tolerancia a suelos ácidos en cinco ambientes (uno con suelo normal y los restantes con grados variables de acidez). Se observaron ganancias genéticas de 4.72% por ciclo en los cinco ambientes, de 4.90% por ciclo en suelos ácidos y 4.21% por ciclo para el ambiente sin problemas de acidez. También se observó que en germoplasma susceptible, se retardó la floración masculina y femenina y sugieren que la herencia para este carácter es de tipo aditivo.

Borrero *et al.* (1995) en la población SA-7 tolerante a suelos ácidos usaron el diseño II de Carolina del Norte. Las progenies se evaluaron en ensayos con repeticiones en cuatro ambientes de suelos ácidos y un suelo fértil. La varianza aditiva fue aproximadamente la

mitad de la varianza dominante para rendimiento en suelos ácidos y días a la floración femenina, pero para altura de mazorca la varianza aditiva fue mayor que la varianza dominante.

Gorsline *et al.* (1964) estudiaron la herencia de las concentraciones de P, K, Mg, Cu, B, Zn, Mn, Al y Fe en hojas y granos de maíz, éstos determinaron una acción génica aditiva para las concentraciones de todos esos elementos en la mazorca. Se registra una acción génica no aditiva para algunos elementos en la mazorca y en la hoja y para la concentración de K en el grano. La concentración de P, K, Mg, Cu, Zn, Mn y Fe en la mazorca-hoja no estaba fenotípicamente asociada con la concentración de los mismos elementos en el grano, lo cual indica que hay otros factores genéticos diferentes que actúan durante la distribución y deposición.

Rhue *et al.* (1978) estudiaron híbridos F_1 de plantas de maíz endogámico que diferían en su tolerancia al Aluminio. La F_2 y las retrocruzas segregaron en dos formas distintas con una proporción de 3:1 y con una proporción de 1:1 respectivamente, con relación a la tolerancia-sensibilidad. El amplio margen de tolerancia entre los genotipos y la segregación en dos clases distintas, sugirieron que la tolerancia era controlada en un sólo locus por una serie alélica múltiple.

2.4.2. Estudios Fisiológicos

La fisiología de la planta no se altera cuando el ambiente donde se desarrolla es normal. Sin embargo, en un ambiente con estrés no sobreviven. Las plantas viven frecuentemente en el límite de sus capacidades para sobreponerse a una o más condiciones adversas, produciendo una tensión considerable en el organismo, el individuo

se ve obligado a reaccionar mediante varios mecanismos bioquímicos y fisiológicos para superar, evitar o neutralizar esa tensión. Es más fácil, en programas de mejoramiento genético, lograr plantas más resistentes o tolerantes a la tensión, para que estos puedan tolerar diferente estrés (Bidwell, 1993).

En cualquier tipo de tensión el organismo debe ceder en cierta forma. La reacción a la tensión puede ser elástica, el organismo vuelve a su estado inicial. Alternativamente, la reacción puede ser plástica, el organismo permanece deformado o cambiado de cierta forma como resultado de la tensión, si esta es demasiado grande, algo ha de romperse; el organismo queda irreparablemente dañado y muere. Bidwell (1993) menciona que en cierta planta la tensión puede producir efectos que van más allá de una o más generaciones y se comportan como si fueran factores heredables.

El problema inicial de desarrollo que una planta comienza a vivir puede modificarse por la tensión del ambiente sin ninguna respuesta genotípica. Debido a los efectos ambientales en el metabolismo, translocación y crecimiento de las plantas, sus semillas pueden afectarse, por tanto, puede transmitirse a su descendencia sin la intervención de los mecanismos genéticos de ningún tipo. La reacción de las plantas a la tensión es compleja e implican muchos tipos de respuestas fisiológicas, desde simples respuestas directas químicas o bioquímicas, de complejas respuestas hormonales, hasta efectos hereditarios que parecen ser de carácter genético.

La tolerancia a la tensión no es un fenómeno simple, ya que las plantas desarrollan capacidad para soportar la tensión, que el individuo puede sobrevivir o funcionar normalmente bajo condiciones tanto internas como externas de tensión extrema, implicando el desarrollo de mecanismos fisiológicos que capacitan al organismo para

sobrevivir bajo condiciones que serían inhibitorias o letales a las especies o individuos fortalecidos (Bidwell, 1993).

La acidez se asocia estrechamente con la capacidad que tienen las plantas para absorber y utilizar el fósforo con la presencia de aluminio (Foy y Brown, 1969). El Al es tóxico e inhibe el desarrollo de las plantas, tiende a precipitarse dentro o alrededor de las raíces, interfiriendo la absorción de hierro, calcio, magnesio, molibdeno y el metabolismo de fósforo inorgánico, provocando la acumulación de fosfato inorgánicos en las raíces, reduciendo así su capacidad metabólica y de transporte (Bidwell, 1993).

Por su parte Christiansen y Lewis (1987) mencionan que las plantas que reciben exceso de aluminio, las raíces muestran una marcada reducción de la elongación, se observan más gruesos, oscuros y muy viscosos; mientras que las raíces secundarias y los auxiliares nuevas son las más afectadas.

Jackson (1976) citado por Sánchez (1981) menciona que el pH por sí solo no tiene efecto directo en el crecimiento de las plantas, excepto a valores inferiores de 4.2, los factores que realmente intervienen en la infertilidad de los suelos son la toxicidad de aluminio, deficiencia de calcio, magnesio y toxicidad de manganeso.

Aunque aun no se conoce el mecanismo fisiológico real de la inhibición del crecimiento radicular como consecuencia de la toxicidad de Al, hay evidencias que la interacción de Al con los constituyentes de la pared celular y la fase externa de la membrana plasmática son los principales responsables de la expresión de la toxicidad de Al (Horst, 1994).

Rincón y González (1992) investigaron en raíces intactas de trigo la sensibilidad al aluminio. Las raíces se expusieron al aluminio por más de 24 horas y la distribución se evaluó visualmente por la mancha de hematoxilina y/o medida de concentración directa de aluminio atómico por observación espectrofotométrica o del ión cromatográfico. Por los resultados que se obtuvieron, parece ser que la sensibilidad diferencial del aluminio en los cultivares del trigo está muy correlacionado con la concentración del aluminio en los meristemas de la raíz.

En un estudio similar en trigo, Ruiz-Torres y Carver (1992) evaluaron híbridos generados en un dialélico en soluciones nutritivas con Al 0.0, 0.36 y 0.72 mM. Se encontró que los híbridos fueron altamente influenciados por el progenitor susceptible y se confirmó que la tolerancia a aluminio está determinada por un complejo de genes mayores.

Wagatsuma y Akiba (1989) citado por Narro *et al.* (1995) advierten que no solo las propiedades del enlace de la pared celular serían las responsables de la tolerancia a Al, sino también los enlaces de la membrana plásmica jugarían también un papel muy importante, lo que ha sido demostrado con la comparación del potencial zeta de protoplastos aislados de terminaciones radiculares y la tolerancia de Al en las diferentes especies.

Brenes y Pearson (1973) estudiaron el cultivo de maíz y sorgo en dos tipos de suelos que fueron ultisol y oxisol, con pH de 3.9 a 4.8. Los resultados demostraron que el crecimiento del sistema radicular del maíz no fue afectado hasta que se alcanzó un 60% de saturación de aluminio, mientras que el crecimiento de las raíces del sorgo resultó restringido con el primer incremento de aluminio.

En 1987, se evaluaron 17 poblaciones de maíz con diferente grado de tolerancia a toxicidad de aluminio tomando como criterio la longitud seminal neta de la raíz. Las plantas crecieron en soluciones nutritivas con 0, 4.5, 6.0 y 8.0 ppm de aluminio. En materiales tolerantes a suelos ácidos, la longitud de la raíz seminal fue casi el doble de la de los materiales susceptibles, aunque hubo algunos materiales con fuerte tolerancia en campo que no mostraron superioridad en soluciones nutritivas (Pandey *et al.*, 1991).

De manera general la acidez del suelo en sistemas de producción de maíz y trigo se ve influenciada por: 1) Uso de fertilizantes con amonio, las cuales producen H^+ durante la nitrificación; 2) absorción y remoción del suelo de cationes como Ca, Mg, K, y Na por el cultivo y su intercambio por H^+ ; 3) acarreo y remoción del suelo de Ca, Mg y K y su reemplazo por Al; y 4) descomposición de materia orgánica (Westerman, 1981).

