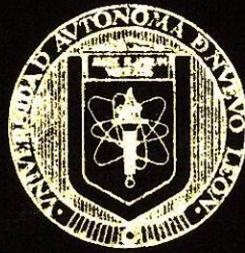


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTIMACION Y COMPARACION DE PARAMETROS
GENETICOS EN POBLACIONES SEGREGANTES
F2 Y F3 DE SORGO PARA GRANO (*Sorghum vulgare*
Pers.), EN GRAL. ESCOBEDO, N. L.
CICLOS TEMPRANO Y TARDIO 1976

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JOSE ELIAS TREVIÑO RAMIREZ

MONTERREY, N. L.

AGOSTO DE 1980

040.633
FA36
1980

T

SB235

F7

C.1



1080063226

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTIMACION Y COMPARACION DE PARAMETROS GENETICOS EN POBLACIONES SEGREGANTES F₂ Y F₃ DE SORGO PARA GRANO (Sorghum vulgare Pers.), EN GRAL. ESCOBEDO, N.L. CICLOS TEMPRANO Y TARDIO 1976.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

PRESENTA

José Elías Treviño Ramírez

MONTERREY, N. L.

AGOSTO DE 1980.

T
5B235
T7

040.633
FA 36
1980



Biblioteca Central
Magna Solidaridad



UAM
FONDO
TESIS LICENCIATURA

Tesis

A MIS PADRES:

SR. JOSE EDMUNDO TREVIÑO GUAJARDO

SRA. LUCILA RAMIREZ DE TREVIÑO

QUE CON SU AMOR, ESFUERZO Y DECIDIDO APOYO ME AYUDARON A
LOGRAR UNA META TAN ESCENCIAL EN MI VIDA.

A MI HERMANA:

RUTH MIRIAM.

A MIS ABUELITOS:

SR. ELIAS TREVIÑO GUAJARDO (Q.P.D.)

SRA. TERESITA GUAJARDO G. (Q.P.D.)

SR. DOROTEO RAMIREZ G. (Q.P.D.)

SRA. CONSUELO C. VDA. DE RAMIREZ.

POR SU GRAN EJEMPLO Y CONSEJOS QUE CONTRIBUYERON A TERMI
NAR MI CARRERA.

A MIS TIOS, PRIMOS Y DEMAS FAMILIARES.

A MI ESPOSA:

SRA. SILVIA LOZANO DE TREVIÑO

POR SU AMOR, COMPRESION Y GRAN AYUDA DURANTE EL DESARRO
LLO DE TODA MI CARRERA UNIVERSITARIA.

A MI HIJO:

JOSE ELIAS TREVIÑO LOZANO

CON CARÍÑO.

A MIS MAESTROS:

ING. M.C. CIRO VALDEZ LOZANO

ING. LUIS A. MARTINEZ ROEL

CON GRAN ADMIRACION Y RESPETO, POR SU GRAN DEDICACION -
PROFESIONAL, APOYO Y ORIENTACION DURANTE EL DESARROLLO DEL -
PRESENTE TRABAJO.

MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO POR EL ASESORAMIENTO BRINDADO
AL FINAL DE ESTE TRABAJO A MI COMPAÑERO Y AMIGO ING. M.C. -
LEONEL ROMERO HERRERA.

A MI ESCUELA, COMPAÑEROS Y AMIGOS.

AGRADECIMIENTO:

Al fideicomiso para el apoyo complementario a la investigación científica, formado por el CONACYT, el gobierno del estado de Nuevo León y la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Al Ing. Raúl Braulio Rodríguez P. Director del Centro de Investigaciones Agropecuarias por brindar todas las facilidades para el desarrollo del programa de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, dentro del cual se realizó el presente estudio.

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
Variación	3
Componentes de varianza fenotípica	4
Componentes de varianza genotípica	6
Heredabilidad	7
Heredabilidad en sentido amplio	8
Heredabilidad en sentido estricto	8
Conceptos generales de selección	10
Métodos de mejoramiento genético en plantas - autógamas	14
Método de introducción	15
Método de selección	16
Método de hibridación	20
Mejoramiento genético del sorgo	26
Obtención de variedades híbridas.	27
Obtención de variedades de polinización li- bre.	29
MATERIALES Y METODOS	31
Material genético	31
Métodos de campo	32
Establecimiento y toma de datos de las gene- raciones F ₂ y F ₃	32
Métodos estadísticos	36
Estimación de la media, varianza fenotípica, varianza genética y varianza ecológica.	36

	PAGINA
Comparación de medias	38
Estimación de la heredabilidad	39
Estimación de la respuesta a la selección	40
RESULTADOS Y DISCUSION	43
Comparación de poblaciones F ₂	43
Medias (\bar{X})	43
Varianzas fenotípicas (σ^2_F)	44
Varianzas genéticas (σ^2_G)	44
Heredabilidad (H^2)	44
Respuesta absoluta a la selección (R)	44
Respuesta relativa a la selección (R _r)	45
Comparación de poblaciones F ₃	46
Medias (\bar{X})	46
Varianzas fenotípicas (σ^2_F)	48
Varianzas genéticas (σ^2_G)	49
Heredabilidad (H^2)	50
Respuesta absoluta a la selección (R)	52
Respuesta relativa a la selección (R _r)	53
Comparación de las poblaciones F ₂ vs F ₃ para la característica agronómica de rendimiento	59
Varianza genética (σ^2_G)	59
Heredabilidad (H^2)	59
Respuesta absoluta a la selección (R)	60
Respuesta relativa a la selección (R _r)	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
RESUMEN	66
BIBLIOGRAFIA	68
APENDICE	71

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

PAGINA

FIGURA 1. Representación gráfica de la respuesta a la selección y sus diferentes mediciones 12

APENDICE

CUADRO 1. Comparación de medias para la característica de rendimiento en seis poblaciones F₂ derivadas de híbridos comerciales de sorgo; Escobedo, N.L. ciclo temprano 1976. 72

CUADRO 2. Varianzas fenotípicas, genéticas, heredabilidad, respuesta absoluta a la selección y respuesta relativa a la selección para la característica de rendimiento por planta en seis poblaciones F₂ derivadas de híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo temprano 1976. 73

CUADRO 3. Comparación de medias, para nueve características agronómicas medidas en seis poblaciones F₃ derivadas de híbridos comerciales de sorgo; Escobedo, N.L., ciclo tardío de 1976. 74

CUADRO 4. Varianzas fenotípicas para nueve características medidas en poblaciones F₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo, Escobedo, N.L. ciclo tardío de 1976. 77

CUADRO 5.	Varianzas genéticas para nueve características agronómicas medidas en poblaciones F ₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo tardío 1976.	78
CUADRO 6.	Heredabilidad para nueve características agronómicas medidas en poblaciones F ₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo tardío 1976,	79
CUADRO 7.	Respuesta absoluta a la selección para nueve características medidas en poblaciones F ₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo tardío 1976.	80
CUADRO 8.	Respuesta relativa a la selección para nueve características agronómicas medidas en poblaciones F ₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo tardío 1976.	81
CUADRO 9.	Varianza ecológica para la característica de rendimiento medida en 6 poblaciones F ₁ de sorgo. Ciclo temprano de 1976.	82
CUADRO 10.	Valores obtenidos en la F ₁ para obtener las varianzas ecológicas para nueve características agronómicas; Escobedo, N.L. ciclo tardío de 1976.	83

CUADRO 11. Comparación de las poblaciones F ₂ vs F ₃ para la característica de rendimiento mediante varianza genética, heredabilidad, respuesta absoluta a la selección y respuesta relativa a la selección, ciclo temprano y tardío, Escobedo, N.L. 1976.	86
FIGURA 1. Distribución del experimento del primer ciclo de cultivo de las seis poblaciones F ₂ probadas en Gral. Escobedo, N.L., ciclo temprano 1976.	87
FIGURA 2. Estratificación de los lotes en sublot <u>es</u> , (dimensiones) primer ciclo de cultivo; Gral. Escobedo, N.L. ciclo temprano 1976.	88
FIGURA 3. Distribución del experimento del segundo ciclo de cultivo de las seis poblaciones F ₃ probadas en Gral. Escobedo, N.L., ciclo tardío 1976.	89
FIGURA 4. Estratificación de los lotes en sublot <u>es</u> , (dimensiones) segundo ciclo de cultivo; Gral. Escobedo, N.L., ciclo tardío 1976.	90
FIGURA 5. Intensidad de selección en base a la población seleccionada	91

INTRODUCCION

Actualmente el cultivo del sorgo es básico para la alimentación y nutrición pecuaria; su importancia está basada en que puede substituir al maíz como alimento pecuario e incluso como alimento humano.

Este cultivo tiene gran adaptación en diferentes zonas de nuestro país, tales como el Bajío, el Noreste y Noroeste.

La investigación sobre este cultivo se ha incrementado tratando de producir semilla netamente nacional y disminuir con lo anterior el uso de semilla producida por compañías extranjeras, siendo muy usada dicha semilla por nuestros agricultores.

El principal objetivo que pretende la línea de investigación y mejoramiento del sorgo, comprendida dentro del programa de mejoramiento de maíz, frijol y sorgo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, es la producción de nuevas variedades de semilla híbrida, así como de polinización libre de buena calidad comercial que supere a las ya existentes.

El presente trabajo pretende predecir de que poblaciones F_2 y F_3 se esperará mayor avance por selección en cuanto a rendimiento y otras características agronómicas.

Este trabajo de predicción se efectúa mediante la estimación de heredabilidad en sentido amplio, respuesta relativa a la selección y respuesta absoluta a la selección, para la característica agronómica de rendimiento en el primer ciclo de culti

vo y en el segundo ciclo de cultivo para nueve características agronómicas. Trabajando en el primero con seis poblaciones segregantes F_2 de híbridos comerciales y en el segundo con las seis poblaciones F_3 obtenidas como progenie de los individuos seleccionados del ciclo de cultivo anterior.

Cabe mencionar que el presente trabajo comprende los dos primeros ciclos de selección de seis poblaciones, que se avanzarán generacionalmente durante varios ciclos; todo lo anterior dentro de una metodología para producir líneas con buenas características agronómicas

La confrontación final será efectuada por quien continúe con los materiales segregantes dentro del avance generacional especificado.

REVISION DE LITERATURA

Variación

El objetivo principal de toda investigación agrícola es - obtener beneficios determinantes, una manera de obtenerlos es utilizando el fitomejoramiento de las especies cultivadas, siguiendo metodologías descritas específicamente. Dentro de cada metodología de mejoramiento existe un factor común, siendo éste la presencia de variabilidad genética (10).

En base a lo anterior, es de suma importancia citar algunos conceptos sobre variación.

Las variaciones de caracteres observados dentro de cada - población se presentan como diferencias fenotípicas, abarcando así atributos morfológicos, fisiológicos y de adaptación a diversos ambientes (10). Por lo que dentro de una especie de -- plantas cultivadas, las variaciones pueden ser de dos tipos: - Debidas al ambiente y debidas a la herencia (1,3,6).

Considerando un solo individuo, su apariencia está influ- ida por su genotipo y la influencia externa no genética (ambien- tal); al considerar las variaciones hereditarias dentro de una especie, se están comparando formas con contraste de caracteres específicos de las plantas, dichos caracteres determinados por genes particulares, siendo estos las unidades básicas de la he- rencia (3).

Las variaciones hereditarias y ambientales, no son comple- tamente independientes unas de otras, con frecuencia tienen in- teracciones en su efecto sobre la planta (3,6). Siendo las va-

riaciones hereditarias las de mayor interés para el fitomejorador, es difícil determinar hasta que grado una característica es hereditaria como resultado de la acción favorable o desfavorable del ambiente, la variación hereditaria es originada por: Recombinación de los genes después de una hibridación, mutaciones y poliploidía (13).

Desde el punto de vista de evolución, el origen verdadero de la variación descansa por completo en las mutaciones, considerando a éstas como cambios más o menos significativos en la constitución químico-estructural de las moléculas iniciales, para que hubiese nuevas formas capaces de reproducirse, permitiendo la aparición de nuevas formas (3).

Componentes de varianza fenotípica.

Para hacer la estimación de valores fenotípicos en promedio y variación de una población, los parámetros más usados son la media aritmética (\bar{X}) y la varianza σ^2 siendo esta última la medida más frecuentemente empleada en la genética estadística, ya que es la más útil para describir la variación de un rasgo biológico, así, la variación existente se puede considerar en valores de desviación con respecto a la media de la población, por lo que se define varianza como el valor promedio de la suma de cuadrados de las desviaciones de las observaciones individuales con relación a la media de la población (4,12,18,8,7). Por lo tanto, la varianza es estimable por la ecuación:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n - 1}$$

(4,12,18)

Al aplicar la ecuación anterior se obtendrá el valor de la varianza fenotípica o varianza total, dicha varianza es la suma de tres diferentes componentes que son: Una componente genética, una ambiental y una de interacción genotipo-ambiente, por lo que se deduce lo siguiente:

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2 + \sigma_{GE}^2$$

Donde: σ_F^2 = Varianza Fenotípica

σ_G^2 = Varianza Genética

σ_E^2 = Varianza Ecológica o Ambiental

σ_{GE}^2 = Varianza de Interacción genotipo-ambiente

(6,18).

La varianza de interacción genotipo-ambiente puede aislarse y medirse únicamente bajo circunstancias bastante artificiales, por lo que bajo circunstancias normales la varianza de interacción no puede ser medida por separado y es considerada mejor como una parte de la varianza ambiental (4,6).

