

Avances por Selección Masal en los Sintéticos de Maíz
del Istmo. I. C₀ vs C₄, C₅, C₆ y C₇

Carlos Javier Garay López

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Maestro en Ciencias
en la Especialidad de Fitomejoramiento



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

Programa de Graduados

Bucnavista, Saltillo, Coah.

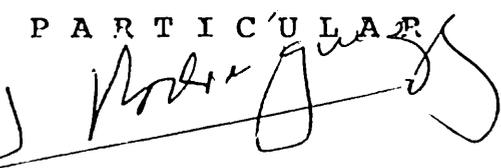
Diciembre de 1986

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITE PARTICULAR
DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OPTAR --
AL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
DE FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:



ING. M.C. JOSE GPE. RODRIGUEZ VALDES

Asesor:



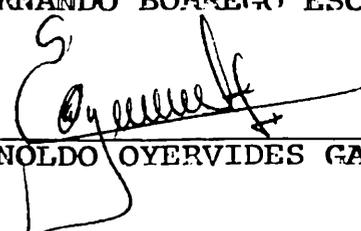
DR. JOSE ESPINOZA VELAZQUEZ

Asesor:



ING. M.C. FERNANDO BORREGO ESCALANTE

Asesor:



ING. M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCIA



DR. ELEUTERIO LOPEZ PEREZ
SUBDIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE DE 1986.

DEDICATORIA

A la Memoria de mi Abuelo Rufino.

Con gran respeto y cariño para mis padres:

CARLOS Y MA. CRISTINA .

A mi abuela Carmela.

A mis Hermanos:

MARIA	JAVIER
ELSA	ERIKA
JESUS	BEGOÑA

A todos mis Tíos y Primos, por su apoyo y afecto.

A Cris, por su amor y cariño.

A la Memoria de:

Dr. Mario E. Castro Gil
Ing. Gonzalo Olivares Olivares
Ing. Luis Cepeda Solis
CPA Victor Manuel Garza Melo

T-14910

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a:

La Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", que a través del Instituto Mexicano del Maíz me permitió lograr esta meta.

Al Comité Particular de Asesoría; M.C. José Gpe. Rodríguez Valdés, Dr. José Espinoza Velázquez, M.C. Fernando Borrego Escalante y M.C. Arnoldo Oyervides García, por su valiosa participación en las correcciones y aportaciones al presente trabajo.

Al Ing. M.C. José R. Gómez González, por sus enseñanzas y sus modificaciones a la idea original del trabajo de -- Selección Masal.

A mis Maestros de la Maestría, por los conocimientos que de ellos adquirí.

A Ma. Cristina, por su motivación para la realización de este escrito.

Al personal Técnico y Administrativo del Instituto Mexicano del Maíz, en especial al Sr. Luis Ruiz Espinoza, en quien descansa el trabajo de campo en Tehuantepec, Oax. y a los trabajadores de campo de esta Universidad.

A la Sra. Alma Rosa Ortiz de Arancivia, por su camaradería y eficiente trabajo de mecanografía, además de las - Sras. Nancy Rosas de Díaz y Sandra Moreno.

COMPENDIO

Avances por Selección Masal en los Sintéticos de Maíz del Istmo. I. C₀ vs C₄, C₅, C₆ y C₇

POR

CARLOS JAVIER GARAY LOPEZ

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 1986

M.C. José Gpe. Rodríguez Valdés - Asesor -

Palabras claves: Maíz, Selección Masal, poblaciones ideotipo, Istmo de Tehuantepec.

Se ha continuado con un programa de Selección Masal Visual Estratificada en dos poblaciones enanas tropicales ideotipo, denominadas Sintético Precoz (SP) y Sintético Intermedio (SI) del Istmo. La Selección Masal se juzga como el método más simple y barato de mejoramiento poblacional y tiene las ventajas de adaptar germoplasma exótico a ambientes diversos y mantener un tipo de endospermo deseado por los agricultores, lo cual es muy útil para llenar las necesidades de una región. Los objetivos son: (1). mejorar ambas poblaciones, y (2). elevar el rendimiento en volumen, manteniendo el peso, mediante la selección de mazorca tipo Zapalote chico, por ser el principal modo de comercializar el grano en el área circundante a Tehuantepec, Oaxaca.

Se condujeron evaluaciones de comportamiento de las subpoblaciones respectivas (C_0 vs C_4 , C_5 , C_6 y C_7) en dos localidades (El Ocho y Puente Madera, Distrito de Desarrollo Rural VI-Istmo) bajo dos densidades de siembra. El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas entre los ciclos de selección en todas las características del SP, incluso rendimiento, pero en el SI sí existieron diferencias de alta significancia para altura de mazorca y significativas para días a flor macho, número de mazorca y rendimiento en peso. Los coeficientes de regresión no fueron significativos, siendo de reducido valor para las características consideradas en las dos poblaciones, incluso negativo para rendimiento en peso, pero positivo en volumen en el SP. Pareció haber una adaptación a ambientes menos favorables y que los genes que influyen sobre el peso pueden ser diferentes a los que afectan el volumen, o tienen acción opuesta, al menos en la población SP. La respuesta a la selección fue mayor en el SI que en el SP, por lo que se tomó a la Selección Masal como eficiente, aunque con baja tasa de ganancia.

ABSTRACT

Advances by Mass Selection in The Istmo Maize Synthetics. I. C₀ vs C₄, C₅, C₆ y C₇

BY

CARLOS JAVIER GARAY LOPEZ

MASTER'S DEGREE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 1986

M.C. José Gpe. Rodríguez Valdés - Advisor -

Key words: Maize, Mass Selection, Ideotype populations, Istmo de Tehuantepec.

A long term visual stratified mass selection program has continued on two ideotypes dwarf tropical maize populations named Sintetico Precoz (SP) and Sintetico Intermedio (SI). Mass Selection is considered the cheapest and simpler of all recurrent selection methods and has extra advantages as to adapt exotic strains to diverse environments and maintain an endosperm type according to consumers demand, so it is useful for improve populations whose destiny is fullfil the necessities of a region. The program's objetives are: (1). to improve both populations, and (2). elevate volume yield and maintaining weight, by means of selecting Zapalote chico ear type, because the way of commercialize grain in the area around Tehuantepec, Oaxaca.

Field evaluations (C_0 vs C_4 , C_5 , C_6 v C_7) were conducted in fall-winter 1984-85 at two locations (El Ocho and Puente Madera, Distrito de Desarrollo Rural VI-Istmo) under two populations densities. The analysis of variance showed no differences among selection cycles for all traits, yield included in SP population, but for SI there were differences ($p < 0.01$) for ear height and ($p < 0.05$) for days to tasseling, ear number and weight yield. The regression coefficients of both populations were not significant and of very low values for the traits considered and even negative for weight in SP, but positive for volume. There seemed to be an adaptation to less favorable environment and that genes affecting weight may be different to those affecting volume or have an opposite action, at least in SP population. Volume was more affected by and adverse environment than weight in both populations. The selection response was greater in SI than SP, and so Mass Selection was considered as efficient but with low gain rates.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	<i>vi</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>viii</i>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
- TEORIA GENERAL SOBRE POBLACIONES DE POLINI- ZACION CRUZADA.....	4
- CONCEPTOS BASICOS SOBRE EL MEJORAMIENTO DE POBLACIONES DE MAIZ.....	6
- CONCEPTOS DE SELECCION MASAL (SM) Y SUS MODA- LIDADES.....	8
- LOGROS AL APLICAR LA SELECCION MASAL EN DIFE- RENTES POBLACIONES Y CARACTERISTICAS, ADEMAS DEL ENFOQUE PRINCIPAL DE RENDIMIENTO.....	18
- GENERALIDADES SOBRE EL AREA PRODUCTORA DE -- MAIZ DEL EX-DISTRITO DE RIEGO 019 DE TEHUAN- TEPEC, OAXACA.....	33
3. MATERIALES Y METODOS	42
- MATERIAL GENETICO.....	42
- METODOLOGIA DE SELECCION.....	43
- OBTENCION DEL PRIMER CICLO DE LOS SINTE- TICOS.....	45
- SINTETICO PRECOZ.....	46
- SINTETICO INTERMEDIO.....	47
- SIEMBRA DEL CICLO 1 (C ₁).....	47
- SINTETICO PRECOZ.....	48
- SINTETICO INTERMEDIO	
- METODOLOGIA DE EVALUACION.....	54
4. RESULTADOS	63
- ANALISIS ESTADISTICO.....	63
- SINTETICO PRECOZ.....	63
- SINTETICO INTERMEDIO (SI).....	63
- MEDIAS DE COMPORTAMIENTO.....	68
- SINTETICO PRECOZ (SP).....	68
- SINTETICO INTERMEDIO (SI).....	79
5. DISCUSION	93
6. CONCLUSIONES	108
7. BIBLIOGRAFIA	110

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Algunos reportes del progreso en maíz para rendimiento mediante la aplicación de la Selección Masal.....	25
3.1	Líneas que forman al Sintético Precoz.....	44
3.2	Líneas que forman al Sintético Intermedio...	44
3.3	Formato para el análisis de varianza combinado.....	61
3.4	Ciclos, años y porcentajes para la regresión y en base al ciclo inmediato anterior.....	62
4.1	Cuadrados medios de seis características agronómicas de cinco ciclos de selección del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	64
4.2	Cuadrados medios de rendimiento en toneladas y hectolitros por hectárea del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	66
4.3	Cuadrados medios de seis características agronómicas de cinco ciclos de selección del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	67
4.4	Cuadrados medios de rendimiento en toneladas y hectolitros por hectárea del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	69
4.5	Medias de seis características agronómicas -- por localidad y densidad del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	70
4.6	Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros) y relación volumen-peso del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	72
4.7	Medias de comportamiento agronómico y ganancia realizada (GR) en seis características -- agronómicas del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B..	73
4.8	Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea), ganancia realizada (GR) y relación volumen-peso en los ciclos de selección del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	75
4.9	Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea) y relación volumen-peso de los ciclos de selección del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	77

Cuadro	Página
4.10 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros) por localidad y densidad de los ciclos de selección del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.	78
4.11 Coeficiente de regresión de la ganancia por selección masal en base al C ₀ (100%) en el Sintético Precoz por ciclo y año.....	80
4.12 Medias de seis características agronómicas por localidad y densidad del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	81
4.13 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea) y relación peso-volumen por localidad y densidad e interacción del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	83
4.14 Medias de comportamiento agronómico y ganancia realizada en seis características del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	85
4.15 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea), ganancia realizada (GR) y relación lt/kg en los ciclos de selección del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	86
4.16 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea) y relación peso-volumen de los ciclos de selección del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	88
4.17 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea) por localidad, densidad y relación peso-volumen de los ciclos de selección del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	90
4.18 Coeficientes de regresión de la ganancia por selección masal en base al C ₁ (100%) en el SI por ciclo y año. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	91
5.1 Medias generales de comportamiento de las características agronómicas de dos sintéticos SP y SI por ciclo de selección. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	95
5.2 Rangos de producción de los sintéticos del Istmo avanzados por SM. Tehuantepec, Oax. 1984B.....	101
5.3 Coeficientes de regresión de la ganancia por selección masal en base al C ₀ (100%) en los dos sintéticos del Istmo por ciclo y año.....	104

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
3.1	Croquis de siembra para el SP C_1	49
3.2	Croquis de siembra para el SI C_1	51
5.1a	Comportamiento del SP.....	94
5.1b	Comportamiento del SI.....	94
5.2	Comportamiento de los sintéticos por localida- dad.....	97
5.3	Comportamiento de los sintéticos a través - de densidades.....	98
5.4	Respuestas generales de los sintéticos del Istmo a la Selección Masal.....	102
5.5	Respuestas de los sintéticos del Istmo a la SM en L_1	105
5.6	Respuestas de los sintéticos del Istmo a la SM en L_2	106

1. INTRODUCCION

En México, las estadísticas señalan que el cultivo del maíz se ha reducido en su superficie cosechada (51% en 1967 a 41.3% en 1980) del total de hectareaje cultivado, desplazado por otros cultivos que presentan más redituabilidad en un mercado de libre demanda como los forrajeros (Barkin y Suárez, 1982). Así, son necesarios los esfuerzos de los fitomejoradores de maíz para elevar los rendimientos unitarios por hectárea en todos sus ambientes de explotación, y dejar de depender de los mercados extranjeros para provisión de los graneros nacionales.

Entre los estados con mayor tradición maicera y también paradójicamente con uno de los menores rendimientos unitarios del grano se encuentra Oaxaca, que tiene un gran potencial no aprovechado en la producción de este cereal, tanto por carencia de material genético adecuado, como por las prácticas ancestrales que se realizan, ligado todo al bajo nivel de vida de sus habitantes.

Entre los métodos que la ciencia ha desarrollado para elevar el rendimiento de las cosechas, se tienen la introducción de materiales, la hibridación y la selección recurrente en las poblaciones mejor adaptadas, desprendiéndose de esta última la Selección Masal que, modificada en su mecánica, se considera de valor en el proceso de elevar las ca--

racterísticas agronómicas de las variedades a ella sujetas.

La Selección Masal se juzga como el más sencillo y económico de los métodos de mejora poblacional, permitiendo la subdivisión del germoplasma en diferentes pilas genéticas y sobre todo, mantiene un tipo de endospermo preferido por los consumidores de la región, que en Tehuantepec, Oaxaca, ha sido el motivo de la no aceptación de los maíces mejorados.

Con tales antecedentes, la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" implementó dos trabajos independientes de Selección Masal (SM) a largo plazo en dos poblaciones que involucran Zapalote chico (criollo regional de Tehuantepec) y Tuxpeño br²br² (población tropical de buen rendimiento) con los siguientes objetivos:

- a). Elevar el rendimiento en volumen en las poblaciones manteniendo el peso, realizando selección -- hacia mazorca tipo Zapalote.
- b). Acumular genes favorables en las dos poblaciones.

partiendo de las siguientes hipótesis:

- 1). La SM es eficaz para acumular características favorables de tipo cuantitativo.
- 2). Es posible elevar el rendimiento de grano en volumen mediante la SM, manteniendo el peso.

2. REVISION DE LITERATURA

En esta sección se revisan cinco grandes tópicos, los cuales van relacionados en base a los conceptos del Fito mejoramiento, a saber: (a). Teoría general sobre poblaciones de polinización cruzada, (b). Conceptos básicos sobre el mejoramiento de poblaciones de maíz, (c). Conceptos de Selección Masal (SM) y sus modalidades, (d). Logros al aplicar la SM en diferentes poblaciones y características, además del enfoque principal de rendimiento, y (e). Generalidades sobre el área productora del Ex-Distrito de Riego 019 de Tehuantepec, Oaxaca, ahora Distrito de Desarrollo Rural VI-Istmo.

En la primera parte se exponen las definiciones académicas de poblaciones, poblaciones panmícticas, equilibrio génico o Ley de Hardy-Weinberg y su relación posterior con el siguiente tema. En la segunda se encuentran las clasificaciones de los diferentes esquemas de selección recurrente y las conexiones entre las progenes o individuos seleccionados y la siguiente generación.

La SM se revisa en el tercer punto, desde los primeros esbozos científicos hasta llegar a la SM estratificada propuesta por Gardner (1961) y sus bases teóricas de funcionamiento por Márquez (1985). En el cuarto punto se engloban los logros debidos a la aplicación de la Selección Fenotípica para rendimiento principalmente y su respuesta en diver--

sos ambientes, poblaciones y características, lo cual apoya este esquema de mejoramiento poblacional y por último se hace una breve descripción del área de trabajo, de acuerdo al Marco de Referencia del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) y del Colegio de Postgraduados.

Teoría General sobre Poblaciones de Polinización Cruzada

La esencia del mejoramiento de plantas, como la definió Richey (1950), es la modificación controlada de las características cualitativas y cuantitativas del vegetal. A este respecto, indica que pocos factores genéticos cualitativos influyen en el rendimiento, en el que son de gran importancia los caracteres cuantitativos y que Emerson y East en 1913 mostraron que estos últimos se controlaban por genes múltiples, con efectos relativamente pequeños y más o menos similares, con ausencia de dominancia.

Las poblaciones de polinización cruzada, tales como el maíz, están conformadas por organismos con libre entrecruzamiento, como lo establece Allard (1960) y por consecuencia de su sistema reproductivo y su historia evolutiva previa, cada población individual posee una estructura genética, la cual puede especificarse en términos de frecuencias génicas; cita a Dobzhanski, que en 1951 definió a estas poblaciones como "comunidades de organismos sexuales de fertilización cruzada, que comparten una pila genética común".

La organización característica y el patrón de respuesta a la selección en las poblaciones mendelianas, se pueden representar en forma matemática, siendo una representa--

ción la Ley de Hardy-Weinberg , con la cual se funda la Genética de Poblaciones (Allard, 1960). Esta ley establece que las frecuencias génicas y genotípicas permanecen constantes para un gen en una población de gran tamaño, que no sufra -- selección, migración y mutación.

La selección provoca una tasa reproductiva diferencial para la siguiente generación, ésto afecta a la proporción de genes que la conformará en base a la intensidad de la selección (presión = s), el grado de dominancia del carácter (k) y muy en especial, de la frecuencia de los genes (q) en la población (Falconer, 1981).

Cuando se tienen características en baja frecuencia en la población, el progreso por la selección será lento en un principio, y conforme se incrementa el carácter, el progreso será más rápido alcanzando un máximo, después del -- cual el avance decrece de nuevo. Por esta razón, la selección es un buen medio para reducir los alelos indeseables hasta muy bajos niveles, siendo inefectiva entonces, pues se encontrarán en los heterocigotes; en este momento se debe usar endogamia fuerte y así eliminarlos (Allard, 1960).

Al revisar Moll y Stuber (1974) los conceptos de Genética Cuantitativa (GC) aplicados al Mejoramiento práctico de plantas, señalaron que esta disciplina trata con la herencia de aquellas diferencias entre individuos que se expresan en términos de grado en vez de clase y que la variación en las características cuantitativas forma un arreglo continuo de valores de un extremo hasta el contrario. Señalan que casi cada órgano o función, incluyendo a las caracterís-

ticas económicas de más importancia en las especies cultivadas, muestran diferencias de naturaleza cuantitativa.

Los valores genotípicos se obtienen de mediciones sobre el fenotipo. Así, el valor fenotípico se define como el comportamiento de un genotipo particular en el ambiente en el cual crece; sus dos componentes: valor genotípico (G) y desviación ambiental (E), se presentan como P (valor fenotípico) = $G + E$.

Conceptos Básicos sobre el Mejoramiento de Poblaciones de Maíz

La selección, como es definida por Hallauer y Miranda (1981) es la reproducción diferencial de los genotipos, y su propósito y característica crítica es escoger de un grupo de individuos, a aquellos a los que se les permitirá reproducirse, de tal manera que se haga efectiva la selección para una determinada intensidad.

En el mejoramiento práctico de maíz, los experimentos de selección se pueden dividir en dos fases: (1). para seleccionar entre poblaciones, y (2). para seleccionar genotipos dentro de una población. En la primera fase se decide sobre la población más apta a los propósitos del mejorador, que se puede emplear tanto en producción comercial como en mejora. Su potencial genético se detecta por observación de su comportamiento o por análisis de su pedigree, origen o registro. Los parámetros al caso son la media, la varianza aditiva y su magnitud, el coeficiente de heredabilidad y las correlaciones genéticas aditivas entre los caracteres impor-

tantes. La media de rendimiento es de valor, pues si se inicia la selección en un bajo nivel, se necesitarán varios ciclos para alcanzar un valor medio. La presencia de varianza genética es un requerimiento para poder progresar por selección (Hallauer y Miranda, 1981).

La selección entre genotipos puede considerar a la población como de tamaño finito, formada por un grupo fijo de genotipos definidos o como una pila genética única, que se toma como muestra aleatoria de una población en teoría de tamaño infinito. La selección dentro de tal pila genética se enfoca al incremento de la frecuencia de alelos favorables; ésto es un proceso dinámico, ya que la frecuencia génica cambia gradualmente al seguirse un procedimiento recurrente, dividido a su vez en: (1). mejora intrapoblacional, y (2). interpoblacional. La mejora poblacional, como una entidad única, puede hacerse para caracteres cualitativos (con--trolados por uno o pocos pares de genes) o para caracteres cuantitativos (controlados por cuatro o más pares de genes), aunque el efecto de la selección es básicamente el mismo: cambio en las frecuencias génicas.

Puesto que el cambio en las frecuencias génicas y genotípicas es el resultado de la selección, se tendrá efecto sobre la media y la varianza, siendo el interés principal el cambio en la media poblacional. La estimación del proceso por la selección, tiene aplicación directa en discernir si una población es adecuada para propósitos de mejora en uno o varios ambientes. Con cualquier metodología, la selección

se basa en una entidad medible (individuo o familia), que es la unidad de selección X, a su vez relacionada a algún individuo W en la población mejorada.

Hallauer y Miranda (1981) enlistan los métodos más comunes para mejoramiento intrapoblacional, clasificándolos en:

- 1). Selección Masal (fenotípica).
- 2). Selección familiar.
 - a). Medios Hermanos.
 - b). Hermanos Completos.
 - c). Familias autofecundadas S_1/S_2
 - d). Selección combinada.

En la Selección Masal (SM) las plantas individuales se evalúan y seleccionan fenotípicamente, o sea, no se toman más criterios que su propio fenotipo para seleccionarlos, por lo tanto, la unidad de selección X es el fenotipo individual, que también es la unidad de recombinación, obteniéndose la población mejorada W directamente de X.

Conceptos de Selección Masal (SM) y sus Modalidades

Richey (1950) apunta que al llegar los europeos a América, encontraron maíz cultivado a lo largo y ancho del continente, entre ellos los cristalinos tardíos en Cuba y Florida, cristalinos precoces en Nueva Inglaterra y Canadá, harinosos tardíos adaptados al semi-desierto y una gran diversidad en México, siendo la herencia de nuestros indios, una planta incapaz de sobrevivir por ella misma, habiendo sido seleccionada y adaptada a los ambientes en que se explo--

ta, todos ellos logrados por selección adaptativa fenotípica y por apariencia del grano.

Entre las metodologías de mejoramiento de maíz empleadas hasta antes de la hibridación, destaca la SM simple, ésta surgió debido a la necesidad de ejercer cierta selección ya fuera para determinado tipo de grano, madurez o tipo de mazorca. Ya hacia 1800 se efectuaba hacia tallos erectos y mejor tipo de planta, lo que definió a las variedades y su adaptación, aunque para 1900 ya no pareció elevar el rendimiento en forma apreciable (Richey, 1950).

En México, desde principios de siglo se reconoció la importancia del mejoramiento de maíz, pues Domínguez (1913) dedicó gran parte de su obra al cultivo, comentando que las naciones valen por lo que su suelo produce y que una nación que tiene que comprar en el extranjero granos para la alimentación de su pueblo, está lejos de disfrutar buenas condiciones económicas, está en bancarrota.

Hace mención Domínguez (1913) a un método de mejora en ese entonces, escribiendo que por regla general todos los agricultores que ponen alguna atención a sus campos escogen semilla del lote mejor logrado, afirmando que es positivo, pero señala reglas a seguir para escoger la mejor semilla, a saber: después de escoger a las mazorcas con más vigor germinativo en cantidad suficiente según el tamaño de la siembra siguiente, se sembrarán en un lote por separado, del cual puede obtenerse semilla para otro ciclo. De ser posible, esté separado por más de 50-100 m (ahora no recomen-

ble) y no debe recibir preparación especial, sino que debe de tratarse como todos los demás lotes.

Al llegar las plantas a una altura aproximada de un metro, se eliminarán las débiles, dejando solo a las de aspecto vigoroso y fuerte. Aclara que el maíz es de polinización cruzada por florear primero la espiga antes que el jilote y ésto se aprovecha donde se cultiva para semilla, pues todas las cañas con apariencia pobre o raquítica sobrevivientes se destruyen o se les corta la espiga, evitando así plantas estériles al año siguiente con muy bajo costo.

Al llegar la cosecha, se escogen en el lote a las mazorcas más bien logradas, dando preferencia a las que se producen en grupos de tres cañas y cada caña con dos mazorcas bien logradas. La altura de mazorca debe ser entre 1.40 y 1.50 m, recordando tomar mazorcas con pedúnculo que se doble, y precoces y sobre todo, tomarlas de plantas en COMPETENCIA, recomendando no escoger la semilla en las trojes.