2.5. Interacción genotipo ambiente

En nuestro país existen regiones con climas contrastantes, y por esta razón uno de los problemas fundamentales a las que se enfrentan los fitogenetistas ha sido la dificultad para encontrar genotipos superiores, ya que su crecimiento y desarrollo se ve afectado severamente por la interacción genotipo-ambiente, por tal razón se han encaminado a obtener materiales que tengan un amplio rango de adaptabilidad y estabilidad en los diferentes ambientes donde se explotará el cultivo.

Villee (1976) define a la adaptación como el ajuste de un organismo a su ambiente, y el proceso por virtud de la cual se logra dicho ajuste.

Márquez (1974) menciona que la interacción genotipo-ambiente no es sino el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando son evaluados en diferentes ambientes. De acuerdo con Márquez (1985) la interacción genético ambiental es un fenómeno universal. Sucede en donde quiera que los genotipos tengan que crecer y desarrollarse en una serie de condiciones ambientales diversos en tiempo y espacio.

Algunos experimentos descansan en el supuesto de que la varianza ambiental es la misma en todo los genotipos, y esto no siempre ocurre en realidad. La varianza ambiental comprende toda variación de origen no genético, puede tener una gran variedad de causas y su naturaleza depende mucho del carácter y del organismo. En general, la varianza ambiental es una fuente de error que reduce la precisión en los estudios genéticos (Falconer, 1980).

Cabe mencionar también que puede o no existir la correlación genética para determinado carácter (Falconer, 1980), cuando la correlación genética es alta, la actuación en los diferentes ambientes (localidades) representa con bastante seguridad el mismo carácter, por el mismo grupo de genes. Si la correlación es baja, los caracteres son diferentes en alto grado, y requiere diferente número de genes. Cuando no existe correlación genética ambiental, los genes para este carácter no se activan porque no son requeridos, mientras cuando se establece en un ambiente con estrés, los genes se activan. Es por tal razón que los fitogenetistas suelen establecer sus parcelas experimentales en los diferentes ambientes.

Duque-Vargas *et al.* (1994) y Borrero *et al.* (1995) estudiaron dos poblaciones de maíz para tolerancia a suelos ácidos, con la finalidad de determinar si la selección de una localidad es mas efectiva que la selección en el ambiente diferente, para esto se calcularon

las correlaciones genotípicas y fenotípicas para rendimiento de grano. Sus resultados indican que la selección basándose en datos de un ambiente es lo más efectivo para mejorar el rendimiento para este factor de suelos ácidos.

Vasal *et al.* (1995) realizaron un estudio donde discuten la necesidad y beneficios de establecer lotes de evaluación de líneas para diversos propósitos en el mejoramiento genético de maíz. El estudio se realizó con líneas tropicales, enfocándose más en la evaluación de las líneas CML y otras prometedoras en ensayos replicados, así como evaluaciones para algunos estresés bióticos y abióticos. Los resultados obtenidos de los ensayos de rendimiento *per-se* de líneas autofecundadas, así como los viveros de evaluación para diferentes estreses bióticos y abióticos han sido bastantes prometedores, lo cual nos determina cuán tan importante es considerar diferentes ambientes de selección para determinadas factores adversos.

Lu (1987) utilizó dos poblaciones BS10 y RSSSC sometiéndolas a selección recurrente para ambas selección intrapoblacional e interpoblacional. La estimación de la variación genética y heredabilidad fue mayor para las familias S_1 que para las cruza de pruebas en cada ciclo y mayor en la alta producción que en el ambiente normal. Las correlaciones genéticas entre los dos ambientes fueron altas para las familias S_1 y las cruza de prueba. La división de genotipo por interacción en diferentes ambientes en variación genética y diferencias en correlación genética entre ambientes fue consistentes entre poblaciones.

Hernández (1990) evaluó 80 líneas S_2 de maíz derivadas de V524 en cruza con un probador (una línea) en cuatro ambientes contrastantes, mediante dos esquemas para estabilidad, el modelo de Eberhart y Russell (1966) y una modificación a este por Morones

(1990). Con los resultados del análisis de varianza, es posible aplicar una selección de genotipo que presenten amplia adaptabilidad, entre los genotipos evaluados, ya que su comportamiento promedio de producción a través de las localidades es diferente y la evaluación de las cruzas de prueba a través de los ambientes contrastantes fue efectiva.

2.6. Índice de selección

El software índice de selección fue desarrollado por H. J. Barreto, J. A. Bolaños y H. S. Córdoba. Este paquete estadístico se desarrolló como apoyo directo a investigadores, el objetivo principal de éste software es ilustrar la utilidad de algoritmos matemáticos y las computadoras como complemento a los métodos tradicionales utilizados por investigadores en la selección de genotipos (líneas, familias, sintéticos, variedades, etc.), cuando esta se basa en múltiples características evaluadas simultáneamente (Barreto *et al.*, 1994).

2.6.1. Aspectos teóricos del índice de selección.

Este programa índice de selección, (Barreto *et al.*, 1994), utiliza dos parámetros básicos que son la meta y la intensidad de selección que se desea aplicar en el germoplasma evaluado.

La meta de selección es la desviación estándar del promedio, la cual se debe considerar de acuerdo a que el usuario desea lograr con la selección. El programa acepta valores desde -3.0 hasta 3.0 (con un decimal de precisión). Valores positivos intentan

seleccionar aquellos genotipos que se encuentran por arriba del promedio poblacional, valores negativos intentan seleccionar genotipos que se encuentran por abajo del promedio y valores cero seleccionan genotipos iguales al promedio.

La intensidad de selección refleja la importancia relativa de las diferentes variables a utilizarse en el índice de selección. Esto puede ser diferente para cada variable, según el criterio del fitomejorador. El programa acepta valores que van desde 0 a 10. Mientras más grande es el valor de la intensidad, mayor peso tiene la variable en cuestión. En caso que la intensidad tenga valor de cero, el programa no le da importancia a la variable para calcular el índice de selección. Cabe mencionar que este programa, en ningún momento es un sustituto al criterio y la experiencia del fitomejorador, solamente facilita el proceso de selección cuando se involucran muchas características en el estudio y el número máximo de variables a considerar en el índice otro limitante para la estimación de índice de selección.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Material genético

La población base de éste trabajo de investigación fue la SA-7 tolerante a suelos ácidos (toxicidad de Al y Mn principalmente). Este germoplasma tropical, está formado por cuatro materiales del CIMMYT: Tuxpeño, la Posta, Blanco cristalino 1 y 2 y ETO de Colombia. Las características del tipo de grano es blanco cristalino semidentado (Pandey *et al.*, 1994).

De esta población se derivaron alrededor de 200 líneas S_1 , a la cosecha se descartaron las mazorcas podridas, enfermas y mal formadas. Se dejaron las 130 líneas de mejor apariencia. El material experimental se obtuvo en el Campo Experimental de Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria durante el ciclo otoño-invierno de 1996-1997.

3.2. Obtención de líneas y evaluación

Antes de la floración femenina, se cubrieron los jilotes con bolsas de glazine con la finalidad de que no recibiera polen de otras plantas. Cuando los estigmas tuvieron una longitud aproximada de 2 a 3 cm de longitud se procedió a hacer la autofecundación, para lo cual se cubrieron las espigas de estas plantas con bolsa de papel para recolectar el

polen. Una vez recolectado el polen se llevó a cabo la autofecundación. Las polinizaciones se realizaron del medio día, debido que la temperatura y humedad provoca la muerte del polen en horas de la tarde. Realizada la polinización, con la bolsa que se utilizó para la recolección del polen se cubrieron los jilotes, y se anotaron los datos relativos a la autofecundación realizada. La bolsa permaneció hasta la cosecha.

En la cosecha, se descartaron mazorcas enfermas, mal formadas, podridas y/o de plantas con pobre apariencia fenotípica. Las mazorcas seleccionadas se desgranaron en surco por sobre y se les asignó un nombre o genealogía.

La evaluación de las líneas se realizó en tres localidades: El Campo Experimental de Cotaxtla (CECOT), localizado en el municipio de Medellín de Bravo, Ver; el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuaria (CBTA) # 36 localizado en Ignacio de la Llave, Ver., y el Campo Experimental Papaloapan (CEPAP), localizado en Ciudad Isla, Ver. Los ensayos se establecieron durante el ciclo primavera-verano de 1997. La última localidad, presenta graves problemas de acidez del suelo (pH 4.49, Mo 1.34%, P 1.4 ppm, Al 1.24, Ca 0.10, Mg 0.08 y K 0.057, los últimos cuatro elementos expresados en me/100g).