La varianza ecológica puede ser obtenida en una población por medio de la eliminación de la varianza genotípica experimentalmente, debido a que las líneas altamente endogámicas (líneas puras), o la F₁ de una cruce entre dos de tales líneas (híbrido)

proporcionan individuos con genotipos idénticos y, por lo tanto, sin varianza genotípica, demostrándose que la σ_E^2 es mayor en una población homocigótica que en una heterocigótica (6).

En base a lo anterior la varianza genotípica en una población se puede obtener restando a la varianza fenotípica el valor de la varianza ecológica observada en una población genéticamente homogénea que se encuentre bajo las mismas condiciones ambientales:

$$\sigma_G^2 = \sigma_F^2 - \sigma_E^2$$

(4,6,19).

Componentes de varianza genotípica.

Los tres componentes de la varianza genotípica son: La -- varianza aditiva o reproductiva, varianza de dominancia y va-- rianza epistática, deduciendo la siguiente fórmula:

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2$$

(6,18).

La varianza aditiva o reproductiva se debe a la acción de aditividad que presentan los genes, siendo heredable, ya que -- los progenitores transmiten a su progeñie sus genes y no los -- genotipos, siendo ésta la principal determinante del parecido -- entre individuos emparentados, de las propiedades genéticas ob-- servables de la población y de la respuesta de ésta a la selec-- ción, es la única componente que puede ser estimada directamen-- te a partir de las observaciones hechas en la población.

La varianza dominante se presenta debida a la existencia de desviaciones dominantes, o sea por la dominancia de unos ale los sobre los otros, esto es debido a la dominancia de los ale los de un locus, por lo que a los genes que no muestran dominancia se les llama genes aditivos, pues actúan aditivamente. Por lo tanto en ausencia de dominancia, los valores reproductivos y -- los genotípicos son los mismos.

La varianza epistática generalmente no se calcula, pues -- siempre es considerada la desviación por interacción igual a ce ro, ya que su contribución a la varianza es tan pequeña que no se toma en cuenta en los análisis (4,6).

Heredabilidad

La heredabilidad es la medida que indica que tan heredable es un caracter, siendo ésta una relación entre varianzas, pues especifica la proporción de la varianza total o fenotípica que es debida a causas genéticas (1,19).

Su gran importancia en el mejoramiento de plantas, es debi da a que proporciona el grado de éxito, que se puede tener en -- la selección bajo las condiciones ecológicas de una zona agrí-- cola, en la cual se pretende obtener variedades mejoradas, ya -- conocida la heredabilidad de un caracter para una población da-- da en una zona específica, es posible predecir el grado de avan ce genético por ciclo de selección (19).

El cálculo de la heredabilidad toma dos criterios o senti-- dos, heredabilidad en sentido amplio y heredabilidad en sentido estricto.

Heredabilidad en sentido amplio.

La heredabilidad en sentido amplio, expresa la proporción genética que hay en el total de la varianza fenotípica, dicha proporción se calcula por el cociente de la varianza genotípica entre la varianza fenotípica. (4,1,19).

Donde:

$$H^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_F^2} = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_G^2 + \hat{\sigma}_E^2}$$

H^2 = Herediabilidad en sentido amplio
 $\hat{\sigma}_F^2$ = Varianza fenotípica estimada
 $\hat{\sigma}_G^2$ = Varianza genotípica estimada
 $\hat{\sigma}_E^2$ = Varianza ecológica estimada.

La heredabilidad calculada por la fórmula anterior involucra todos los tipos de acción génica (dominancia, etc.) por lo que es considerada en sentido amplio (4,19).

Heredabilidad en sentido estricto.

La heredabilidad en sentido estricto, expresa la proporción de los valores genético aditivos o reproductivos que hay en el total de la varianza fenotípica, dicha proporción se calcula por el cociente de la varianza genética aditiva entre la varianza fenotípica (6,18).

Donde:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_F^2}$$

h^2 = Heredabilidad en sentido estricto
 $\hat{\sigma}_A^2$ = Varianza genética aditiva estimada
 $\hat{\sigma}_F^2$ = Varianza fenotípica estimada.

Otras formas para calcular la heredabilidad en sentido estricto son:

Regresión de valor reproductivo sobre el valor fenotípico; mediante las esperanzas de cuadrados medios de análisis de varianza bajo diseños dialélicos; regresión progenie-progenitor; bajo diseños genéticos como los de Carolina del Norte (6,19).

El valor de la heredabilidad de un carácter dado estará -- dentro de un rango entre cero y uno, dicho valor es calculado -- generalmente en porcentaje; sabemos que la heredabilidad se ve determinada por un número de genes que determinan el carácter -- en estudio, teniéndose que un carácter determinado por un gran número de genes (cuantitativo) presenta baja heredabilidad (6,-18).

La heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, sino que también es de la población y de las circunstancias ambientales a las que están sujetos los individuos (6). Si en una progenie, la variación debida al ambiente es grande comparada con las variaciones hereditarias, la heredabilidad será baja; pero si la variación al ambiente es pequeña comparada a la variación hereditaria, entonces la heredabilidad será alta (13).

Actualmente no hay valores que definan estrictamente si la heredabilidad es baja o alta, pero en general se aceptan los valores siguientes:

Alta heredabilidad	mayor de 0.5
Heredabilidad media	de 0.2 a 0.5
Baja heredabilidad	menor de 0.2

Las condiciones ambientales más heterogéneas reducen la heredabilidad, por tanto condiciones más homogéneas la aumentan, - debido a lo anterior un carácter como el rendimiento tiene baja heredabilidad, ya que influye mucho en su manifestación el ambiente (6,13).

Conceptos generales de selección.

La selección, es el proceso más antiguo de fitomejoramiento, siendo ésta la base del mejoramiento genético de las cosechas (13), se define como la elección de un grupo de individuos que se consideran fenotípicamente superiores, estos individuos servirán como progenitores de una nueva generación, esperando - con esto cambiar las frecuencias genotípicas favorablemente de una generación a otra (19).

La selección puede ser un proceso natural o artificial, -- por medio del cual se escogen plantas individuales o grupos de las mismas dentro de mezclas de poblaciones, por lo tanto, existen dos tipos de selección, la selección natural y la artificial.

La selección natural es el mecanismo fundamental y base -- principal de la evolución de las especies, por lo que se le define como la elección de individuos por los efectos ecológicos, ya que dichos individuos son más aptos para sobrevivir en la naturaleza, desapareciendo los individuos menos aptos para vivir y reproducirse (3,4).

La selección artificial es manejada por el hombre y está - sujeta a los principales objetivos del fitomejoramiento que son,

aumentar la producción y mejorar la calidad del producto de dicha producción (3,6).

La selección actúa cambiando la frecuencia de los genes -- pero no crea nuevos genes, al aplicar una selección eficiente -- se logrará cambiar la frecuencia génica y por lo tanto habrá -- avance genético, dicho avance podrá ser positivo para un gen y al mismo tiempo negativo para otro gen (4).

Al aplicar selección, ésta solo podrá actuar sobre diferencias heredables y no podrá crear variabilidad, actuando solamente sobre la que existe en la población (1), por lo que la eficiencia en la selección será dependiente de la presencia de variabilidad genética (13).

El cambio producido por la selección que interesa a los fitogenetistas, es el que se produce en la media y la varianza genética de las poblaciones descendientes (19), así al obtener un cambio en la media de una población que proviene de individuos seleccionados se cataloga como una respuesta a la selección, -- pudiendo ser dicho cambio positivo o negativo; por lo tanto la selección es generalmente eficaz en cualquier dirección, ya sea ascendente o descendente (21).

De una manera gráfica se representarán (Fig.1) las diferentes mediciones básicas para obtener la respuesta a la selección yomando como base una población con variación distribuida normalmente, en la cual se practica selección y donde se determina que la diferencia entre la media de los individuos seleccionados y la media de la población original es llamada diferencial

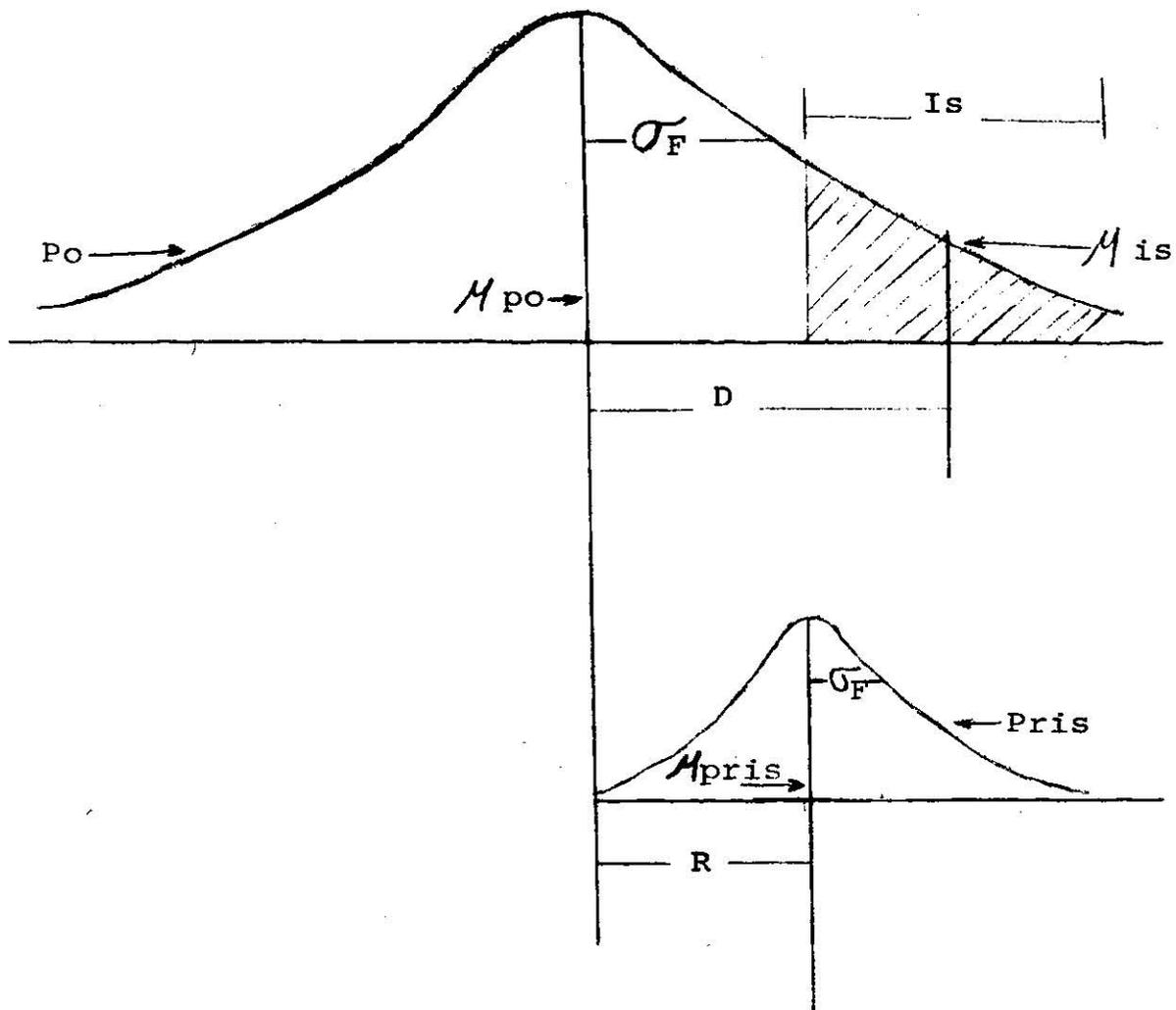


Figura 1.- Representación gráfica de la Respuesta a la selección y sus diferentes mediciones.

Donde:

- P_o es la población original
 M_{po} es la media de la población original
 M_{is} es la media de los individuos seleccionados
 I_s son los individuos seleccionados
 D es el diferencial de selección
 R es la respuesta a la selección
 P_{ris} es la progenie de los individuos seleccionados
 M_{pris} es la media de la progenie de los individuos seleccionados
 σ_F es la desviación estandar fenotípica (19).

de selección ($D = M_{is} - M_{po}$), el cual significa el valor fenotípico medio de los individuos seleccionados expresado como una desviación con respecto a la media de la población original; además, se observa que la respuesta a la selección dependerá directamente del valor de la media de progenie de los individuos seleccionados y el valor de la media de población original (19, 6,1).

El avance genético de una población dependerá de la variabilidad genética, del efecto enmascarador ambiental y de la intensidad de la selección (1).

$$R = i h^2 \sigma_F$$

Donde:

i = es la intensidad de selección

h^2 = es la heredabilidad en sentido estricto

σ_F = es la desviación estandar fenotípica

(19,6).