El tipo de planta o ideotipo sugerido por Domínguez (1913) es aquel que madure antes de las heladas y sequías, produzca mucho y de buena calidad. El maíz debe ser lo suficientemente tardío para utilizar todo el período de buen tiempo, su tallo no debe tener macollos adicionales al tallo principal, debe ser grueso en la base y con raíces bien desarrolladas, con la o las mazorcas a la mitad de la caña, libre de enfermedades, con 12 a 16 hojas bien formadas y color verde oscuro, debiendo tomar las mazorcas sólo de plantas bien desarrolladas y no acamadas. La mazorca será cilíndri-

ca y llena de grano en sus dos extremos, con una proporción de grano-olote de 85-15 por ciento.

En pláticas con campesinos maiceros, en donde la cosecha se efectúa manualmente y antes de que se levante, se acostumbra enviar al o los trabajadores más experimentados a la parcela, con la encomienda de escoger la semilla para el ciclo siguiente. La selección de plantas y mazorcas se va haciendo a lo largo de todo el surco y entrando cada 5-10 surcos. Se desechan plantas muy altas o acamadas y enfermas y mazorcas deformadas o podridas. Al efectuar esto durante muchas generaciones se fueron definiendo tipos de endospermo. apariencia y adaptabilidad de los criollos, esto es la Selección Masal Simple.

Otras metodologías mediante las que se forman nuevas variedades, además de la Selección Masal son: (a). introducción de materiales genéticos, (b). formación de variedades sintéticas, y (c). hibridación (Poehlman, 1965).

Cuando se llegó a un tope en el rendimiento de los híbridos de maíz, se decidió mejorar las poblaciones por selección recurrente (Simmonds, 1979) y al encontrar que respondían a la selección, fue indicativo que las poblaciones tenían varianza genética aditiva.

Los esquemas de selección recurrente son procedimientos comunes que siguen la mayoría de los programas de mejoramiento, que consisten en entrecruzar los genotipos seleccionados de una población heterogénea, originando una nueva población segregante para otro ciclo de selección. De todos los

métodos el más simplificado es el de SM, ya que es posible al menos un ciclo por año y por su mecánica de trabajo, que no requiere de un registro detallado de datos ni de procedimientos de polinización manual (Lonnquist, 1961). Además, la presión de selección puede elevarse sin sufrir un aumento en la tasa de endogamia (Sprague, 1966).

La mecánica de la SM (Allard, 1960) es tomar las - - plantas individuales y hacer un compuesto balanceado sin -- prueba de progenie para producir la siguiente generación. Se basa solo en el aspecto del progenitor materno y no hay control de la polinización, siendo su propósito aumentar la proporción de genotipos superiores en la población. Su eficiencia depende entonces de la cantidad de genes y la hereda- bilidad del caracter, siendo de valor para caracteres fácilmente medibles o visibles, por ejemplo en maíz el color del grano, altura de planta, tamaño de mazorca, coloración del tallo, días a madurez y porcentaje de aceite y proteína. Allard cuestionó su eficiencia para elevar el rendimiento por tres causas: (1). incapacidad de identificar los genoti- pos superiores por la apariencia fenotípica de plantas indi- viduales, (2). polinización no controlada, participando plan- tas superiores e inferiores, y (3). selección rígida, la cual reduciría el tamaño de la población, tendiendo así a de- presión por endogamia.

El nulo avance por SM que se reportó durante la pri- mera mitad del siglo XX, trató de explicarse por varias hipó- tesis, entre ellas Hull (1945) sugirió que la varianza gené-

tica en las poblaciones sometidas a selección era principalmente no aditiva; en el caso de haber sobredominancia el heterocigote se vería favorecido y el efecto de la selección sería hacia un punto de equilibrio en frecuencias génicas. Los alelos permanecen y contribuyen a la variación genética, pero la selección es ineficaz al alcanzarse el punto de equilibrio.

Al revisar los resultados de Lonquist y McGill seleccionando en sintéticos avanzados y los estudios de Robinson et al. en los diseños de apareamiento, Gardner (1961) inició un programa de selección recurrente a largo plazo en la población Hays Golden, irradiando con neutrones térmicos una muestra de semilla por dos ocasiones no consecutivas y manteniendo un lote sin tratar como testigo o control, definiendo y estableciendo la SM estratificada. Reportó entonces una ganancia en rendimiento con esta metodología, encontrando diferencias significativas entre los ciclos de selección.

Varios años después, Gardner (1969) reporta los procedimientos experimentales y sus modificaciones a la metodología mediante la cual logró avances de consideración, a saber: (1). mantener cada población en aislamiento y así tener toda la ventaja del diferencial de selección, (2). la siembra a baja densidad para permitir casi el máximo de expresión del genotipo y minimizar la competencia entre plantas, (3). disminuir en lo posible las fuentes ambientales de variación al tirar dos semillas por golpe y aclarar, logrando un establecimiento casi perfecto, evitar la tensión de hu

medad por el riego y estratificar el lote al hacer la selección en la cosecha.

La estratificación consiste en la división del lote aislado en subparcelas más o menos cuadradas, con 40 plantas cada uno y dejando bordos alrededor de todo el lote. Se colectan las 5-8 mejores plantas a vista de cada sub-parcela, que se secan a humedad constante antes de desgranar y pesar. Así, se toman las mejores cuatro mazorcas por sub-parcela, formando un compuesto balanceado de su semilla, para sembrar la siguiente generación y formar a la vez otro compuesto, que será la muestra usada para evaluar la efectividad del procedimiento.

Con los avances por SM logrados por Gardner (1961, 1969) se revaloró la SM, llegándose incluso a establecer que si la ganancia aparente continuara por un determinado tiempo se podría competir con los híbridos en rendimiento, pues el lapso desde el desarrollo de líneas endocriadas, su prueba y liberación sería tal que el incremento resultante en rendimiento sería similar. Por otro lado, el desarrollo de líneas endocriadas a partir de fuentes con gran frecuencia de genes favorables se aumentaría.

La metodología esencial de la SM, de acuerdo a Márquez (1985) consiste en dos aspectos o niveles básicos en la selección, ambos tendientes a la eliminación de la influencia de la heterogeneidad del suelo o del lote de selección, éstos son: a nivel lote y a nivel planta.

A nivel lote, entre curvas de homogeneidad del suelo vecinas la similitud es mucho mayor que entre más distantes, así, para las plantas que se siembren dentro de un estrato sus diferencias fenotípicas se deberán más a diferencias genotípicas que a desviaciones ambientales, de tal modo que si se le denomina e_j , en la ecuación: $F_{ij} = g_i + e_j + (ge)_{ij}$, e_j será similar en dos plantas vecinas, y la diferencia de ellas será:

$$F_{ij} - F_{kj} = (g_i - g_k) + \{(ge)_{ij} - (ge)_{kj}\},$$

tal diferencia se deberá en primer lugar a la diferencia entre los valores genotípicos. Por lo tanto, la influencia del ambiente se soluciona al seleccionar entre plantas que crecieron en una porción de terreno con homogeneidad aceptable.

A nivel planta, la heterogeneidad se elimina al hacer que cada planta tenga la misma cantidad de espacio físico y llenar sus necesidades de agua, nutrimentos, luz, etc., ésto se logra al sembrar las plantas en forma equidistante en el surco y luego, considerar para seleccionar solo a las plantas que presenten competencia completa al menos a lo largo del surco.

Las ventajas de la SM las señaló Lonquist (1964), las que dependen de la situación en que esté el mejorador tanto de material genético como en objetivos, indicando que la falta de variabilidad genética puede manejarse con facilidad, siendo de gran valor en programas planeados a largo plazo. Las ventajas más obvias son: (1). involucra a las técnicas de campo más simples, aunque deben efectuarse muy bien

los procedimientos experimentales, (2). se minimiza el intervalo entre generaciones, pues las pequeñas ganancias que logra la SM por ciclo deben multiplicarse en los otros métodos que necesitan de tres a cinco años por ciclo, (3). se usa mejor la pila genética, pues los sistemas que usan evaluaciones de cruza de prueba involucran un número relativamente pequeño de plantas, (4). en donde el tipo de endospermo es importante, el mejoramiento efectivo de la población se realiza sin temor de cambiar drásticamente las características deseadas por el agricultor.

Abunda Lonquist (1965) sobre la SM, indicando que la estratificación reduce al mínimo la variabilidad ambiental en el área de selección, pudiendo utilizar al máximo la variabilidad genética, se hace máxima la intensidad de selección y las poblaciones seleccionadas están de inmediato disponibles para distribuir las a los productores después de cada generación. Además, por su simplicidad es deseable formar varias reservas de germoplasma, en las que al ya no obtener respuesta se pueden combinar y así elevar la variación genética de nueva cuenta.

La SM es un método que sólo se puede aplicar a las plantas alógamas y su efecto es desviar la composición genética de la población, como lo señala Brauer (1969). Consiste en sembrar de dos a cuatro mil plantas y no considerar a ninguna que no esté rodeada por otras, o sea en competencia completa. El lote se subdivide en parcelas pequeñas, con un tamaño en función de la variabilidad del terreno y de las --

plantas. Permite aprovechar la variabilidad de las poblaciones nativas en diferentes microclimas, estabilizando el germoplasma nuevo introducido bajo diversas condiciones ecológicas. Así, se pueden formar variedades adaptadas a nichos ecológicos que los agricultores conserven con facilidad.

Castro (1969) sugirió una gran cantidad de metodologías de selección recurrente intra e interpoblacional, siendo uno de ellos la SM por prolificidad. El procedimiento es sembrar un lote aislado y uniforme, con 7,200 plantas después de aclarar, en 68 surcos a 92 cm y 128 matas a 25 cm, sembrando dos semillas por golpe y aclarando a una, con una densidad de 40 mil plantas por hectárea. Si es posible se desespigan las plantas no prolíficas antes de la floración, realizando un poco de control parental. A la cosecha se seleccionará entre plantas con competencia completa, tomando al 5 por ciento más prolífico, no acamadas, sanas y que muestran balance en el tamaño de sus mazorcas, empleando siempre el sistema de estratificación (40-60 plantas por sublote). Esto se puede hacer cada año en el medio ambiente en donde la población esté adaptada, o bien dos veces, usando el ciclo de invierno y el de explotación para seleccionar.

Molina (1983) describe un método de SM que consiste en seleccionar visualmente en un lote aislado estratificado, a las mejores plantas de cada uno de los sublotes y lo denomina Selección Masal Visual Estratificada. Justifica la modificación en que de 100 plantas es posible seleccionar en forma visual a las cinco mejores al tiempo de la cosecha. Las especificaciones que sigue son las siguientes: (1). sem

brar un lote aislado de 52 surcos de 36 m, (2). tener una población de 6,000 plantas, (3). subdividirlo en 60 sublotes de 100 plantas cada uno, distribuidos en seis franjas con 10 sublotes cada una, (4). cinco surcos por sublote de 20 plantas efectivas, (5). 80 cm entre surcos, (6). 25 cm entre plantas, (7). densidad de más o menos 50 mil plantas por hectárea, (8). presión de selección de 5 por ciento, (9). selección de las mejores cinco plantas en forma visual, (10). selección de 300 plantas con competencia. A la cosecha se desechan los surcos y plantas orilleras, seleccionando en base al aspecto del producto de cada planta, por longitud, diámetro, sanidad, profundidad de grano y apreciativamente el peso de la mazorca. Se desechan las mazorcas muy húmedas y se prefiere de dos a la más seca. Se considera que dos mazorcas medianas por planta dan más grano que una mazorca grande, pero tomando una sola mazorca de plantas cuateras.

Logros al Aplicar la Selección Masal en Diferentes Poblaciones y Características, además del Enfoque Principal de Rendimiento

Los resultados que se han obtenido con el empleo de SM en el mejoramiento del maíz para diversas características, han demostrado su bondad, siendo por ello utilizado en la mayoría de los programas de mejora poblacional de Instituciones Nacionales a nivel mundial.

En México, Celis (1984) menciona que en el CAEVAMEX-CIAMEC-INIA-SARH, se emplea la SM propuesta por Gardner - - (1961) donde el punto de partida son las variedades criollas obtenidas del agricultor, evaluándolas para detectar las so-

bresalientes. Estas se establecen en un lote aislado y se estratifican seleccionando plantas con competencia completa. Con la modalidad de SM *in situ* se tiene la desventaja de que los materiales generados logran poca adaptabilidad, lo que se soluciona al emplear la SM rotativa y la convergente-divergente. Así, han logrado las variedades comerciales Cuapiaxtla, Huamantla y Tlaxcala que responden al temporal deficiente del estado de Tlaxcala.

Los resultados de los cuatro primeros ciclos de SM estratificada los publicó Gardner (1961) y cuantifica la ganancia por esta metodología en porcentaje respecto al C_0 - - (original). Para la población Hays Golden (no irradiado), se tuvo una pendiente de 3.93 por ciento en cuatro ciclos, no encontrando respuesta en la irradiada. Otras características también aumentaron, tales como días a floración y humedad del grano a la cosecha, que permiten aprovechar mejor la longitud de la estación de crecimiento.

Después de 13 generaciones de SM, Gardner (1969) reporta una ganancia de 2.93 por ciento por ciclo en la población Control y de 4.38 por ciento en la Irradiada, encontrando además respuestas correlacionadas como más cuateo, menos acame y plantas más altas y tardías. Al evaluar la varianza genética entre el C_6 y C_{10} , encontró más varianza aditiva en la población Irradiada (que no varió de magnitud entre ciclos) que la Control.

En 1963, Johnson reporta un trabajo con SM iniciado en 1959 en una población de maíz tropical. Encontró diferen

cias altamente significativas entre el C₀ y el C₃ en rendimiento, con una ganancia del 11 por ciento por ciclo, no habiendo diferencias para otras características agronómicas.

Wellhausen (1963) menciona que se "mezclaron" diferentes razas mexicanas para formar nuevos complejos germoplásmicos y concentrar así la varianza aditiva de rendimiento, mediante la técnica sencilla de SM. Obtuvo una notable ganancia en rendimiento en la población Celaya y aún más en Celaya*Exótico¹ (Tuxpeño y Comiteco). Para Valles Altos se hizo un compuesto de las mejores colectas de Chalqueño y después de cuatro ciclos se tuvo una ganancia de 10 por ciento por ciclo. En Veracruz, con Tuxpeño el cuarto ciclo de SM casi igualó al H-507, teniendo una ganancia de casi 8 por ciento por ciclo.

Lonnquist (1967) haciendo SM hacia prolificidad (cuento) en la población Hays Golden, logró una ganancia en rendimiento hasta el C₅ de 6.28 por ciento comparable al C₁₀ de SM para solo rendimiento, efectuada por Gardner.

Citados por Márquez (1985), Torregrosa y Arboleda (1966) en Colombia obtuvieron una ganancia de 14 por ciento en prolificidad y rendimiento en la variedad de maíz Harinoso Mosquera después de siete ciclos de SM. Torregrosa y Arias (1970) con la craza varietal (Blanco Rubí*V₇), modificando un poco la SM, después de cuatro ciclos lograron una ganancia de 11 y 7 por ciento para rendimiento y prolificidad, respectivamente.

¹el asterisco significa por

En la población Chalqueño, Brauer (1969) menciona que se logró una ganancia de casi 5 por ciento en rendimiento, correlacionándose con mayor cantidad de mazorcas por planta, tanto por más mazorcas por tallo como tallos por mazorca.

Muñoz et al. (1973) utilizaron la SM estratificada en las poblaciones Michoacán 21, Compuesto 2^T y México 39, Compuesto 56 en condiciones de invernadero. Seleccionando plantas tolerantes a marchitez permanente formaron subpoblaciones, que evaluadas contra los C₀ en campo bajo riego y se quía, mostraron una ganancia de 2 por ciento en Michoacán 21 y 55 por ciento en México 39 en se quía, mientras que en riego fue de -0.8 por ciento para Michoacán 21 y 22 por ciento para México 39.

Arboleda y Compton (1974) encontraron ganancias por SM en tres subpoblaciones de Mezcla Varietal Amarilla, bajo selección en dos ambientes. Encontraron en la subpoblación A evaluada en el ambiente A una ganancia de 10.5 por ciento después de tres ciclos y de 0.8 por ciento al evaluar en el ambiente B; en la subpoblación B la ganancia fue de 2.5 por ciento por ciclo al evaluar en el ambiente B y de 7.6 por ciento en A. Al seleccionar en los dos ambientes a la población AB, la ganancia fue de 5.3 y 1.1 por ciento por ciclo en pruebas en A y en B. respectivamente; la prolificidad se incrementó en 7.0 y 3.3 por ciento por ciclo.

Rendón y Molina (1974) estudiaron el efecto de la SM después de seis ciclos en la población México 208 y los com-

puestos varietales México Gpo. 10 y Xolache. Detectaron avance genético en peso de mazorca, pero debido a un aumento en peso de olote y no de grano. También encontraron valores significativos de regresión en diferentes características, y aunque peso de mazorca en México 208 no mostró diferencias estadísticas, sí las hubo en México Gpo. 10 y Xolache.

Márquez et al. (1977) compararon la respuesta esperada con la observada a la SM en la variedad de maíz Criollo de Tlacolula después de cuatro ciclos de selección, encontrando una respuesta predicha de 8.48 por ciento y observada de 9.4 por ciento por ciclo, cuantificada mediante el coeficiente de regresión para el rendimiento medio poblacional.

Molina (1978) efectuó SM para resistencia a sequía en maíz, seleccionando individuos de una población sometida a escasez permanente de humedad en el suelo en tres poblaciones: Zacatecas 58, Criollo del Mezquital y Cafime. Evaluando en sequía y temporal, las ganancias fueron de 2.2 a 14.5 por ciento y 1.6 a 11.2 por ciento en Zacatecas 58; en Criollo del Mezquital fueron de 2.7 a 11.0 por ciento en sequía y 0.7 a 10.9 por ciento bajo temporal. Con Cafime el avance genético varió entre 0.6 a 8.0 por ciento en sequía y 0.6 a 25.3 por ciento en temporal.

Estrada y Venegas (1980) con la SM modificada "en mata", después de tres ciclos reportan un avance genético de 20.45 por ciento, con una regresión de 0.64 en kilogramos de grano por parcela por ciclo de selección, en una población tropical criolla.

Gutiérrez et al. (1980) trabajaron con SM y familiar combinadas en la población VS-201, para comparar metodologías y formar una variedad de mayor rendimiento y menor riesgo en ambientes críticos. Evaluaron bajo riego y sequía los ciclos de SM obtenidos para solo rendimiento en riego y prolificidad bajo sequía. En riego los dos esquemas rindieron similares al C₀, mientras que en sequía rindieron de 24 a 65 por ciento más los ciclos obtenidos bajo sequía. La respuesta a SM fue desde 6.1 por ciento (SM en sequía) hasta 17.1 por ciento (SM para prolificidad en sequía). Concluyeron que las ganancias promedio observadas eran significativas bajo condiciones limitantes de humedad, siendo similares en riego.

Molina (1983) reporta la aplicación de la metodología de SM visual estratificada en cuatro poblaciones: Zacatecas 58 (precoz), Compuesto Cónico (intermedio), Compuesto Inter-varietal Universal (Chalqueño) y Tuxpeño Crema (tardíos). Con Zacatecas 58 hizo SM *in situ* y rotativa, encontrando en la última un avance genético promedio por ciclo de 2.9 a 4.1 por ciento en riego y 2.6 a 5.7 por ciento en temporal; en SM *in situ* el avance genético varió de 4.6 a 5.6 por ciento en riego y 8.6 a 13.2 por ciento en temporal. En Cónico el avance fue de 3.9 a 5.8 por ciento; en Universal fue de 2.0 a 3.1 por ciento, mientras que en Tuxpeño el avance fue de 19.6 a 21.8 por ciento.

Mendoza y Carballo (1982) reportan que la SM fue efectiva en aumentar el rendimiento en la colección Tlaxcala 169 en tres ciclos de selección, con un incremento de 5.4

por ciento por ciclo; por otro lado, en Tlaxcala 151 el rendimiento se redujo un 4.3 por ciento por ciclo.

Alcázar (1983) apunta que en el Trópico Húmedo la ganancia en rendimiento por selección en grano y mazorca fue en cada caso de 55.1 y 61.1 kilogramos por hectárea, después de evaluar colectas de Veracruz y a las poblaciones mejoradas V-522, VS-523A y V-524. Respecto a V-520C, después de nueve ciclos de selección se obtuvo un incremento de 15.6 por ciento al octavo ciclo, liberándose éste como la variedad V-522.

Algunos reportes consideran a la SM como ineficaz para elevar rendimiento. tal como Hallauer y Sears (1969) en Krug y Iowa Ideal, después de cinco y seis ciclos de selección, respectivamente. Los coeficientes de regresión no fueron diferentes de cero para grano, aunque otras características sí se afectaron, como la altura de planta (+20 cm en Krug y +17 cm en Iowa Ideal). También Hallauer y Lamkey (1984) al comparar diferentes subpoblaciones de maíz mejoradas por selección recurrente, detectaron que la BS16, proveniente de seis ciclos de SM para precocidad, fue la peor variedad *per se* y en cruzas dialélicas. Por otra parte y en datos que presenta Reyes (1985) respecto a la evaluación de los ciclos avanzados en la variedad "Carmen", se muestra una ganancia negativa de -0.25 por ciento, aunque son los resultados de evaluación en el ciclo tardío (Verano). En el Cuadro 2.1 se presentan algunos reportes de la aplicación de la SM, ciclo de avance y ganancia en porcentaje.

Cuadro 2.1 Algunos reportes del progreso en maíz para rendimiento mediante la aplicación de la Selección Masal.

Variedad	ciclos de selección	Promedio de ganancia por ciclo (%)	Referencia
Hays Golden	4	3.93	Gardner (1961)
Tuxpeño	3	12.0	Johnson (1963)
Chalqueño	4	7.3	Wellhausen (1965)
Hays Golden (P)	5	6.3	Lonnquist (1965)
Carmen	3	- 0.25 en V*	Reyes (1965) cit. Reyes (1985)
Hays Golden	10	2.85	Gardner y Lonnquist (1967) ¹
Diacol V-351	3	6.4	Sarria (1967) ¹
EIO	3	3.4	Sarria (1967) ¹
Harinoso Mosquera	7	14.0	Torregrosa y Arboleda (1966) ¹
Hays Golden I	5	4.38	Lonnquist (1967)
Chalco -	5	6.9	Tapia (1966) ²
México Gpo. 10	3	10.0	Tapia (1966) ²
Chalqueño	4	± 5.0	Brauer (1969)
Tlacolula 884	4	10.0	Betancourt (1970) ²
Celaya II	2	3.0	Calzada (1970) ²
(Blanco Rubí*V)	4	11.0	Torregrosa y Arias (1970) ¹
Ranchero	4	7.4	García et al. (1976) ²
Mezcla varietal A	3	10.5 en A**	Arboleda y Compton (1974)
amarilla B	3	2.5 en B	"
AB	6	2.9 en AB	"
Zacatecas 58	11	2.67	Molina (1978) ¹
Zacatecas 58 rotativa	13	1.9-1.3%	Molina (1983)
<i>in situ</i>	10	3.7-3.8%	Molina (1983)
Ónico Comp.	10	1.7	"
Universal Comp.	9	3.0	"
Tuxpeño	7	8.1	"
V-520C	9	2.3	Alcázar (1981) ²

¹Citados por Márquez (1985)²Citados por Alcázar (1983)

V = Verano

** Ciclos A y B

La selección fenotípica también se practicó con otras características, con el enfoque de eliminar defectos, como el caso de Vera y Crane (1970), que a dos poblaciones derivadas de Germoplasma Tropical - Faja Maicera en la F₅, les aplicaron una presión de selección del 50 por ciento, con el propósito de reducirles la altura de planta. Se escogieron las plantas más precoces y bajitas en cada ciclo, encontrando una reducción de 4.5 por ciento por ciclo después de dos ciclos. Una ligera disminución del rendimiento y menor acame de tallo no fueron significativos. Zuber et al. (1971) utilizaron la SM para resistencia contra gusano elotero en dos sintéticos, C y S, después de 10 ciclos de selección. Clasificaron el daño en tres categorías: (1). penetración del gusano hasta el grano, (2). entrada de gusano pero sin daño en el grano. y (3), sin evidencia de daño. Recombinando mazorcas de la categoría 2, encontraron una reducción de daño por gusano en el sintético C de 80.8 a 58.7 por ciento. con 2.76 por ciento de reducción por ciclo y de 64.5 a 39.2 por ciento en el sintético S, con una reducción de 2.81 por ciento por ciclo.

En ocasiones la SM no es efectiva, pero esto puede deberse a la dificultad en encontrar los genotipos deseables, tal como Williams y Davis (1983) que seleccionando contra daño de segunda generación de barrenador en maíz, no detectaron ganancia en una población con cierto grado de resistencia, después de recombinar plantas sin daño y con poco daño de barrenador en dos ciclos de selección.