El sorteo del material experimental se realizó con ALPHA-LATICE para tres localidades. Se usaron dos repeticiones por entrada o tratamiento, excepto para la localidad Ignacio de la Llave, donde solo se sembró una repetición, esto se debió a que en la primera fecha de siembra por falta de humedad el experimento no germinó. La genealogía de las líneas va de SA-7(1) hasta SA-7(130). Los testigos incluidos fueron: la población SA-7 original, la (RC3 X VANDEÑO) X SA-7, la población SA-6 que es una población mejorado

para tolerancia a suelos ácidos y heterótica con SA-7 y los híbridos comerciales H-512 y H-513, cultivares sobresalientes en el trópico mexicano.

3.3. Descripción de las localidades experimentales

3.3.1. Localidad Cotaxtla

El Campo Experimental de Cotaxtla, se localiza en el municipio Medellín de Bravo. El CECOT se encuentra localizado a una altitud de 15 msnm, entre las coordenadas 18° 50' latitud Norte y 96° 10' longitud Oeste. El clima es cálido subhúmedo Aw" (w) (g), con una precipitación promedio anual de 1400 mm, que se distribuye en los meses de junio a octubre. Se presenta un periodo seco de seis meses aproximadamente que comprende toda la estación de invierno. La temperatura promedio anual de 25°C, hasta de 12°C como mínimo en la época invernal (García 1987).

El tipo de suelo es originado por acarreo del río Cotaxtla, formado principalmente por materiales diversos; siendo sus constituyentes principales rocas volcánicas erosionados con algo de caliza y diatomita, su modo de formación es aluvial, es suelo profundo que presenta textura media a través de todo el perfil que es muy uniforme, son planos con pendientes menores del 1%, el drenaje tanto superficial como interno se considera bueno; son medios en su contenido de materia orgánica (MO) y nitrógeno (N) total en el horizonte superficial, pobre en el siguiente y muy pobre en los inferiores. Son ricos en fósforo intercambiable en el horizonte superficial y ricos en los inferiores; es pobre en Mg y Mn asimilable a través de todo el perfil; son muy ricos en Ca asimilable en todo el perfil; el pH

es ligeramente ácido con valor de 6.5-6.6, 40% de fósforo aprovechable, la capacidad de intercambio catiónico es buena, y un por ciento de agua aprovechable buena (Tosquy, 1997).

3.3.2. Localidad Ignacio de la Llave.

El Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuaria número 36 se encuentra ubicada en la zona centro costera del estado de Veracruz y dentro de las llanuras del sotavento, a una altitud de 8 msnm aproximadamente, situada entre las coordenadas 18° 44' latitud Norte y 95° 58' longitud Oeste, con una precipitación anual de 1,300 mm. El periodo de lluvias inicia en el mes de junio y se prolonga en todo el invierno. El clima es tropical subhúmedo temperatura media anual de 25°C. El tipo de suelos es arcilla-arenoso de topografía plana, derivado de sedimentos continentales y marinos, observándose también el efecto de procesos o factores locales como la erosión hídrica y presencia de materia orgánica a causa de inundaciones. El tipo de suelo se clasifica como vertisol, de textura fina, con un pH que varía de 6.2 a 6.4 y pendiente de cero a 2%.

3.2.3. Localidad Isla

El Campo Experimental Papaloapan del INIFAP, ubicado en la ciudad de Isla, Veracruz. Geográficamente localizado a 21° 29' latitud norte y 97° 11' longitud oeste, con una altitud de 80 msnm. El clima es cálido con temperatura promedio de 25°C y precipitación de 1,100 mm anuales que se distribuyen de mayo a febrero. El suelo se

clasifica como acrisol ártico, de textura migajón arenoso, pobre en MO, N, P, K, y Ca y con pH de 4.49, clasificando este suelo como ácido según el cuadro 2.1.

Las características del experimento en cuanto a la fecha de siembra, diseño, unidad experimental, densidad, fertilización y control de malezas se describe en el cuadro 3.1.

Cuadro 3. 1. Características del experimento y manejo en las localidades de evaluación.

Características	Cotaxtla (CECOT)	Papaloapan (CEPAP)	Ignacio de la Llave (C.B.T.A. #36)
Diseño experimental	alpha-latice	alpha-latice	alpha-latice
Fecha de siembra	23-jul-97	09-jul-97	26-jul-97
Número de bloques	9	9	9
Número de líneas ó tratamientos por bloques	15	15	15
Número de tratamiento	135	135	135
Número de repeticiones	2	2	1
Número de surcos por parcelas	1	1	1
Longitud de surcos	3.2 m	3.2 m	3.2 m
Distancia entre surcos	0.80 m	0.80 m	0.80 m
Plantas por mata	1	1	1
Area de la parcela útil	2.56 m ²	2.56 m ²	2.56 m ²
Densidad de siembra			
Plantas/ha.	62,500	62,500	62,500
Fertilización	138-46-00	138-46-00	138-46-00
Control de malezas	Faena y Gesaprim	Faena y Gesaprim	Faena y Gesaprim

3.4. Variables registradas

- Floración Masculina (FM). Se determinó considerando los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la unidad experimental las espigas de las plantas liberaban el polen o llegaron a antesis.
- Floración Femenina (FF). Medida como el número de días transcurridos desde la siembra, hasta que el 50% de las plantas de la parcela experimental mostraban estigmas receptivos o de 2 a 3 cm de longitud.
- Sincronía de la floración (ASI). Es el intervalo entre la floración masculina y femenina. Se calculó como los días al 50% de floración femenina menos los días al 50% a antesis. Para normalizar la información se usó la fórmula $\sqrt{(ASI + 10)}$ (Bolaños y Edmeades, 1996).
- Altura de la Planta (AP). Se tomaron al azar cinco plantas en cada parcela, se midió su altura desde el nivel del suelo, hasta la base de la espiga y se obtuvo el promedio. El resultado se expresó en cm.
- Altura de la Mazorca (AM). Las mismas cinco plantas a las que se les determinó la AP, se usaron para altura de la mazorca. Se midió en centímetros desde la base de la planta, hasta el nudo de inserción de la mazorca principal y se obtuvo el promedio. El resultado se expresó en cm.
- Prolificidad (PRO). Es la relación entre el número de mazorcas a la cosecha y el número de plantas en la unidad experimental.
- Calificación Visual de la Mazorca (CVM). Para este variable se usó la escala de 1 al 5, donde uno correspondió a mazorcas de buena apariencia y cinco a mazorcas con mala apariencia (podrida, uniformidad, etc.).

- Mazorcas Podridas (MP). Se cuantificó el número de mazorcas podridas, se dividió sobre el total de mazorcas. En los resultados de esta variable se uso la siguiente transformación:

$$PMT = \sqrt{\left\{ \left(\frac{MP}{TM} \right) * 100 \right\} + \frac{1}{2}}$$

Donde:

PMT = Pudrición de mazorca transformada.

MP = Mazorcas podridas.

TM = Total de mazorcas

- Ajuste del rendimiento de campo. El peso de mazorca por parcela, se le realizó un ajuste. Se cosecharon toda las plantas por parcela útil. El rendimiento se expreso en Kg por parcela. Debido a fallas, en algunas parcelas se usó la fórmula desarrollada en la

Universidad Estatal de Iowa, la que se expresó como: $FA = \frac{M - 0.3F}{M - F}$.

Donde:

FA =Factor de ajuste por fallas

M = Matas en la parcela

F = Fallas

Los rendimientos pueden ajustarse por matas perdidas (fallas). Este ajuste agrega 0.7 del rendimiento promedio por mata perdida y supone que 0.3 está constituido por el incremento del rendimiento de las matas circundantes a la que se perdió. Probablemente la parcela deba descartarse cuando mas de dos o tres matas se pierde en parcelas de 10 matas (Jugenheimer, 1981).

- Rendimiento de Grano (REND). El rendimiento de grano, expresado en ton/ha, es calculado al 15% de humedad y considerando el porcentaje promedio de desgrane de 80%, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$REND = PCA * \left(\frac{100 - \%HC}{100 - \%HD} \right) * D * \frac{10,000m^2}{AC}$$

Donde:

REND = Rendimiento de grano en ton/ha.

PCA = Peso de campo ajustado.

%HD = porcentaje de humedad deseada (15%).

%HC = Porcentaje de humedad de grano a la cosecha.

D = Coeficiente de desgrane (0.80).

AC = Area cosechada por unidad experimental (2.54 m²).

3.5. Diseño experimental y análisis

3.5.1. Análisis de varianza individual

Para la realización del análisis de varianza individual por localidad en las características evaluadas, se utilizó un diseño de bloques incompletos con arreglo en alpha latices. El modelo lineal utilizado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_i + b_{j(i)} + t_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación de la i-ésima repetición en el j-ésimo bloque en el k-ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media general.

γ_i = Efecto de la i-ésima repetición.