La intensidad de selección se define mediante el cociente del diferencial de selección y la desviación estandar fenotípica.

$$i = D/\sigma_F$$

Para el cálculo de la respuesta a la selección, existe otro criterio, el cual tiene la variante de dividir la fórmula original entre la media de la población donde se realiza la selección y multiplicar al final por cien, para obtener valores -

en porcentaje de avance con relación a la media de la población que se mejora, dando como resultado la respuesta relativa a la selección cuya ecuación es la siguiente (*):

$$R_r = \frac{i \ h^2 \ \hat{\sigma}_F}{\bar{X}} \times 100$$

Siempre al efectuar selección se hace bajo un rango o porcentaje de población original, a éste se le llama presión de selección y es determinante en el avance logrado por la selección, ya que indica el número de individuos que se habrán de seleccionar en una población original (1), por lo que es básico saber considerar si la presión de selección es fuerte, regular o baja, siendo considerada baja al 40%, regular al 20% y fuerte de 2% a 5%, así pues, una presión de selección fuerte implica una respuesta fuerte del carácter en estudio de la siguiente generación, lo anterior se debe a que al ser aplicada en esta forma, reduce la varianza genética y aumenta la media de la población, ocasionando en plantas autóгамas la deriva genética (endogamia) y por lo tanto, la creación de individuos homocigóticos con bajo vigor (19).

Métodos de mejoramiento genético en plantas autóгамas.

El objetivo fundamental de todo programa de mejoramiento genético de los cultivos, es resolver los problemas y necesidades de una región, encaminando dicho programa a obtener variedades o líneas que tengan rendimientos elevados, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia a sequía, etc. Lo anterior

(*) Comunicación personal con el Ing. M.C. Ciro Valdez Lozano.

se logra aplicando algún método de mejoramiento, tomando en - - cuenta la forma de reproducción de las plantas, la heredabili-- dad del caracter o caracteres por seleccionar, la facilidad de reconocerlos y el efecto de la selección natural (3,19).

En las plantas autógamas las variaciones viejas y las po-- blaciones silvestres, generalmente están constituidas por una - colección más o menos grande de líneas puras, ya que una línea pura se describe como el producto de la autofecundación de mu-- chas generaciones y se caracterizan por una reproducción a tra-- vés de semilla (3).

Los métodos de mejoramiento genético más eficaces para es-- pecies autógamas se pueden agrupar en las siguientes formas:

- 1.- Método de introducción
- 2.- Método de selección (masal e individual)
- 3.- Método de hibridación

(13,1,3).

Método de introducción.

El transporte de plantas de un lugar a otro, ha sido una - de las características más importantes del desarrollo de la a-- gricultura en el mundo. La adquisición de variedades superio-- res importadas de otras zonas, cumple la misma finalidad que la obtención de variedades superiores en los programas de mejora-- miento genético (1,13), así la introducción de plantas se consi-- dera como un método de fitomejoramiento (1,3,13), por lo gene-- ral, desde la antigüedad hay tres caminos por los que se han -- podido transformar estas introducciones en variedades comercia--

les:

- a).- Directamente por medio de la multiplicación masal del material introducido.
- b).- Mediante la selección de variedades o líneas convenientes dentro del material introducido.
- c).- Por hibridación de dichas introducciones con variedades o líneas ya adaptadas, o usando la variedad o línea introducida como progenitor en una cruce (1,13).

En base a lo anterior, el método de introducción consiste en introducir a una localidad germoplasma que ha sido desarrollado en otras regiones (de un continente a otro) (3), de ahí que una variedad mejorada puede ser considerada como introducida. si proviene de la selección en masa o de la selección individual realizada en una variedad introducida, o bien, si tuvo como progenitor una variedad introducida (19,3).

Cada día es más raro el caso de variedades que llegan a ser útiles directamente mediante la introducción en nuevas áreas de cultivo (1). La introducción de plantas en el futuro tendrá menos importancia como método directo de obtención de variedades y será más importante como suministro de plasma germinal a disposición de los mejoradores de plantas (1,19).

Método de selección.

Como hemos dicho anteriormente los distintos métodos de mejoramiento y por lo tanto, los métodos de selección se han concebido generalmente tomando en cuenta la forma de reproduc--

ción de la planta, la heredabilidad del carácter o caracteres -- por seleccionar, la facilidad o dificultad de reconocerlos y el efecto de la selección natural (3,19). Para que pueda ser aplicable la selección a una población es recomendable seguir ciertos criterios, por ejemplo; uno de los principales criterios -- aplicable para efectuar la selección en la mayoría de las características es que las mediciones en las cuales se basarán para efectuar la selección se llevan a cabo alrededor de la madurez sexual, esto se recomienda para poder hacer las comparaciones -- de las generaciones sucesivas en el mismo punto de madurez (6). También es recomendable hacer la selección en bajas densidades de población para permitir la máxima expresión del genotipo, además es de utilidad aplicar la selección en el ambiente en que se usará la población resultante (19).

La selección sobre las plantas autógamas es eficaz para separar uno o varios de los biotipos que mezclados constituyen -- una variedad, pero es totalmente ineficiente cuando se trata de líneas verdaderas (conclusión clásica de Johanssen, 1903) (3).

Los modernos programas de selección en poblaciones variables de plantas autógamas pueden seguir dos métodos diferentes, según el número de líneas puras que se conserven para formar -- una nueva variedad (1), estos son:

a).- Selección masal

b).- Selección individual (línea pura) (1,13).

La selección masal es el método más antiguo de practicar -- selección (3), consiste en la selección de un grupo de plantas similares en apariencia, tomando su semilla, mezclándola y sem-

brándola toda junta para formar con ella una nueva población, - en la cual se vuelve a repetir el proceso (13,3).

Al efectuar selección masal en una población se pretende - cambiar su media, esto es, cambiar la frecuencia de los genes - que afectan el caracter en cuestión y por lo tanto la media y - la varianza genética de dicha población. El principal factor - para obtener progreso por selección, es la presencia de varia-- bilidad genética, de esta variabilidad la genética aditiva es - la que determina el progreso por selección masal, pues como an-- tes se mencionó, es la parte heredable de la variación genética (2,19).

La selección masal en plantas autógamas puede conducir a re-- sultados mucho más rápidos y definitivos que cuando se practica en planta alógamas, ya que las poblaciones autógamas son gene-- ralmente homocigotes para muchos pares de factores, este método es utilizado para poder conservar la pureza de las variedades - (9), por lo que este método en plantas autógamas es aplicable - en poblaciones segregantes y después de la primera generación - seleccionada, la selección irá separando líneas, probablemente más productivas, pero entre las cuales ya no habría intercambio genético. Debido a esto la selección masal es característica-- mente un método de selección aplicable a plantas alógamas (3).

La selección masal en poblaciones autógamas es posible so-- lo si se lleva a cabo recombinación artificial, ésta puede efec-- tuarse ya sea normalmente al cruzar un buen número de plantas - al azar o al utilizar el caracter de la androesterilidad genéti-- ca o citoplásmica genética el cual permitiría la recombinación

al cosechar solamente las espigas o panojas (ya que se usa generalmente en sorgo) que son androesteriles y cuya producción de grano por lo tanto, es producto de la polinización cruzada. En base a lo anterior solo así es aplicable la selección masal en autógamias (*).

La selección masal en su práctica tradicional ha sido efectiva, pero su ritmo de avance genético ha sido muy lento; así pues este método no podrá satisfacer la demanda actual de alimentos, explicado lo anterior se ha ideado una modificación al método, dando por resultado la selección masal estratificada, dicha modificación consiste en el control que se hace del efecto del medio ambiente, mediante la sublotificación del lote de selección y la cosecha de plantas con competencia completa (11), pues el problema más importante del método tradicional consiste en que no se puede diferenciar si un individuo es más productivo porque crece en un pedazo de terreno más fértil o por su herencia misma, así pues la modificación consiste en tomar una población de 2,000 a 4,000 plantas y no tomar en cuenta ninguna de las plantas que no estén rodeadas de otras, esto es plantas con competencia completa; el lote se subdivide en parcelas pequeñas cuyo tamaño debe estar relacionado con el número de plantas que se incluyen y con la variabilidad del suelo o medio ambiente, seleccionando así las plantas de acuerdo con su mayor producción comparada con la media de la parcela en particular (3,19).

(*) Comunicación personal con el Ing. M.C. Ciro Valdez Lozano.

La selección individual es el método de seleccionar individuos sobresalientes basándose en su propio mérito (4), el desarrollo de su metodología se base en escoger un gran número de plantas separadamente, comparando sus progenies en ensayos de campo (1). En las plantas autógamias se habla de selección individual porque toda vez que se selecciona una planta, toda su descendencia proviene de ella misma por autofecundación (3). El estudio individual de cada descendencia proporciona una estimación del genotipo del progenitor, lo que origina que realmente se seleccione por el genotipo (9). La selección individual solo puede aplicarse sobre una población de plantas autógamias, cuando en ella hay una variación considerable que puede haberse originado por cruzamiento artificial o natural (3), este tipo de selección es generalmente eficaz trabajando con caracteres determinados por uno o pocos genes y que pueden medirse fácilmente y su éxito depende también de la heredabilidad y las variaciones fenotípicas de los caracteres en cuestión (4).

En base a lo anterior el genotipo de un individuo se puede juzgar en cuanto al carácter métrico considerando los fenotipos del individuo y de sus hermanos; o los fenotipos del individuo y su descendencia. Se tiene también que cuanto más estrechamente emparentados están dos individuos, más de confiar es el uso de uno para valorar el otro, o el promedio de ambos para valorar a cualquiera de ellos (4).

La selección individual en las especies autógamias es la aplicación de la teoría de las líneas puras (7).

Método de Hibridación.

A medida que progresó la mejora de plantas la variabilidad existente en las poblaciones de especies autógamas, fue desapareciendo paulatinamente y el mejorador tuvo que crear la variabilidad artificialmente por medio de cruzamientos, así dentro de los sistemas de mejoramiento genético aparece la hibridación (1).

El objeto de la hibridación en la mejora de especies autógamas es combinar en un solo genotipo los genes favorables de dos o más genotipos diferentes (1).

La aplicación de este método es en base a dos criterios, uno que es cuando la hibridación se utiliza como primer paso -- dentro de un método de mejoramiento y el otro cuando la hibridación se usa como la parte final de un sistema de mejoramiento (3).

El primer criterio es el que aconseja hacer la hibridación y después de la cual se pueden seguir tres métodos de trabajo con las generaciones segregantes, siendo estos:

- a).- Genealógico
- b).- Masivo o poblacional
- c).- De retrocruzamientos (1,3).

a).- El método genealógico (pedigree) es probablemente el método más antiguo en el mejoramiento genético de las plantas, en el que se lleva un registro cuidadoso de los progenitores -- que intervienen en un cruzamiento y cómo y dónde derivan cada una de las progenies que se conservan durante la selección, por

lo que este método es una combinación de hibridación y selección.

El método genealógico comienza a practicar la selección individual en una población base segregante, que puede ser semilla producida por la autofecundación de una población F_1 heterocigótica. Debido a que todos los individuos en este ciclo son diferentes (F_2) (1), los individuos seleccionados se sembrarán por separado en surcos, dando lugar a familias de autohermanos en autógamias.

Las ventajas de este método, es que proporciona la suficiente experiencia al mejorador de plantas en materia de selección; otra ventaja es que se lleva una genealogía de todas las plantas seleccionadas, este registro o genealogía debe ser de tal naturaleza que se puedan tener datos continuos durante el avance generacional (hasta F_9 ó F_{10}), comprendiendo así la historia de la cruce y la historia de la selección, siendo posible saber en que momento las generaciones sucesivas dejan de mostrar modificaciones producidas como resultado de la selección (9,19, 13).

La desventaja de este método, es que el manejo del material es bastante costoso debido a los registros mencionados y al manejo individual de un crecido número de plantas (5). Es recomendable utilizar este método cuando los caracteres que se desean recombinar son apreciables (3).

b).- El método masivo o poblacional (reproducción masiva) no debe de confundirse con la selección masal, siendo lo único que tiene en común el que las poblaciones se manejan en masa.

El método masivo se inicia ordinariamente por una hibridación que puede ser simple o múltiple, siendo más recomendable que la hibridación inicial sea múltiple para tratar de transferir al mismo tiempo caracteres de distintos progenitores (3). - Partiendo del material híbrido se deja reproducir libremente durante varias generaciones, por lo general de 5 a 7, durante el desarrollo de estas generaciones la semilla usada no ha sido seleccionada, es decir se deben de continuar las generaciones sin selección, si acaso la cantidad de semilla llega a ser demasiado grande para reproducirla totalmente, en las últimas generaciones puede tomarse sólo una parte de esta semilla, pero cuidando de no efectuar selección (3,13). Después de llevar a desarrollo las generaciones de reproducción masiva, se estará haciendo una selección de líneas puras debido a lo avanzado de las generaciones de autofecundación (3).

El principal motivo por el que se recomienda no hacer selección en este método, consiste en que como son muchos y diversos los progenitores cruzados para obtener la población segregante, la recombinación de los factores no puede presentarse en las primeras poblaciones segregantes, por lo reducido de sus poblaciones y porque los genotipos recombinados aparecen en generaciones avanzadas, siendo en éstas donde se hará la selección (3).

c).- El método de retrocruzamientos (cruza regresiva) proporciona un medio eficaz de mejorar las variedades con gran número de caracteres excelentes, pero que son deficientes en uno o pocos caracteres (1). Este método es una forma de hibridación recu--

rrente por medio de la cual se incorpora una característica sobresaliente a otra variedad satisfactoria para otras características (13).

Este método de mejoramiento es muy útil cuando una variedad mejorada y adaptada a una región carece de un carácter importante, el cual existe en otra variedad. Para incorporar el carácter a la variedad mejorada se cruzan las dos variedades y a partir de la generación F_1 , las plantas híbridas que tengan el carácter deseado se retrocruzan con la variedad mejorada hasta fijar el carácter deseado. La variedad mejorada y adaptada interviene en cada cruce regresiva y es llamado progenitor recurrente. Y la variedad de la que se desea derivar el carácter deseado sólo interviene en la primera cruce (formando la F_1) y es llamada progenitor no recurrente (3,1,13). El número de cruces regresivos puede variar de uno a ocho, según la necesidad que haya para incorporar los genes por parte del progenitor recurrente (3).