Por otro lado, la SM se ha apoyado en diversas investigaciones respecto al ambiente de selección, reportando Bucio (1969) en la población Querétaro VI, las varianzas fenotípicas al sembrar a 60, 70 y 80 mil plantas por hectárea y aplicación de Nitrógeno de 0, 80 y 160 kilogramos por hectárea, deduciéndose que sería mejor seleccionar bajo las condiciones de explotación comercial en el área, aunque si se selecciona para ambientes específicos controlables, esas condiciones son las recomendables. La varianza disminuyó al incrementar la densidad y se elevó conforme se aplicó más Ni--trógeno. Recomienda seleccionar en alta densidad y dosis alta de Nitrógeno, aunque si los agricultores aplican poca cantidad, esa debe usarse. Contrariamente, Subandi y Compton - (1974) después de determinar las varianzas genéticas y fenotípicas en la población (Gaspé*Colombia) encontraron que una baja densidad proporciona mayor ganancia que seleccionar a alta densidad.

En cuanto al tamaño del lote de SM, éste tiene diferentes recomendaciones, siendo de 2 a 4 mil plantas, Brauer (1969); Gardner (1961) recomienda 4 mil; Castro (1969) recomendó 7,200 plantas; Molina (1983) utiliza 6 mil plantas efectivas; Arboleda y Compton (1974) emplearon 4,400; Torregosa y Arias (1970) citados por Márquez (1985) utilizaron -- 1,875; Johnson (1963) seleccionó entre 7,500 y Lonquist sembró entre 4 y 5 mil plantas; Reyes (1985) recomienda entre 2,700 y 3,600 plantas por lote aislado, siendo Castro y Cepeda (1979) quienes recomendaron la siembra de más de 15 mil - plantas para seleccionar entre ellas.

El tamaño del estrato de SM casi no ha variado en su recomendación de 40 plantas por subparcela, aunque ya Torregrosa y Arias (1970) modificaron la cantidad de plantas por mata y estrato, que fueron de tres y 25 matas, respectivamente (75 plantas). Castro (1969) sugirió de 40 a 60, Brauer (1969) lo deja abierto según la variabilidad del lote y del material genético, Paterniani y Miranda (1978) citado por - - Márquez (1985) sugieren un estrato de dos plantas adyacentes a un genotipo constante, Molina (1983) utiliza 100 plantas efectivas por sublote de selección y Reyes (1985) recomienda de 108 a 156 plantas; Estrella (1984) en un estudio de sublotes de selección en el Sintético Precoz del Istmo, encontró que la heredabilidad y la varianza fenotípica fueron mayores en el tamaño intermedio de sublote (8 surcos con 20 plantas cada uno, o sea 160 plantas), por lo que éste podría ser el más efectivo en esta población.

La ganancia por SM en diversos ambientes señala que la selección realizada en el ambiente en que se explotará la población avanzada ha sido efectiva en acumular genes de - - adaptación y rendimiento, tal como lo reporta Gardner (1961) en poblaciones para aprovecharse bajo riego. Arboleda y - Compton (1974) seleccionando en dos ambientes individuales y combinado, encontraron mayor respuesta al evaluar en cada ambiente de selección, aunque el combinado tal vez diera más adaptabilidad. Para adaptar a condiciones de sequía seleccionando en tal ambiente, al evaluar en riego Muñoz et al. (1973) encontraron poca ganancia y hasta reducción de rendimiento, mientras que al evaluar en sequía lograron 2 y 55

por ciento de ganancia en las poblaciones Michoacán 21 y México 39, respectivamente. Esto fue similar a lo reportado por Molina (1983); Gutiérrez et al. (1980) y Vásquez y Molina (1982).

La efectividad de la SM como fuente de líneas endocriadas de valor fue determinada por Betancourt et al. (1974) al evaluar cruza de prueba de líneas S_1 derivadas de poblaciones avanzadas por SM y de las poblaciones originales. Estas fueron de México 208 (C_7), México Gpo. 10 (C_6) y Xolache (C_6), cada una cruzada con una línea endocriada no emparentada. Encontraron que en general las líneas de las poblaciones avanzadas dieron más rendimiento tanto *per se* como en cruz de prueba. Las evaluaciones en el lugar de la SM mostraron una ganancia de 32 por ciento en México 208, 18 por ciento en México Gpo. 10 y 29 por ciento en Xolache en la localidad Chapingo. En otros ambientes fueron de 3, 4 y 22 por ciento (El Mexe) y 0.8, -0.8 y 4 por ciento (Toluca), respectivamente.

Mareck y Gardner (1979) determinaron la estabilidad de cuatro poblaciones avanzadas por SM derivadas de Hays Golden y a la población original (C_0). Evaluaron la población Control y la Irradiada en el ciclo 15 de SM (C_{15} , I_{15}), el ciclo 10 de SM para prolificidad (P_{10}) e $I_{14}E_3$, o sea, el ciclo 3 de SM para rendimiento, planta baja, precocidad y calidad de tallo, proveniente del ciclo 14 de SM en la población Irradiada. La SM incrementó el rendimiento de 12 a 15 por ciento como promedio, la SM para solo rendimiento aumentó

días a flor, altura de planta y mazorca y humedad de grano a la cosecha. Las respuestas a los medios ambientes fueron lineares y mucho mayores en las poblaciones avanzadas que en el C₀ y el híbrido Nebraska 501D. Pareció que la SM incrementó la frecuencia de aquellos genes que permiten a los genotipos tomar ventaja de las condiciones ambientales más favorables. En condiciones de bajo rendimiento provocada por calor y sequía, el C₀ se comportó tan bien o mejor que las poblaciones avanzadas, pero en ambientes favorables, éstas tuvieron mayores rendimientos.

El porqué del uso de la SM como una metodología extensiva viene justificada primeramente por los logros en elevar el rendimiento y el consejo de Lonquist (1965) de tratar de evitar el uso de unidades de selección que alarguen demasiado el ciclo de selección sin compensar la ganancia; sirve, como lo indica Brauer (1969) para obtener plantas con mayor producción y variedades que pueden igualar a los híbridos; aprovecha los efectos aditivos tanto intra como inter-loci, como lo señala Márquez (1985) y la baja reducción que provoca en la magnitud de la varianza aditiva, tal como lo encontraron Mulamba et al. (1983) al evaluar líneas S₁ derivadas de la población BSK avanzada por SM y compararlas con las de poblaciones avanzadas por líneas S₁ y por cruza de prueba.

Para adaptar poblaciones exóticas la SM ha sido de gran valor, tal como lo encontraron Troyer y Brown (1972), al hacer SM fenotípica en tres poblaciones de maíz, cada una con germoplasma exótico a la Faja Maicera para aumentarles -

su precocidad. En todas las características evaluadas hubo diferencias significativas, incluso rendimiento, después de 6 ciclos de seleccionar el 5 por ciento más precoz. Genter (1976) empleó la SM para incorporar caracteres deseables de 25 razas de maíz de México en una población de madurez y tipo adecuados para mejoramiento en zonas templadas. Después de 10 ciclos de selección para plantas erectas y sanas, logró más precocidad, casi se dobló el rendimiento y se redujo la altura de planta a 50 por ciento, registrando 11 días menos a flor hembra y menos humedad del grano, con más acame de tallo y menos de raíz. Compton et al. (1979) en la Faja Maicera de Estados Unidos demostraron que en ocho poblaciones con maíz exótico y dos locales, al hacer SM para adaptación, mediante una selección suave para no perder los caracteres genéticos favorables y permitir el rompimiento de bloques de ligamiento e incremento de genes favorables, lograron principalmente más rendimiento y menor altura de planta.

La SM ha servido para efectuar estudios sobre la mejor arquitectura de la planta de maíz, pues Rivera et al. (1972) después de seis ciclos de selección divergente lograron dos poblaciones, una de mazorca alta y otra baja. Encontraron que la altura de planta y mazorca están correlacionadas entre sí; para rendimiento de grano correlacionaron negativamente en los sintéticos de mazorca alta y positivamente en los de mazorca baja; la mejor relación (altura de planta/altura de mazorca) respecto a la posición de la mazorca en las poblaciones estudiadas (Criollo de Iztacalco y V-7) fue de 0.601 y 0.618, respectivamente, o sea, es mejor la mazor-

ca un poco arriba de la mitad del tallo. Para la longitud de mazorca, Cortez y Hallauer (1979) hicieron selección divergente en Iowa Long Ear Synthetic, hacia mazorca larga y corta. Tras 10 ciclos de selección encontraron que la respuesta fue asimétrica, siendo la esperada similar a la observada para longitud, mientras que la observada en mazorca corta casi dobló la de longitud. Reportaron que el aumento en longitud de mazorca no tuvo respuesta correlacionada con rendimiento, aunque para mazorca corta sí se redujo significativamente la producción por planta.

El efecto de la SM también se ha aplicado para la erectitud de las hojas en una población tropical, siendo reportado por Ariyanayagan et al. (1974) un cambio en el ángulo foliar de 3.8° a 10.2° por generación, cuantificado por dos métodos de determinación de ángulo foliar, haciendo selección fenotípica bidireccional para esta característica; las plantas de la selección hacia hoja erecta fueron más bajas, más tardías, con mayor resistencia al acame y en transmisibilidad de luz, no afectándose de manera apreciable el rendimiento.

Con el auxilio del gen de herencia simple R-nj (color de aleurona), Cross (1981) evaluó la efectividad de la SM para determinar el rendimiento en maíz precoz. Comparó dos ciclos de SM para alta y baja expresión del color en mazorcas polinizadas con la misma fuente de navajo, con poblaciones testigo. La selección de alta coloración tuvo un incremento en rendimiento, debido a un aumento de granos por

hilera. La selección de baja coloración fue inestable, con mayor capacidad de responder a ambientes de alta producción.

Usando SM en maíz shrunken-2 (sh_2), Bell et al. - - (1983) evaluaron el progreso después de 11 ciclos para elevar la emergencia de plántulas en el campo y mayor peso de semillas. Se produjo una ganancia significativa de 3.3 por ciento por ciclo para emergencia, elevándose la altura de planta y mazorca no así días a flor.

Generalidades sobre el Area Productora de Maíz del Ex-Distrito de Riego 019 de Tehuantepec, Oaxaca

La región aledaña a Tehuantepec, Oax., presenta una problemática a los fitomejoradores de maíz, la cual se encuentra enseguida y que justifica la implementación de trabajos para elevar la producción en aquella área.

La importancia fundamental del maíz en México es innegable, pues forma parte del cotidiano sustento en todas partes y en todos los estratos sociales, aunque es triste reconocer la falta crónica que se padece de su grano desde tiempos remotos, produciendo su escasez graves desórdenes (Gándara, 1937).

Respecto al maíz en Oaxaca, de acuerdo al Marco de Referencia en el área de influencia del Campo Agrícola Experimental del Istmo de Tehuantepec (1979) CIAPAS, INIA, SARH, tiene un lugar de importancia en la economía de la población teniendo una gran demanda, pues ya en 1979 había un déficit en el estado de más de 61,000 toneladas. En el Istmo de Tehuantepec tan solo se producen 110 mil toneladas en una su-

perficie de siembra de 130,000 hectáreas, dando así rendimientos unitarios muy bajos (menos de 1 ton/ha). Aún así, el valor que representó esa producción fue el 54 por ciento del total de la producción agrícola de la región.

Los sistemas de producción como se siembra el cereal consisten en condiciones de riego, de riego con auxilio de temporal, de temporal y de humedad residual. Los patrones de cultivo más usuales son: cultivo único de maíz, cultivo único compuesto de maíz a espeque con imbricación de frijol de guía y cultivo doble simple de maíz.

En el cultivo único de maíz, que ocupa el 85 por ciento del área con este cereal, se emplea un 95 por ciento de semilla de criollos; su modalidad consiste en sembrar el terreno una sola vez al año, dejándolo el resto del año ocioso. El multicultivo consiste en la siembra simultánea de maíz y frijol y/o calabaza, sembrando también una sola vez al año; ocupa únicamente semilla criolla y el 3 por ciento de la superficie con maíz. En el cultivo compuesto con imbricación de frijol, éste se siembra en la misma hilera que el maíz para que se enrolle en el tallo y ocupa el 1 por ciento de la superficie. El cultivo doble o triple de maíz cubre el 11 por ciento de la superficie dedicada al maíz; consiste en sembrar dos o tres veces en el año, mediando entre ellos tan solo la preparación del terreno. Para regar se cuenta con la presa "Benito Juárez" (Distrito de Riego 019), manantiales y pozos a cielo abierto (INIA, 1979).

La zona principal a donde se enfoca el programa de mejoramiento genético de maíz de la UAAAN en el Istmo, es el

Distrito de Riego 019, localizado en la parte Sur del Istmo, formando parte de la planicie costera ístmica del Golfo de Tehuantepec, comprendido entre el paralelo $16^{\circ}17'$ y $16^{\circ}37'$ latitud Norte y el meridiano $94^{\circ}48'$ y $95^{\circ}15'$ de longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar desde 7 a 43 m - - (Cervantes, 1984).

El clima del Distrito de Riego 019 es del tipo $Bs_w (W)(h')(i')$, o sea clima seco, con lluvia invernal inferior a 5 mm, temperatura media anual superior a 22°C y media mensual del mes más frío superior a los 18° . La precipitación media anual es de 966 mm, con una temperatura media anual de 26.9°C (máxima extrema 40° , mínima extrema 11°C) y una evaporación de más de 2,900 mm a causa de las altas temperaturas y la frecuencia y duración de los vientos, siendo Julio y Septiembre los meses con más precipitación y cuando cae más de la mitad de la precipitación anual, la humedad relativa promedio es de 56.9 por ciento y la luminosidad promedio de 233 por ciento - horas-luz (INIA, 1979).

La estación lluviosa abarca de Junio a Octubre, durante la cual ocurren sequías en Julio y Agosto, siendo las lluvias de carácter torrencial y con distribución irregular en la época lluviosa. Los vientos dominantes provienen del NNE y del SSW, presentándose los primeros de Octubre a Marzo, con velocidades máximas absolutas hasta de 86 km/h con intervalos de cinco o más días de viento fuerte y uno o dos esporádicos de relativa calma. Los segundos se presentan de Mayo a Septiembre, con una frecuencia mayor de días de rela-

tiva calma, con velocidades hasta de 65 km/h (Cervantes, - - 1984).

Se encuentra ubicado dentro de los Municipios de Santo Domingo Tehuantepec, San Blas Atempa, Juchitán de Zaragoza, Asunción Ixtaltepec, El Espinal, San Pedro Comitancillo, Santa María Mixtequilla, San Pedro Huilotepec, Unión Hidalgo y Santa María Xadani, todos en el estado de Oaxaca, comprendiendo 73,000 hectáreas, de las cuales solamente 50,000 son irrigables, siendo la máxima superficie que se ha regado en 1977 de 38,000 hectáreas con un promedio desde 1962 a 1978 de tan solo 23,000 hectáreas, 46 por ciento de la superficie potencial cultivable. Anualmente se siembran 20,000 hectáreas con maíz durante los ciclos Primavera-Verano e Invierno-Primavera irrigadas.

La mayoría de los suelos laborables del Distrito son de origen aluvial, debido a los acarreos por las corrientes de los ríos Tehuantepec y Los Perros principalmente, con diferente grado de desarrollo, el cual va de reciente a semi-maduro. Dentro del Distrito se encuentran clasificados siete series de suelos, que son: Tehuantepec, Ventosa, Guichilauí, Olivo y Mixtequilla, con textura media a pesada y Ríos y Juchitán con textura ligera.

Los cultivos de mayor importancia que ocuparon en -- los últimos años el 85 por ciento de la superficie cultiva-- ble fueron: maíz con ±12,600 hectáreas (35%), pastos - - - ±10,000 hectáreas (29%) y caña de azúcar ±8,000 hectáreas -- (22%). La siembra del maíz se desarrolla tanto con la moda-

lidad de riego, como temporal con auxilio del riego.

La tecnología para el cultivo del maíz depende de la capacidad económica del agricultor, siendo la siguiente: si hay recursos se utiliza maquinaria para hacer la preparación, o sea, un barbecho y dos rastras cruzadas en terreno seco. Si se usa el arado egipcio y yunta, se da un riego ligero para humedecer la superficie y al dar punto se raja el lomo del surco en un primer paso, dando uno o más pasos. El surcado se realiza con arado egipcio o maquinaria, con una separación entre surcos de 55 a 60 cm, regando luego y esperando que de punto (INIA, 1979), en el caso del temporal únicamente se esperan las primeras aguas para iniciar la preparación.

Las siembras se efectúan en dos períodos bien definidas, cuando hay más hectáreas sembradas: de punta de riego o de temporal con riego de auxilio, de la segunda quincena de Abril a principios de Agosto y de riego exclusivamente de Diciembre a Marzo, aunque es común encontrar cultivos de maíz en diferentes etapas de desarrollo durante todo el año. Se tiran 3-4 semillas por golpe cada 70 cm (± 18 kg/ha) y tapan-do con el pie, teniendo una densidad entre 80 y 90 mil semillas por hectárea, siendo casi el 100 por ciento del criollo Zapalote chico, de ciclo vegetativo de 90 días, porte breve y bien adaptado a las condiciones climáticas de la región (INIA, 1979).

Por lo general, el cultivo no tiene problemas de maleza, debido a los trabajos de preparación, realizando uno o dos cultivos con arado egipcio a los 15-30 días, con la fina

lidad de eliminar la maleza restante, facilitar el desarrollo de las raíces y tener mejor sostén las plantas. La fertilización depende de la posibilidad económica del agricultor, aplicando casi siempre de 40 a 60 kilogramos de Nitrógeno en una sola ocasión, en forma mateada y dejando sin cubrir en suelo húmedo o en banda y mateado uno o dos días antes del aporque. Casi no se beneficia la semilla de siembra, por lo que en ocasiones se pierde más del 50 por ciento de las plantas posibles. Los riegos van de 4 a 6 en las siembras de Invierno-Primavera, según la presencia de vientos y la textura del suelo y en Primavera-Verano dependen de la precipitación. Cuando el grano se encuentra en estado masoso, se hace el "zacateo" que consiste en cortar la parte del tallo superior a la mazorca y arrancar todas las hojas, para alimento de los animales. La cosecha se hace tomando la mazorca cubierta con totomoxtle para proteger el grano del ataque y daño de plagas de almacén. Los rendimientos promedio que se obtienen son de 800 kg/ha con variaciones de 600 a 1,000 kg/ha (INIA, 1979).

Este maíz criollo constituye el alimento básico en la dieta de los habitantes del Istmo de Tehuantepec, que es también una región rica en tradiciones y costumbres, como lo menciona Varela (1980). A pesar de la baja capacidad de producción del criollo Zapalote chico, tiene diversas características que lo hacen ser preferido sobre los híbridos comerciales eventualmente más rendidores, tales como su corto ciclo vegetativo (90 días a cosecha), la flexibilidad de su tallo y la relativa baja altura de planta, lo cual le da gran

tolerancia a los vientos, el color blanco del grano, la consistencia harinosa del endospermo y su sabor no dulce, todas las cuales son propiedades fundamentales para la elaboración de totopos. Por ésto, es la preferencia por el Zapalote en la región de Tehuantepec, a pesar de los raquíuticos rendi- - mientos que se obtienen a la cosecha.

Así, es urgente obtener variedades superiores en rendimiento, pero no enfocando el esfuerzo únicamente hacia esa característica, ya que es más factible pensar en un tipo de variedad que satisfaga las exigencias y necesidades del campesino, o sea, una variedad ideal para la región. Con tal propósito, entre otros maíces mejorados, la UAAAN desarrolló un Sintético Precoz y otro Intermedio para el Istmo, ambos producto del mejoramiento de la arquitectura vegetal hacia - la obtención de plantas modelo o ideotipo, que conservan las características deseables de Zapalote, pero con más rendi- - miento (Varela, 1980).

Cepeda (1976) señala que en otros lugares del país se obtenían rendimientos aceptables gracias al avance de la agricultura en la creación y mejora de técnicas de investigación y producción, aunque en Tehuantepec la producción es de masiado pobre, y atribuye eso a distintos factores como:

(a). los vientos que azotan la región todo el año, (b). el - catabolismo de las plantas, que en las partes bajas cálidas como el Istmo es mayor que en zonas templadas, provocando así un mayor desperdicio de energía y menor productividad, (c). gran incidencia de plagas, enfermedades y malezas, - - -

(d). prácticas agrícolas e instrumentos de trabajo ineficientes, y (e). el poco potencial genético de producción del Zapalote chico.

Al analizar lo anterior, Cepeda (1976) anota que en 1973 la Secretaría de la Presidencia, por medio de la Comisión Coordinadora para el Desarrollo Integral del Istmo de Tehuantepec, solicitó a la entonces Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" la iniciación de un programa de mejoramiento de maíz, con el objeto de formar materiales para explotación comercial con las siguientes características:

(a). precoces para poder obtener dos cosechas al año y escapar del período de vientos fuertes, (b). baja altura, (c). grano blanco y de consistencia harinosa, similar al Zapalote chico, (d). alta capacidad de rendimiento, (e). alto contenido de proteína, y (f). adaptación. Ya para 1976 la UAAAN tenía -- cinco diferentes proyectos establecidos en el Istmo.

Castro et al. (1978) consideraron la importancia de trabajar específicamente en la región a pesar de la distancia, pues otros maíces (H-507, H-508, H-509) fueron desarrollados para regiones ecológicas diferentes, incluyendo dentro de "regiones ecológicas" a factores sociales. Con los híbridos antedichos se tiene más capacidad de producción, pero eran objetados por los agricultores por ser más tardíos y altos, susceptibilidad a sufrir daño por el viento y la no factibilidad de hacer totopos por su grano diferente al Zapalote. Los ideotipos que se proyectaron para el Distrito de Riego 019 están basados en el propio Zapalote chico, del que

conservan su tipo de endospermo, casi toda su precocidad, parte de la tolerancia al viento por la flexibilidad del tallo, pero con mayor potencial de rendimiento de variedades de otras regiones tropicales, entre éstas a maíces originados en el Caribe, región ciclónica. En 1975, después de evaluaciones de mestizos entre variedades del Caribe y Zapalote se seleccionaron dos líneas, que combinadas en el híbrido radial (10*32)*Zapalote, formaron al híbrido Tehuano H-6, con incrementos en la producción de más del 100 por ciento respecto al criollo local, aunque con un poco más de altura. Con la finalidad de reducir esa altura iniciaron otro trabajo a largo plazo en el que incluyeron al gen br_2br_2 , en una población 75 por ciento Zapalote chico: 25 por ciento Tuxpeño, formando en 1978 tres sintéticos derivados de esa población, con capacidad de soportar mayor densidad de siembra y que se puede sembrar por varios ciclos sin reducir su rendimiento.

Otras ventajas que tiene el Zapalote chico es su capacidad de prosperar en suelos pobres en Nitrógeno (Wellhausen et al. 1953) y de producir en el jilote una sustancia conocida como Maysina (Widstrom et al. 1983), que repele al gusano elotero y que probablemente también lo contenga el follaje, pues los agricultores locales del Istmo no acostumbran combatir al gusano cogollero y las milpas aparecen sin ataque, a diferencia de los maíces introducidos de la raza Tuxpeño, que sufren considerables mermas si no se efectúa control químico de insectos.

3. MATERIALES Y METODOS

Los Sintéticos del Istmo se originaron a partir de trabajos iniciados en 1973, cuando por solicitud de la Secretaría de la Presidencia a la entonces Escuela Superior de -- Agricultura "Antonio Narro", se inició el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz en el Istmo de Tehuantepec, con el propósito de aprovechar en forma más completa la infraestructura del Distrito de Riego 019.

Material Genético

En 1973C¹ se cruzó la población enana tardía Tuxpeño br_2br_2 con una colecta de maíz criollo perteneciente a la raza Zapalote chico con la finalidad de enanizar a este último, elevar su potencial de producción y aumentarle variabilidad genética, lo que se hizo en Tehuantepec, Oaxaca (Cepeda, -- 1976).

En el mismo ambiente en 1974A se hizo una retrocruza hacia Zapalote chico en una parcela y otra se dejó de polinización libre (P.L.) para recombinación. En 1974B se autofecundaron plantas br_2 y normales de la recombinación, tomando a la cosecha 228 mazorcas tipo Zapalote o Tuxpeño-Zapalote - (líneas S_1). En 1975 se avanzaron las líneas a S_2 y se obtuvieron otras 200 líneas S_1 de la población P.L.