$b_{j(i)}$ = Efecto del j-ésimo bloque dentro de la i-ésima repetición.

t_k = Efecto del k-ésimo tratamiento.

E_{ijk} = Efecto del error experimental.

$i = 1, \dots, r$ repeticiones.

$j = 1, 2, \dots, b$ bloques.

$k = 1, 2, \dots, t$ tratamientos.

3.5.2. Análisis combinado

El análisis de varianza combinando localidades para los caracteres estudiados se efectuó a través de los efectos principales y con el modelo lineal que se presenta a continuación.

$$Y_{ijkl} = \mu + l_l + \gamma_{i(l)} + b_{j(l)} + t_k + tl_{kl} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Observación de la i-ésima repetición en el k-ésimo tratamiento dentro del j-ésimo bloque en cada l-ésima localidad.

μ = Efecto de la media general.

l_l = Efecto de la l-ésima localidad.

$\gamma_{i(l)}$ = Efecto de la i-ésima repetición dentro de la l-ésima localidad.

$b_{j(i)}$ = Efecto del j-ésimo bloque dentro de la l -ésima localidad por el efecto de la i -ésima repetición.

t_k = Efecto del k -ésimo tratamiento.

tl_{ki} = Efecto del k -ésimo tratamiento por el efecto de la i -ésima localidad.

E_{ijkl} = Efecto del Error Experimental.

$l = 1, 2, \dots, l$ (localidades)

$i = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

$j = 1, 2, \dots, b$ (bloques)

$k = 1, 2, \dots, t$ (tratamiento)

3.5.3. Selección de líneas

Para la selección de las mejores líneas considerando el rendimiento y características agronómicas, se utilizó el programa índice de selección descrito en la revisión de literatura (Barreto *et al.*, 1996). Para hacer la selección, se le especificó al programa la meta y la intensidad de selección para cada variable incluida tal y como se muestra en el cuadro 3.2.

Los valores positivos para la meta intentan seleccionar aquellos genotipos que se encuentran por arriba del promedio poblacional, valores negativos intentan seleccionar genotipos que se encuentran por abajo del promedio y valores cero seleccionan genotipos iguales al promedio.

La intensidad de selección refleja la importancia relativa de las diferentes variables a utilizarse en el índice de selección, a mayor intensidad mayor peso tiene la variable en cuestión.

El programa computó el variable índice, siendo los valores más pequeños, los genotipos mas cercanos a los criterios expresados en el cuadro 3.2, siendo el mejor genotipo el que tiene el valor más pequeño del índice.

Cuadro 3. 2. Meta e intensidad de selección para seleccionar líneas S₁ por localidades y a través de localidades.

VARIABLES	CECOT		CBTA #36		CEPAP		COMBINADO	
	META	INT.	META	INT.	META	INT.	META	INT.
FM	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0
FF	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0
ASI	-0.5	8.0	-0.1	8.0	-3.0	8.0	-2.4	8.0
AP	1.5	5.0	1.2	5.0	2.3	6.0	2.0	6.0
AM	1.2	5.0	0.6	5.0	3.0	6.0	2.0	6.0
PRO	0.0	3.0	0.6	3.0	2.0	3.0	0.0	3.0
CVM	-3.0	8.0	-2.0	8.0	-3.0	8.0	-3.0	8.0
MP	-0.5	8.0	-1.5	8.0	-2.0	8.0	-2.3	8.0
REND	3.0	10.0	3.0	10.0	3.0	10.0	3.0	10.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de varianza individual.

En el cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios, coeficiente de variación y promedios por ambiente de evaluación de las 130 líneas de maíz y los testigos para diferentes variables en estudio. En la localidad del CECOT, se encontró que no hubo efecto de repeticiones para todas las variables, en tanto que los bloques dentro de repeticiones si mostraron diferencias para las variables FM, FF, AP y AM. En el resto de las variables no se encontró diferencia estadística que mostrara la eficiencia de bloques. En la localidad CEPAP, se encontró una diferencia estadística altamente significativa para los bloques para todas las variables. Lo anterior indica la eficiencia de los bloques para incrementar la precisión del experimento en ambas localidades.

La prueba estadística para los genotipos en el ambiente CECOT mostró una significancia al 0.01 de probabilidad para todas las variables excepto para ASI (cuadro 4.1). Este resultado fue muy similar para la localidad CEPAP con la diferencia que en ésta, se encontró diferencia significativa al 0.05 de probabilidad para prolificidad, altura de planta y mazorcas podridas. En resumen, la significancia estadística encontrada entre tratamientos nos indica que al menos un material genético es diferente a los demás para cada variable en estudio, lo que permite efectuar selección efectiva entre ellos.

Al realizar el análisis de varianza para cada ambiente de evaluación, se observa el efecto que tuvo cada una de las características agronómicas evaluadas y esto se puede apreciar en base a los promedios de cada una de las variables en estudio. Las variables FM y FF fueron más tardías en la localidad CEPAP que en el CECOT, representando una diferencia de aproximadamente 9 días, lo cual probablemente tenga que ver con los problemas de acidez de los suelos, lo anterior coincide con los resultados obtenidos por Ceballos *et al.* (1994) que en ambientes con problemas de acidez, la floración masculina y femenina tiende a ser más tardías. También en la variable ASI se muestra una pequeña diferencia relativa entre éstos ambientes tal como se puede apreciar en la media en ambas localidades de prueba, se observa que en el ambiente con problemas de acidez, el ASI se ve más prolongado que en ambientes sin problema de acidez. Para los caracteres AP y AM, se observa que en el ambiente con problemas de suelos ácidos, se reducen tanto la altura de la planta como la altura de mazorca con una diferencia de 41 y 32 cm respectivamente. La variable PRO se vio afectado notablemente en condiciones de acidez, al reducirse éste coeficiente de 1.38 a 0.9, mientras que para las variables CVM y MP también se mostraron sensibles a la tensión de acidez, ya que en este ambiente fue donde se observó mayor número de mazorcas de mala apariencia y mayores problemas de pudriciones, aunque para estas características, cabe recalcar que algunas variables climáticas contribuyeron para que se presentara un alto índice de pudriciones como es el caso del porcentaje de humedad presente en la región y con las altas temperaturas que favorecen el buen desarrollo de los microorganismos que causan las pudriciones. En lo que respecta al carácter rendimiento, se observa que los materiales genéticos son muy sensibles al factor de suelos ácidos, lo que representa una reducción de 59% aproximadamente. En general, también se le atribuye a los cambios climáticos que se presentaron en las localidades experimentales como es el caso de la alta humedad

ambiental, altas temperaturas, pero sobre todo, se le atribuye mas a las condiciones edáficas de cada ambiente de evaluación.

Los coeficientes de variación, como un indicador de precisión de los experimentos son aceptables en términos generales. Sin embargo, se encontró coeficientes de variación altos para la variable MP en ambas localidades con valores de 51.48% y 40.93% para las localidades del CECOT y CEPAP respectivamente. Lo anterior se debe que en los datos reales se tienen valores de cero y por lo tanto, el coeficiente de variación queda arriba del 50%, es decir, que se registraron mazorcas sanas y mazorcas con alto grado de pudrición en cada tratamiento. En rendimiento, en la localidad CEPAP se mostró un CV de 48.5% que muy probablemente se deba a la reacción de los materiales genéticos a los suelos ácidos y al bajo valor de las medias (2.07 ton/ha).

Cuadro 4. 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para nueve variables de las líneas y testigos de maíz evaluadas en dos localidades del trópico, en Veracruz, México, 1998.

CECOT

F.V	G.L.	FM	FF	ASI [†]	AP	AM	PRO	CVM	MP [‡]	REND
REP	1	4.72 ns	5.85 ns	.153 ns	992.59 ns	196.85 ns	0.06 ns	0.02 ns	0.03 ns	2.49 ns
BLK(REP)	16	3.26 **	3.35 **	.150 ns	391.61 **	116.64 *	0.04 ns	0.28 ns	2.90 ns	0.78 ns
TRT	134	3.65 **	4.02 **	.187 ns	429.75 **	218.75 **	0.10 **	0.91 **	4.03 **	3.38 **
ERROR	118	0.82	1.04	.254	81.05	62.11	0.06	0.21	2.51	0.83
TOTAL	269									
C.V.(%)		1.66	1.87	1.38	5.43	9.04	17.54	15.04	51.48	18.32
PROM.		54.46	54.55	1.15	165.85	87.16	1.38	3.02	12.38	4.98

CEPAP

F.V	G.L.	FM	FF	ASI [†]	AP	AM	PRO	CVM	MP [‡]	REND
REP	1	43.78 ns	136.15 ns	63.56 ns	1110.23 ns	459.26 ns	1.46 **	1.10 ns	0.30 ns	3.89 ns
BLK(REP)	16	21.16 **	35.32 **	12.14 **	816.74 **	413.02 **	0.07 **	1.25 **	6.53 **	2.92 **
TRT	134	10.79 **	15.57 **	7.47 **	330.76 *	132.23 **	0.05 *	1.00 **	4.23 *	1.64 **
ERROR	118	3.75	5.34	4.85	245.99	80.46	0.03	0.50	2.94	1.00
TOTAL	269									
C.V. (%)		3.08	3.63	5.90	12.53	16.18	20.94	19.14	40.93	48.49
PROM.		62.94	63.74	1.18	125.10	55.41	0.87	3.69	21.03	2.07

*, **, ns: Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad y no significativo respectivamente.