Después del último retrocruzamiento, se recurre a la autofecundación combinada con la selección, ya que el gen (o genes) se encuentra en condición heterocigótica al final de los retrocruzamientos y con las prácticas mencionadas se producirá homocigosis, produciéndose al final una variedad con la misma capacidad de adaptación, rendimiento y características de calidad del genitor recurrente, pero superior a dicho genitor en el carácter particular para el que se desarrolló el programa de mejora (1).

Entre las principales ventajas de este método se enumeran

las siguientes:

- 1.- El programa de mejora puede llevarse a cabo en cualquier medio que permita la manifestación del carácter que se ha de transferir (no siendo así con otros programas de mejora que deben de seguirse bajo determinadas condiciones de medio ambiente y en el lugar original de la variedad).
- 2.- Los programas de retrocruza pueden acelerarse mucho, pues se pueden cultivar varias generaciones por año.
- 3.- Proporciona al mejorador un alto grado de control genético de sus poblaciones (1).

El segundo criterio para aplicar la hibridación es el que aconseja que cuando ya no es posible obtener mejoramiento genético por selección, es necesario recurrir al cruzamiento de dos o más variedades, previamente seleccionadas para tal fin; dicho criterio es tomado para la obtención de semilla híbrida a nivel comercial (3,19).

El principal factor tomado en cuenta por los fitogenetistas en la producción de híbridos a nivel comercial es la frecuencia de heterosis, o sea el aumento de la progenie híbrida sobre la media de sus progenitores en uno o varios caracteres (rendimiento, altura, etc.), este fenómeno también es llamado vigor híbrido y está dado por la aptitud combinatoria específica de los progenitores de la cruce (20,1,19).

Para el aprovechamiento de la heterosis en plantas autóga-
mas por medio de la hibridación, ha habido dificultad, siendo
la morfología floral de estas especies, la que dificulta los -
cruzamientos, ya que es muy costoso efectuar las cruza manual-
mente para producir semilla en cantidades comerciales (3), es-
tas dificultades se han venido a resolver con la aparición de
la androesterilidad masculina creándose así una emasculación -
genética natural, muy utilizada en plantas autógamas (1).

Una de las plantas autógamas beneficiadas con la apari- -
ción de este tipo de androesterilidad es el sorgo (se explica-
rá en el tema Mejoramiento genético del sorgo), reduciendo el
trabajo y costo por la transferencia manual del polen para la
formación de híbridos (20).

En la actualidad el cultivo de arroz que es una planta --
autégama, se ha logrado sembrar como híbrido en grandes exten-
siones a un nivel comercial (*).

Mejoramiento genético del sorgo.

El mejoramiento del sorgo se remota a unos 5000 años, con
su domesticación en la parte de Africa (20).

Este cultivo se sitúa dentro de las especies autógamas, -
con una proporción de polinización cruzada natural de un 5% en
la mayor parte de las condiciones ambientales y hasta de un --
50% en ciertas condiciones (1). Basadas en lo anterior su me-

(*) Conocimiento adquirido por el autor en viaje de estudios a
la República Popular de China.

joramiento genético deberá llevarse con metodologías descritas para las plantas autógamias (13).

Siendo los métodos de mejoramiento ya mencionados anteriormente que son; introducción de nuevas variedades, selección de variedades sobresalientes (para una o varias características) o por hibridación que sería el cruzamiento de las variedades, tratando de reunir características complementarias entre ellas (9,13). De las tres metodologías citadas, la mejor forma de aumentar el rendimiento es produciendo sorgo híbrido, esto ha sido posible mediante el uso de la androesterilidad citoplásmica-genética que es fácil de controlar en sorgo, además de que existen líneas cuyas cruces presentan heterosis (vigor híbrido) que es la responsable del 20 al 40 por ciento del aumento en los rendimientos (13,20).

Obtención de variedades híbridas.

Durante muchos años la dificultad que había para la utilización de los sorgos híbridos era la falta de métodos económicos para efectuar las cruces, pero en la actualidad la aparición de la esterilidad masculina dependiente de dos mecanismos, el genético y el genético-citoplásmico, siendo el primero poco empleado, pues es considerado como carácter recesivo simple, mientras que el segundo ha sido muy utilizado tanto para sorgo como para otras especies autógamias domesticadas (20,13).

Así los híbridos obtenidos están basados en cruzamientos simples entre líneas de androesterilidad génico-citoplásmica y líneas polinizadoras con genes restauradores de la androferti-

lidad (13).

El método para la obtención de variedades híbridas en sorgo, se basa en la utilización de tres tipos de líneas endogámicas (líneas casi idénticas que difieran en el carácter de androesterilidad), el uso de las mismas es con el fin de que la herencia sea constante y así tener la seguridad de que cada ocasión que se haga la misma hibridación, obtengamos un híbrido semejante, con las mismas características generales (3). Las líneas utilizadas son; una línea androestéril (A), una línea mantenedora de la androesterilidad (B) una línea restauradora de la androesterilidad (R) (13,20).

Para la conservación y multiplicación de la línea A, que será el progenitor femenino, se debe cruzar con la línea mantenedora de la androesterilidad (B), como el citoplasma es proveniente del progenitor femenino, cada generación de semilla de esa cruce será androestéril como su progenitor madre; la relación recomendada para asegurar un mínimo de contaminación y obtener una polinización adecuada es de 4 surcos de línea A y 4 surcos de línea B (20,13). Es muy importante que las líneas A y B sean lo más similares posibles, solo deberán diferir en el carácter androesterilidad, o sea que las líneas sean isogénicas, siendo lo anterior con el objetivo de que la línea B no influya en forma negativa en ninguna característica agronómica de la línea A, pues ésta es escogida como progenitor femenino por sus características genotípicas deseables.

La conservación y producción del progenitor masculino (R) no tiene mayor problema, más que el de sembrar una parcela separada; como el progenitor produce su propio polen existe poca contaminación con otro (20).

La siembra de los progenitores (A y R) para la obtención del híbrido es en forma intercalada, en una proporción de 6 surcos de línea A y 2 surcos de línea R, el acarreo del polen se ve muy favorecido por el viento, realizándose la fecundación - del progenitor femenino, dando como resultado un híbrido de -- cruza simple (13).

La relación 6-2 es recomendada para siembras comerciales, pero podrá variar dependiendo de la adaptación de las líneas, condiciones climáticas y grado de cleistogamia de la línea R.

Las semillas de nuevos híbridos se recomienda producir las en cantidades suficientes como para hacer siembras de ensayo durante 3 años (20).

Obtención de variedades de polinización libre.

Para lograr producir las variedades de polinización libre se siguen las metodologías ya mencionadas, tales como el genealógico y el masivo o poblacional; cabe aclarar que rara vez se ha utilizado la selección en masa para la producción de nuevas variedades de sorgo (13).

En México actualmente se llevan a cabo programas de investigación que hacen estudios para la obtención de variedades de polinización libre, con ventaja en que este método es más corto y económico que el de la producción de híbridos, obteniéndose

se resultados estadísticamente similares y comparables con las poblaciones híbridas recomendadas en las zonas sorgueras del país. Cabe aclarar que otra finalidad de obtener variedades de polinización libre, es para eliminar la dependencia del agricultor a la compra de la semilla para la siembra en cada ciclo (16).

Cualquiera que sea el método de Mejoramiento de sorgo a aplicar, siempre deberá cumplir con objetivos tales como; mayor producción, adaptación a la recolección mecanizada, precocidad, resistencia al acame y al desgrane, resistencia a las enfermedades, resistencia a insectos y calidad (13).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en la Ex-Hacienda "El Canadá", jurisdicción del municipio de General Escobedo, Nuevo León. Durante dos ciclos de cultivo continuos, siendo estos el temprano y tardío de 1976.

Material genético.

En el primer ciclo de cultivo (temprano, 1976) el material genético utilizado consistió en semilla F_1 y F_2 derivada de seis híbridos comerciales de sorgo para grano; siendo los siguientes híbridos los utilizados para la obtención de las poblaciones antes mencionadas:

F_1	F_2
1.- Pionner 8417	1.- Pionner 8417
2.- Pionner 8417	2.- Pionner 845
3.- Tepehua	3.- Tepehua
4.- Master 911	4.- T-E- Bird A Boo
5.- Master 950	5.- Pionner 866
6.- Olmeca	6.- Olmeca

En el segundo ciclo (tardío, 1976) se utilizó la F_3 respectiva derivada como progenie de los individuos seleccionados de las poblaciones F_2 del ciclo anterior, además se utilizó el híbrido Funk"s G 522 (F_1).

Además del material genético citado anteriormente se usaron materiales necesarios para realizar las prácticas de preparación de suelo, riego, deshierbes, aplicación de parasiticidas y cosecha manual.

Para identificación de las plantas, el material usado consistió en cintas de plástico de diferentes colores, etiquetas, estacas; para la toma de datos en campo fueron usadas cintas métricas de plástico con aproximación de milímetros y reglas de madera; para poder hacer la identificación de las plantas después de la cosecha se utilizaron sobres y bolsas de papel.

Métodos de campo.

Establecimiento y toma de datos de las generaciones F_2 y F_3 .

En el primer ciclo de cultivo (temprano) se establecieron las poblaciones F_2 derivadas de híbridos comerciales, la siembra se llevó a cabo el 16 de marzo de 1976, realizándose manualmente, con una densidad de 12 Kgs./Ha.

La distribución de experimento en el campo se observa en la Fig. 1 del Apéndice.

El cultivo se desarrolló con aplicación de tres riegos (de asiento el día 9 de marzo, siendo unos días antes de siembra y dos de auxilio efectuados el 30 de abril y 10. de junio); además se efectuaron dos deshierbes, el primero el 14 de abril -- por medio de control químico habiendo utilizado el herbicida 2-4 dicloro fenoxiacético al 49.4% con una dosis de 50 ml. diluidos en 10 lts. de agua; el segundo se efectuó el 10 de mayo

en forma manual.

La metodología de selección usada en el experimento del primer ciclo (temprano), es una combinación del método masivo poblacional y los conceptos expuestos por Gardner sobre selección masal estratificada por rendimiento de grano de planta -- individual en la generación F_2 , contando la anterior metodología con los siguientes pasos:

a). Se estableció un lote de selección de 16 surcos F_2 y dos surcos de F_1 (estos dos últimos para estimar varianza ambiental), cuya longitud fue de 10 metros y con una separación de 75 cms.; la distancia aproximada entre plantas fue de 7 cms.

b). Se eliminaron los surcos F_2 de las orillas y los adyacentes a la F_1 , así mismo 50 cms. de cada cabecera quedando una población de 1500 plantas F_2 para seleccionar entre ellas.

c). Se estratificó el lote en 36 sublotes de 3 mts. cada uno y se seleccionaron visualmente todas las plantas con competencia completa de cada sublote las cuales previamente se habían marcado, (ver Fig. 2 en el Apéndice).

d). Se tomaron datos de rendimiento, seleccionando plantas más rendidoras y con mayor precocidad de cada sublote (siendo variable el número de plantas seleccionado en cada sublote), con las cuales se formó un masivo que permitió avanzar el material a la generación F_3 .

En el segundo ciclo de cultivo (tardío) se establecieron las poblaciones F_3 derivadas de los individuos seleccionados en

el ciclo anterior, continuando con el avance generacional, dicho material se sembró el 18 de agosto de 1976, realizándose la siembra manualmente con una densidad de 15 Kgs./Ha.

La distribución del experimento se observa en la Fig. 3 - del Apéndice.

El cultivo se desarrolló en el segundo ciclo (tardío) con aplicación de dos riegos (el primero el 21 de agosto y el segundo el 20 de octubre), cabe aclarar que el cultivo se vio muy favorecido por algunas precipitaciones, los deshierbes se efectuaron en forma química y manual, el primero fue haciendo una aplicación de herbicida hierbester en una proporción de 300 cc. por 100 litros de agua por hectárea el día 14 de octubre, el control anterior se complementó con un deshierbe manual hecho el día 16 de octubre y al mismo tiempo en esta fecha se realizó un aporque y desahije; las poblaciones de sorgo se vieron algo atacadas por gusano trozador (diversos géneros y especies, pero clasificados dentro de la familia Noctuidae la mayor parte de ellos), y al realizarse el desahije sólo se fueron dejando plantas que manifestaron resistencia al ataque, se hizo una aplicación de Lanate en una cantidad de 7.5 gr./15 lts. de agua para controlar dicha plaga, (16 de octubre).

La metodología usada en el experimento del segundo ciclo de cultivo (tardío) es una combinación del método masivo poblacional, la selección masal estratificada y visual, escogiendo plantas con porte bajo, con buena precocidad, con resistencia al acame y con competencia completa, contando lo anterior de los siguientes pasos:

a). Se estableció un lote de selección de 18 surcos F_3 y dos - surcos de F_1 (para estimar varianza ambiental), cuya longitud fue de 10 metros y con una separación de 75 cms.; la distancia aproximada entre plantas de 7 cms.

b). Para llevar a cabo la selección se eliminaron los dos surcos F_3 de las orillas, los dos surcos adyacentes a la población F_1 respectiva de cada población F_3 y así mismo 50 cms. de las cabeceras de cada surco, quedando una población aproximada de 1800 plantas F_3 para seleccionar entre ellas.

c). El lote útil de cada población (14 surcos útiles) se estratificó en 42 sublotes, siendo de un surco de tres metros cada uno (ver Fig. 4 en el Apéndice). En cada sublote se seleccionaron visualmente cinco plantas con competencia completa resistentes al acame, buena precocidad, porte bajo, etc.