¹ Ciclo A: siembras en Enero-Febrero.
Ciclo B: siembras en Junio-Julio.
Ciclo C: siembras en Octubre-Noviembre.

En Tehuantepec 1976A se hizo una selección entre 325 líneas S_1 y S_2 enanas que se avanzaron a S_2 y S_3 , tomando a las mejores siete líneas más precoces (Cuadro 3.1) que formaron al Sintético Precoz (SP) y a las mejores ocho líneas intermedias (Cuadro 3.2) para originar al Sintético Intermedio (SI). Otra serie de líneas más tardías formaron al Sintético Tardío, que se decidió manejar en otras áreas ecológicas.

En el vivero de polinizaciones de Invierno de la - - UAAAN en Tepalcingo, Morelos (Tep), durante 1977A se recombinó cada sintético al efectuar las cruzas posibles entre las líneas correspondientes y formar después de la cosecha com--puestos balanceados (Sint. 1). En Tehuantepec (Teh) 1977B se hizo la segunda recombinación (Sint. 2) dando otra recombinación en 1978, cuando se contó con la cantidad de semilla suficiente para sembrar lotes grandes de los sintéticos, o sea, se tuvo entonces al ciclo cero u original (C_0). Los días a floración de los sintético (Sint. 2) en Teh 77B fue la siguiente:

	♂	♀
Sintético Precoz	44	46
Sintético Intermedio	48	50
Sintético Tardío	51	52

Metodología de Selección

El procedimiento de la Selección Masal (SM) fue similar a la SM visual estratificada (Molina, 1983) con ciertas diferencias de manejo propuestas por Castro y Cepeda en 1979²

² Proyecto I.T. 001 de la entonces Sección Maíz. Dirección de Investigación.

Cuadro 3.1 Líneas que forman al Sintético Precoz.

Genealogía	Nivel de endogamia
1. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-17-1	S ₂
2. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-59-1	S ₂
3. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-74-1	S ₂
4. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-125-1	S ₂
5. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-238	S ₁
6. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-277	S ₁
7. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-303	S ₁

Cuadro 3.2 Líneas que forman al Sintético Intermedio.

Genealogía	Nivel de endogamia
1. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-9-1	S ₂
2. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-36-1	S ₂
3. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-101-1	S ₂
4. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-211-1	S ₂
5. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-317	S ₁
6. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-321	S ₁
7. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-325	S ₁
8. (Zap. chico*Tuxp. br ₂ br ₂) P.L.-400	S ₁

que fueron cambiantes hasta 1984B, cuando después de comparar la mecánica de trabajo, sus ventajas y desventajas con las facilidades de selección aportadas, se decidió mantener una sola técnica.

Obtención del Primer Ciclo de los Sintéticos.

En Tehuantepec 1979A se sembraron en lote aislado cada uno de los sintéticos, con compuestos balanceados grandes de los C₀.

La conducción de los lotes fue bajo riego, procurando no castigar por falta de humedad, controlando las plagas que se presentaron (*Spodoptera* sp. y *Diabrotica* sp.), desespigando algunas plantas indeseables.

A la cosecha se estratificaron los lotes contando -- diez matas y marcando con cal a través del lote, contemplando como subparcela de selección cuatro surcos (40 plantas). En forma visual se tomaron las mejores mazorcas de plantas con competencia completa, identificándolas de acuerdo a un número progresivo de estrato de SM. La selección se efectuó después de cosechada la mazorca que se dejaba al pie de la planta; una persona seleccionaba en dos surcos las mejores mazorcas y de tipo Zapalote y otra con un criterio similar previamente acordado, seleccionaba en los otros dos surcos, cotejándose al extremo del estrato todas las mazorcas levantadas y conservando de 1 a 4 mejores tipo Zapalote y más secas.

En la bodega se seleccionaban según tipo y aspecto, desgranándolas en sobre individual marcado con el número de

estrato y mazorca.

El C₁ de los sintéticos se obtuvo de la siguiente manera:

Sintético Precoz:

Se cosecharon 450 parcelitas de aproximadamente 33 plantas cada una, o sea 14,850 plantas en total. Se seleccionaron 1,457 plantas de este lote, de las que 250 fueron descartadas después de una prueba de vigor germinativo realizada con una muestra de diez semillas de cada mazorca en planteros aéreos en la UAAAN. Además, 17 mazorcas fueron descartadas por escasez de semilla. En total fueron seleccionadas 913 plantas, lo que dió una intensidad de selección final de $(913/14,850) * 100^3 = 6$ por ciento.

La selección de campo en Tehuantepec se hizo para plantas bajas br₂br₂, de muy buena cobertura de mazorca, no acamadas, hojas angosta y en número reducido y erectas y cortas hasta donde fue posible. También se puso atención a que las mazorcas de las plantas seleccionadas estuvieran sanas y que teniendo el tipo de grano y textura lo más parecido posible a Zapalote chico fueron lo más grande y/o prolíficas posible.

En la mayoría de las parcelitas formadas se seleccionaron tres plantas, habiendo muy pocos casos en los que se tomaron 0, 1 ó 2 plantas y en aproximadamente 150 parcelitas se

³ el asterisco significa multiplicación.

seleccionaron las mejores cuatro. Con las 913 mazorcas seleccionadas se formaron 100 compuestos balanceados de una semilla por mazorca.

Sintético Intermedio:

Se cosecharon 720 parcelitas, con 33 plantas cada una, o un total de más o menos 23,760 plantas. De este lote se seleccionaron 1,488 plantas, buscando que fueran bajas (br_2br_2), de buena cobertura de mazorca, no acamadas, de hojas angostas y en número reducido y erectas y cortas hasta donde fue posible.

En la selección de campo también se puso atención a que las mazorcas de las plantas seleccionadas estuvieran sanas y que teniendo el tipo de grano y textura lo más parecido posible a Zapalote chico fueran lo más grande y/o prolíficas posible. De las 1,488 mazorcas seleccionadas en el campo, 331 fueron descartadas en la prueba de vigor germinativo y 11 por no tener suficiente cantidad de semilla, por lo que la intensidad de selección total final fue de $(1,146/23,760) * 100 = 5$ por ciento. Con las 1,146 mazorcas seleccionadas al final, se formaron 100 compuestos balanceados de una semilla por mazorca.

Siembra del Ciclo 1 (C₁).

La modificación esencial a la SM estratificada propuesta por Castro y Cepeda (1979) consiste en el modo de distribuir la semilla en el terreno y en la cantidad de plantas sobre las cuales ejerce la selección masal visual estratificada, lo cual se ajustó para cada sintético en forma individual.

Sintético Precoz:

Se utilizaron 36 compuestos genéticos de una sola semilla por mazorca seleccionada (913 semillas) y se calculó la superficie que ocuparía cada compuesto, ajustando su siembra de tal manera que comprendiera lo más posible un cuadrado, -- que en el caso del SP fue de 18 surcos a 0.75 m (13.5 m) por 50 matas a 0.25 m (12.5 m), lo que dió una densidad de 53,000 plantas por hectárea.

El lote de SM constó entonces de 116 surcos de ancho (87 m), con cuatro surcos de bordo en cada orilla, con 108 surcos de 27 divisiones de cuatro surcos (81 m) (Fig. 3.1).

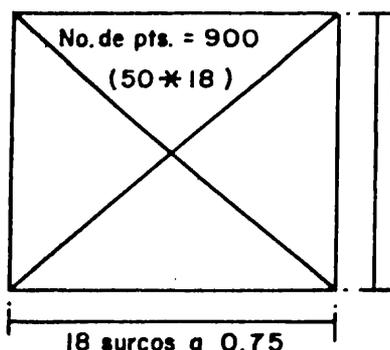
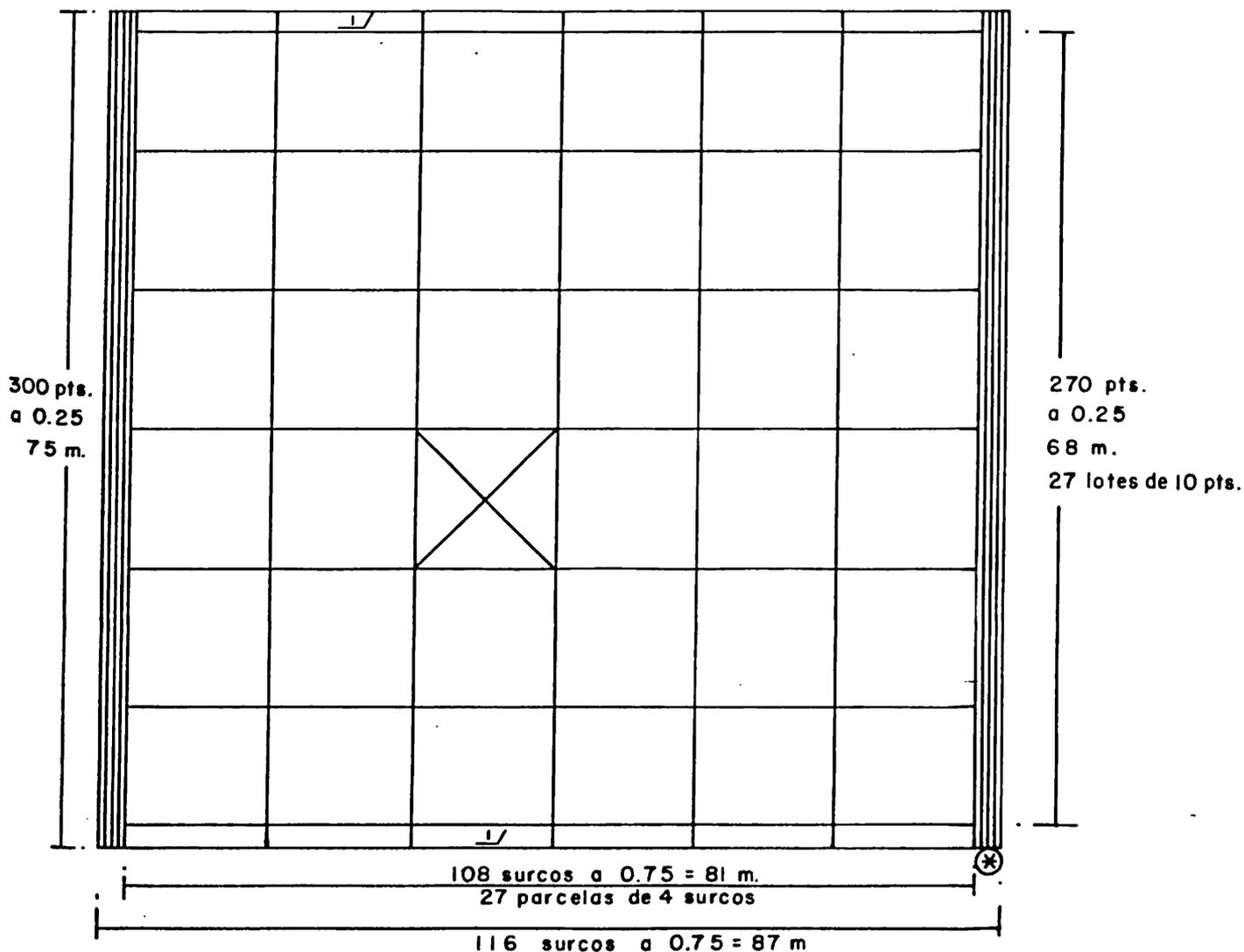
La longitud de los surcos fue de 75 m, incluyendo 300 matas a 0.25 m entre ellas, con 270 plantas que formaron 27 - lotes de 10 plantas cada uno.

La siembra de los compuestos se llevó a cabo de la - manera siguiente: se tendieron dos alambres de 81 m en las orillas del campo previamente surcado y fertilizado, marcados con cinta aislante cada 0.25 m. Con un cordel transversal a lo ancho del surcado, se señalaba el lugar de la siembra de - una semilla en el fondo del surco, correspondiendo sembrar 18 surcos a una persona (un compuesto) entregándosele otro sobre con semilla cada 50 matas.

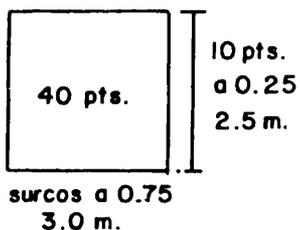
Sintético Intermedio:

Se utilizaron 30 compuestos genéticos de una sola semilla por mazorca seleccionada (1,146 semillas), que se dis-- tribuyeron en 20 surcos (15 m) por 57 matas (14.25 m), tam--

Fig. 3.1 Croquis de siembra para el SP C₁



Estrato de Siembra



Unidad de Estratificación

- ⊗ 4 surcos de bordo
- ┌/ 15 plantas de bordo

Teh. 80 A
El Ocho
Distrito de Riego 019

Total de Sublotes :
27 Sublotes de 10 pts.
* 27 parcelas de 4 surcos.
= 729 sublotes de 40 pts.

bién a una densidad de 53,000 plantas por hectárea. El lote de selección tuvo entonces 108 surcos de ancho (81 m), con cuatro surcos de bordo en cada orilla y 100 surcos con 25 divisiones de cuatro surcos, con 342 matas de largo (85.5 m) incluyendo 300 plantas para formar 30 lotes de 10 plantas cada uno (Fig. 3.2).

La siembra se realizó de manera similar al SP, aunque correspondió sembrar 20 surcos a una persona y cambiando sobre cada 57 matas.

Conducción y Cosecha de los Lotes.

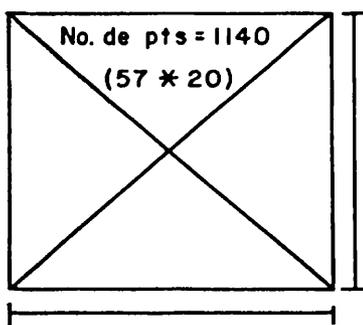
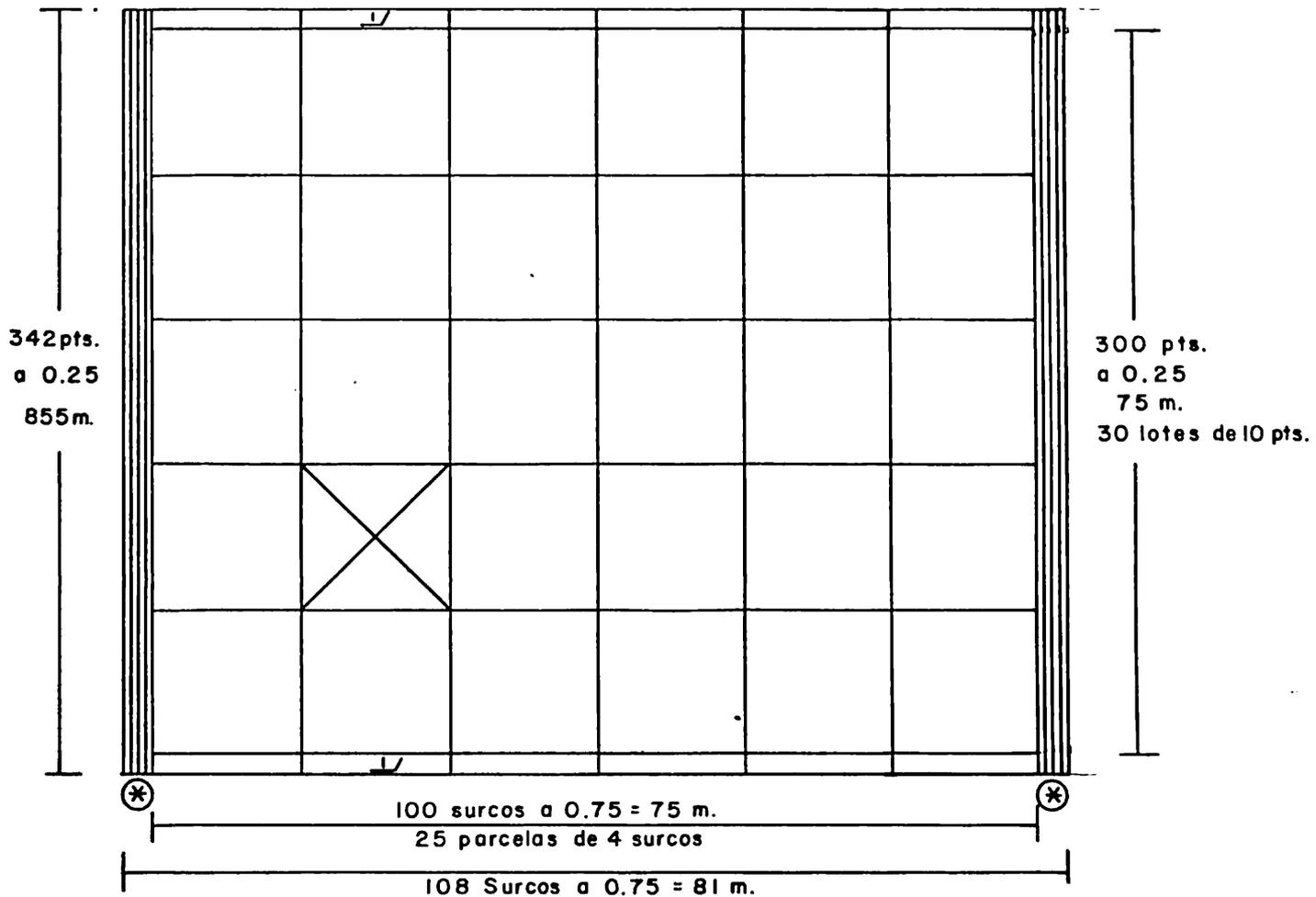
La siembra se hizo en seco, regando después y manteniendo el lote sin castigos de agua en el transcurso del cultivo.

El día del riego se sembró un compuesto en planteros aéreos para reponer las fallas; ésto solo se realizó durante los dos primeros ciclos, pero viendo su impracticidad se decidió en sustitución remojar la semilla de un compuesto genético por 12 horas para resembrar las fallas.

Se controlaron las malezas con cultivos mecánicos y deshierbes manuales y los insectos plaga (principalmente *Spodoptera* sp. y *Diabrotica* sp.) con aplicaciones de insecticida. La fertilización total fue de 120-80-00, aplicando la mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo después de surcar y el resto del Nitrógeno al primer cultivo.

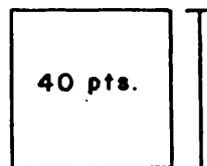
A la cosecha se tendió un cordel a lo ancho del lote, contando 10 matas a lo largo y marcando el estrato con -

Fig. 3.2 Croquis de siembra para el SI C₁



20 surcos a 0.75
15 m.
Estrato de Siembra

57 pts.
a 0.25
14.25m.



4 surcos a 0.75
3.0 m.

10 pts.
a 0.25
2.5m.

Unidad de Estratificación

⊗ 4 surcos de bordo
|/ 21 plantas de bordo

Teh. 1980 A
Parcela 80
Distrito de Riego 019

Total de Sublotes :
30 Sublotes de 10 pts.
⊗ 25 parcelas de 4 surcos
= 750 sublotes de 40 pts.

cal. Previamente se midió la altura de mazorca en 500 plantas de toda la parcela y se obtuvo la media general.

La selección se efectuó después de pizar las mazorcas de plantas con competencia completa dentro de surco, no acamadas y de buena cobertura, que fueran iguales o menores en la altura media de mazorca, para ésto se usó una medida rústica (varitas).

Se cuantificaron también las plantas de 60 estratos al azar de todo el lote, determinando así la presión de selección en base a una planta seleccionada entre las 2-4 mejores por estrato ($1/\text{número de plantas} \times \text{estrato}$).

Se evaluó visualmente a las mazorcas que deberían tener grano tipo Zapalote, sanas y de buen tamaño, que fueron sometidas a una prueba de vigor germinativo y de acuerdo a su comportamiento se tomó a la mazorca mejor en esa característica por cada estrato.

Esta práctica se discontinuó a partir del C₄ de SM, cuando a través de evaluaciones no se encontraron diferencias en rendimiento en compuestos de familias seleccionadas versus desechadas por su vigor germinativos (Guerrero, 1984).

La presión de selección tuvo un rango entre 4-6 por ciento, debido a diferencias entre cantidad de plantas por estrato a través de ciclos.

La segunda recombinación de los ciclos (Sint. 2) se obtuvo al cosechar los surcos de bordo sin seleccionar plantas ni mazorcas (excepto a las mazorcas podridas), con las -

que se formaron compuestos balanceados para las evaluaciones y remanente en bodega.

Los cultivos se establecieron cada vez en terrenos diferentes dentro de la zona asignada a cultivos básicos del Distrito de Riego 019 (parte oriente), debido a la necesidad de aislar el lote y de rotar a los sintéticos en suelos de texturas diversas.

En general, los criterios de selección y el manejo de los lotes fue similar entre los sintéticos y a través de ciclos hasta la obtención del C₇ de SM.

La metodología de selección visual estratificada de acuerdo como la plantearon Castro y Cepeda (1979) puede resumirse así:

41. Iniciar el proceso de selección con una cantidad grande de mazorcas de la población inicial de base genética amplia (>900).
42. Hacer compuestos balanceados de una semilla de cada una de las mazorcas, en número suficiente para sembrar y tener remanente.
43. Sembrar en un lote aislado (con el auxilio de alambres - marcados y un cordel transversal), los compuestos balanceados, de tal manera que se disponga de más de 15 mil plantas bajo una densidad adecuada (intermedia-baja).
4. Desespigar antes de floración a las plantas indeseables en altura, conformación o sanidad.
5. A la cosecha, estratificar el lote con auxilio de cal y cuantificar la densidad media por unidad de estratificación.

6. Seleccionar plantas en competencia completa que no estén acamadas, de buena cobertura, planta ideotipo y con mazorca del tipo deseado, sana y de buena productividad, tomando las 2-4 mejores en base a su aspecto fenotípico.
7. Cosechar los bordos para obtener la recombinación del ciclo de selección inmediato anterior (Sint. 2).
- ⁴8. Formar compuestos balanceados de una semilla con las mazorcas seleccionadas para continuar con la Selección Masal y con la suficiente para evaluar en ensayos de campo.
9. Formar compuestos balanceados con la recombinación para evaluar y tener remanente en bodega.

Metodología de Evaluación

La ganancia por SM se evaluó en campo mediante la comparación de los ciclos avanzados contra el C₀ en cada sintético en dos localidades y dos densidades.

Las subpoblaciones de SM se sembraron bajo un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, correspondiendo la parcela grande a las densidades, que fueron de 60,000 (D₁) y 80,000 plantas por hectárea (D₂). La parcela chica correspondió a las subpoblaciones C₀, C₄, C₅, C₆ y C₇ de cada sintético.

Originalmente se plantearon 10 repeticiones, sobre las cuales se obtuvieron las medias generales, aunque con cinco se hicieron los análisis de varianza.

⁴ Modificaciones de manejo respecto a Gardner (1961) y Molina (1983).

Los ambientes de evaluación, ubicados dentro del Distrito de Riego 019, fueron contrastantes, tanto en suelo como en microclima. La localidad 1 (L₁) estuvo en la municipalidad de Tehuantepec en El Ocho (Colonia Jordán) entre cortinas rompevientos de mango-limón y suelo rojo arcilloso arenoso; la localidad 2 (L₂) se condujo en el mismo municipio en Puente Madera, sin defensa a los vientos y suelo negro arcilloso pesado.

La unidad experimental o parcela chica constó de tres surcos de 23 plantas a 0.22 cm en D₁ y de 29 plantas a 0.18 en D₂, tirando dos semillas por golpe y aclarando a una después del primer cultivo. Los datos agronómicos se tomaron en el surco central, incluso rendimiento.

Las características registradas y analizadas fueron:

- a). Días a flor macho: a partir de la fecha de siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas tenían derrama de polen.
- b). Altura de mazorca: desde el suelo hasta el nudo donde surgía la mazorca principal.
- c). Porcentaje de acame de raíz: contando plantas inclinadas más de 30° de la vertical, sobre el total de plantas.
- d). Porcentaje de acame de tallo: se contaron plantas quebradas debajo de la mazorca, sobre el total de plantas.
- e). Porcentaje de mazorcas podridas: clasificando en forma visual las mazorcas podridas y su cantidad sobre el total de mazorcas.

f). Número de mazorcas por 100 plantas: el total de mazorcas sobre plantas cosechadas.

Considerando que las características en porcentaje no tienen distribución normal, se transformaron los datos mediante la fórmula recomendada al efecto de Arco Seno o Grados Bliss modificada (Steel y Torrie, 1961).

$$Y_{ij} = \text{Arc Sen} \sqrt{X_{ij}/100 + 0.05}$$

donde:

Y_{ij} = valor transformado

X_{ij} = valor en porcentaje

0.05 = constante

Para obtener el rendimiento se cosecharon las plantas del surco central, exceptuando las orilleras de cada extremo, contando el total y poniendo las mazorcas en bolsas de papel Kraft, dejándolas secar hasta uniformar la humedad.