[†] = Expresada en la notación $n \times 10^{-3}$

[‡] = Solo cuadrados medios con datos transformados.

C.V. = Coeficiente de variación (%).

F.V. = Fuente de variación.

4.2. Análisis de varianza combinado

En el cuadro 4.2 se exponen los cuadrados medios, coeficientes de variación y promedios del análisis de varianza combinado de la evaluación de 130 líneas y 5 testigos de maíz para los diferentes variables en estudio.

En la fuente de variación localidad se observan diferencias significativas para todas las características agronómicas evaluadas, excepto la variable ASI que no mostró diferencia significativa. Esto refleja que las localidades de evaluación son ambientes totalmente contrastantes entre ellos en lo que se refiere a factores climáticos, pero principalmente las características del suelo.

La fuente correspondiente a repeticiones dentro de cada localidad, las variables evaluadas no mostraron significancia a excepción de la variable PRO, donde mostró diferencia altamente significativa. Lo anterior concuerda con los resultados de los análisis de varianza individual por cada localidad (cuadro 4.1).

Con respecto a los bloques dentro de repeticiones para cada localidad, se observa diferencias significativas de las variables evaluadas, excepto para la variable PRO donde no se detectó diferencias significativas. Se aprecia claramente la ventaja de sortear el material genético en un diseño de bloques incompletos como lo es el alpha-lattice. Además, el diseño tiene la ventaja de explotar el efecto de los bloques en cada una de las repeticiones por ambiente de evaluación, reduciéndose notablemente la heterogeneidad de los factores edáficos principalmente. Analizando las repeticiones, éstas son similares, sin embargo, dentro de ellos existe una heterogeneidad, variación que es detectada por los

bloques incompletos del alpha-lattice, ayudando con esto a mejorar la precisión en la evaluación y selección del material genético en estudio.

Para el caso de la fuente tratamiento que incluye a las líneas y testigos, las variables evaluadas muestran diferencias altamente significativas, solo que en la variable ASI no se observó diferencias significativas. La significancia obtenida entre líneas indica que existe variabilidad entre ellas, existiendo buenas, regulares y malas, lo cual, se debe en gran medida al proceso de autofecundación, tal como lo indica Poehlman (1986) que al autofecundar, muchos de los genes recesivos desfavorables que reducen el rendimiento o afectan otros caracteres de interés agronómico se enmascaran por su alelo dominante, pero el efecto de autofecundación los elimina.

En lo que corresponde la interacción del genotipo por el ambiente de evaluación, se observa que para la mayoría de las variables evaluadas se detectaron interacciones. La significancia en la interacción genotipo por ambiente para las diferentes variables en estudio, indica que los genotipos exhiben un comportamiento relativo diferencial, tal como lo menciona Márquez (1974). Lo anterior sugiere que es conveniente analizar la información por cada localidad con propósitos de selección. Sin embargo, es probable que algunas líneas cuentan con adaptación y buen comportamiento a través de localidades, lo cual sería una característica deseable desde el punto de vista de la estabilidad del material genético en estudio.

Cuadro 4. 2. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 130 líneas y 5 testigos de maíz evaluados en tres localidades del trópico de Veracruz, México, 1998.

F.V.	G.L.	FM	FF	ASI [†]	AP	AM	PRO	CVM	MP [‡]	REND.
LOC	2	5624.64 **	5868.24 *	484.42 ns	181691.32 **	99765.35 **	18.02 *	32.97 *	111.61 **	573.45 **
REP(LOC)	2	24.25 ns	71.00 ns	31.86 ns	1051.41 ns	328.06 ns	0.76 **	0.56 ns	0.17 ns	3.19 ns
BLK(LOC*REP)	32	12.21 **	19.33 **	6.14 **	604.18 **	264.84 **	0.06 ns	0.76 **	4.71 **	1.86 **
TRT	134	12.01 **	15.01 **	2.57 ns	682.85 **	283.95 **	0.10 **	1.57 **	6.21 **	3.96 **
LOC*TRT	260	3.07 *	4.28 *	2.45 ns	237.25 **	98.43 **	0.07 **	0.47 **	2.91 ns	1.15 *
ERROR	236	2.29	3.19	2.55	163.53	71.29	0.05	0.35	2.72	0.92
TOTAL	674									
C.V.(%)		2.61	3.04	4.26	8.38	11.09	19.07	17.46	47.33	27.51
PROM		57.94	58.79	1.19	152.65	76.13	1.12	3.40	15.72	3.49

*, **, ns: Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad y no significativo respectivamente.

[†] = Expresada en la notación $n \times 10^{-3}$

[‡] = Solo cuadrados medios con datos transformados.

F.V. = Fuente de variación.

C.V. = Porcentaje de coeficiente de variación.

4.3. Selección de líneas

4.3.1. Selección de líneas por localidades

En los cuadros 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran las mejores líneas seleccionadas para las localidades del CECOT, CBTA # 36 y CEPAP respectivamente.

Como se puede observar, no solo se consideró el factor rendimiento para seleccionar las líneas, sino que se tomó en cuenta a todas las variables en estudio. Mediante éste criterio, se lograron seleccionar líneas de alto rendimiento y características agronómicas aceptables para los diferentes ambientes de prueba. Además de la información de cada línea seleccionada, se incluyen las medias de las mejores líneas (fracción seleccionada), la media de la población, las diferencias entre éstas, las características de los cinco testigos y el índice de selección (I. Sel). Las medias de la fracción seleccionada para FM y FF son similares a la media poblacional, esto se debe que el valor de la media se considera aceptable. En el caso de la variable ASI, se redujo el intervalo de la sincronía de floración de ambos órganos sexuales. Para AP y AM, con los criterios aplicados se obtuvo un incremento de las alturas de ambas variables, es decir, se trató de seleccionar líneas con alturas aceptables (cuadros 4.3, 4.4 y 4.5). La media de la fracción seleccionada para la variable PRO, se mantuvo alrededor de la media poblacional de las líneas, tratando de buscar por lo menos que cada planta tenga una mazorca, ésta situación se observa de una manera mas clara en el cuadro 4.5, que se refiere a la localidad donde hay problemas de acidez. Para los caracteres CVM y MP, la mayoría de los materiales presentaron muchos problemas de mazorcas de mal aspecto tal como mazorcas desuniformes, mala cobertura, y otros, además también presentaron alto porcentaje de pudrición. Debido a este problema se seleccionaron líneas que presentaron mazorcas de

buena apariencia y con bajo porcentaje de pudrición de mazorca, tratando seleccionar aquellas líneas con valores iguales ó menores a la media poblacional. Para el rendimiento, se seleccionaron líneas rendidoras tal como se refleja en la media de la fracción seleccionada, obteniendo diferenciales de selección mayores de 1 ton/ha.

Se identificaron dos líneas muy estables, siendo éstas las líneas 89 y 30, las cuales tuvieron un buen comportamiento a través de los tres ambientes, pudiéndose aprovechar éstas líneas en programas de mejoramiento poblacional o hibridación.

Se puede notar a nivel general que algunas líneas seleccionadas presentaron rendimientos similares o superiores a los testigos. Esta situación es importante, si se considera que las líneas están con un nivel de endogamia de una autofecundación, mientras que los testigos son híbridos y poblaciones mejoradas. En las localidades del CECOT y CBTA #36, los testigos tienen buen comportamiento, sin embargo, en la localidad del CEPAP, éstos se ven afectado por las condiciones de dicha localidad, sobresaliendo únicamente el tratamiento 134 (H-513) con un rendimiento de 6.003 ton/ha; mientras que para el tratamiento 133 (SA-6) el rendimiento fue de 2.35 ton/ha, como se puede apreciar, este material bajó considerablemente su rendimiento a pesar de ser considerado como resistente a la acidez.