En la etapa de madurez sexual se llevó a cabo la toma de datos de las características agronómicas siguientes:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1.- Altura de planta (cm.) | 5.- Número de hojas totales |
| 2.- Excerción (cm.) | 6.- Largo de hoja bandera (cm.) |
| 3.- Longitud de panoja (cm.) | 7.- Ancho de hoja bandera (cm.) |
| 4.- Ancho de panoja (cm.) | 8.- Perímetro del tallo (cm.) |
| 9.- Rendimiento de grano por planta. | |

Aclarando que la característica de rendimiento fue tomada a la madurez comercial.

Las mediciones fueron hechas con aproximación a centímetros en altura de planta, y en milímetros en las característi-

cas restantes excepto en número de hojas y rendimiento, se obtuvieron mediciones de las nueve características agronómicas - para 210 plantas de cada población (6 poblaciones F3).

Cabe aclarar que las condiciones ambientales en la última etapa de desarrollo fueron muy variables, pues se presentaron lluvias abundantes y bajas temperaturas, lo que ocasionó que el ciclo vegetativo se alargara y los rendimientos por planta fueron sumamente bajos.

Cabe mencionar que hubo daños al grano por el frío y exceso de humedad pero fueron relativamente bajos, además también se reportó daño de pájaro, el cual hubo de tomar en cuenta plantas dañadas que estaban seleccionadas previamente; a estas plantas seleccionadas se les estimó el por ciento de daño de pájaro, posteriormente se ajustó el valor obtenido de la balanza con el por ciento de daño de pájaro, para así tener el rendimiento individual ajustado por dicho daño de las plantas previamente seleccionadas.

Métodos estadísticos.

Estimación de la media, varianza fenotípica, varianza genética y varianza ecológica.

En la estimación de la media, se sumaron cada uno de los valores dados por planta o individuo seleccionado en cada característica agronómica, dicha suma se dividió entre el número total de plantas o individuos seleccionados y se da por la siguiente ecuación:

Donde:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

\bar{X} = Media de los individuos seleccionados

X_i = Valor numérico dado de un individuo -
de una variable X.

n = Número de elementos en la muestra u -
observaciones.

La varianza fenotípica, se estimó usando la ecuación:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}{n}}{n - 1}$$

Para la estimación de la varianza genética se utilizó la ecuación:

$$\hat{\sigma}_G^2 = \hat{\sigma}_F^2 - \hat{\sigma}_E^2$$

Donde:

$\hat{\sigma}_G^2$ = Varianza genética estimada

$\hat{\sigma}_F^2$ = Varianza fenotípica estimada

$\hat{\sigma}_E^2$ = Varianza ecológica estimada

En el desarrollo de la fórmula anterior es necesario obtener el valor de varianza ecológica ($\hat{\sigma}_E^2$), el cual en el primer ciclo se obtuvo aplicando la ecuación de varianza antes mencionada sobre los valores obtenidos en las poblaciones F_1 sembradas en forma simultanea con las F_2 (híbridos F_1 sembrados en dos surcos intermedios dentro de cada lote de poblaciones F_2 ,

ver Fig. 1 en el Apéndice). Las F_1 utilizadas se explicaron - en el tema de material genético.

La varianza ecológica en el segundo ciclo se obtuvo aplicando la fórmula de varianza sobre valores obtenidos en las poblaciones F_1 (Funk's-G-522) sembradas en forma simultanea con las F_3 (híbrido F_1 sembrado en dos surcos intermedios dentro de cada lote de poblaciones F_3 , ver Fig. 3 del Apéndice), en este ciclo solo se usó semilla del híbrido F_1 Funk's-G-522 para obtener la varianza ecológica.

Comparación de medias.

La comparación de medias se realizó utilizando la significación de las diferencias entre poblaciones; mediante la prueba de mínima diferencia significativa (M.D.S.).

En cada comparación se probó la hipótesis:

$$H_0: \mu_i = \mu_j ; \text{ vs } H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

Donde: μ es la media de la población

El estadístico de prueba se determina por la siguiente ecuación:

$$t_c = \frac{D}{E.T.D.}$$

Donde:

t_c = Valor calculado de t

D = Diferencia entre medias

E.T.D. = Error típico de la diferencia entre medias.

Siendo el criterio de prueba;

$|t_c| < t$ de tablas entonces se acepta $H_0: \mu_i = \mu_j$

$|t_c| > t$ de tablas entonces se rechaza $H_0: \mu_i = \mu_j$

La estimación de la E.T.D. se hizo utilizando la siguiente ecuación:

$$E.T.D. = \sqrt{\frac{Ve_{(1)}}{K_{(1)}} + \frac{Ve_{(2)}}{K_{(2)}}}$$

Donde:

$Ve_{(1)}$ = Varianza del error de la población 1 (varianza fenotípica).

$Ve_{(2)}$ = Varianza del error de la población 2 (varianza fenotípica).

$K_{(1)}$ = Número de observaciones para la población 1

$K_{(2)}$ = Número de observaciones para la población 2.

La comparación entre medias se realizó para todas las características agronómicas medidas en los dos ciclos.

Estimación de la heredabilidad.

La heredabilidad fue estimada en sentido amplio, de acuerdo a la ecuación:

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} \times 100$$

Donde:

σ_G^2 = Varianza genética

σ_F^2 = Varianza fenotípica.

La estimación fue hecha para ambos ciclos de selección y sobre todas las características agronómicas bajo medición.

Estimación de la respuesta a la selección.

En el primer ciclo (poblaciones F₂) la estimación de la respuesta a la selección para la característica agronómica de rendimiento se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$R = i H^2 \hat{\sigma}_F$$

Donde:

R = Respuesta a la selección

i = Intensidad de selección

H² = Heredabilidad en sentido amplio

$\hat{\sigma}_F$ = Desviación estandar fenotípica --
entre plantas.

La intensidad de selección se obtuvo de la Fig. 5 del Apéndice, relacionando la presión de selección (12%) contra la curva ∞ (infinito) para las poblaciones; obteniéndose así un valor de i de 1.70.

La predicción de la respuesta a la selección se realizó en el 1er. ciclo en base a una presión de selección (p) de 12% sobre las 1500 plantas de cada población (siendo variable el número de plantas seleccionadas en cada población, pero se estandarizó al 12% de presión de selección por encontrarse muy aproximadas o dentro de ese porcentaje).

Cabe aclarar que aparte del criterio anterior de predicción de respuesta a la selección, se utilizó un segundo criterio para predecirla, consistiendo en la aplicación de la ecuación de respuesta relativa a la selección; expresándose el valor obtenido en por ciento, siendo su ecuación la siguiente:

$$R_r = \frac{i H^2 \hat{\sigma}_F}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

R_r = Respuesta relativa a la selección

i = Intensidad de selección

H^2 = Heredabilidad en sentido amplio

$\hat{\sigma}_F$ = Desviación estandar fenotípica entre plantas

\bar{X} = Media de la población

En el segundo ciclo de selección (poblaciones F_3), la estimación de la respuesta a la selección se realizó para las --nueve características agronómicas ya mencionadas, aplicandose la misma ecuación utilizada para procesar los valores obtenidos en el ciclo anterior, en este ciclo la intensidad de selección se obtuvo de la Fig. 5 del Apéndice, utilizando la presión de selección (11.5%) contra la curva de infinito (∞) para las 6 poblaciones; obteniéndose así un valor de i de 1.72.

La predicción de la respuesta a la selección se realizó -- en el 2do. ciclo en base a una presión de selección de 11.5% -- sobre las 1800 plantas de cada población, dentro de las cuales

se aplicó dicha selección (siendo 210 plantas las seleccionadas en cada población por lo que se consideró el 11.5% de presión de selección), también se utilizó el segundo criterio, o sea - la respuesta relativa a la selección (sobre las nueve características agronómicas) aplicándose la ecuación ya explicada para el primer ciclo.

Para poder establecer una diferencia más marcada entre los criterios de respuesta a la selección al primero se le denominó respuesta absoluta a la selección y al segundo respuesta -- relativa a la selección.

Cabe señalar que ambas respuestas a la selección están sobrestimadas debido a que la heredabilidad utilizada en la - - ecuación, fue estimada en sentido amplio (por no contar con la estimación de la varianza aditiva).

Ya concluidos los resultados de ambos ciclos continuos de selección (F_2 y F_3), se realizó una comparación entre ambos tipos de poblaciones para la característica de rendimiento, sobre todos los parámetros mencionados estimados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo con los resultados obtenidos del primer ciclo de cultivo se realizó la comparación de las poblaciones F_2 por medio de la estimación de los siguientes parámetros: Media, varianza fenotípica, varianza genética, heredabilidad, respuesta absoluta a la selección y respuesta relativa a la selección únicamente para la variable de rendimiento.

En el segundo ciclo de cultivo se realizó una comparación de las poblaciones F_3 (obtenidas como progenie del ciclo anterior) por medio de la estimación de los parámetros antes mencionados para las nueve características ya explicadas en el capítulo de Materiales y Métodos.

Así mismo, en este estudio se hace una comparación de las poblaciones F_2 vs. F_3 en base a los parámetros de varianza genética, heredabilidad, respuesta absoluta a la selección y respuesta relativa a la selección, solo para la característica -- agronómica de rendimiento.

Comparación de poblaciones F_2 .

Medias (\bar{X})

Las medias de las poblaciones bajo estudio se muestran en el Cuadro 1 del Apéndice.

La población que presentó mayor media fue la 3 (Tepehua) con un valor de 34.60 gr., siendo estadísticamente igual a las poblaciones 1 y 6 a ambos niveles de significancia.

Varianzas fenotípicas (σ^2_F)

Las varianzas estimadas se presentan en el Cuadro 2 del Apéndice apreciándose que el valor más alto lo presenta también la población 3 (Tepehua) con 390.35, siguiéndole la población 6 (Olmeca) con 282.92.

Varianzas genéticas (σ^2_G)

Los resultados obtenidos se relatan en el Cuadro 2 del Apéndice donde la población F_2 que obtiene mayor valor es la 3 (Tepehua) con un valor de 209.94, siguiéndole por orden de importancia las poblaciones F_2 número 1, 4, 6, 5 y 2.

Las estimaciones de las varianzas ecológicas que sirvieron como base para la estimación de varianzas genéticas, se observan en el Cuadro 9 del Apéndice.

Heredabilidad (H^2).

Las estimas de heredabilidad obtenidas, se presentan en el Cuadro 2 del Apéndice, donde se aprecia que el valor mayor lo presenta la población 3 (Tepehua) con un valor de 53.78%, siguiendo en orden de importancia las poblaciones 1, 4, 6, 5 y 2 respectivamente.

Respuesta absoluta a la selección (R).

Los valores de respuesta absoluta a la selección obtenidos se presentan en el Cuadro 2 del Apéndice, donde la población de mayor valor es la 3 (Tepehua), con un valor de 18.06, siguiéndole en orden de importancia las poblaciones 1, 4, 6, 5 y 2.

Respuesta relativa a la selección (Rr).

Los valores de respuesta relativa a la selección se presentan en el Cuadro 2 del Apéndice, donde se aprecia que el valor mayor lo presenta la población 3 (Tepehua), siendo dicho valor de 52.21%, siguiéndole en el mismo orden de importancia que para los valores de respuesta absoluta a la selección el resto de las poblaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes parámetros mencionados se considera que la población F2 Tepehua fue la que obtuvo mayor rendimiento seguida por la Pionner 8417, resultando ambas con valores mayores también en el resto de los parámetros, a excepción de σ^2 fenotípica en el caso de Pionner 8417, ya que dicho parámetro quedó en cuarto lugar, en el resto de parámetros siempre se observa en segundo lugar.

Estos resultados tienden a dar una predicción de que los materiales antes mencionados son valiosos por su alta variabilidad, siendo de utilidad practicar sobre ellos selección, no se consideró conveniente avanzar solamente el material que en este ciclo se consideró como superior, sino que se continuó con un segundo ciclo de selección, con la progenie seleccionada de las seis poblaciones F3 (es F3 por el avance generacional conseguido) y así poder concluir de qué poblaciones se podrá conseguir mayor avance por selección, pudiendo llegar a obtener líneas con buenas características agronómicas.

Cabe mencionar que Ramírez C.H. (14) presenta un experimento similar, también con seis poblaciones F2 (diferentes a -

las del actual experimento), donde se trabajó con diez características agronómicas y con un ciclo de selección, obteniendo en su mejor población un valor de media mayor en rendimiento, comparado con el mejor de este experimento, pero en el resto de los parámetros de la variable rendimiento los valores obtenidos son bastante bajos comparados con los de este trabajo, lo anterior tiene causa principal, a que se trabajó con menor variabilidad genética en el experimento mencionado, quizás por que no se manifestaron los suficientes materiales segregantes y porque el medio ambiente enmascaró demasiado dichas poblaciones presentándose bajos los valores de dichos parámetros.

Comparación de poblaciones F₃.

Medias (\bar{X}).