Se desgranaron las mazorcas y se pesó el grano con una aproximación de 25 g, determinando el volumen mediante una probeta de un litro. Se mezcló todo el grano y se tomaron cinco muestras por densidad individual por localidad para obtener peso seco por parcela.

Debido a que el número de plantas varió, se empleó la covarianza (Steel y Torrie, 1961), ajustando cada parcela mediante la media general de plantas y el peso seco y volumen, de acuerdo al modelo lineal siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + b(X_{ij} - X_{..}) + \xi_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = rendimiento (peso y volumen por parcela)

μ = media general

α_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto de la j -ésima repetición

b = coeficiente de regresión de y en x

X_{ij} = número de plantas (covariable) del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

$\bar{X}_{..}$ = media general de plantas por densidad en cada localidad

ξ_{ij} = efecto del error experimental

El coeficiente de regresión se obtuvo con los resultados del análisis de covarianza, mediante la siguiente fórmula:

$$b_{yx} = \frac{S_{xy}}{S_{Cx}}, \text{ tomados de la fuente de variación error del ANCOVA.}$$

donde:

b_{yx} = coeficiente de regresión de y en x

S_{xy} = suma de productos xy del error

S_{Cx} = suma de cuadrados del error x

El valor b_{yx} es el rendimiento por planta en kilogramos o litros de grano.

El ajuste de peso seco o volumen se hizo con la fórmula:

$$\hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - b(X_{ij} - \bar{X}_{..})$$

donde:

\hat{Y}_{ij} = peso seco o volumen ajustado por regresión del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

Y_{ij} = peso seco o volumen observado del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

b_{yx} = coeficiente de regresión de y en x

X_{ij} = número de plantas del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

$\bar{X}_{..}$ = media general de plantas por densidad en cada localidad

El rendimiento se reportó en toneladas y hectolitros por hectárea de grano al 15.5 por ciento de humedad, multiplicando peso y volumen por un factor de conversión.

$$Fc \text{ peso} = \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{área de parcela útil} * 0.845 * 1,000}$$

donde:

Fc peso = factor de conversión a toneladas por hectárea de grano al 15.5 por ciento de humedad

área de parcela útil = distancia entre surcos por la distancia entre plantas por el número perfecto de plantas por densidad

0.845 = constante para obtener el 15.5 por ciento de humedad

1,000 = constante para obtener el rendimiento en toneladas

$$Fc \text{ volumen} = \frac{100}{\text{área de parcela útil}}$$

donde:

Fc volumen = factor de conversión a hectolitros por hectárea

área de parcela útil = distancia entre surcos por la distancia entre plantas por el número perfecto de plantas por densidad

Al encontrarse una gran heterogeneidad en los resultados ajustados por covarianza en peso o volumen en el SI, se hizo una transformación logarítmica por medio de la fórmula:

$$Y_{ij} = \log X_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = valor ajustado de peso o volumen

X_{ij} = peso o volumen original

Otro factor considerado fue la relación volumen-peso obtenido al dividir el volumen en litros entre el peso en kilogramos.

Se realizó un análisis de varianza combinado por localidad y densidad, anidado y jerarquizado para cada una de las características agronómicas mediante el diseño de bloques al azar en parcelas divididas, bajo el siguiente modelo lineal estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + R_{l/ij} + \gamma_k + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \xi_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} = observación del k-ésimo tratamiento en la i-ésima localidad en la j-ésima densidad en la l-ésima repetición

μ = media general

α_i = efecto de la i-ésima localidad

β_j = efecto de la j-ésima densidad

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de la interacción entre la i-ésima localidad y j-ésima densidad

$R_{l/ij}$ = repeticiones dentro de densidades y localidades

γ_k = efecto del k-ésimo ciclo de selección

$\alpha\gamma_{ij}$ = efecto de la interacción de localidad por ciclo de selección

$\beta\gamma_{jk}$ = efecto de la interacción de densidad por ciclo de selección

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = interacción doble de localidad por densidad por ciclo

ξ_{ijkl} = error agrupado

e:

$i = 1 \dots \dots \dots (L)$ localidades

$j = 1 \dots \dots \dots (d)$ densidades

$k = 1 \dots \dots \dots (c)$ ciclos

$l = 1 \dots \dots \dots (r)$ repeticiones

y:

$$Rl/ij \sim NI(0, \sigma^2 r/DL)$$

$$\xi_{ijkl} \sim NI(0, \sigma^2 e)$$

Se obtuvieron dos coeficientes de variación, a y b de la manera siguiente:

$$CVa = \sqrt{\frac{CM \ \xi_{R/DL}}{\text{media}}} * 100$$

$$CVb = \sqrt{\frac{CM \ \xi_{agrupado}}{\text{media}}} * 100$$

En el Cuadro 3.3 se encuentra el análisis de varian--za combinado y las fórmulas de obtención.

En los casos en que se detectaron diferencias esta--dísticas significativas se calcularon las D.M.S. al nivel de 0.05, de acuerdo a Little y Hills (1979) para parcelas divi--didas:

Para localidades:

$$\sqrt{\frac{2CME \ R/DL}{rdc}} * tagle$$

Para densidades:

$$\sqrt{\frac{2CME \ R/DL}{rlc}} * tagle$$

Para L*D:

$$\sqrt{\frac{2CME \ R/DL}{rc}} * tagle$$

Para ciclos:

$$\sqrt{\frac{2CME \ \text{agrupado}}{rld}} * tagle$$

La estimación de la ganancia por SM a través de ci--clos y años se obtuvo en base a porcentaje del C_0 (100%), di--vidiendo las medias generales de los ciclos con el C_0 . La -

Cuadro 3.3 Formato para el análisis de varianza combinado

Fuentes de variación	g.l.	S.C.	C.M.	Fc
Localidades	(l-1)	$\frac{\sum X_{i...}^2}{dcr} - FC$	$\frac{SCL}{l-1}$	$\frac{CML}{CME/DL}$
Densidades	(d-1)	$\frac{\sum X_{.j..}^2}{lcr} - FC$	$\frac{SCD}{d-1}$	$\frac{CMD}{CME/DL}$
D*L	(l-1)(d-1)	$\frac{\sum X_{ij..}^2}{cr} - FC - SCL - SCD$	$\frac{SCL*D}{(l-1)(d-1)}$	$\frac{CML*D}{CME/DL}$
Rep./DL	(r-1)ld	$\frac{\sum X_{ij}}{c} - FC' \text{ (individual por dens.)}$	$\frac{SCR/DL}{(r-1)ld}$	$\frac{CML/DL}{CME \text{ agrupado}}$
Ciclos	(c-1)	$\frac{\sum X_{...}^2}{ldr} - FC$	$\frac{SCC}{c-1}$	$\frac{CMC}{CME \text{ agrupado}}$
C*L	(c-1)(l-1)	$\frac{\sum X_{i.h.}^2}{dr} - FC - SCL - SCC$	$\frac{SCC*L}{(c-1)(l-1)}$	$\frac{CMC*L}{CME \text{ agrupado}}$
C*D	(c-1)(d-1)	$\frac{\sum X_{.jh.}^2}{r} - FC - SCD - SCC$	$\frac{SCC*D}{(c-1)(d-1)}$	$\frac{CMC*D}{CME \text{ agrupado}}$
C*D*L	(c-1)(d-1)(l-1)	$\frac{\sum X_{ijh.}^2}{r} - FC - SCL - SCD - SCL*D - SCC - SCC*L - SCC*D$	$\frac{SCC*D*L}{(c-1)(d-1)(l-1)}$	$\frac{CMC*D*L}{CME \text{ agrupado}}$
Total	(cd r)-1	$X_{ijh} - FC$		
Error agrupado	(r-1)(c-1)ld	SC total - resto	$\frac{SCE \text{ agrupado}}{(r-1)(c-1)ld}$	

regresión lineal se obtuvo tomando ciclos o años como variable independiente y a las características agronómicas como variable dependiente (Steel y Torrie, 1961).

Los ciclos o años (x) y porcentajes (y) que entraron en la regresión y el porcentaje respecto al ciclo inmediato anterior se muestra en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4 Ciclos, años y porcentajes para la regresión y - en base al ciclo inmediato anterior.

Factor X		Por ciento en		Factor Y	Por ciento en
Ciclo	Año	base al C ₀			base al C _a ¹
1	0	0	100 (P ₀)	0	-
2	4	3	C ₄ /C ₀ *100 (P ₁)	P ₁ -100	-
3	5	4	C ₅ /C ₀ *100 (P ₂)	P ₂ -100	C ₅ /C ₄ *100
4	6	4.5	C ₆ /C ₀ *100 (P ₃)	P ₃ -100	C ₆ /C ₅ *100
5	7	5	C ₇ /C ₀ *100 (P ₄)	P ₄ -100	C ₇ /C ₆ *100

¹Ciclo inmediato anterior

El coeficiente de regresión b partiendo del origen - (a = 0), se obtuvo con la fórmula:

$$b_{yx} = \frac{\sum XY}{\sum X^2}$$

donde:

b_{yx} = coeficiente de regresión de la característica y en X (ciclo o año)

∑XY = suma de productos X y Y

∑X² = suma de cuadrados de X²

La ganancia realizada (GR) se estimó restando el C₀ al último ciclo de selección (C₇) y la ganancia por ciclo y año al dividir GR entre ciclos y años.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de las evaluaciones efectuadas durante 1984B con los sintéticos del -- Istmo.

Análisis Estadístico

Sintético Precoz.

Los análisis de varianza realizados para seis características agronómicas mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) respecto a localidades (L) en días a flor macho, altura de mazorca y mazorcas por 100 plantas (Cuadro 4.1). Las densidades (D) provocaron diferencias de alta significancia solo en días a flor macho, mientras que la interacción $L \cdot D^1$ solo tuvo alta significancia en acame de raíz.

La fuente repeticiones dentro de densidades y localidades (R/DL) mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en días a flor macho y altamente significativas en mazorcas podridas.

Los ciclos de selección (C) y las interacciones simples y la doble no mostraron ninguna diferencia estadística en su comportamiento. Los coeficientes de variación resultaron dentro de los niveles juzgados como aceptables, siendo - más altos los correspondientes a acame de raíz y tallo.

¹el símbolo * significa multiplicación.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de seis características agronómicas de cinco ciclos de selección del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Fuentes de variación	g.l.	Días a flor o*	Altura ma- zorca (cm)	Acame ¹		Mazorcas podridas %	Mazorcas x 100 plantas
				Paíz	Tallo		
Localidades	1	237.160**	320.410**	790.23	138.06	125.082	630.010**
Densidades	1	27.040**	53.290	195.69	0.45	79.139	72.250
L*D	1	7.840	0.490	579.32**	34.74	3.527	6.250
R/DL	16	2.760*	16.050	53.22	50.67	52.052**	123.925
Ciclos	4	2.125	20.085	30.74	53.59	7.733	39.065
C*L	4	0.435	9.235	75.66	19.65	20.845	84.785
C*D	4	1.165	16.815	51.25	15.09	17.727	38.175
C*D*L	4	0.115	4.765	14.27	17.14	14.051	60.575
Error agrupado	64	1.398	11.583	32.02	31.29	21.146	69.969
C.V. a(%)		2.9	17.6	34.0	35.0	24.5	12.6
C.V. b(%)		2.1	14.9	26.0	28.0	15.6	9.5
Media		56.50	22.79	21.39	20.7	29.41	88.13

*,** Significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

¹ Porcentajes transformados por medio de $Y_{ij} = \text{Arc Sen } \sqrt{X_{ij}/100 + 0.05}$

En cuanto a rendimiento en peso y volumen (toneladas y hectolitros/hectárea), los análisis de varianza (Cuadro -- 4.2) mostraron diferencias altamente significativas en localidades para los dos parámetros y las densidades se diferenciaron de manera significativa también en peso (ton) y volumen (hl). No hubo significancia en la interacción L*D y en la fuente R/DL se manifestaron diferencias altamente significativas solo en volumen.

Los diferentes ciclos de selección evaluados no mostraron diferencias estadísticas entre sí, ni en las interacciones simples, aunque en la interacción doble C*D*L hubo alta significancia para peso y significancia en volumen. Los coeficientes de variación fueron un tanto altos y de comportamiento diferente en los dos parámetros.

Sintético Intermedio (SI).

Las características agronómicas del SI, al ser analizadas estadísticamente, mostraron para localidades diferencias de alta significancia en días a flor macho, altura de mazorca, acame de raíz y mazorcas por 100 plantas; el acame de tallo mostró solo diferencias significativas (Cuadro 4.3).

Las densidades afectaron de manera significativa al acame de raíz y tallo y a mazorcas por 100 plantas. La interacción L*D tuvo diferencias de alta significancia en acame de raíz. La fuente R/DL tuvo diferencias de alta significancia en días a flor macho y mazorcas podridas y de significancia en mazorcas por 100 plantas.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios de rendimiento¹ en toneladas y hectolitros por hectárea del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Fuentes de variación	g.l.	Toneladas	Hectolitros
Localidades	1	8.091**	1,600.080**
Densidades	1	4.391*	470.239*
L*D	1	2.528	272.944
R/DL	16	0.523	97.391**
Ciclos	4	0.239	66.785
C*L	4	0.296	41.029
C*D	4	0.108	24.024
C*D*L	4	0.830**	142.898*
Error agrupado	64	0.322	40.625
C.V. a(%)		24.9	15.8
C.V. b(%)		19.6	24.5
Media		2.899	40.22

¹ Grano al 15.5 por ciento de humedad.

*,** Significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios de seis características agronómicas de cinco ciclos de selección del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Fuentes de variación	g.l.	Días a flor ♂	Altura ma- zorca (cm)	A c a m e ¹		Mazorcas podridas %	Mazorcas x 100 plantas
				Paíz	Tallo		
Localidades	1	292.410**	416.16**	1,849.516**	135.792*	125.552	973.440**
Densidades	1	0.010	77.44	300.953*	109.433*	60.887	645.160*
L*D	1	4.410	6.76	602.310**	60.606	4.601	16.000
R/DL	16	2.895**	19.53	48.658	21.595	33.686**	108.210*
Ciclos	4	2.300*	305.85**	22.999	25.988	12.717	138.915*
C*L	4	1.660	17.86	26.271	16.170	6.028	101.815
C*D	4	0.360	0.74	39.573	15.564	6.604	86.085
C*D*L	4	0.160	28.06	17.653	9.680	23.109	85.925
Error agrupado	64	0.839	18.53	35.322	23.523	14.476	53.491
C.V. a(%)		2.9	15.4	33.2	25.4	21.8	11.80
C.V. b(%)		1.6	15.0	28.3	26.5	14.3	8.30
Media		58.15	28.66	21.03	18.32	26.59	88.42

*,** Significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

¹ Porcentajes transformados por medio de $Y_{ij} = \text{Arc Sen} \sqrt{X_{ij}/100 + 0.05}$

Los ciclos de selección mostraron diferencias altamente significativas en altura de mazorca y diferencias significativas en días a flor macho y mazorcas por 100 plantas. No hubo diferencias significativas en las interacciones de ciclos con localidades y densidades. Los coeficientes de variación se mantuvieron dentro de un rango aceptable.

En cuanto a rendimiento en peso y volumen, el análisis de varianza mostró diferencias de alta significancia entre localidades para ambos parámetros; las densidades no se diferenciaron estadísticamente, aunque la interacción L*D sí resultó con alta significancia pero solo para peso. La fuente R/DL tuvo diferencias significativas en volumen (Cuadro 4.4).

Los ciclos de selección evaluados mostraron diferencias significativas en peso, comportándose sin diferencias en cuanto a volumen; las interacciones no tuvieron diferencias estadísticas. Los coeficientes de variación fueron mayores en peso que en volumen de una manera apreciable.

Medias de Comportamiento

Sintético Precoz (SP).

Las diferencias estadísticas que presentó el análisis de varianza para las seis características agronómicas (Cuadro 4.1), se hacen evidentes al comparar las medias por localidad (Cuadro 4.5), clasificando como ambiente favorable a L₁, pues resultaron de menor cuantía días a flor macho, acame de raíz y mazorcas podridas, aunque por otro lado se elevaron un tanto la altura de mazorca, el acame de tallo y además mazorcas por 100 plantas.

Cuadro 4.4 Cuadrados medios de rendimiento¹ en toneladas² y hectolitros por hectárea del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Fuentes de variación	g.l.	Toneladas	Hectolitros
Localidades	1	0.097**	0.133**
Densidades	1	0.009	0.020
L*D	1	0.098**	0.054
R/DL	16	0.008	0.015*
Ciclos	4	0.022*	0.005
C*L	4	0.005	0.010
C*D	4	0.003	0.012
C*D*L	4	0.008	0.004
Error agrupado	64	0.007	0.007
C.V. a(%)		22.1	7.8
C.V. b(%)		20.7	5.3
Media		0.404	1.573

¹Transformado por $Y_{ij} = \log X_{ij}$

²Grano al 15.5 por ciento de humedad.

Cuadro 4.5 Medias de seis características agronómicas por localidad y densidad del SP. Te hueantepec, Oax. 1984B.

	Días a flor ♂	Altura mazorca (cm)	Acame %		Mazorcas podridas %	Mazorcas x 100 plantas
			Raíz	Tallo		
L ₁	55b ¹	24b	5	9	17	89a
L ₂	58a	21a	15	6	21	87b
D ₁	57a	22	10	7	20	90
D ₂	56b	23	11	7	18	85

¹Letras iguales son similares estadísticamente dentro de factor individual.

Las densidades tuvieron diferencias de poca magnitud entre ellas, pues las densidades reales de evaluación fueron de 54,500 y 64,400 plantas por hectárea a la cosecha, aunque el SP respondió al aumento de población al adelantar su floración macho, tuvo mayor altura de mazorca y acame de raíz, y se redujeron mazorcas podridas y mazorcas por 100 plantas. Esto último se pone de manifiesto un mayor efecto de competencia, ya que el material genético no amortiguó la presión ambiental.

Las medias de rendimiento en peso y volumen y la relación volumen/peso (Cuadro 4.6), muestran a L_1 como la de mejor producción tanto en peso como en volumen, conservando también similar la relación volumen-peso. El aumento de población elevó el rendimiento en poca cantidad, pero la relación se redujo con tal aumento, pareciendo que se incrementara el peso específico del grano bajo condiciones un tanto desfavorables o por efectos de competencia.

Las medias por localidad y densidad individuales - - muestran la tendencia de mayor rendimiento en L_1 y en D_2 (densidad alta); aún más, la producción más alta se obtuvo en L_1D_2 ; la relación volumen-peso fue máxima con las condiciones ambientales más favorables de L_1D_1 y mínima con el ambiente de mayor presión L_2D_2 .

Respecto a los ciclos de selección, las medias de comportamiento agronómico (Cuadro 4.7) y las ganancias realizadas (GR), además de las ganancias por ciclo y por año, reflejan los efectos erráticos del SP. Los días a flor macho

Cuadro 4.6 Medias de rendimiento¹ (toneladas y hectolitros) y relación volumen-peso del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.

	Toneladas	Hectolitros	lt/kg
<u>Por Localidad</u>			
L ₁	3.039a ²	42.00a	1.380
L ₂	2.648b	35.91b	1.360
DMS .05	0.307	4.18	
<u>Por Densidad</u>			
D ₁	2.727a	37.82a	1.390
D ₂	2.932a	39.57a	1.340
DMS .05	0.307	4.18	
<u>Interacción</u>			
L ₁ D ₁	2.892a	40.48a	1.400
L ₁ D ₂	3.194a	43.64a	1.370
L ₂ D ₁	2.562a	35.19a	1.370
L ₂ D ₂	2.733a	36.62a	1.340
DMS .05	0.434	5.92	

¹En grano al 15.5 por ciento de humedad.

²Letras iguales son similares estadísticamente.

Cuadro 4.7 Medias de comportamiento agronómico y ganancia realizada (GR) en seis características agronómicas del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.

C i c l o s	Días a flor ♂	Altura ma- zorca (cm)	Acame (%) Raíz Tallo	Mazorcas po- dridas (%)	Mazorcas x 100 plantas
Cero	57	18	12 7	19	90
4	56	22	9 7	19	86
5	57	23	10 9	18	85
6	57	22	9 7	20	88
7	56	22	10 7	18	89
GR	-1.0	+4.0	-2.0 0	-1.0	-1.0
G/ciclo	-0.14	+0.6	-0.3 0	-0.1	-0.1
G/año	-0.20	+0.8	-0.4 0	-0.2	-0.2

han tenido muy poca fluctuación, al igual que mazorcas podridas, con GR negativas, el acame de tallo sin ganancia y altura de mazorca con GR positiva de 4 cm. El acame de raíz tuvo una GR negativa, lo mismo que mazorcas por 100 plantas; esta última característica mostró un descenso inicial, pero tiene clara tendencia a elevarse. Parece ser que la SM ha influido de manera positiva en la acumulación de genes favorables, aunque de manera lenta, no teniendo respuestas colaterales de relevancia el énfasis que se ha puesto para selección hacia mazorca tipo Zapalote.

Los rendimientos en peso y volumen y su relación en medias generales (Cuadro 4.8) muestran para toneladas y hectolitros una tendencia errática, aunque al C₇ se tiene una GR positiva en estos parámetros. El C₅ dió el mayor volumen, pero la relación volumen-peso fue máxima en el C₄, el de menor peso. Las G/ciclo y G/año son pequeñas, lo cual puede deberse al sacrificio de las mazorcas pesadas tipo Tuxpeño y el énfasis en sanidad de mazorca, ya que el compromiso entre ambas obliga a ponderar la selección entre ellas, dejando un tipo de mazorca intermedio en características fenotípicas, pero sana. Otra posible explicación es la oportunidad de la cosecha, pues según el retraso en hacerla lleva consigo el riesgo de perder las plantas más precoces, que serían más tipo Zapalote, al sufrir por ataque de patógenos y desecharlas en campo. (Nota: el Zapalote chico es cosechado inmediatamente al estar a punto, pues de otro modo también se tienen pérdidas por mazorcas podridas).

Cuadro 4.8 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea), ganancia realizada (GR) y relación volumen-peso en los ciclos de selección del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Ciclos	Toneladas	% Co	%Ca*	Hectolitros	% Co	% Ca*	lt/kg
0	2.854	100	-	37.72	100	-	1.320
4	2.752	96	-	38.84	103	-	1.410
5	2.896	101	105	40.61	108	105	1.400
6	2.793	98	96	37.01	98	91	1.330
7	2.921	102	105	40.54	107	110	1.390
GR	0.067	2		2.820	7		0.070
G/ciclo	0.010			0.403			
G/año	0.013			0.564			

* en relación al ciclo inmediato anterior.

Las medias por localidad y por densidad en peso y volumen y su relación en los ciclos de selección (Cuadro 4.9), evidencian diferencias que no fueron detectadas por el análisis de varianza. En L₁ el C₀ dió más producción en peso que el C₇ aunque el C₅ resultó el mejor, tanto en peso como en volumen. El C₄ dió la mayor relación volumen-peso, a pesar de ser el de menor peso. En L₂ el C₇ fue el de mejor rendimiento en peso y volumen seguido por el C₄ aunque el C₅ fue el que produjo la relación volumen-peso más alta.

Por otra parte, y en cuanto a densidad, en D₁ el C₇ estuvo en primer lugar en todos los parámetros, seguido del C₅. En D₂ el C₆ fue el de más peso, pero el C₅ dió más volumen de grano y también tuvo la mayor relación volumen-peso.

Cuantificando la GR, ésta fue negativa en peso en L₁ siendo el único caso en que ésto sucedió, pues en los demás fue positiva. El volumen siempre tuvo GR positivas al igual que la relación, indicando que la SM ha funcionado hacia la característica deseada, aunque con poca magnitud.