El comportamiento de los genotipos en ésta última localidad es muy importante, por ser la localidad con problemas de suelos ácidos. Con respecto a la media general de ésta localidad, todas las 12 líneas seleccionadas están por arriba de la media poblacional para los caracteres FM, FF, AM, AP, PRO y rendimiento, mientras que para ASI, CVM y MP está por debajo de la media que es lo que se quiere para éstas variables, resaltando que tres de

los testigos mostraron rendimientos por debajo de la media de la fracción seleccionada (cuadro 4.5).

Cuadro 4. 3.. Promedio de cada carácter estudiado en las mejores 13 líneas de acuerdo al índice de selección, CECOT, México 1997.

LINEAS	FM	FF	ASI	AP	AM	PRO	CVM	PM	REND	I. SEL.
116	56	56	1.15	178	99	1.1	2	0	10.351	10
6	55	55	1.15	180	96	1.1	1	8	10.313	8
89	55	55	1.15	179	101	1.5	2	0	8.401	5
23	55	55	1.15	180	94	1.3	2	7	8.259	11
15	53	53	1.15	195	111	1.1	2	9	8.101	5
62	51	51	1.15	185	103	1.4	2	6	7.871	9
40	55	55	1.15	187	108	1.2	2	7	7.711	5
41	52	52	1.15	189	101	1.9	3	0	7.282	10
30	53	53	1.15	197	108	1.5	2	12	6.974	8
64	56	56	1.15	183	95	1.7	3	10	6.596	11
50	53	53	1.15	180	101	1.6	2	7	6.518	9
73	53	53	1.15	190	103	1.2	1	0	6.017	8
31	56	56	1.15	180	86	1.2	2	0	5.636	11
P.F. SEL.	54.2	54.3	1.15	178.1	95.9	1.43	2.3	8.9	6.59	
P. POB.	54.7	54.8	1.15	166.1	87.4	1.39	3.0	12.4	4.98	
D. S.	-0.5	-0.5	0.003	12.0	8.5	0.04	-0.7	-3.4	1.61	
Testigos										
H-513	57	57	1.15	204	92	1.1	1	8	10.313	6
H-512	55	55	1.18	198	109	1.1	2	0	10.351	9
SA-7	56	57	1.18	184	100	1.3	2	10	8.259	10
(RC3XVANDEÑO)XSA-7	52	52	1.15	194	106	1.5	2	12	6.974	8
SA-7	57	57	1.15	153	78	1.4	3.8	12	3.56	

P. Pob = Promedio de la población.

P. F. Sel = Promedio de la fracción seleccionada.

D.S. = Diferencial de selección.

I. Sel. =Índice de selección.

Cuadro 4. 4. Promedio de cada carácter estudiado en las mejores 11 líneas de acuerdo al índice de selección, CBTA # 36, México 1997.

ENTRADA	FM	FF	ASI	AP	AM	PRO	CVM	MP	REND	I. SEL.
49	52	55	1.28	224	112	1.4	2	12	7.536	6
30	51	53	1.24	199	100	1.7	2	0	7.413	5
50	53	55	1.24	152	102	1.3	2	0	6.543	7
92	55	58	1.28	169	108	2.0	4	0	5.506	9
107	53	55	1.24	196	82	1.6	4	0	4.592	11
16	55	58	1.28	166	97	1.4	3	0	4.176	9
40	56	58	1.24	232	118	0.9	3	0	4.151	9
54	57	59	1.24	194	94	1.0	2	0	4.144	8
125	53	55	1.24	172	99	1.0	2	0	3.737	11
117	53	55	1.24	182	102	1.3	4	0	3.723	11
89	54	56	1.24	182	106	0.7	3	0	3.442	10
P. F. SEL.	53.5	55.7	1.25	190.8	102.7	1.29	2.8	7.5	4.78	
P. Pob.	54.9	57.4	1.26	181.3	95.5	1.12	3.6	11.8	3.34	
D. S.	-1.4	-1.6	-0.009	9.4	7.2	0.17	-0.8	-4.3	1.44	
Testigos										
H-512	56	59	1.28	213	122	1.5	2	0	7.413	5
SA-6	51	53	1.24	179	98	1.2	3	0	6.294	6
(RC3XVANDEÑO)X SA-7	51	53	1.24	215	126	1.3	2	0	6.234	7
SA-7	51	53	1.24	194	105	1.2	3	17	4.808	10
H-513	53	55	1.14	202	98	0.6	2	0	3.353	11

P. Pob = Promedio de la población.

P. F. Sel = Promedio de la fracción seleccionada.

D.S. = Diferencial de selección.

I. Sel. =Índice de selección.

Cuadro 4. 5. Promedio de cada carácter estudiado en las mejores 12 líneas de acuerdo al índice de selección, CEPAP, México 1997.

LINEAS	FM	FF	ASI	AP	AM	PRO	CVM	MP	REND	I. SEL.
73	61	62	1.18	146	68	1.4	2	7	4.982	11
33	60	60	1.17	137	74	0.9	3	8	4.312	12
89	60	59	1.10	144	73	1.0	2	13	4.303	9
69	62	63	1.17	145	74	1.0	3	9	3.891	11
30	58	56	1.04	143	65	1.0	2	14	3.633	11
110	63	62	1.10	145	67	0.8	4	3	3.537	13
106	62	61	1.10	107	57	1.1	3	12	3.447	15
116	64	63	1.13	128	59	0.9	3	15	3.179	14
27	63	62	1.13	136	55	1.2	3	14	3.175	15
12	63	64	1.18	150	69	1.0	3	4	3.115	12
65	62	61	1.09	133	61	0.9	3	12	2.956	13
15	62	62	1.18	150	77	1.0	2	4	2.760	12
P. F. SEL.	62.2	62.1	1.15	136.4	63.2	0.95	2.9	11.3	3.09	
P. Pob.	63.2	64.0	1.18	125.4	55.7	0.87	3.7	21.0	2.07	
D. S.	-1.0	-1.9	-0.04	11.0	7.5	0.08	-0.9	-9.8	1.02	
Testigos										
H-513	68	67	1.10	128	51	1.1	4	13	3.229	15
H-512	64	63	1.13	144	69	1.0	2	0	6.003	9
SA-7	57	55	1.13	131	53	1.1	4.3	24	2.38	
(RE3XVANDEÑO)XSA-7	51	52	1.20	135	58	0.8	3.0	8	1.58	
SA-6	57	59	1.22	121	58	0.9	3.0	12	2.35	

P. Pob = Promedio de la población.

P. F. Sel = Promedio de la fracción seleccionada.

D.S. = Diferencial de selección.

I. Sel. = Índice de selección.

4.3.2. Selección de líneas a través de ambientes

En el cuadro 4.6 se presentan las líneas seleccionadas de acuerdo a la media de las tres localidades. Dicha selección se realizó utilizando el índice de selección y con los criterios descritos en materiales y métodos.

Obsérvese que las medias de los días a floración masculina y femenina de las líneas seleccionadas son similares a la media poblacional (57.6 y 58.7) respectivamente, estos valores de floración son comunes para materiales del trópico. Para la variable ASI se redujo ligeramente el intervalo de floración masculina y femenina lo cual es importante para una buena polinización. Para altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), se trató de seleccionar líneas con mayor altura; mientras que para prolificidad (PRO) se trató de seleccionar líneas que dieran por lo menos una mazorca por planta. En el caso de los caracteres CVM y MP, se seleccionaron líneas con valores por debajo de la media poblacional, de ahí que el diferencial de selección fue negativo con valores de -0.7 y -5.4 para CVM y PM respectivamente. En el caso del factor rendimiento, se seleccionaron líneas en un rango de 3.3 a 6.3 ton/ha, logrando con ellos obtener un diferencial de selección de 1.12 ton/ha.

Se identificaron dos líneas superiores (89 y 30) que también fueron clasificadas como superiores en las selecciones por localidad. Estas líneas son muy estables, con buenas características agronómicas y que prometen ser buen material genético para los programas de mejoramiento del trópico.

Se encontró que las mejores líneas seleccionadas superaron en rendimiento a la mayoría de los testigos. Lo anterior se debe a que existe buena variabilidad en las líneas evaluadas, lo cual permitió identificar líneas superiores en ambientes favorables y desfavorables, repercutiendo en los promedios generales; mientras que la mayoría de los testigos fueron afectadas en el ambiente desfavorable dando rendimientos bajos en la localidad del CEPAP, por lo tanto el rendimiento fue afectado en la media general.

La información de cuadro 4.6 permite hacer inferencias sobre el comportamiento del material genético a través de ambientes, lo cual es relevante para evaluar la adaptación y estabilidad de los genotipos.