Las medias de las poblaciones se observan en el Cuadro 3 del Apéndice.

En el carácter de rendimiento la población 4 (T-E-Bird-A-Boo) presentó mayor valor siendo de 5.22 gr. siendo estadísticamente diferente a las otras F₃ a ambos niveles de significancia, siguiéndole por orden de importancia las poblaciones 1, 2, 6, 3 y 5.

Respecto a altura de planta se observa que las poblaciones 6 y 3 presentan mayor altura con un valor de 135.89 cm. y 134.97 cm., siguiéndoles por orden las poblaciones 5, 1, 2 y 4.

En el carácter de excursión la población 3 (Tepehua) con un valor de 18.96 cm. y la 6 fueron superiores a las poblacio-

nes 5, 1, 2 y 4.

En longitud de panoja la población superior fue la 4 con un valor de 18.73 cm. y es estadísticamente diferente al resto del material a ambos niveles de significancia, le siguen por orden de importancia las poblaciones 1, 3, 6, 5 y 2.

En el caracter ancho de panoja, la población con mayor valor fue la 4 con 5.33 cm. siendo estadísticamente diferente al resto de las poblaciones a ambos niveles de significancia; le siguen por orden de importancia las poblaciones 1, 6, 2, 3 y 5 respectivamente.

Respecto a el largo de hoja bandera, la población superior fue la 4 con un valor de 25.57 cm. siendo estadísticamente diferente al resto de poblaciones a un nivel de significancia α 0.05, le siguen por orden de importancia las números 6, 5, 1, 3 y 2.

En el caracter ancho de hoja bandera, fue superior la población 1 (Pionner 8417) con un valor de 3.14 cm. siendo estadísticamente igual al resto de las poblaciones a ambos niveles de significancia, le siguen por orden de importancia las poblaciones 6, 5, 3, 2 y 4.

Respecto al número de hojas totales la población superior fue la 5 (Pionner 866) con un valor de 7.40 y es estadísticamente igual a las poblaciones 6, 3 y 2 a ambos niveles de significancia, siguiéndole en ese mismo orden de importancia las F_3 mencionadas además de la 1 y 4.

En cuanto al caracter de perímetro del tallo el mayor valor fue el de la población 1 con 3.00 cm. y es estadísticamente igual a las poblaciones 5, 4 y 2 a ambos niveles de significancia, siguiéndole en ese mismo orden de importancia las poblaciones mencionadas además de la 3 y 6 respectivamente.

Varianzas fenotípicas (σ_F^2)

Estos resultados se presentan en el Cuadro 4 del apéndice y se explican a continuación.

Para el caracter de rendimiento la población más sobresaliente fue la 4 con un valor de 9.35, seguida por la 1, 6, 5, 2 y 3 respectivamente.

Respecto a la altura de planta la población 5 fue la que presentó mayor valor con 606.69, seguida en orden de importancia por las poblaciones 6, 1, 3, 2 y 4.

En el caracter de excursión el mayor valor lo presentó la población 3 con 29.19 siguiéndola por orden de importancia -- las poblaciones 1, 2, 6, 5 y 4 respectivamente.

Respecto a longitud de panoja la población que presentó mayor valor es la 4 con 14.10, siguiéndole por orden de importancia las poblaciones 5, 1, 3, 6 y 2.

En el caracter ancho de panoja la población superior fue la 1 con un valor de 3.74, seguida de las poblaciones 6, 4, 2, 3 y 5.

En cuanto a largo de hoja bandera la población superior fue la 1 con un valor de 60.05, seguida de las poblaciones 4,

5, 6, 2 y 3.

En el caracter ancho de hoja bandera la población más sobresaliente fue la 4 con un valor de 0.85, seguida de las poblaciones 1, 5, 2, 6 y 3.

En cuanto a número de hojas totales la población mayor fue la 6 con un valor de 1.14, seguida por orden de importancia de las poblaciones 2, 1, 5, 3 y 4.

Por último para el caracter de perímetro del tallo la población más sobresaliente fue la 4 con valor de 0.81, seguida por las poblaciones 1, 2, 5, 6 y 3.

Varianzas genéticas (σ^2_G).

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 5 del Apéndice y se describen brevemente a continuación:

En el caracter de rendimiento la población que obtuvo el mayor valor fue la 4 con 8.77 seguida por las poblaciones 1, 6, 5, 2 y 3 respectivamente.

Para el caracter altura de planta la población mayor fue la 5 con un valor de 526.47, seguida en orden de importancia por las poblaciones 6, 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Por lo que respecta a excursión la población más sobresaliente fue la 3 con un valor de 19.66 seguida por las poblaciones 1, 5, 4, 2 y 6.

En el caracter longitud de panoja la población superior fue la 4 con un valor de 6.34, siguiéndole en orden de importan

cia la 5, 6, 3, 2 y 1.

En cuanto a ancho de panoja la población mayor fue la 4 -- con un valor de 2.52, siguiéndole en orden de importancia las poblaciones 1, 6, 3, 5 y 2.

En el caracter largo de hoja bandera la población más sobresaliente fue la 5 con un valor de 20.28, siguiéndole en orden de importancia las poblaciones 4, 1, 2, 6 y 3 respectivamente.

En el caracter ancho de hoja bandera la población mayor -- fue la 4 con un valor de 0.48, seguida por las poblaciones 1, 5, 3, 2 y 6.

En cuanto a número de hojas totales la población superior fue la 6 con un valor de 0.66, seguida por las poblaciones 5, 2, 3, 1 y 4.

En el caracter de perímetro del tallo la población más sobresaliente fue la 4 con un valor de 0.64, seguida por las poblaciones 1, 5, 2, 6 y 3 respectivamente.

Las varianzas ecológicas que sirvieron como base para la estimación de las varianzas genéticas (2do. ciclo), se observaron en el Cuadro 10 del Apéndice, siendo estimadas para las nueve características agronómicas en estudio.

Heredabilidad (H^2).

En el Cuadro 6 del Apéndice se pueden observar estos resultados y se explican a continuación:

Para el caracter de rendimiento la población 4 fue la más sobresaliente, presentando un valor de 93.78, seguida por la -- población 1 y así respectivamente de la 5, 6, 2 y 3.

Respecto al caracter altura de planta la población mayor - fue la 6 con un valor de 87.21, seguida por las poblaciones 4,5, 1, 2 y 3 respectivamente.

En el caracter de excersión la población más sobresaliente fue la 3 con un valor de 67.36, seguida en orden de importancia por las poblaciones 1, 4, 5, 2 y 6

Respecto al caracter de longitud de panoja la población -- más sobresaliente fue la 5 con un valor de 45.33, seguida por - las poblaciones 4, 6, 3, 2 y 1 respectivamente.

En el caracter ancho de panoja la población superior fue - la 4 con un valor de 84.28, seguida por las poblaciones 1, 3, 6, 5 y 2 respectivamente.

En cuanto al caracter largo de hoja bandera la población - que fue la mayor es la 5 con un valor de 48.00, seguida por las poblaciones 4, 1, 2, 6 y 3.

Respecto al caracter ancho de hoja bandera la población -- que fue la mayor es la 4 con un valor de 56.89, seguida en or-- den de importancia por las poblaciones 5, 1, 3, 2 y 6.

En cuanto al caracter número de hojas totales la población que fue la más sobresaliente es la 5 con un valor de 60.91, seguida en orden de importancia por las poblaciones 6, 2, 3, 4 y 1 respectivamente.

En el caracter perímetro del tallo la población que fue la más sobresaliente es la 4 con un valor de 79.23, siguiéndole en orden de importancia las poblaciones 5, 1, 2, 6 y 3 respectivamente.

Respuesta absoluta a la selección (R).

En el Cuadro 7 del Apéndice se pueden observar estos resultados y se explican a continuación:

Para el caracter de rendimiento la población 4 fue la mayor con un valor de 4.93, siguiéndole por orden de importancia las poblaciones 1, 6, 5, 2 y 3.

En el caracter de altura de planta la población que fue -- más sobresaliente es la 5 con un valor de 36.76, seguida por -- orden de importancia por las poblaciones 1, 6, 2, 3 y 4.

Respecto al caracter de excersión la población que presentó el mayor valor es la 3 con un valor de 6.26, seguida por la 1, 4, 5, 2 y 6 respectivamente.

En cuanto al caracter longitud de panoja la población más sobresaliente fue la 4 con un valor de 2.90, seguida por la 5, 6, 3, 2 y 1 respectivamente.

En el caracter ancho de panoja la población más sobresaliente fue la 4 con un valor de 2.51, seguida por las poblaciones 1, 6, 3, 5 y 2.

Respecto a el caracter largo de hoja bandera la población mayor fue la 5 con un valor de 5.36, seguida por las poblacio--

nes 4, 1, 2, 6 y 3 respectivamente.

En el caracter ancho de hoja bandera la población mayor -- fue la 4 con un valor de 0.90, seguida por las poblaciones 1, 5, 3, 2 y 6.

En cuanto al caracter número de hojas totales la población más sobresaliente fue la 4 con un valor de 1.06, seguida en orden de importancia de las poblaciones 5, 2, 3, 4 y 1.

En el caracter perímetro del tallo la población mayor fue la 4 con un valor de 1.23, seguida en orden de importancia por las poblaciones 1, 5, 2, 6 y 3.

Respuesta relativa a la selección (Rr).

En el Cuadro 8 del Apéndice se pueden observar estos resultados, son explicados a continuación.

Para el caracter de rendimiento la población más sobresa--liente fue la 1 con un valor de 108.87, le siguen por orden de importancia las poblaciones 5, 6, 4, 2 y 3.

En el caracter de altura de planta la población más sobre--saliente fue la 5 con un valor de 31.67, le siguen por orden de importancia las poblaciones 1, 4, 2, 6 y 3 respectivamente.

Respecto a excersión la población que presentó el mayor valor fue la 3 con un valor de 33.00, seguida en orden de importancia por las poblaciones 4, 1, 2, 5 y 6.

En el caracter de longitud de panoja la población más so--

bresaliente fue la 5 con un valor de 17.26, seguida en orden de importancia por las poblaciones 4, 6, 3, 2 y 1.

En cuanto a ancho de panoja la población más sobresaliente fue la 1 con un valor de 47.90, seguida en orden de importancia por las poblaciones 4, 6, 3, 5 y 2.

En el caracter de largo de hoja bandera la población mayor fue la 5 con un valor de 22.77, seguida en orden de importancia por las poblaciones 4, 1, 2, 6 y 3.

Respecto al caracter ancho de hoja bandera la población -- que fue mayor es la 4 con un valor de 30.07, seguida por las poblaciones 1, 5, 3, 2 y 6.

En cuanto al caracter de número de hojas totales la población mayor fue la 6 con un valor de 14.55, seguida en orden de importancia por las poblaciones 5, 2, 4, 3 y 1 respectivamente.

En el caracter de perímetro del tallo la población más sobresaliente fue la 4 con un valor de 41.30, seguida en orden de importancia por las poblaciones 1, 2, 5, 6 y 3.

Los criterios utilizados para seleccionar la mejor población tanto en respuesta relativa a la selección, así como en -- respuesta absoluta a la selección fueron las siguientes:

- 1.- Considerar como poblaciones superiores aquellas que presenten buena respuesta relativa en cuando menos tres caracteres además del rendimiento.
- 2.- Considerar como poblaciones superiores aquellas que presen-

ten buena respuesta absoluta a la selección cuando menos en tres caracteres además del rendimiento.

3.- Considerar como poblaciones superiores a aquellas que presenten buena respuesta relativa por rendimiento.

4.- Considerar como poblaciones superiores a aquellas que presenten buena respuesta absoluta para rendimiento.

Estos criterios fueron utilizados de una manera similar -- por Romero H. L. (15) pero para selección familiar en poblaciones F_2 , dando valores más bajos comparados con este experimento.

En este segundo ciclo de cultivo (tardío) el objetivo de trabajar con nueve características agronómicas (en comparación con el anterior que solo se trabajó con rendimiento) es aumentar la efectividad de las predicciones sobre cual de las seis poblaciones en estudio dará mayores avances, con características agronómicas óptimas para explotación comercial.

Observando los resultados anteriormente enunciados para cada uno de los parámetros, a continuación se discute lo siguiente:

Medias..- Respecto a este parámetro la población más sobresaliente fue la 4 (T-E-Bird-A-Boo), ya que tuvo los valores más altos en las características agronómicas de rendimiento, longitud de panoja, ancho de panoja, largo de hoja bandera, siendo de observar que en la característica altura de planta fue la que obtuvo menor valor, siendo raro este comportamiento pues en trabajos -- como el de Salas M.C. (17) que también trabajó con este cultivo

reporta que existe una correlación positiva entre altura de planta y peso de grano, lo anterior se puede explicar porque en este experimento se seleccionó exclusivamente plantas de porte bajo, aunque existieran plantas más rendidoras de porte alto.

La población que se sitúa en segundo lugar, en los resultados obtenidos con este parámetro es la número 1 (Pionner 8417) ya que tuvo los valores más altos en las características de ancho de hoja bandera y perímetro del tallo y tienen valores en segundo término para las características de rendimiento, longitud de panoja y ancho de panoja, existiendo el trabajo experimental de Zavala G. F. (22) que lo presenta como el más rendidor, pero en la región de General Terán, N.L.

Varianzas fenotípicas.- Aquí la población más sobre saliente fue la 4 (T-E-Bird-A-Boo), pues se obtuvieron de ella los valores mayores para las características de rendimiento, longitud de panoja, ancho de hoja bandera y perímetro del tallo.