Las medias por densidad individual por localidad de los ciclos de selección (Cuadro 4.10) muestran para L₁D₁ el más alto rendimiento en peso y volumen para el C₇, con la segunda mejor relación, siendo el más alto en este aspecto el C₄. En L₁D₂ el C₆ dió más peso, pero el C₅ dió el mejor volumen; en cuanto a relación el C₄ tuvo el más alto valor. En L₂D₁ el C₄ dió el mayor peso, seguido del C₀, pero en volumen el C₅ tuvo más producción, reflejado en la mayor relación. En L₂D₂ el C₇ dió los más altos rendimientos en peso

Cuadro 4.9 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea) y relación volumen-peso de los ciclos de selección del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Ciclo	<u>Por Localidad</u>					
	<u>L o c a l i d a d 1</u>			<u>L o c a l i d a d 2</u>		
	ton	hl	lt/kg	ton	hl	lt/kg
0	3.114	42.16	1.350	2.595	33.29	1.280
4	2.853	41.08	1.440	2.651	36.59	1.380
5	3.161	44.47	1.410	2.632	36.75	1.400
6	3.025	39.20	1.300	2.573	34.93	1.360
7	3.041	43.11	1.420	2.788	37.98	1.360
GR	-0.073	0.95	0.070	0.193	4.69	0.080
	<u>Por Densidad</u>					
	<u>D e n s i d a d 1</u>			<u>D e n s i d a d 2</u>		
	ton	hl	lt/kg	ton	hl	lt/kg
0	2.759	37.40	1.360	2.950	38.05	1.290
4	2.680	37.72	1.410	2.686	37.33	1.390
5	2.801	39.44	1.410	2.992	41.77	1.400
6	2.550	34.01	1.330	3.049	40.17	1.320
7	2.845	40.53	1.420	2.985	40.55	1.360
GR	0.086	3.13	0.060	0.035	2.50	0.070

Cuadro 4.10 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros) por localidad y densidad de los ciclos de selección del SP. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Ciclos	L ₁ D ₁			L ₁ D ₂		
	ton	hl	lt/kg	ton	hl	lt/kg
0	2.907	41.12	1.410	3.321	43.20	1.300
4	2.746	39.71	1.450	2.961	42.46	1.430
5	3.029	42.44	1.400	3.293	46.50	1.410
6	2.678	34.43	1.290	3.412	44.51	1.300
7	3.101	44.68	1.440	2.982	41.54	1.390
GR	0.194	3.56	0.030	-0.339	- 1.66	0.090
Media	2.892	40.48	1.40	3.194	43.64	1.37
	L ₂ D ₁			L ₂ D ₂		
	ton	hl	lt/kg	ton	hl	lt/kg
0	2.610	33.68	1.290	2.579	32.90	1.280
4	2.615	35.84	1.290	2.686	37.33	1.390
5	2.573	36.45	1.420	2.696	37.05	1.280
6	2.423	33.60	1.390	2.722	36.26	1.330
7	2.589	36.39	1.410	2.988	39.57	1.320
GR	-0.021	2.71	0.120	0.409	6.67	0.040
Media	2.562	35.19	1.36	2.733	36.62	1.32

y volumen, aunque con baja relación, la cual fue más alta en el C₄.

Este comportamiento errático fue detectado por el -- análisis estadístico, reflejándose en las GR, las cuales fueron positivas para peso y volumen en L₁D₁ y L₁D₂, negativas para ambos en L₁D₂ y en L₂D₁ negativa únicamente para peso. Es notable que en la relación volumen-peso todas las GR fueron positivas, siendo mínima en L D y máxima en L₂D₁.

Estos comportamientos impredecibles pueden estar relacionados con el lugar y el énfasis de selección por ciclo, pues cada ciclo individual tuvo un buen rendimiento en cada caso particular.

Los coeficientes de regresión lineal en base al C₀ - (100%) (Cuadro 4.11) resultaron de pequeña magnitud y negativos para características indeseables como: acame de raíz y mazorcas podridas. También fueron negativos días a flor macho y mazorcas por 100 plantas. La regresión para acame de tallo fue positiva, factor que debe cuidarse en futuras selecciones y tratar de mantenerlo en bajo nivel.

Para rendimiento en peso la regresión fue negativa, aunque para volumen fue positiva, lo que puede indicar un efecto genético diferencial en estas características.

Sintético Intermedio (SI).

Las medias de las características agronómicas del SI (Cuadro 4.12) por localidad, señalan la influencia del ambiente sobre el comportamiento del material, encontrando en

Cuadro 4.11 Coeficiente de regresión de la ganancia por selección masal en base al C_0 (100%) en el Sintético Precoz por ciclo y año.

C a r a c t e r í s t i c a	b ciclo	b año
Días a flor masculina	-0.18	-0.25
Altura mazorca	4.07	5.51
Por ciento acame de raíz	-3.58	-4.81
Por ciento acame de tallo	1.14	1.63
Por ciento mazorcas podridas	-0.24	-0.32
Número de mazorcas x 100 plantas	-0.53	-0.73
Rendimiento toneladas por hectárea	-0.032	-0.043
Hectolitros por hectárea	0.72	0.97
Relación volumen-peso	0.77	1.01

Cuadro 4.12 Medias de seis características agronómicas por localidad y densidad del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.

	Días a flor d ^a	Altura ma- zorca (cm)	Acame Raíz	(%) Tallo	Mazorcas po- dridas (%).	Mazorcas x 100 plantas
L ₁	56b ¹	31a	4b	7a	13	90a
L ₂	60a	26b	16a	4b	19	83b
D ₁	57	30	4b	6a	13	92a
D ₂	60	26	17a	5b	18	81b

¹ Letras iguales son similares estadísticamente dentro de factor individual.

L₁ un adelanto en días a flor macho, mayor altura de mazorca, una reducción en acame de raíz y mazorcas podridas y más mazorcas por 100 plantas, aunque también un poco más de acame de tallo.

Las densidades, aún al tener poco diferencial a la cosecha (54,500 y 64,400 plts./ha en D₁ y D₂, respectivamente), afectaron al SI en sus características agronómicas, pues en D₁ se redujeron días a flor macho, acame de raíz y mazorcas podridas, aumentándose la altura de mazorca, el acame de tallo y mazorcas por 100 plantas.

Las medias de rendimiento en peso y volumen y su relación por localidad, por densidad y su interacción (Cuadro 4.13) indican que el ambiente de producción en L₁ fue más productivo con una gran relación volumen-peso. Las densidades muestran poca diferenciación numérica, ya que las poblaciones no variaron mucho, aunque sí hubo mayor producción al elevar la densidad, lo que ocasionó una reducción en la relación volumen-peso.

La interacción presente para toneladas en el análisis de varianza, es notoria al comparar el comportamiento por densidad individual dentro de localidad, pues en L₁ al aumentar la población se eleva la producción en peso y volumen, aunque disminuyó la relación en forma aparente. En L₂ sucede lo contrario, pues con más plantas no disminuye el peso, en contraposición a lo ocurrido con volumen, donde sí es mayor el volumen en D₂. También la relación peso-volumen se eleva.

Cuadro 4.13 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea) y relación volumen/peso por localidad y densidad e interacción del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.

	Toneladas	Hectolitros	lt/kg
<u>Por Localidad</u>			
L ₁	2.965a ¹	43.00a	1.45
L ₂	2.565b	34.02b	1.33
DMS ² .05	0.038	0.052	
<u>Por Densidad</u>			
D ₁	2.674a	36.49a	1.37
D ₂	2.884a	37.97a	1.32
DMS .05	0.038	0.052	
<u>Interacción</u>			
L ₁ D ₁	2.717b	38.02a	1.40
L ₁ D ₂	3.219a	42.96a	1.34
L ₂ D ₁	2.632a	32.96	1.25
L ₂ D ₂	2.550a	33.08a	1.30
DMS .05	0.054	0.073	

¹Letras iguales son similares estadísticamente.

²La DMS en valor logarítmico.

Las medias de comportamiento de las características agronómicas de los ciclos de selección (Cuadro 4.14) y las ganancias realizadas (GR) por ciclo y año, no muestran variación en días a flor macho, la cual se ha mantenido constan--te. El análisis de varianza (Cuadro 4.3) sí detectó diferencias de alta significancia en esta característica, pero como aclaración de tal respuesta es que las medias se presentan - en números cerrados y sin fracciones. La altura de mazorca sí varió apreciablemente, aumentando al C₄, pero reduciéndose luego. El acame de raíz se eleva en el C₄, tal vez ligado con mayor altura de mazorca, reduciéndose después. El --acame de tallo presenta poca variación, pero tiende a redu--cirse, lo mismo que mazorcas podridas. Mazorcas por 100 - -plantas tiene una buena respuesta a la selección, observándose que han aumentado a partir del C₄.

Las GR han sido positivas para altura de mazorca y mazorcas por 100 plantas, siendo negativas en acame de raíz y tallo y mazorcas podridas, lo que indica que la SM sí ha modificado a la población SI, aunque en magnitudes pequeñas.

En cuanto a rendimiento en peso y volumen, su rela--ción y las GR (Cuadro 4.15), para peso se manifiesta un as--censo inicial en los C₄ al C₅, reduciéndose en el C₆ y C₇, sin embargo se tiene una GR positiva. La ganancia respecto al ciclo anterior evidencia tal descenso a partir del C₆. Para volumen se tiene una tendencia a mantener la ganancia presente en el C₄, aunque el C₅ tiene la mayor producción en hectolitros. La relación volumen-peso que es buena al C₀ se

Cuadro 4.14 Medias de comportamiento agronómico y ganancia realizada en seis características del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.

C i c l o	Días a flor ♂	Altura ma- zorca (cm)	Acame (%)		Mazorcas po dridas (%)	Mazorcas x 100 plantas
			Raíz	Tallo		
0	58	24	9	6	17	81
4	58	30	12	6	15	89
5	58	29	9	7	16	87
6	58	25	9	5	16	89
7	58	26	8	4	14	87
DMS .05		2.7				4.6
GR	0	+ 2	-1	-2	- 3	+ 6
G/ciclo	0	0.3	-0.14	-0.3	- 0.43	0.86
G/año	0	0.4	-0.20	-0.4	- 0.60	1.20

Cuadro 4.15 Medias de rendimiento (toneladas¹ y hectolitros/hectárea), ganancia realizada (GR) y relación lt/kg en los ciclos de selección del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Ciclos	Toneladas	% C ₀	% Ca ²	Hectolitros	% C ₀	% Ca ²	lt/kg
0	2.605c ³	100	-	34.68	100	-	1.33
4	2.950a	113	-	37.62	109	-	1.28
5	2.946a	113	100	39.27	113	104	1.33
6	2.704b	104	92	37.14	107	95	1.37
7	2.685b	103	99	37.34	108	101	1.39
DMS .05	0.040						
GR	0.080	3		2.66	8		0.06
G/ciclo	0.011			0.38			
G/año	0.016			0.53			

¹En grano al 15.5 por ciento de humedad.

²En relación al ciclo inmediato anterior.

³Letras iguales son similares estadísticamente.

re \dot{u} ce en el C₄, de peso elevado, subiendo en el C₅, que muestra un balance volumen-peso y en el C₆ y C₇, donde se incrementa la relaci3n. Las GR son positivas, aunque peque \dot{n} as en peso y volumen y su relaci3n, lo cual indica que la SM ha elevado la media poblacional.

El comportamiento por localidad y densidad en rendimiento de los ciclos de selecci3n del SI (Cuadro 4.16) es en L₁, mejor en los ciclos C₄ y C₅ para peso, reduci3ndose luego en el C₆ y C₇. En volumen sucede algo parecido, alcanzando el m3ximo en el C₅ y disminuyendo hasta el C₇. La relaci3n volumen-peso tiene una clara tendencia a subir a partir del C₀. En L₁ el mayor peso es del C₄, reduci3ndose luego, aunque el volumen se ha mantenido e incluso se ha elevado; la relaci3n volumen-peso se reduce bruscamente en el C₄, pero se incrementa luego en gran gran proporci3n hasta el C₇.

La GR en L₁ en peso es negativa, pero positiva en volumen y relaci3n, mientras que en L₂ son positivas en los tres par3metros.

Respecto a densidad, en D₁, el peso y el volumen aumentan a partir del C₄, teniendo el m3ximo en el C₅ y reduci3ndose luego, pero la relaci3n se reduce en el C₄, aumentando 3sta luego hasta el C₇. En D₂ el comportamiento en peso y volumen es parecido a D₁ hasta el C₆, pero en el C₇ su \dot{b} e el rendimiento en peso y volumen; la relaci3n es baja en el C₀ y C₄, pero despu3s se eleva en el C₅ y se estabiliza hasta el C₇. Las GR en D₁ son positivas al igual que en D₂, pero mayores en la primera en peso y volumen, siendo la de la relaci3n mayor en D₂.

Cuadro 4.16 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea) y relación volumen-peso. de los ciclos de selección del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Ciclo	<u>Por Localidad</u>					
	<u>L o c a l i d a d 1</u>			<u>L o c a l i d a d 2</u>		
	ton	hl	lt/kg	ton	hl	lt/kg
0	2.907	38.65	1.33	2.303	30.72	1.33
4	3.050	41.00	1.34	2.855	34.40	1.21
5	3.189	43.60	1.37	2.703	35.10	1.30
6	2.890	40.10	1.39	2.517	34.19	1.36
7	2.790	38.99	1.40	2.445	35.69	1.46
GR	-0.117	0.34	0.07	0.142	4.97	0.13
	<u>Por Densidad</u>					
	<u>D e n s i d a d 1</u>			<u>D e n s i d a d 2</u>		
	ton	hl	lt/kg	ton	hl	lt/kg
0	2.403	33.30	1.39	2.806	36.07	1.29
4	2.819	36.58	1.30	3.088	38.71	1.25
5	2.885	38.58	1.34	3.007	40.13	1.34
6	2.719	37.82	1.39	2.688	36.47	1.36
7	2.546	36.19	1.42	2.831	38.49	1.36
GR	0.143	2.89	0.03	0.005	2.42	0.07

El rendimiento por localidad y densidad individual (Cuadro 4.17) y la relación volumen-peso de los ciclos de selección, muestran para L_1D_1 un máximo en el C_5 , aunque es el mínimo valor de la relación. En L_1D_2 el rendimiento en peso se sostiene en el C_0 , C_4 y C_5 , reduciéndose en el C_6 y C_7 ; el volumen se eleva hasta el C_5 , bajando en el C_6 y C_7 . La relación sube al máximo en el C_5 , estabilizándose en el C_6 y C_7 .

En L_2D_1 , el peso fue máximo en el C_4 , con altibajos hasta el C_7 , con una tendencia similar en volumen, pero en este parámetro el C_7 dió el máximo valor. La relación se reduce bastante al C_4 , sube en el C_5 y se eleva de gran manera en el C_7 . Para L_2D_2 el C_4 tuvo el mayor peso, reduciéndose luego en el C_5 y C_6 y elevándose en el C_7 ; para volumen el C_7 fue el máximo seguido del C_4 . La relación muestra una reducción al C_4 , pero se eleva constantemente hasta el C_7 , superando al C_0 .

Las GR fueron positivas para peso, volumen y la relación, excepto en L_1D_2 , donde fueron negativas en peso y volumen, pero positiva en la relación y con el máximo valor. En L_2D_2 las GR fueron las mayores, señalando que la SM ha adaptado al SI a condiciones ambientales un tanto desfavorables, conservando la ganancia en la relación en los ambientes de evaluación.

Los coeficientes de regresión lineal obtenidos en base al C_0 (100%) (Cuadro 4.18) señalan una reducción en la mayoría de las características agronómicas indeseables, mazor-

Cuadro 4.17 Medias de rendimiento (toneladas y hectolitros/hectárea) por localidad, densidad y relación volumen-peso de los ciclos de selección del SI. Tehuantepec, Oax. 1984B.

Ciclos	L ₁ D ₁			L ₁ D ₂		
	ton	hl	lt/kg	ton	hl	lt/kg
0	2.491	34.93	1.40	3.323	42.37	1.28
4	2.796	39.00	1.40	3.333	42.23	1.30
5	3.072	41.46	1.35	3.306	45.75	1.38
6	2.705	38.31	1.42	3.076	41.88	1.36
7	2.523	36.41	1.44	3.058	41.56	1.36
GR	0.032	1.48	0.04	-0.265	- 0.081	0.08
	L ₂ D ₁			L ₂ D ₂		
	ton	hl	lt/kg	ton	hl	lt/kg
0	2.316	31.66	1.38	2.290	29.77	1.30
4	2.842	34.17	1.20	2.869	34.63	1.21
5	2.697	35.69	1.32	2.709	34.50	1.27
6	2.734	27.32	1.00	2.301	31.06	1.35
7	2.569	35.96	1.40	2.579	35.42	1.37
GR	0.253	4.30	0.02	0.289	5.65	0.07

Cuadro 4.18 Coeficientes de regresión de la ganancia por selección masal en base al C_0 (100%) en el SI por ciclo y año. Tehuantepec, Oax. 1984B.

C a r a c t e r í s t i c a	b ciclo	b año
Días a flor macho	0	0
Altura de mazorca	2.20	3.11
Por ciento acame de raíz	0.44	0.63
Por ciento acame de tallo	-1.97	-2.47
Por ciento mazorcas podridas	-1.87	-2.47
Número de mazorcas x 100 plantas	1.49	2.01
Rendimiento toneladas/hectárea	1.29	1.77
Hectolitros por hectárea	1.58	2.14
Relación peso-volumen	0.29	0.38

cas por 100 plantas se elevó y se estabilizaron días a flor macho. En rendimiento, los coeficientes son positivos, aunque en pequeña magnitud. Esto clasifica a la SM como una metodología que acumula genes favorables en la población, aunque tal vez debido al énfasis de la selección fenotípica hacia mazorcas Zapalote no ha sido tan efectiva como lo indica la literatura (Gardner, 1969).

5. DISCUSION

Los resultados de las evaluaciones de los ciclos avanzados por SM muestran que el criterio de selección para mazorca tipo Zapalote ha funcionado, pues se ha ganado en la principal característica de rendimiento en la región, o sea el volumen, cuantificado en hectolitros por hectárea en los dos sintéticos.

En la Fig. 5.1a y 5.1b se tienen las tendencias generales de volumen y peso, así como su relación en base al C_0 (100%) correspondiente, encontrándose para el Sintético Precoz (SP) un comportamiento estable en peso; el volumen tiende a elevarse, a pesar del brusco descenso que sufre en el C_6 y su relación se ha elevado también. En el Sintético Intermedio (SI), el peso alcanza los mayores valores en el C_4 y C_5 , disminuyendo en el C_6 en gran medida y todavía más en el C_7 ; el volumen es máximo al C_5 , disminuyendo al C_6 , pero con tendencia a subir al C_7 ; la relación es mínima al C_4 pero se eleva constantemente a partir del C_5 .

En el Cuadro 5.1 se muestran las medias generales de los dos sintéticos, siendo el de mayor producción el SP, con 2.843 ton y 38.94 hl/ha, comparado con el SI, con 2.778 ton y 37.21 hl/ha, (por localidad también quedó esa clasificación, aunque con muy poca diferenciación).

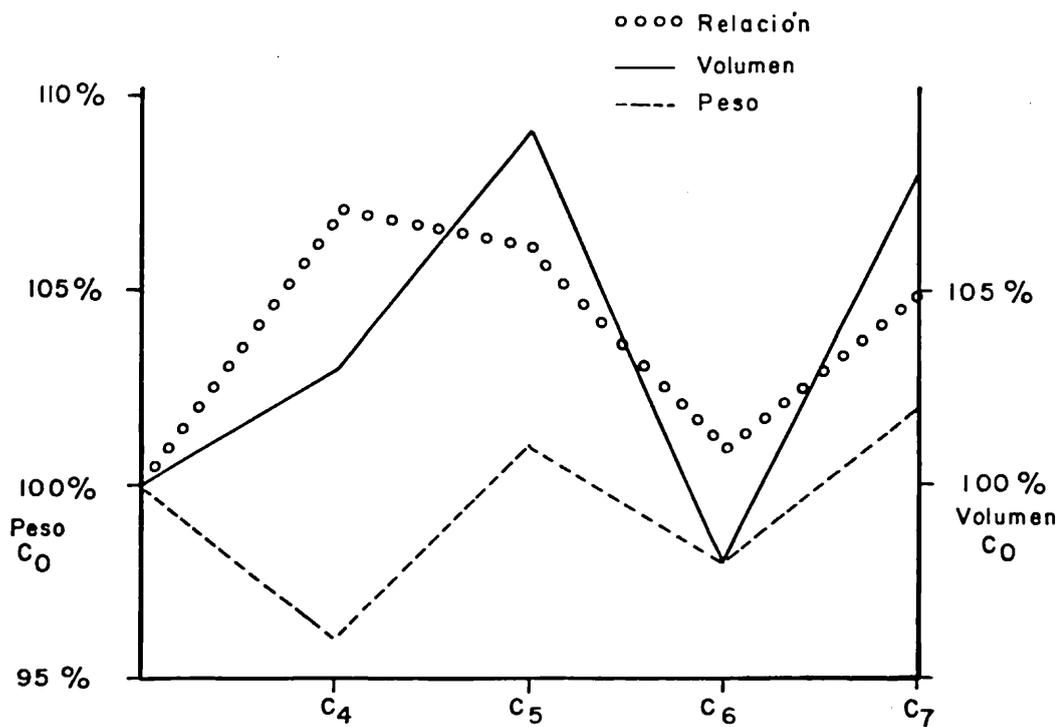


Fig. 5.1a Comportamiento del SP

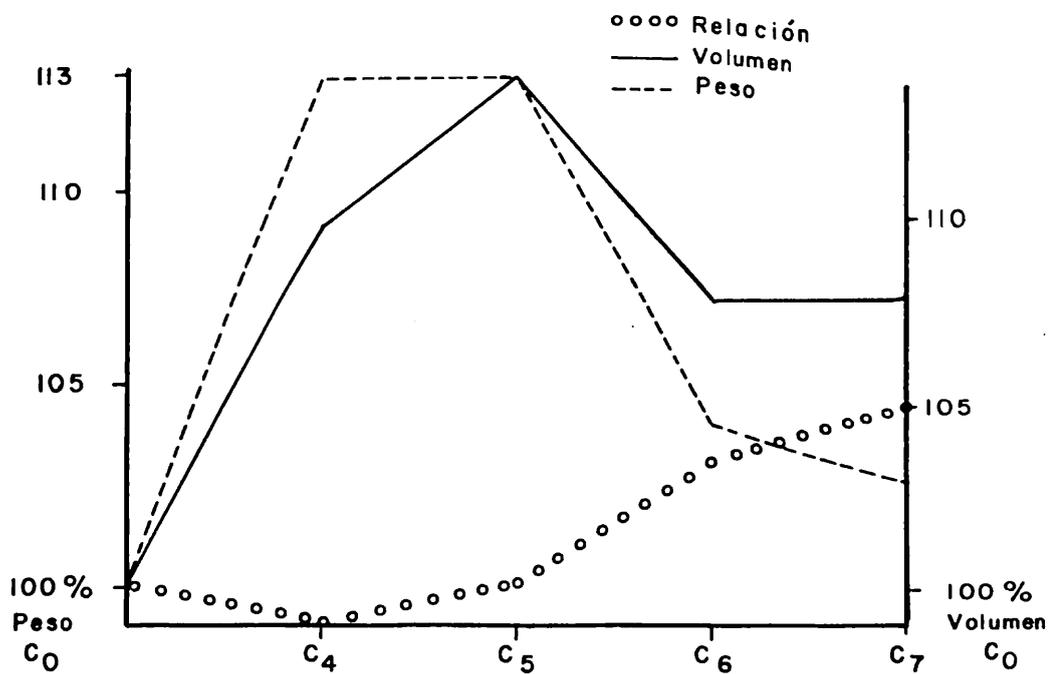


Fig. 5.1b Comportamiento del SI

Cuadro 5.1 Medias generales de comportamiento de las características agronómicas de dos sintéticos SP y SI por ciclo de selección. Tehuantepec, Oax. 1984B.

	Días a flor ♂	Altura mazorca (cm)	Acame %		Mazorcas podridas %	Mazorcas x 100 plantas	R e n d i m i e n t o		
			Raíz	Tallo			ton/ha	hl/ha	lt/kg
SP C ₀	57	18	12	7	19	90	2.854	37.72	1.32
C ₄	56	22	9	7	19	86	2.752	38.83	1.41
C ₅	57	23	10	9	18	85	2.896	40.61	1.40
C ₆	57	22	9	7	20	88	2.793	37.01	1.33
C ₇	56	22	10	7	18	89	2.921	40.54	1.39
Media	57	21	10	7	19	88	2.843	38.94	1.37
SP C ₀	58	24	9	6	17	81	2.605	34.68	1.33
C ₄	58	30	12	6	15	89	2.950	37.62	1.28
C ₅	58	29	9	7	16	87	2.946	39.27	1.33
C ₆	58	25	9	5	16	89	2.704	37.14	1.37
C ₇	58	26	8	4	14	87	2.685	37.34	1.39
Media	58	27	9	6	16	87	2.778	37.21	1.34

Fig. 5.2 Comportamiento de los sintéticos por localidad.