De acuerdo a la información por localidad (cuadros 4.3, 4.4 y 4.5), y el combinado (cuadro 4.6), se seleccionaron 29 líneas superiores, éstas líneas son: 89, 15, 30, 49, 75, 65, 33, 106, 105, 116, 6, 23, 62, 40, 41, 64, 50, 73, 31, 92, 107, 16, 54, 125, 117, 69, 110, 27 y 12. Estas líneas, tienen al menos uno de los siguientes atributos: resistencia a acidez, estables a través de ambientes, alto rendimiento en ambientes favorables, de alto promedio a través de localidades. Debido a los atributos anteriores, éstas líneas pueden ser utilizados siguiendo dos metodologías: Avanzar a otro ciclo de autofecundación o bien, recombinarlas para luego derivar líneas S_1 y repetir el ciclo de mejoramiento, tal como lo menciona Hallauer (1985), quien indica que la selección superior se recombine para completar el ciclo de selección. Por lo tanto se logra lo que menciona Allard (1965) que mediante esta metodología existe la posibilidad de retener gran proporción de genes favorables presentes en los individuos que se seleccionaron.

También se seleccionaron 9 líneas elites, los cuales poseen buenas características agronómicas, principalmente bajo porcentaje de pudrición de mazorca. Seis de estas nueve líneas que son: 89, 30, 15, 65, 33 y la 106 tienen el potencial de tolerar los problemas de acidez del suelo, las cuales se deben de recombinar para formar la variedad experimental con líneas S_1 . La variedad experimental estaría constituida de ésta manera por líneas con resistencia a acidez, con buenas características agronómicas, buen rendimiento y buena estabilidad. La información de éste grupo de líneas elite se presenta en el cuadro 4.7. Se puede observar que éste grupo de líneas elite tienen un rendimiento por arriba de la media de la población, baja pudrición de mazorca, lo que sugiere el potencial genético de las líneas para utilizarlas en mejoramiento de plantas.

Cuadro 4. 6. Promedio de cada carácter estudiado de las mejores 16 líneas seleccionadas a través de las tres localidades, Veracruz., México 1997.

LINEAS	FM	FF	ASI	AP	AM	PRO	CVM	MP	REND	I. SEL.
49	56	58	1.23	178	88	1.3	2	8	6.311	12
30	54	54	1.14	180	91	1.4	2	12	6.109	9
15	56	57	1.19	187	101	1.1	2	9	5.640	8
75	59	60	1.22	176	96	1.4	3	10	5.445	11
89	56	57	1.16	168	93	1.1	2	4	5.382	12
50	56	58	1.23	148	84	1.2	3	6	5.033	7
40	59	60	1.22	188	95	1.0	2	5	4.831	15
65	56	56	1.16	154	82	1.4	3	4	4.446	11
33	55	56	1.19	166	94	1.2	3	13	4.220	13
110	57	57	1.16	171	84	1.1	3	3	4.137	14
106	58	59	1.16	143	78	1.2	3	6	4.077	12
105	57	57	1.19	174	79	1.2	3	11	4.013	14
6	58	60	1.20	164	82	1.1	3	11	3.887	14
69	58	59	1.20	164	85	1.1	3	9	3.527	14
12	57	58	1.19	170	81	1.0	3	8	3.322	14
P. F. SEL.	56.8	57.6	1.19	167.0	86.3	1.20	2.7	9.7	4.58	
P. Pob.	57.6	58.7	1.2	157.6	79.5	1.13	3.4	15.1	3.46	
D. S.	-0.8	-1.1	-0.011	9.4	6.8	0.07	-0.7	-5.4	1.12	
Testigos										
H-512	58	59	1.20	185	100	1.2	2	4	7.519	8
SA-6	58	60	1.21	161	85	1.1	3	7	5.638	12
H-513	59	60	1.16	178	80	0.9	2	0	5.865	8
(RC3XVANDEÑO)X SA-7	55	56	1.20	181	97	1.2	2	7	4.964	10
SA-7	55	55	1.20	159	78	1.23	3.7	17	3.58	

P. Pob = Promedio de la población.

P. F. Sel = Promedio de la fracción seleccionada.

D.S. = Diferencial de selección.

I. Sel. =Índice de selección.

Cuadro 4. 7. Características agronómicas de las mejores 9 líneas elite.

LÍNEAS	FM	FF	ASI	AP	AM	PRO	CVM	MP	REND
89	56	57	1.16	168	93	1.1	2	4	5.38
15	56	57	1.19	187	101	1.1	2	9	5.64
30	54	54	1.14	180	91	1.4	2	12	6.10
49	56	58	1.23	178	88	1.3	2	8	6.31
75	59	60	1.22	176	96	1.4	3	10	5.44
65	56	56	1.16	154	82	1.4	3	4	4.44
33	60	60	1.17	137	74	0.9	3	8	4.31
106	58	59	1.16	143	78	1.2	3	6	4.07
105	57	57	1.19	174	79	1.2	3	11	4.01
P. POB.	57.6	58.7	1.20	157.60	79.50	1.3	3.4	15.1	3.46
P.F. SEL.	56.88	57.55	1.18	166.33	86.88	1.22	2.55	8	5.07

V. CONCLUSIONES

1. Los ambientes donde se evaluaron, permitieron detectar las diferencias entre ellas, debido a la expresión de su potencial genético.
2. Para el carácter rendimiento, se logró identificar líneas superiores por localidad y a través de localidades que igualaron y/o superaron a los testigos.
3. Se identificaron 29 líneas elites para continuar el mejoramiento genético. Estas líneas poseen atributos que se pueden explotar a través del proceso de mejoramiento genético.
4. Se identificaron 9 líneas, que se caracterizaron por su alto rendimiento, buenas características agronómicas, estables y sobre todo con cierta resistencia a la acidez de los suelos.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Allard, R., W. 1965. Principios de la mejora genética de las plantas. 1ª edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
- Barreto H., J., J.A Bolaños y H.S., Córdova. 1991. Programa regional del CIMMYT. C.A. codificación en Pascal basado en un programa por Fortrán escrito por Edmeades, CIMMYT. Software escrito en turbo Pascal V 6.0 de Borland International, Inc.
- Betanzos M., E., S. Pandey, A., R. Fonseca. 1996. Mejoramiento genético de maíces tropicales tolerantes a suelos ácidos. Proyecto cooperativo INIFAP-CIMMYT. Campo Experimental de Ocozocoautla, Chiapas, SAGAR INIFAP-CIRPS. p. 60-73.
- Bidwell, R., G. S. 1993. Fisiología Vegetal. Segunda reimpression. Editorial A G T Editor. México. p. 200-210.
- Bolaños, J. and G.O. Edmeades. 1996. The importance of the Anthesis-Silking-Interval (ASI) in breeding for drought tolerance in tropical maize. Developing drought and low N tolerant maize. Proceedings of a symposium, Marzo 25-29. CIMMYT, El Batán, México.
- Borrero J., C., S. Pandey, H. Ceballos, R. Magnavaca and A. F. C. Bahía. 1995. Genetics variances for tolerances to soil acidity in a tropical maize population. *Maydica* 40:283-288.
- Brauer H., O. 1987. Fitogenetica aplicada. Novena reimpression. Editorial LIMUSA S. A. de C. V. México.
- Brenes, E. and R. W. Pearson. 1973. Root responses of three gramineae species to soil acidity in a oxisol and an ultisol. *Soil Sci.* 116:295-302.
- Castañón N., G. 1983. Selección entre líneas S₁ en una población con amplia base genética de maíz superenano y efectos de la densidad de población sobre la estimación de parámetros genéticos. Tesis de Maestría en Ciencias, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Castañón N., G., L. R., Zetina, U. B., Raygoza y S. R., Áranos. 1998. Selección entre líneas S₁ derivadas de una población tolerante a suelos ácidos. Memoria del XVII congreso de Fitogenética. Acapulco, Guerrero. Octubre 05-09. P. 213.
- Ceballos H., S. Pandey, E. B. Knapp y J. Duque. 1994. Respuesta de la selección para tolerancia a suelos ácidos en cinco poblaciones tropicales de maíz. Programa Regional Suramericano del CIMMYT. Cali, Colombia.
- Chávez A., J.L. 1995. Mejoramiento de plantas II. Primera edición. Editorial TRILLAS S. A. México.
- Christiansen M., N. y C. F. Lewis. 1987. Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. Primera edición. Editorial Noriega Editores (Limusa).
- De la Loma, J.L. 1985. Genética general y aplicada. Tercera edición. Editorial Unión Tipográfico U T E H A S.A. de C.V. México.
- Duque-Vargas J., S. Pandey, G. Granados H. Ceballos and E. Knapp. 1994. Inheritance of tolerance to soil acidity in tropical maize. *Crop Sci.* 34:50-54.
- East E., M., and D. F. Jones. 1920. Genetic studies on the protein contents of maize. *Genetics* 5:543-610.