La población que se situó en segundo lugar en los resultados obtenidos para este parámetro fue la número 1 (Pionner 8417) pues tuvo los valores más altos en las características de ancho de panoja, y largo de hoja bandera, tuvo valores en segundo término para las características de rendimiento, excersión, ancho de hoja bandera y perímetro del tallo. En cuanto a los valores de varianza genética se siguió notando la superioridad de la población 4 (T-E-Bird-A-Boo) pues tuvo los valores mayores para la característica de rendimiento, longitud de panoja, ancho de hoja bandera y perímetro del tallo, siguiéndole en orden de importancia la población 1 (Pionner 8417) que obtuvo valores colo

cados en segundo término en las características de rendimiento, excersión, ancho de panoja, ancho de hoja bandera y perímetro - del tallo; existe un trabajo similar de Romero H.L. (15) donde se obtuvieron valores de varianza genética pero para 47 familias F_2 de sorgo, las mediciones se hicieron también para características agronómicas, (siendo las mismas características medias en este experimento) y su objetivo era hacer una predicción de - - cuál o cuáles serán las familias que aportarán los mejores individuos en la formación de líneas. (se midieron también parámetros como media, heredabilidad, etc).

Haciendo una comparación de los valores obtenidos en el -- experimento anteriormente mencionado con el experimento en es-- tudio, son bastante diferentes , esto puede deberse a que en - uno son poblaciones F_2 y en el presente son F_3 .

Respecto a la heredabilidad continúa como la más sobresa-- liente la población 4 (T-E-Bird-A-Boo) pues se obtuvieron los - valores mayores para las características de rendimiento, ancho de panoja, ancho de hoja bandera y perímetro del tallo, además presentó valores en segundo término para las características de altura de planta, longitud de panoja, largo de hoja bandera; si guiéndole en orden de importancia la población 5 (Pionner 866) que presentó valores mayores para las características de longi-- tud de panoja, largo de hoja bandera y número de hojas totales, también tuvo valores en segundo término para las característi-- cas de ancho de hoja bandera y perímetro del tallo.

Las poblaciones antes mencionadas son las que tendrán mayor probabilidad de que los caracteres donde sobresalen sean here--

dables en su progenie.

Ahora bien respecto a los valores de Respuesta absoluta a la selección siguió presentándose como más sobresaliente la población 4 (T-E-Bird-A-Boo) pues se obtuvieron los mayores valores para las características de rendimiento, longitud de panoja, ancho de panoja, ancho de hoja bandera y perímetro del tallo; siguiéndole en orden de importancia la población 1 (Pionner 8417) que presentó valores en segundo término para las características de rendimiento, altura de planta, excursión, ancho de panoja, ancho de hoja bandera, perímetro del tallo y -- por último la población que se colocó en tercer lugar fue la población 5 (Pionner 866), pues se obtuvieron valores más altos para las características de altura de planta y largo de hoja bandera, así como valores en segundo término para las características de longitud de panoja y número de hojas totales. En la designación de las mejores poblaciones para este parámetro se utilizaron los criterios ya mencionados antes de empezar la discusión.

Para la respuesta relativa a la selección la población -- más sobresaliente fue la 5 (Pionner 866) tomando como base el criterio de que tuvo valores mayores en tres características agronómicas tales como altura de planta, longitud de panoja y largo de hoja bandera; además presentó valores en segundo término para las características de rendimiento y número de hojas totales, las poblaciones que siguen en orden de importancia -- son la 1 (Pionner 8417) y la 4 (T-E-Bird-A-Boo), la población 1 presentó los valores mayores en las características de rendimiento y ancho de panoja y valores en segundo término en las --

características de altura de planta, ancho de hoja bandera y -
perímetro del tallo; mientras que la población 4 presenta los -
mayores valores para las características de ancho de hoja ban-
dera y perímetro del tallo; valores en segundo término para --
excursión, longitud de panoja, ancho de panoja y largo de hoja
bandera.

También en este parámetro anteriormente explicado se uti-
lizaron los criterios enunciados antes de empezar la presente
discusión.

Comparación de las poblaciones F2 vs F3 para la característica
agronómica de rendimiento.

Varianza genética (σ^2_G)

Se observaron en el Cuadro 11 las comparaciones de pobla-
ciones F2 vs F3, las poblaciones F2 presentaron valores mayo--
res que las poblaciones F3, a excepción de la F2 Pionner 845 -
donde esto no se cumple, es probable que los valores tan bajos
obtenidos en el segundo ciclo sean consecuencia de haber apli-
cado una presión de selección fuerte que dio como resultado po-
ca variabilidad, además las condiciones climáticas fueron bas-
tante adversas y variables para el cultivo, lo que pudo ocasio-
nar que los valores de varianzas ecológicas aumentaran influen-
ciando más a la varianza fenotípica, afectando la manifestación
de la varianza genética.

Heredabilidad (H^2).

En este parámetro las comparaciones también se observan en

el Cuadro 11, donde aparecen los valores de las poblaciones F_3 mayores que en las F_2 para las seis poblaciones, la causa de lo anterior puede ser que las F_2 en el primer ciclo de cultivo - - (temprano) se vieron bastante influenciadas por una mayor varianza fenotípica la que a su vez tuvo altos valores de su componente ambiental (varianza ecológica) dicha componente principalmente de condiciones edáficas, ya que las condiciones climáticas fueron bastante favorables y constantes en dicho primer ciclo de cultivo.

Estos resultados de comparación son extraños pues lo más lógico era que si tenían altos valores de varianza genética en F_2 , hubiera altos valores de heredabilidad en comparación con las poblaciones F_3 que tienen valores bajos de varianza genética.

Considerándose altamente heredable el caracter rendimiento para las poblaciones F_2 Tepehua y Pionner 8417 en el primer ciclo; y en las poblaciones F_3 T-E-Bird-A-Boo y Pionner 8417 en el segundo ciclo de cultivo.

Por lo que si en una progenie la variación debida al ambiente es grande comparada con las variaciones hereditarias, la heredabilidad será bastante afectada, siendo baja; en caso contrario la heredabilidad sería alta.

Respuesta absoluta a la selección (R).

Observando los valores obtenidos para este parámetro en el Cuadro 11, los mayores valores se presentaron en las poblaciones F_3 comparandolas con las poblaciones F_2 a excepción de las

poblaciones Pionner 8417 y Tepehua donde los valores obtenidos son mayores en el primer ciclo de cultivo.

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos en el primer ciclo los valores más altos son los de Tepehua y Pionner -- 8417 (F₂) esperando que los mayores avances por selección serían para estas poblaciones, pero en el segundo ciclo solo respondió a estas predicciones el Pionner 8417, pues el Tepehua bajó en forma exagerada su rendimiento, la consecuencia de lo anterior puede atribuirse a que dicha población al tener plantas de porte alto no coincidió con el criterio de selección, que recomienda seleccionar plantas de porte bajo y al existir muchísima relación entre altura de planta y alto rendimiento ocasionó la reducción del rendimiento de la mencionada población. En el segundo ciclo de cultivo los mayores son los de T-E-Bird-A-Boo y Pionner 8417 siendo en dichas poblaciones F₃ donde, se espera contar con los mayores avances por selección.

Deberá de tomarse muy en cuenta el comportamiento del Pionner 8417 que en ambos ciclos de cultivo se manifiesta en segundo lugar manteniéndose constante en la predicción de avance por selección.

Respuesta relativa a la selección (Rr).

En el Cuadro 11 aparecen en forma comparativa los valores obtenidos en las poblaciones F₂ y F₃, donde se puede apreciar que los valores de F₃ para las seis poblaciones son mayores -- que las F₂ del ciclo anterior, analizando cada ciclo se observa similitud con lo observado en el parámetro anterior; en el

primer ciclo los valores más altos los presentó Tepehua seguida por Pionner 8417 estando ambos muy por encima del resto de poblaciones F₂ esperando que los mayores avances por selección serían para ambas poblaciones, pero en el segundo ciclo de cultivo el que respondió a esta predicción fue Pionner 8417, apareció además con buenos resultados el T-E-Bird-A-Boo (en rendimiento), esperando los mayores avances por selección pues en este segundo ciclo tiene los más altos valores, seguido por el Pionner 866 y T-E-Bird-A-Boo.

Se considera que mostrarán un avance generacional positivo principalmente las poblaciones Pionner 8417 y T-E-Bird-A-Boo, - cabe aclarar que es de observarse que Tepehua obtuvo valores -- muy similares en ambos ciclos de cultivo para el presente parámetro, pero apreciando que el valor obtenido en el segundo ciclo de dicha población es el menor comparado con el resto de poblaciones F₃ .

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando como base los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir y recomendar lo siguiente:

- 1.- De las poblaciones F_2 estudiadas en el primer ciclo de cultivo (temprano) las que resultaron tener los valores de media en rendimiento mayores son Tepehua y Pionner 8417, considerándose las poblaciones más valiosas para efectuar avance por selección, ya que también son las mayores para el resto de los parámetros medidos en dicho ciclo de selección..
- 2.- De las poblaciones F_3 estudiadas en el segundo ciclo de cultivo la población superior en valores de media (\bar{X}) es T-E-Bird-A-Boo; seguida por la Pionner 8417.
- 3.- De acuerdo a la prueba de "t" (D.M.S.) las poblaciones F_3 son estadísticamente diferentes en sus medias a la población T-E-Bird-A-Boo, siendo todo lo anterior solo para la característica de rendimiento.
- 4.- Las poblaciones F_3 T-E-Bird-A-Boo, Pionner 8417 y Pionner 866 (desglosadas por orden de importancia) son las más valiosas para efectuar avances por selección, pues tienen altos valores en la mayoría de las nueve características agronómicas para los parámetros de varianza fenotípica, varianza genética y heredabilidad, lo cual tiende a predecir que las mejores líneas agronómicas serán obtenidas de las poblaciones mencionadas al generar el avance generacional.

- 5.- La población F₃ más valiosa según los resultados de estimación de respuesta absoluta a la selección es T-E-Bird-A-Boo pues obtuvieron altos valores para la mayor parte de sus características, siguiéndole en orden de importancia la Pioneer 8417, esto se concluye en base a los criterios expuestos para selección de las mejores poblaciones.
- 6.- La población F₃ más valiosa según los resultados de estimación de respuesta relativa a la selección es la Pioneer 866 pues se obtienen los valores mayores para casi todas sus características, esto se concluye en base a los criterios expuestos para hacer selección de las mejores poblaciones.
- 7.- Al comparar ambos ciclos de cultivo respecto a rendimiento la F₂ Tepehua se vio muy afectada al seleccionar plantas de porte bajo, ya que era una población que se encontraba integrada por plantas de porte alto y dicha característica está muy relacionada con alto rendimiento, por lo que al efectuar la selección de esa manera se vio reducido el rendimiento de dicha población en F₃.
- 8.- En este experimento se comprobó que si en una progenie la variación debida al ambiente es grande comparada con las variaciones hereditarias, la heredabilidad será muy afectada siendo esta baja.
- 9.- Se recomienda avanzar todas las poblaciones hasta F₆ y así poder comprobar la veracidad de las predicciones hechas en el presente estudio.

10.- Para una predicción más precisa de respuesta a la selección (absoluta y relativa), es más conveniente y recomendable usar la ecuación de heredabilidad en sentido estricto.

R E S U M E N

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma - de Nuevo León, ubicado en el municipio de General Escobedo, N.L. durante dos ciclos de cultivo continuos, siendo estos el temprano y tardío de 1976.

Consistió en realizar una estimación y comparación de parámetros genéticos tales como: Media, varianza fenotípica, varianza genética, heredabilidad, respuesta relativa a la selección y respuesta absoluta a la selección, en poblaciones segregantes - F_2 y F_3 de sorgo. La metodología de selección usada en el experimento del primer ciclo de cultivo (temprano), es una combinación del método masivo poblacional y los conceptos expuestos -- por Gardner sobre selección masal estratificada por rendimiento de grano de planta individual en la generación F_2 ; mientras que la metodología utilizada en el segundo ciclo de cultivo (tardío) fue aplicada sobre las poblaciones F_3 obtenidas como progenie - del ciclo anterior y consistió en una combinación del método masivo poblacional, la selección masal estratificada y visual, midiendo nueve características agronómicas tales como:

- 1.- Altura de planta (cm.)
- 2.- Excursión (cm.)
- 3.- Longitud de panoja (cm.)
- 4.- Ancho de panoja (cm.)
- 5.- Número de hojas totales
- 6.- Largo de hoja bandera (cm.)
- 7.- Ancho de hoja bandera (cm.)
- 8.- Perímetro del tallo (cm.)
- 9.- Rendimiento de grano por planta

El presente trabajo sirvió para predecir de que poblaciones F_2 y F_3 se esperará mayor avance por selección, siendo utilizados varios criterios para seleccionar la mejor población -- tanto en respuesta relativa a la selección, así como en respuesta absoluta a la selección siendo los siguientes:

- 1.- Considerar como poblaciones superiores aquellas que presenten buena respuesta relativa en cuando menos tres caracteres -- además del rendimiento.
- 2.- Considerar como poblaciones superiores aquellas que presenten buena respuesta absoluta a la selección cuando menos en -- tres caracteres además del rendimiento.
- 3.- Considerar como poblaciones superiores a aquellas que presenten buena respuesta relativa por rendimiento.
- 4.- Considerar como poblaciones superiores a aquellas que presenten buena respuesta absoluta para rendimiento.