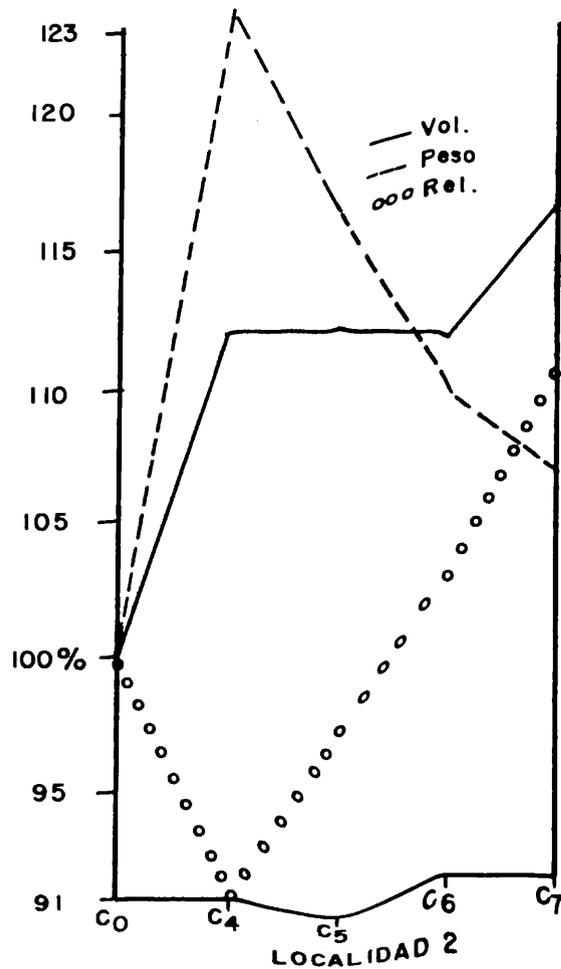
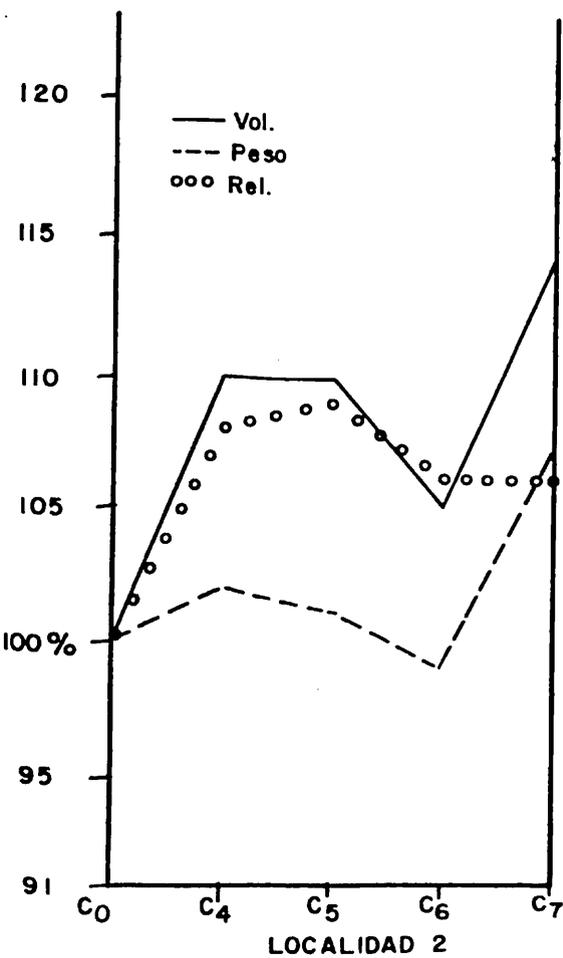
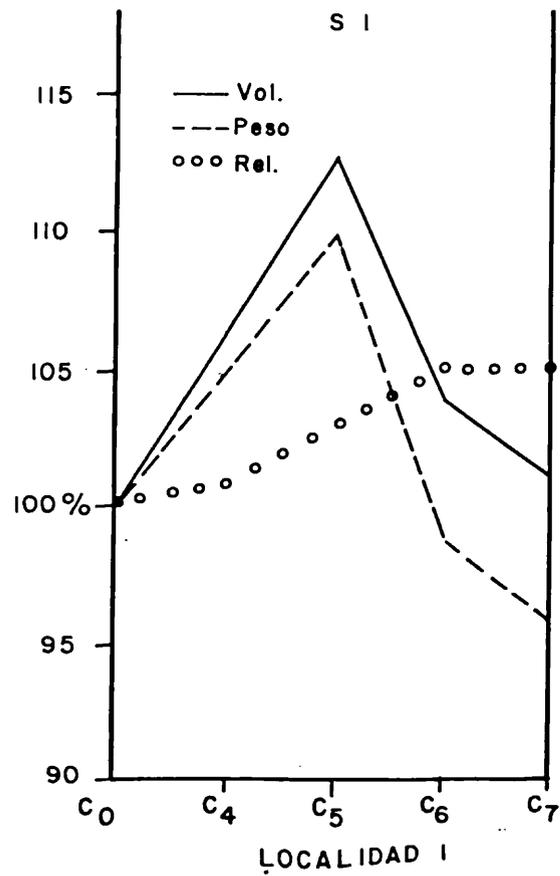
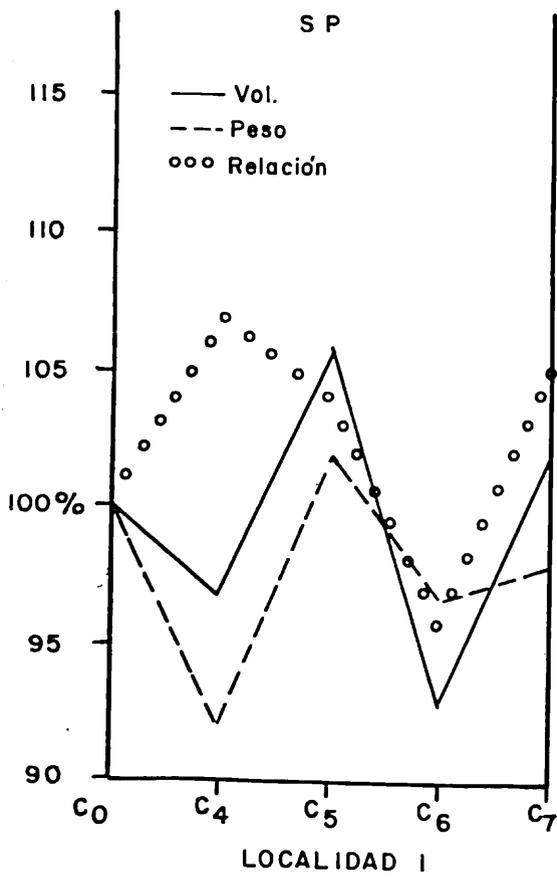
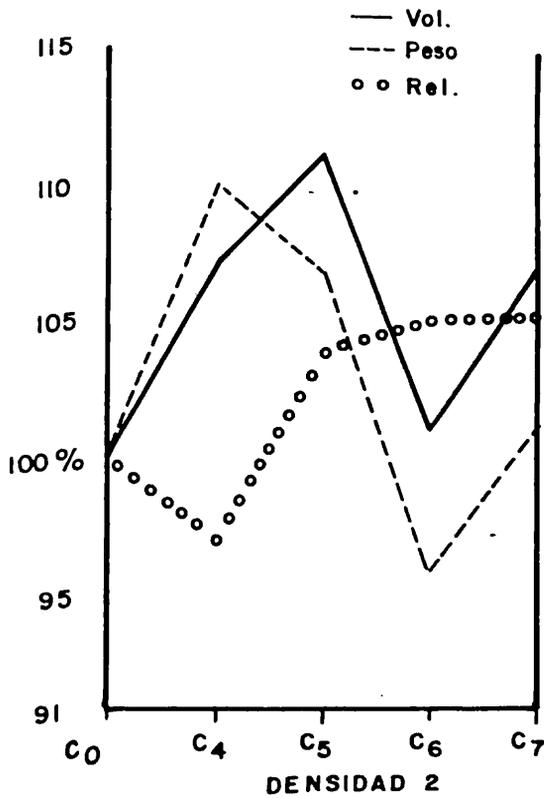
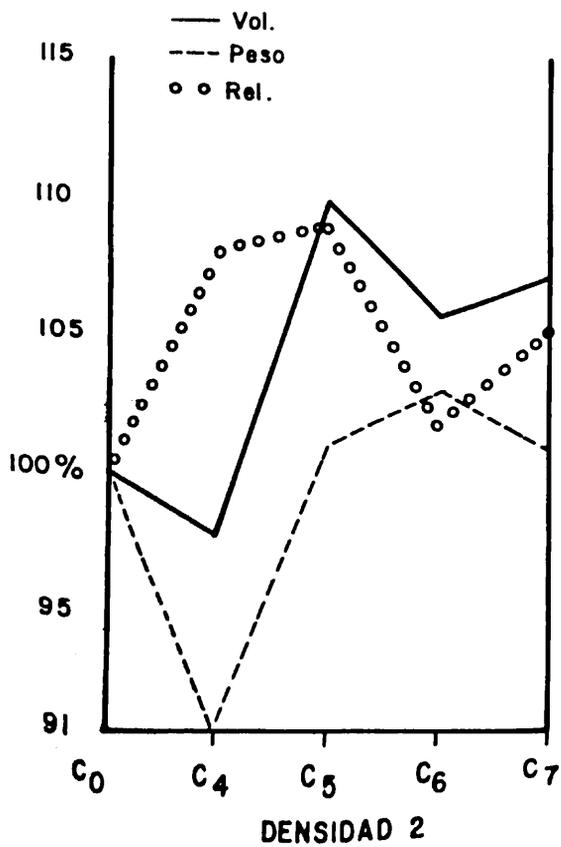
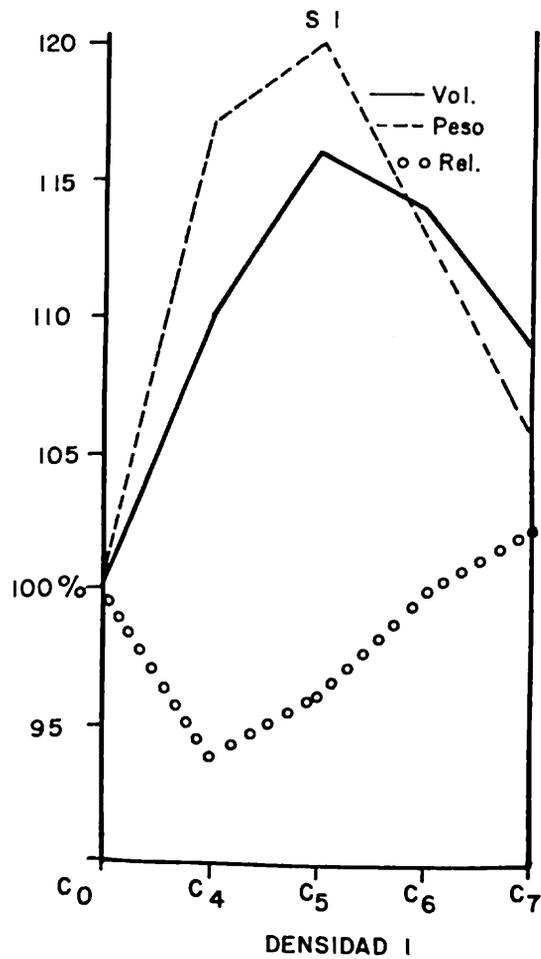
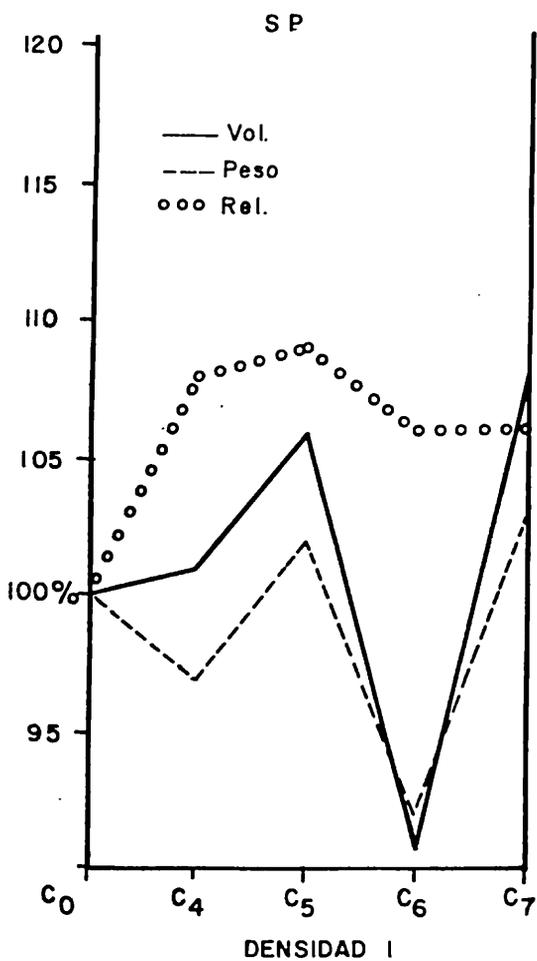


Fig. 5.3 Comportamiento de los sintéticos a través de densidades.



nan Bucio et al. (1969), las varianzas aumentan al reducirse la población, lo que permite así seleccionar con mayor facilidad a los mejores fenotipos.

Una posible explicación sobre el comportamiento diferencial de las subpoblaciones avanzadas, es el hecho de que la evaluación se llevó a cabo en un ambiente diferente en -- tiempo, al cual se hizo la siembra y selección de los sintéticos (Marzo vs Octubre) que a pesar de sus similitudes (sin lluvia y bajo riego), presentan condiciones de fotoperíodo y temperatura ambiental diferentes. Al respecto Arboleda y -- Compton (1974), quienes efectuaron SM en dos ambientes, en-- contraron especificidad en la respuesta de las subpoblacio-- nes a la estación de selección respectiva (A en A y B en B), aunque la doble selección (en A y B) se comparó en ganancia a la específica en A y en las dos estaciones encontraron res-- puesta positiva. Por otro lado, los datos de Reyes (1985) para la SM efectuada en temprano (Primavera) muestran una ga-- nancia negativa al evaluar en tardío (Verano).

El C₆ de SM fue llevado a cabo con siembras en Julio (estación lluviosa en Tehuantepec) y es en los dos sintéticos el ciclo con más problemas y menor producción comparados con el C₅. En el SP el peso y el volumen se elevan en el C₇, mientras que en el SI se reduce todavía más el peso, aunque el volumen sí se eleva en un pequeño porcentaje. Esto puede sugerir que una selección en esa fecha puede desadaptar a la población y exponerla a ataques de enfermedades y pudrición de mazorca, pero así puede proporcionar una subpoblación base

para el siguiente ciclo con un mayor potencial y más "limpia", ésto puede estar contrapuesto a lo que encontró Estrada - - (1977) al evaluar las recombinaciones hechas en Invierno.

Otra posible razón de la diferencia entre los ciclos 4 y 6 con 5 y 7 puede ser el hecho de que estos últimos se - evaluaron en forma de Sint. 1, en cambio los primeros se evaluaron como Sint. 2, con equilibrio génico más definido y -- por ende sin mostrar efectos marcados de dominancia, o sea se encontraban más estabilizados como subpoblaciones y de - - aquí parte la recomendación que en evaluaciones futuras solo se utilicen recombinaciones, a excepción del último ciclo de selección, que forzosamente debe ser Sint. 1 (López, 1983), aunque Estrada (1977) haya enunciado que los Sint. 1 rindieron menos que los Sint. 2.

Las diferencias en las respuestas de los sintéticos sugiere que se han conformado dos pilas genéticas con poten-- ciales bien definidos, pues la magnitud de las ganancias es diferente. En el SP parece existir poca ganancia en rendi-- miento al compararlo con el SI en peso y en volumen, aunque la relación entre ellos, sí es más grande en SP que en el SI.

En el Cuadro 5.2 se presentan los rangos de los parámetros de rendimiento en toneladas y hectolitros en porcentaje y su ciclo correspondiente.

Cuadro 5.2 Rangos de producción de los sintéticos del Istmo avanzados por SM. Tehuantepec, Oax. 1984B

	SP		SI	
Peso toneladas	2.752 (C ₄)	2.921 (C ₇)	2.065 (C ₀)	2.950 (C ₄)
Por ciento ¹	-4	2	0	13
Volumen hectolitros	37.01 (C ₆)	40.61 (C ₅)	34.68 (C ₀)	39.27 (C ₅)
Por ciento	-2	8	0	13
Relación	1.32 (C ₀)	1.41 (C ₄)	1.28 (C ₄)	1.39 (C ₇)
Por ciento	-2	10	-4	5

¹C₀ = 100% ó cero

La ganancia genética de los sintéticos en general -- (Fig. 5.4), cuantificada por el coeficiente de regresión en base al C₀ (100%), en el SP fue negativa para peso ($b = -0.032\%$) y positiva para volumen ($b = 0.762\%$) debido a que el principal criterio de selección fue mazorca tipo Zapalote, que es de bajo peso hectolítrico. En el SI se obtuvieron ganancias positivas para los dos parámetros ($b = 1.29\%$ en peso y $b = 1.58\%$ en volumen), ésto sugiere que los genes que condicionan la producción en peso pueden ser diferentes en su efecto, lo cual pudo ser causado al Zapalote por la estricta selección que ha sufrido por los campesinos y por el medio ambiente; ésto también pudo haber hecho postular que el Zapalote -- chico no tenía variabilidad genética suficiente como para someterlo a los esquemas tradicionales de mejoramiento poblacional o selección recurrente en base a peso (Estrada, 1977). Tal cuestionamiento debe ser comprobado con estudios posteriores cuantificando tanto al volumen como al peso en un diseño genético de Carolina del Norte, que defina con precisión

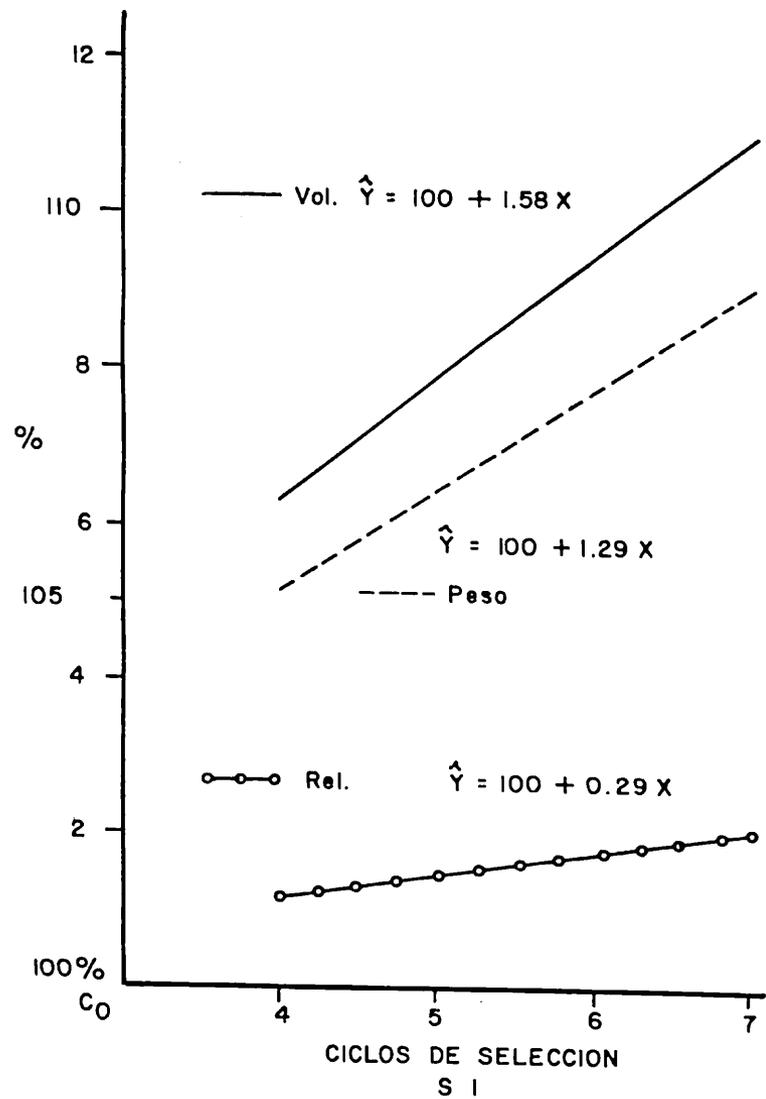
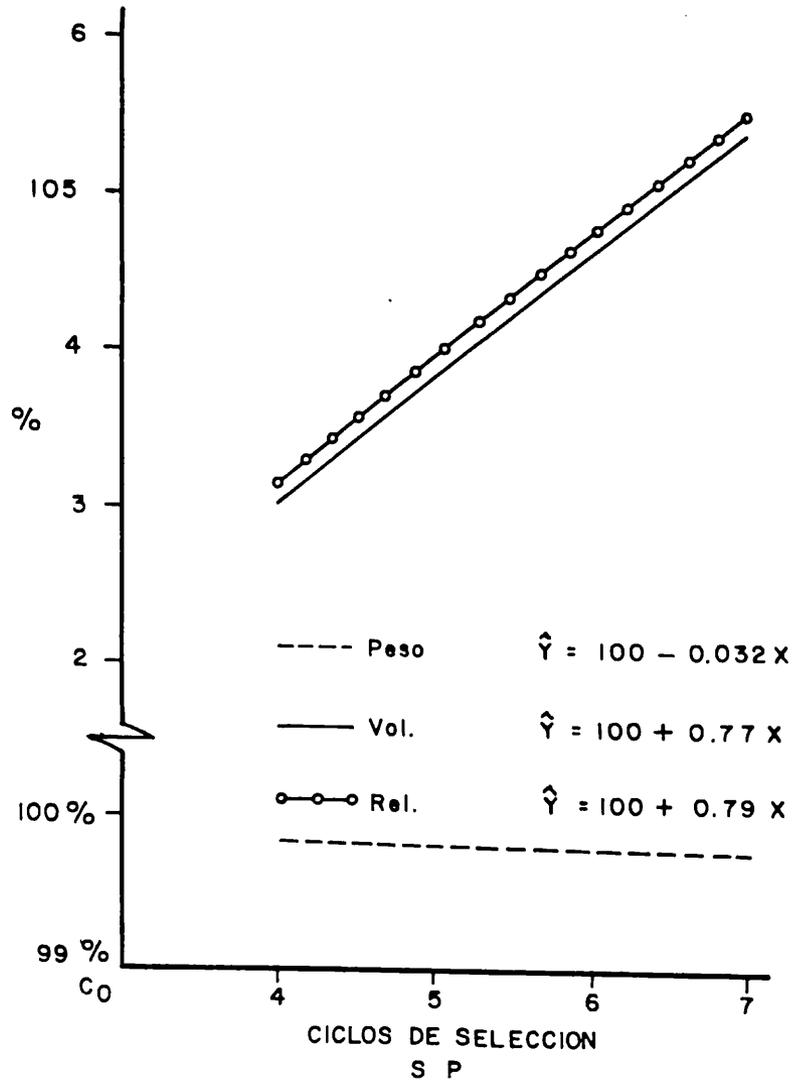


Fig. 5.4 Respuestas Generales de los Sintéticos del Istmo a la Selección Masal

su tipo de efecto genético y sus correlaciones genéticas. Además, es necesario conocer la magnitud de las varianzas de dominancia y aditividad presente en las dos poblaciones, -- puesto que provienen de la recombinación de pocos individuos progenitores.

Las respuestas del rendimiento de los sintéticos para L_1 se encuentran en la Fig. 5.5, siendo para el SP negativas en peso y volumen (esta de menor magnitud), mientras que la relación es positiva. En el SI las tendencias son positivas en todos los parámetros, siendo bastante notable la respuesta en volumen.

En la Fig. 5.6 se encuentran las respuestas para L_2 , donde son positivas para todos los parámetros en los dos sintéticos, siendo superior el volumen en los dos sintéticos. El valor de los coeficientes es mayor en el SI por más de -- cuatro veces en peso y un 25 por ciento en volumen que el SP, lo cual puede indicar un mayor potencial de mejoramiento en el SI, o tal vez mayores magnitudes de varianza genética.

Las respuestas correlacionadas a la SM encontradas en este estudio corresponden a lo que reporta Gardner (1961) en cuanto a la elevación en altura de mazorca en los ciclos -- avanzados de los dos sintéticos, y en días a floración macho con lo que reporta Molina (1983), pues en esta última característica la variación fue mínima en el SP y nula en el SI (Cuadro 5.3).