- Falconer D., S. 1980. Introducción a la genética cuantitativa. Décima impresión. Compañía Editorial Continental S.A. México. p. 380-382.
- FritzPatrick E., A. 1984. Suelos, su formación, clasificación y distribución. Primera edición. Editorial Compañía Continental S. A. de C. V. México.
- Foy D., C. and J. C. Brown. 1969. Toxic factors in acid soil: II. Differential aluminum tolerance of plant species. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28:27-32.
- Galarza S., M., H. Angeles y G. J. D. Molina. 1973. Estudio comparativo entre la prueba de líneas *per-se* y la prueba de mestizos para evaluar A.C.G. de líneas S₁ de maíz. *Agrociencia* 11:127-139.
- García J., B. 1989. Efectividad de la selección recurrente de familias de medios hermanos y hermanos completos en las poblaciones superenanas de maíz Lucio Blanco mejorado. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- García M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Cuarta edición. México. 217 p.
- Genter F., C. and M. W. Alexander. 1962. Comparative performance of S₁ progenies and test crosses of corn. *Crop. Sci.* 2:516-519.
- Genter C., F. 1971. Yield of S₁ líneas from original and advanced synthetic varieties of maize. *Crop. Sci.* 11:821-824.
- Genter F., C. 1973. Comparison of S₁ and test cross evaluation after two cycles of Recurrent Selection in maize. *Crop. Sci.* 13:524-526.
- Gorsline G., W., W. I. Thomas, and D. C. Baker. 1964. Inheritance of P, K, Mg, Cu, B, Zn, Mn, Al and Fe concentrations by corn leaves and grain. *Crop Sci.* 4:207-210.
- Hallauer A., R. and J. B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University. Pres. Ames. I.A.
- Hallauer A., R. 1985. Compendium of recurrent selection methods and their application CRC. *Critical Reviews in Plant Science* 3:1-33.
- Hayes H., K. and R. J. Garber. 1919. Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. *J. Am. Soc. Agron.* 11:308-318.
- Hernández M., E. 1990. Estimación de la estabilidad del rendimiento en híbridos simples de maíz a través del modelo de Eberhart y Russell (1966) y de una simplificación a este. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Horst W., J. 1994. Physiology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. *Genetics and molecular biology of plant nutrition. Fifth International Symposium, Davis, California, U.S.A.*
- Jenkins M., T. 1935. The effects of inbreeding and of selection withing inbred lines of corn upon the híbridos made after sucesive generations of selfing. Iowa State University. *J. Sci.* 3:429-450.
- Lima M. P. R., Furlani and J. B. Miranda. 1992. Divergent selection for aluminum tolerance in a maize population. *Maydica* 37:123-132.
- López G., V., H.A. Vázquez y R.I. Ruiz. 1992. Suelos ácidos de Veracruz. CIR-GOLFO CENTRO, INIFAP-SARH. Cotaxtla, Veracruz, México. 48 p.
- Lu H., S. 1987. Genotype by environment interactions and selection responses of two maize population to Reciprocal Recurrent Selection in a high yield environment. *Maize abstracts. Vol. 3(6):372.*
- Márquez S., F. 1974. El problema de la interacción genético ambiental en Genotecnia vegetal. Editorial Patena A. C. Chapingo, Méx. 113 p.
- Márquez S., F. 1985. Genotecnia vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo I. Primera edición. Editorial A.G.T. S.A. México.

- Mela M., P. 1966. El suelo y los cultivos de secano. Segunda edición. Editorial Agrociencia Zaragoza. España.
- Molina O.J. 1988. Comparación de líneas *per-se* de maíz tropical y sus mestizos para determinar la A.C. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Molina G. J., D. 1996. La selección recurrente en el fitomejoramiento. Curso internacional de actualización en fitomejoramiento y agricultura sustentable. Memorias-UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Septiembre 9-13.
- Narro L., S. Pandey, A. León, J. C. Pérez y F. Salazar. 1995. Investigación de maíz para suelos ácidos realizados por el CIMMYT. Trabajo presentado en el IV taller agropastoril para los suelos ácidos de las sabanas y taller metodológico agropastoril. Bolivia. Septiembre 25-29.
- Núñez E., R. 1985. Efectos de la acidez del suelo sobre la Producción de cultivos y su corrección mediante el encalado. Serie cuaderno de Edafología No. 2. Centro de Edafología. C. P.
- Pandey, S., S. K., Vasal and J. Deutsch. 1991. Performance of open-pollinated maize cultivars selected from 10 tropical maize population. *Crop Sci.* 31:285-290.
- Pandey, S., H. Ceballos, G. Granados. and E. Knapp. 1994. Developing maize that tolerates aluminum toxic soils. Elmeades G.E. and J.A Deutsch Technical editors. Pp. 85-92.
- Pandey, S., H. Ceballos, R. Magnavaca, A. F. C. Bahía Filho, J. Duque-Vargas and L. E. Vinasco. 1994. Genetics of tolerance to soil acidity in tropical maize. *Crop Sci.* 34:1511-1514.
- Pandey, S., H. Ceballos and G. Granados. 1995. Registration of four tropical maize population with acid-soil tolerance: SA-4, SA-5, SA-6 y SA-7. *Crop. Sci.* 34:1238-1231.
- Poehlman J., M. 1986. Mejoramiento genético de las cosechas. Novena reimpresión. Editorial Limusa, México. 453 p.
- Quemé J. L., L. Larios, C. Pérez, N. Soto y H. Córdova. 1990. Aptitud Combinatoria de líneas de maíz en diferentes grados de endogamia derivadas de cuatro Familias de Hermanos Completos progenitores en un híbrido doble. Memorias de maíz en el XXXVII reunión anual PCCMCA. Panamá, marzo 18-22.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenética básica y aplicada. Primera edición. Editorial A. G. T. EDITOR S.A. México.
- Rhue R., D., C. O. Grogan, E. W. Stockmeyer and H. L. Everett. 1978. Genetic control of aluminum in corn. *Crop Sci.* 18:1063-1067.
- Rincón, M., and R. A., González. 1992. Aluminium partitioning in intact roots of aluminium-sensitive wheat cultivars. *Plant Physiol.* 99:1021-1028.
- Robles S., R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Primera edición. Editorial LIMUSA S.A. México.
- Ruiz-Torres, N. R., and B. C. Carver. 1992. Genetic expression of aluminum tolerance in hard red winter wheat. *Cereal Research Communications.* 20 (3-4) 233-240.
- Sánchez P., A. 1977. Advances in management of oxisols and ultisol in tropical south America. In K. Kawaguchi (Ed.). Int. Seminar on soil, environment and fertility management in intensive agriculture. Soc. Soil Sci. and Manure. Tokyo.
- Sánchez P., A. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. Primera edición. Editado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1994. Fuente de cultivos básicos. Noviembre, publicada por la Secretaría de Gobernación.

- Sprague G., F. and S. A., Eberhart. 1977. Corn breeding. *In* Sprague, G. F. (Ed). Corn and corn improvement. American Society of Agronomy, Madison Wis., U.S.A.
- Tisdale, S. L., W. L. Nelson, and J. D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. Cuarta Ed. Pub. Machnillon. New York. U.S.A.
- Tosquy V., O. H. 1997. Tecnología para la producción de semilla de líneas que forman híbridos de maíz tropicales. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Vasal, S., K., F. San Vicente, S. McLean, K. Ramanujam, M. Barandiaran, A. Ramírez y J. G. Avila. 1995. Necesidad y beneficios de lotes de evaluación de líneas para diversos propósitos en el mejoramiento genético de maíz. Publicado en el Síntesis de Resultados Experimentales del P.R.M. 1993-1995. 5:50-55.
- Vásquez H., A., G., V. López y G. A. B. Vargas. 1990. Caracterización de suelos ácidos de la cuenca del Papaloapan. Tercera reunión anual del CIFAP. Veracruz, México. Publicación especial #1.
- Villee C., A. 1976. Biología. Sexta edición. Editorial Interamericana, México, D. F. 773 p.
- Wambeke V., A. 1976. Formation, distribution and consequences of acid soils in agricultural development. En plant adaptation to mineral stress in problem soils, M. J. Wrihgt. Ed Cornell Univ. Agric. Exp. Sta., Ithaca, N. Y.
- Westerman, R. L. 1981. Factors affecting soil acidity. *Solutions*. 25(3):64.