Los acames de raíz y tallo sí participaron como criterio de selección, al discriminarse las plantas con tales

Cuadro 5.3 Coeficientes de regresión de la ganancia por selección masal en base al C₀ (100%) en los dos sintéticos del Istmo por ciclo y año.

C a r a c t e r í s t i c a	SP		SI	
	b ciclo	b año	b ciclo	b año
Días a flor masculina	-0.18	-0.25	0	0
Altura de mazorca	4.07	5.51	2.28	3.11
Por ciento de acame de raíz	-3.58	-4.81	0.44	0.63
Por ciento de acame de tallo	1.14	1.63	1.97	-2.47
Por ciento de mazorcas podridas	-0.24	-0.32	-1.87	-2.47
Número de mazorcas x 100 plantas	-0.53	-0.73	1.49	2.01
Rendimiento toneladas/hectárea	-0.32	-0.043	1.29	1.77
hectolitros/hectárea	0.72	0.97	1.58	2.14
Relación peso-volumen	0.77	1.01	0.29	0.38

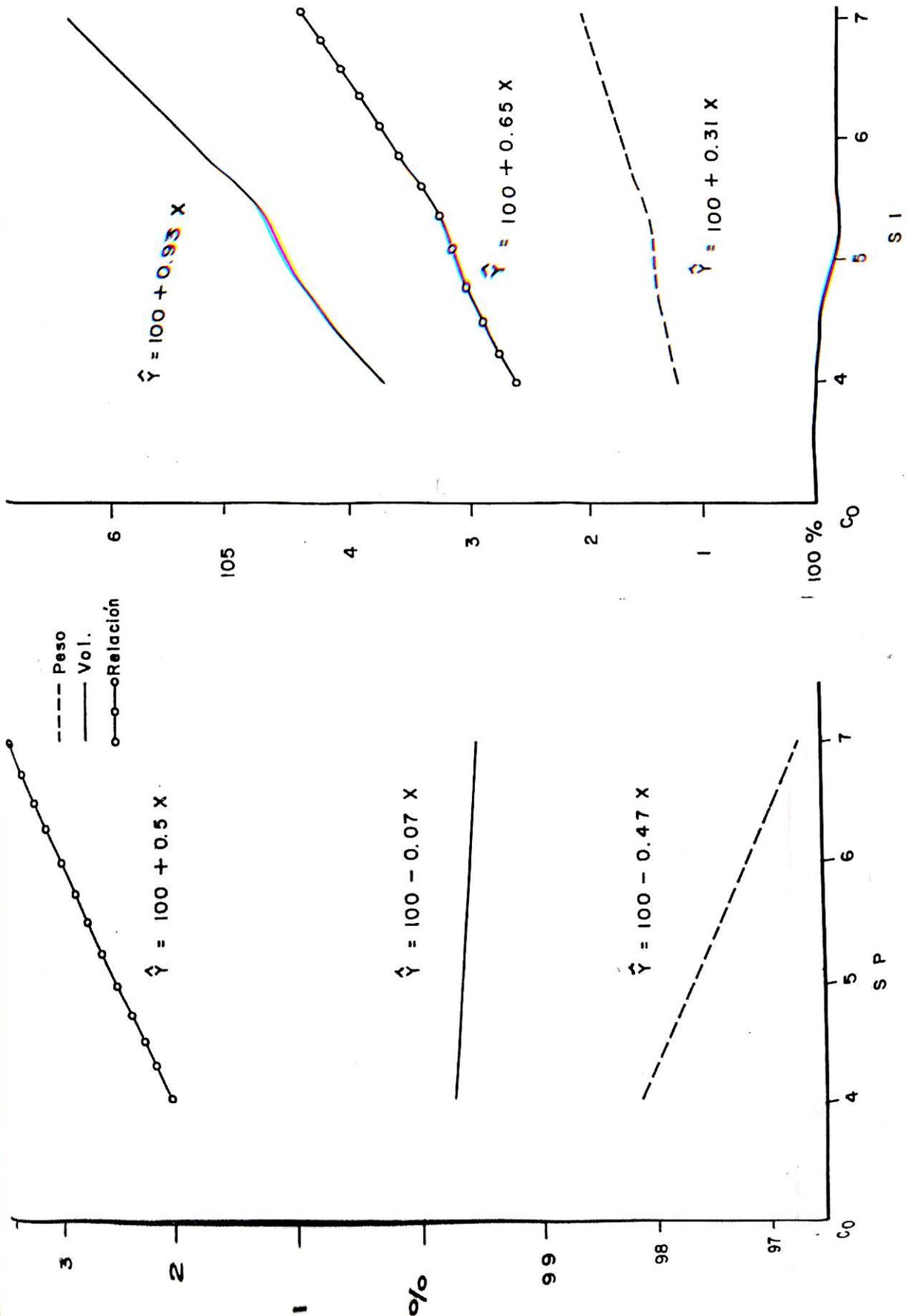


Fig. 5.5 Respuestas de los sintéticos del Istmo a la SM en L₁

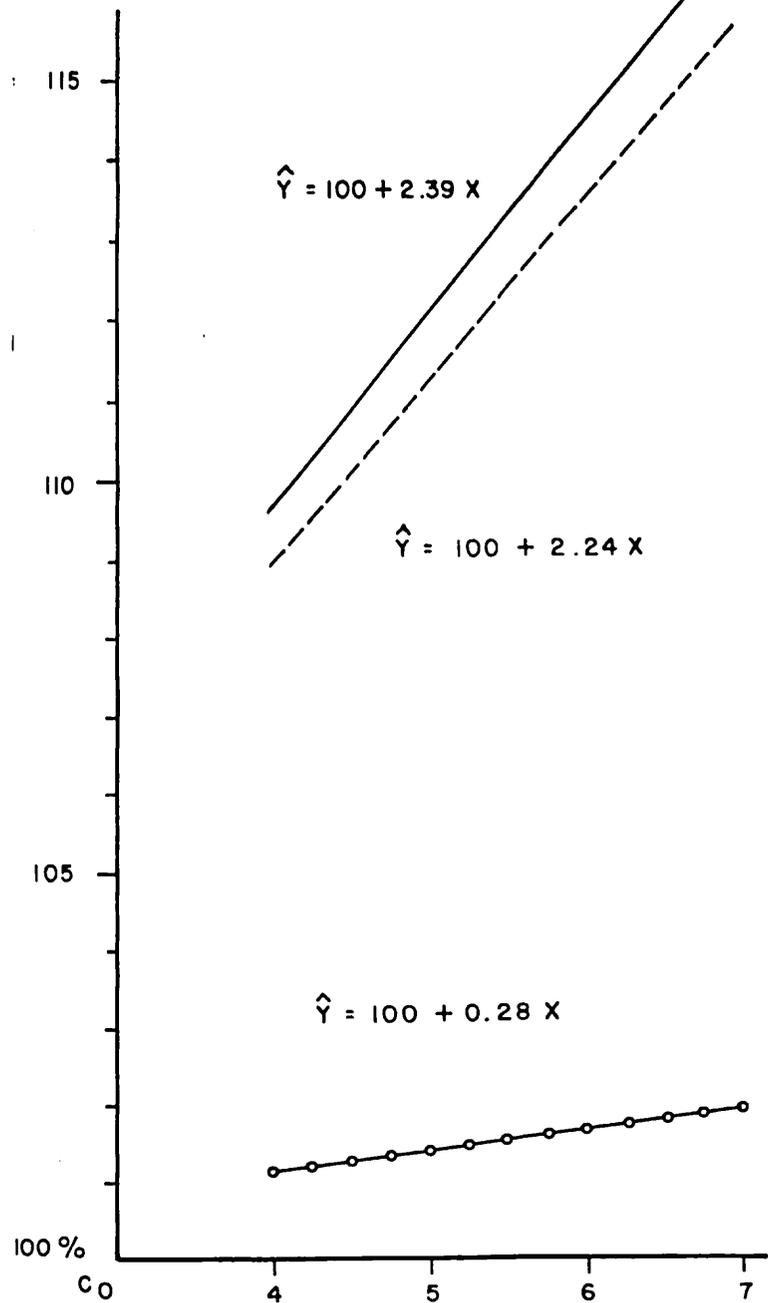
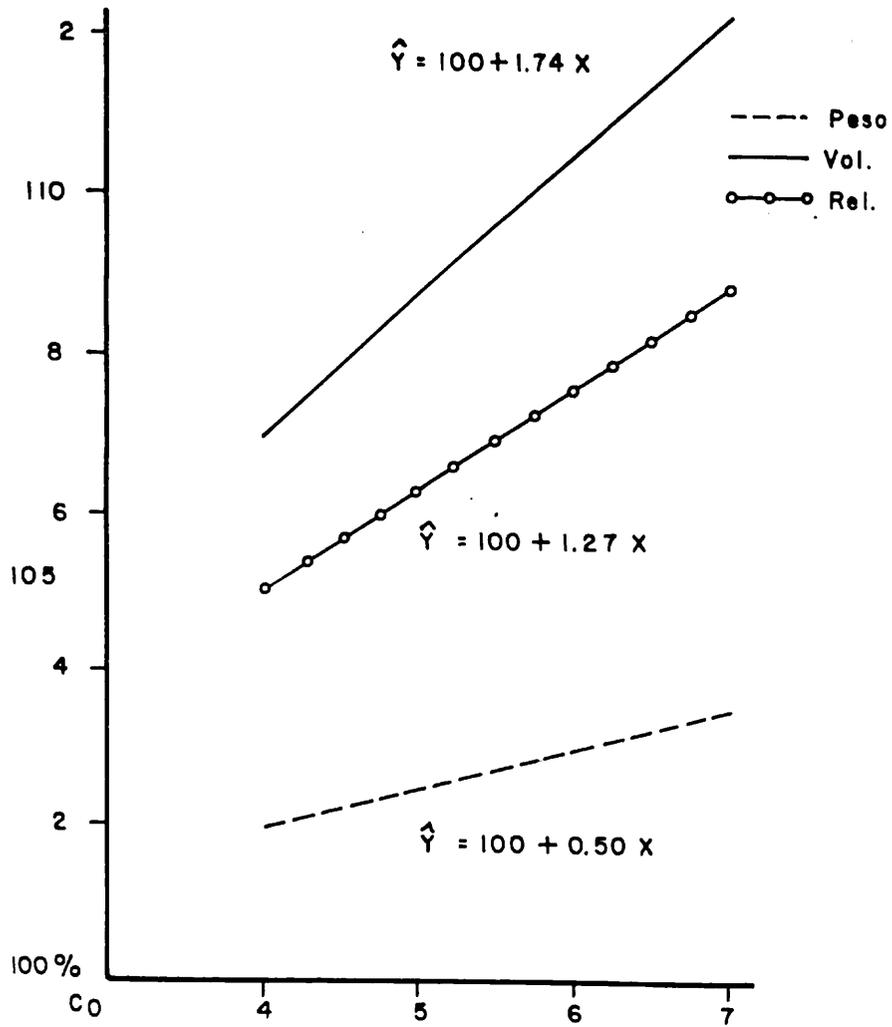


Fig. 5.6 Respuestas de los sintéticos del Istmo a la SM en L₂

características indeseables y muestran un comportamiento contrario en los sintéticos, pues en el SP se tienen coeficientes de regresión negativos para el acame de raíz y positivos aunque pequeños en el SI; por otro lado, los coeficientes de acame de tallo son negativos para el SI y positivos en el SP. Sin embargo, las medias de acame en el C₇ muestran en los dos sintéticos valores menores que los del C₀, indicando que al menos en el C₇ se tiene cierta ganancia realizada contra estas características indeseables, teniendo el SI menores porcentajes de acame que el SP. Hay que hacer notar también que en la zona oriente de Tehuantepec se ha aumentado la siembra de caña de azúcar, pudiéndose así elevar la población endémica de barrenadores del tallo, a los cuales no estuvieron expuestos los ciclos iniciales de SM.

El número de mazorcas por 100 plantas tuvo un coeficiente de regresión negativo de poca magnitud en el SP, y positivo en el SI, pero las medias generales de los ciclos avanzados en el SP muestran una tendencia a igualarse al C₀ y en el SI a estabilizarse, siendo un poco más cuatero el SP.

El porcentaje de mazorcas podridas muestra en ambos sintéticos coeficientes negativos, aunque de mayor proporción en el SI, el que a su vez tuvo menores porcentajes en medias generales que el SP para este carácter.

6. CONCLUSIONES

1. La SM ha elevado el volumen en las dos poblaciones, teniendo el peso una leve tendencia de reducción en el Sintético Precoz y de aumento en el Sintético Intermedio, al menos en evaluaciones en ambientes de no selección.
2. En las dos poblaciones se han acumulado genes favorables para las características de interés, aunque se presume en poca cantidad.
3. La SM ha formado subpoblaciones adaptadas a diversas condiciones de explotación, aunque en general se ha ganado en rendimiento para ambientes limitantes.
4. Las tendencias de comportamiento indican que en el SP los genes aditivos que causan el rendimiento en peso son independientes de los que condicionan la producción en volumen.
5. El volumen se reduce más en comparación al peso en ambientes de producción limitantes.
6. Es necesario determinar las correlaciones fenotípicas y genéticas entre el peso y volumen y las varianzas genéticas de las dos poblaciones.

7. Debido a las erráticas respuestas de los ciclos avanzados, se recomienda seguir evaluando la ganancia mediante una metodología definida de selección (a partir del C₇) y utilizar las recombinaciones (Sint. 2) en vez del Sint. 1, excepto en el ciclo más avanzado.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alcázar A., J.J. 1983. Análisis del comportamiento de maíces mejorados para el Trópico Húmedo de México. Tesis -- Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Allard, R.W. 1960. Principles of Plant Breeding. John Wiley & Sons. E.U.A. Chapter 15.
- Anónimo, 1979. Marco de referencia de maíz en el área de influencia del CAEITE. CIAPAS, INIA, SARH.
- Arboleda R., F. and W.A. Compton. 1974. Differential response of maize (*Zea mays* L.) to mass selection in diverse selection environment. Theoretical and Applied Genetics 44:77-84.
- Ariyanayagan, R.P.; C.L. Moore and V.R. Carangal. 1974. Selection for leaf angle in maize and its effects on grain yield and other characters. Crop Sci. 14:551-556.
- Barkin, D. y B. Suárez. 1982. El fin de la autosuficiencia alimentaria. Editorial Nueva Imagen. p. 57.
- Bell, R.D.; L.L. Darrah and M.S. Zuber. 1983. Progress from mass selection for field emergence and seed weight in a sh₂ population of maize. Crop Sci. 23:461-464.
- Betancourt V., A.; J. Molina G. y H. Angeles A. 1972. Comparación del potencial genético entre variedades de maíz no seleccionadas y mejoradas por selección masal como fuentes de líneas de alta aptitud combinatoria general. Agrociencia 16:3-19.

- Brauer H., O. 1969. Fitogenética aplicada. Ed. Limusa-Wiley S.A. México, D.F. Cap. 13.
- Bucio A., L. 1969. El método de selección masal y su relación con el medio ambiente. *Agrociencia* 4(1):39-45.
- Castro G., M. 1969. Desarrollo y evaluación de métodos de mejoramiento de poblaciones de maíz. CIMMYT. Mimeo grafo.
- Castro G., M. y colaboradores. 1978. Informe de avances de investigación en el mejoramiento genético de maíz. Boletín Técnico No. 1. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Celis A., H.G. 1984. Mejoramiento poblacional. En Metodologías de investigación en maíz. SARH-INIA-CIAMEC. CAEVAMEX. Publicación Especial No. 4.
- Cervantes M., J.M. 1984. Obtención de una recomendación tecnológica para el cultivo del maíz a través de la matriz mixta. Tesis Licenciatura. U. de G. Guadalajara, Jal.
- Cepeda S., L. 1976. Avances del Programa de Mejoramiento Genético de Maíz en el Istmo de Tehuantepec. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Compton, W.A.; R.F. Mumm and R.B. Mathema. 1979. Progress from adaptive mass selection in incompletely adapted maize populations. *Crop Sci.* 13:531-533.
- Cortez M., H. and A.R. Hallauer. 1979. Divergent mass selection for ear length in maize. *Crop Sci.* 19:175-178.
- Cross, H.Z. 1981. Use of R-nj aleurone color to improve grain yields of early maize. *Crop Sci.* 21:751-754.

- Darrah, L.L.; S.A. Eberhart and L.H. Penny. 1972. A maize breeding methods study in Kenya. *Crop Sci.* 12:605-608.
- Domínguez, Z. 1913. *Agricultura*. Santiago Galas Editor. México, D.F. p. 13. Caps. 3 y 4.
- Estrada M., A. y O. Venegas R. 1980. Selección masal modificada con la modalidad en "mata" en el mejoramiento genético de maíz. *Memorias del VIII Congreso Nacional de Fitogenética*. Uruapan, Mich. pp. 167-174.
- Estrada M., A. 1977. Selección masal y selección modificada de mazorca por surco en dos variedades de maíz de la raza Zapalote chico. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Cárdenas, Tab.
- Estrella M., M. 1984. Tamaño del estrato de selección masal en una población de maíz tropical. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Falconer, D.S. 1981. Introducción a la genética cuantitativa. Cap. I y II. pp. 19-64. Cía. Ed. CECSA. México.
- Gándara, G. 1937. Desarrollo del cultivo del maíz en México. *Agricultura* 1:5-11.
- Gardner, C.O. 1961. An evaluation of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yields of corn. *Crop Sci.* 1:241-245.
- Gardner, C.O. 1969. The role of mass selection and mutagenic treatment in modern maize breeding. 24th Corn and Sorghum Res. Conf. 15-21.
- Genter, C.F. 1976. Mass selection in a composite of intercrosses of Mexican races of maize. *Crop Sci.* 16:556-558.

- Gómez G., J.R. 1980. Resultados del programa nacional de mejoramiento genético de maíz de la UAAAN 1971-1977. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Guerrero O., J. 1984. El vigor germinativo de la semilla como un criterio de selección en dos variedades sintéticas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Gutiérrez S., J.R.; V.M. Castro R.; M. Luna F. y R. Wong R. 1980. Cuatro ciclos de selección masal y familiar combinada en una variedad de maíz (*Zea mays* L.) bajo el esquema riego sequía en Durango. Memorias del VIII Congreso Nacional de Fitogenética. Uruapan, Mich. pp. 175-188.
- Hallauer, A.R. and J.A. Wright. 1967. Genetic variances in the open pollinated variety of maize Iowa Ideal. *Der Zuchter* 37:178-185.
- Hallauer, A.R. and J.H. Sears. 1969. Mass selection for yield in two varieties of maize. *Crop Sci.* 9:47-50.
- Hallauer, A.R. and J.B. Miranda Fo. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. The Iowa State University Press E.U.A. Chapter 6.
- Hull, F.F. 1945. Recurrent selection for specific combining ability in corn. *J. Am. Soc. Agron.* 37:134-145.
- Johnson, E.C. 1963. Effects of mass selection for yield in a tropical corn variety. *Amer. Soc. Agron. Abs.* p. 82.
- Lamkey, K.R. and A.R. Hallauer. 1984. Comparison of maize populations improved by recurrent selection. *Maydica* XXIX 357-374.
- Little, T.M. y F.J. Hills. 1979. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. México. pp. 103 y 112.

- Lonquist, J.H. 1961. Progress from recurrent selection procedures for the improvement of corn populations. Research Bulletin 197. Univ. of Nebraska.
- Lonquist, J.H. 1964. Modification of the ear to row procedure for the improvement of maize populations. Crop Sci. 4:127-128.
- Lonquist, J.H. 1965. Métodos de selección útiles para mejoramiento dentro de poblaciones. Fitotecnia Latinoamericana 2(1-2):1-10.
- Lonquist, J.H. 1967. Mass selection for prolificacy. Der Zuchter 37:185-188.
- López P., E. 1983. Notas de la materia "Teorías sobre métodos de selección en plantas". Colegio de Graduados. Especialidad Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Mareck, J.H. and C.O. Gardner. 1979. Responses to mass selection in maize and stability of resulting populations. Crop Sci. 19:779-783.
- Márquez S., F.; O. Miranda J. y A. Betancourt V. 1977. Comparación entre la respuesta esperada y la observada a la selección masal en una variedad de maíz. Chapingo 3:17-26.
- Márquez, F. 1980. Sistemas de selección combinada, familiar e individual en el mejoramiento genético del maíz - - (*Zea mays* L.). Fitotecnia 4:3-83.
- Márquez, F. 1985. Genotecnia Vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo I. A.G.T. Ed. S.A. México, D.F. Cap. 4.
- Mendoza R., M. y A. Carballo C. 1982. Efecto de la selección masal y rendimiento de dos colectas de maíz. Resúmenes de Ponencias IX Congreso de SOMEFI. Saltillo, Coah. p. 25.

- Molina G., J. 1978. Selección masal para resistencia a sequía en maíz. *Agrociencia* 42:69-76.
- Molina G., J. 1983. Selección masal visual estratificada en maíz. *Publicación Técnica*. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Moll, R.H. and C.W. Stuber. 1974. Quantitative Genetics: Empirical results relevant to plant breeding. *Adv. in Agron.* 26:277-313.
- Muñoz O., A.; F. Márquez S. y J. Ortiz C. 1973. Estudio preliminar sobre un método de selección para resistencia a sequía en maíz. *Agrociencia* 11:15-28.
- Poelhman, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa-Wiley. México. Cap. 13.
- Rendón P., O. y J. Molina G. 1974. Efecto de la selección masal para peso de mazorca sobre caracteres determinantes del rendimiento de grano en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia* 16:59-74.
- Reyes C., P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas. México, D.F. Cap. 7.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenética básica y aplicada. AGT. Editor S.A. México. Cap. XI.
- Richey, F.D. 1950. Corn breeding. *Advances in Genetics* 3: 159-191.
- Rivera G., J.A.; L. Molina G. y L. Bucio A. 1972. Efecto de la selección masal para altura de mazorca sobre otros caracteres en dos variedades de maíz. I Análisis fenotípicos. *Agrociencia* 8(Serie B):29-40.

- Russell, W.A. 1973. El mejoramiento de poblaciones para fuentes de extracción de líneas de maíz. Conf. Fund. Cargill. Buenos Aires, Arg. Mimeógrafo.
- Simmonds, N.W. 1979. Principles of crop improvement. Longman Group Ltd. Great Britain. pp. 137-142.
- Sprague, G.F. 1966. Quantitative genetics in plant improvement In Plant Breeding. I K.J. Frey Ed. The Iowa State - - Univ. Press, E.U.A. pp. 315-354.
- Steel R., G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., Inc. E.U.A. pp. 156-157; Cap. 15.
- Subandi and W.A. Compton. 1974. Genetic studies in an exotic population of corn (*Zea mays* L.) grown under two plant densities. II Choice of a density environment for selection. Theor. Appl. Genetics 44:193-198.
- Troyer, A.F. and W.A. Brown. 1972. Selection for early flowering in corn. Crop Sci. 12:301-304.
- Varela G., E.J. 1980. Selección masal estratificada en dos variedades sintéticas desarrolladas para el Istmo de Tehuantepec. Seminarios del Colegio de Graduados. Fito mejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Vázquez R., F. y J. Molina G. 1982. Efecto de la selección masal para resistencia a sequía en algunas características de la planta (avances) en: Resúmenes de Ponencias IX Congreso de SOMEFI. Saltillo, Coah. p. 26.
- Vera G., A. and P.L. Crane. 1970. Effects of selection for lower ear height in synthetic populations in maize. Crop Sci. 10:286-288.
- Wellhausen, E.J. 1965. Exotic germplasm for improvement of Corn Belt maize. Proc. of the 20th Ann. Hyb. Corn Ind. Res. Conf.

- Wellhausen, E.J.; L.M. Roberts; E. Hernández X. and P.C. Mangelsdorf. 1952. Races of maize in Mexico. The Bussey Inst. Harvard Univ. E.U.A.
- Widstrom, N.W.; B.R. Wiseman; W.W. Mc Millan; C.A. Elliger and A.C. Waiss Jr. 1983. Genetic variability in maize for Maysin Content. Crop Sci. 23:120-122.
- Williams, W.D. and F.M. Davis. 1983. Recurrent selection for resistance in corn to tunneling by the second-brood Southwestern Corn Borer. Crop Sci. 23:169-170.
- Zuber, M.S.; M.L. Fairchild; A.J. Keaster; V.L. Ferguson; G.F. Krause; E. Hilderbrand and P.J. Loesch Jr. 1971. Evaluation of 10 generations of mass selection for coen ear worm resistance. Crop Sci. 11:16-18.

T-14910