Concluyéndose que de las poblaciones F_2 estudiadas en el -- primer ciclo de cultivo (temprano), las más valiosas para efectuar avances por selección son Tepehua y Pionner 8417; y de las poblaciones F_3 estudiadas en el segundo ciclo de cultivo (tar-- dío) las que resultaron ser más valiosas para efectuar avance -- por selección fueron T-E-Bird-A-Boo, Pionner 8417 y Pionner 866.

Se recomienda avanzar todas las poblaciones hasta F_6 y así poder comprobar la veracidad de la predicciones hechas en el -- presente estudio.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Allard, R.W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 498 p.
- 2.- Angeles, A.H. 1968. Comentarios sobre la selección masal en el pasado y sus posibilidades en los programas actuales de mejoramiento de maíz. P.C.C.M.M. séptima reunión Tegucigalpa (Honduras).
- 3.- Brauer, O. 1973. Fitogenética aplicada. Editorial Limusa México. 518 p.
- 4.- Brewbaker, J.L. 1967. Genética agrícola. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México. 261 p.
- 5.- Elliot, F.C. 1964. Mejoramiento de plantas; citogenética. Compañía Editorial Continental, S.A., México. 474 p.
- 6.- Falconer, D.S. 1975. Introducción a la genética cuantitativa. Compañía Editorial Continental, S.A., México. 430 p.
- 7.- Little, Thomas M.y F. Jackson Hills. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas, México. 270 p.
- 8.- Loma, J.L. de la. 1966. Experimentación agrícola. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México. 493 p.
- 9.- Loma, J.L. de la. 1963. Genética general y aplicada. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México. 752 p.

- 10.- Mettler, L.E. y Thomas G. Gregg. 1972. Genética de las poblaciones y evolución. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México. 245 p.
- 11.- Molina, G.J. 1976. El método de selección masal visual estratificada. VI Congreso Nacional de Fitogenética, Monterrey, N.L. (México).
- 12.- Ostle, B. 1974. Estadística Aplicada. Editorial Limusa, México. 629 p.
- 13.- Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa, México. 453 p.
- 14.- Ramírez. C.H. 1977. Estudio de parámetros genéticos en poblaciones F₂ de sorgo, en Gral. Escobedo, N.L. ciclo primavera de 1976. Tesis sin publicar. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. 35 p.
- 15.- Romero H.L. 1977. Selección entre y dentro de 47 familias F₂ derivadas de híbridos comerciales de sorgo (Sorghum vulgare Pers.) Verano 1976. Tesis sin publicar. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. 97 p.
- 16.- Romo, C.E. 1976. Obtención de variedades de sorgo de polinización libre a partir de compuestos integrados con generaciones avanzadas de híbridos. VI Congreso Nacional de Fitogenética, Monterrey, N.L. (México).
- 17.- Salas M.C. 1979. Evaluación de 56 híbridos comerciales de sorgo grano (Sorghum vulgare) ciclo primavera 1977, Marín, N.L. Tesis sin publicar. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. 59 p.

- 18.- Stansfield, W.D. 1969. Genética; teoría y problemas. Mc
Graw - Hill Inc., U.S.A. 298 p.
- 19.- Valdez, L.C.G.S. 1975. Curso de Fitomejoramiento. Facul
tad de Agronomía, U.A.N.L., México.
- 20.- Wall, J.S. y William M. Ross. 1975. Producción y usos --
del sorgo. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, --
Argentina. 399 p.
- 21.- Williams, W. 1965. Principios de genética y mejora de --
las plantas. Editorial Acribia, España. 527 p.
- 22.- Zavala, G.F. 1977. Observación de 44 híbridos de sorgo -
(Sorghum vulgare Pers.) en General Terán, N.L. Influen
cia de caracteres morfológicos en el rendimiento del -
grano. Primavera de 1976. Tesis sin publicar. Facul
tad de Agronomía, U.A.N.L. 79 p.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Comparación de medias, para la característica de rendimiento, en seis poblaciones F₂ derivadas de híbridos comerciales de sorgo; Escobedo, N.L. ciclo temprano de 1976.

No.	F ₂ derivada del híbrido	Media \bar{X} (grs.)	α	0.05	0.01
3	Tepehua	34.60	a	a	a
1	Pionner 8417	32.84	a b	a b	a b
6	Olmecca	31.79	a b c	a b c	a b c
5	Pionner 866	29.80	b c d	a b c d	a b c d
4	T-E- Bird-A-Boo	27.90	d e	c d e	c d e
2	Pionner 845	23.17	f	f	f

NOTA: Medias con la misma letra no tienen D.M.S.

Cuadro 2. Varianzas fenotípicas, genéticas, heredabilidad, respuesta absoluta a la selección y respuesta relativa a la selección para la característica de rendimiento por planta en seis poblaciones F₂ derivadas de híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo temprano de 1976.

No. de F ₂	Varianza fenotípica	No. de F ₂	Varianza genética	No. de F ₂	Heredabilidad en sentido amplio	No. de F ₂	Respuesta relativa a la selección	No. de F ₂	Respuesta absoluta a la selección
3	390.35	3	209.94	3	53.78	3	52.21	3	18.06
6	282.92	1	91.79	1	42.83	1	32.45	1	10.66
5	263.77	4	28.89	4	18.85	4	14.22	4	3.97
1	214.32	6	25.80	6	9.12	6	8.21	6	2.61
2	164.16	5	8.16	5	3.09	5	2.86	5	0.85
4	153.26	2	1.81	2	1.10	2	1.03	2	0.24

Cuadro 3. Comparación de medias, para nueve características agronómicas medidas en 6 poblaciones F3 derivadas de híbridos comerciales de sorgo; Escobedo, N.L., ciclo tardío de 1976..

F3 No.	Rendimiento (gr)	α	0.05	0.01	F3 No.	Altura de planta (cm)	α	0.05	0.01
4	5.22	a	a	a	6	135.89	a	a	a
1	4.17	b	b	b	3	134.97	a b	a b	a b
2	3.54	c	c	c	5	116.07	c	c	c
6	3.38	c d	c	c	1	105.89	d	d	d
3	3.24	c d	c	c	2	103.05	e	e	e
5	3.05	d	c	c	4	96.43	f	f	f

F3 No.	Excursión (cm)	α	0.05	0.01	F3 No.	Longitud de panoja (cm)	α	0.05	0.01
3	18.96	a	a	a	4	18.73	a	a	a
6	18.46	a b	a b	a b	1	17.69	b	b	b
5	14.15	c	c	c	3	17.33	b c	b c	b c
1	12.67	d	d	d	6	16.70	c d	c d	c d
2	10.05	e	e	e	5	15.93	e	e	e
4	9.38	e	e	e	2	15.00	f	f	f

Cuadro 3. (Continuación)

F3 No.	Ancho de panoja (cm)	α 0.05	0.01	F3 No.	Largo de hoja bandera (cm)	α 0.05	0.01
4	5.33	a	a	4	25.57	a	a
1	4.65	b	b	6	24.19	b	a b
6	4.42	b c	b c	5	23.57	b c	b c
2	4.10	d	c d	1	23.31	b c d	b c d
3	4.03	d e	c d	3	23.25	b c d e	b c d e
5	3.83	e	d	2	21.40	f	f

F3 No.	Ancho de hoja bandera (cm)	α 0.05	0.01	F3 No.	Número de hojas totales	α 0.05	0.01
1	3.14	a	a	5	7.40	a	a
6	3.08	a	a	6	7.35	a b	a b
5	3.08	a	a	3	7.28	a b c	a b c
3	3.04	a	a	2	7.25	a b c d	a b c d
2	3.01	a	a	1	7.10	d e	b c d e
4	3.00	a	a	4	6.24	f	f

Cuadro 3. (Continuación)

F ₃ No.	Perímetro del tallo (cm)	α 0.05	α 0.01
1	3.00	a	a
5	2.99	a b	a b
4	2.97	a b c	a b c
2	2.88	a b c d	a b c d
3	2.78	d	d
6	2.77	d	d

Nota: Las medias unidas con la misma letra son iguales estadísticamente.

Cuadro 4. Varianzas fenotípicas para nueve características medidas en poblaciones F₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo, Escobedo, N.L. ciclo tardío de 1976.

No. 2 σ _F	Rendimiento	No. 2 σ _F	Altura de planta	No. 2 σ _F	Excursión	No. 2 σ _F	Longitud de panoja	No. 2 σ _F	Ancho de panoja
4	9.35	5	606.69	3	29.19	4	14.10	1	3.74
1	7.95	6	483.14	1	25.84	5	12.44	6	3.36
6	5.70	1	458.87	2	22.52	1	12.42	4	2.99
5	4.88	3	406.51	6	21.95	3	11.67	2	2.00
2	3.61	2	401.29	5	20.13	6	11.34	3	1.68
3	2.95	4	356.41	4	17.15	2	9.22	5	1.43

No. 2 σ _F	Largo de hoja ban- dera	No. 2 σ _F	Ancho de hoja ban- dera	No. 2 σ _F	Número de hojas to- tales	No. 2 σ _F	Perímetro del tallo
1	60.05	4	0.85	6	1.14	4	0.81
4	49.26	1	0.69	2	0.91	1	0.71
5	42.25	5	0.50	1	0.89	2	0.64
6	41.75	2	0.46	5	0.74	5	0.62
2	36.46	6	0.45	3	0.69	6	0.43
3	36.18	3	0.43	4	0.64	3	0.32

Cuadro 5. Varianzas genéticas para nueve características agronómicas medidas en poblaciones F3 derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo tardío 1976.

No. σ^2	No. σ^2	Altura de planta	No. σ^2	Excursión	No. σ^2	Longitud de panoja	No. σ^2	Ancho de panoja
4	8.77	526.47	3	19.66	4	6.34	4	2.52
1	7.44	421.34	1	11.28	5	5.64	1	2.51
6	4.52	392.06	5	7.28	6	3.67	6	2.04
5	4.09	333.60	4	7.15	3	3.02	3	1.04
2	2.22	331.46	2	6.50	2	1.65	5	0.26
3	1.69	309.73	6	1.09	1	1.41	2	0.20

No. σ^2	Largo de hoja bandera	No. σ^2	Ancho de hoja bandera	No. σ^2	No. de hojas totales	No. σ^2	Perímetro de tallo
5	20.28	4	0.48	6	0.66	4	0.64
4	18.63	1	0.15	5	0.45	1	0.29
1	18.12	5	0.13	2	0.42	5	0.26
2	7.60	3	0.07	3	0.27	2	0.25
6	4.08	2	0.03	1	0.25	6	0.07
3	1.11	6	0.01	4	0.24	3	0.02

Cuadro 6. Heredabilidad para nueve características agronómicas medidas en poblaciones F₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo tardío 1976.

F ₃ No.	Rendimiento	F ₃ No.	Altura de planta	F ₃ No.	Excursión	F ₃ No.	Longitud de panoja	F ₃ No.	Ancho de panoja
4	93.78	6	87.21	3	67.36	5	45.33	4	84.28
1	93.61	4	86.90	1	43.63	4	44.98	1	67.00
5	83.69	5	86.78	4	41.68	6	32.34	3	62.17
6	79.29	1	85.44	5	36.18	3	25.84	6	60.61
2	61.44	2	83.13	2	28.86	2	17.93	5	18.19
3	57.50	3	81.54	6	4.95	1	11.39	2	9.80

F ₃ No.	Largo de hoja bandera	F ₃ No.	Ancho de hoja bandera	F ₃ No.	No. de hojas totales	F ₃ No.	Perímetro del tallo
5	48.00	4	56.89	5	60.91	4	79.23
4	37.82	5	25.05	6	58.25	5	41.76
1	30.16	1	22.05	2	45.47	1	40.62
2	20.85	3	15.45	3	38.68	2	39.70
6	9.77	2	7.39	4	36.97	6	15.77
3	3.09	6	2.29	1	27.88	3	5.45

Cuadro 7. Respuesta absoluta a la selección para nueve características medidas en poblaciones F₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo tardío 1976.

F ₃ No.	Rendimiento	F ₃ No.	Altura de planta	F ₃ No.	Excursión	F ₃ No.	Longitud de panoja	F ₃ No.	Ancho de panoja
4	4.93	5	36.76	3	6.26	4	2.90	4	2.51
1	4.54	1	31.47	1	3.81	5	2.75	1	2.23
6	3.25	6	32.97	4	2.97	6	1.87	6	1.91
5	3.18	2	28.64	5	2.79	3	1.52	3	1.39
2	2.00	3	28.27	2	2.36	2	0.93	5	0.37
3	1.70	4	28.22	6	0.39	1	0.69	2	0.24

F ₃ No.	Largo de hoja bandera	F ₃ No.	Ancho de hoja bandera	F ₃ No.	No. de hojas totales	F ₃ No.	Perímetro del tallo
5	5.36	4	0.90	6	1.06	4	1.23
4	4.56	1	0.31	5	0.90	1	0.58
1	4.01	5	0.30	2	0.74	5	0.56
2	2.16	3	0.17	3	0.55	2	0.54
6	1.08	2	0.08	4	0.50	6	0.17
3	0.31	6	0.02	1	0.45	3	0.05

Cuadro 8. Respuesta relativa a la selección para nueve características agronómicas medidas en poblaciones F₃ derivadas de 6 híbridos comerciales de sorgo. Escobedo, N.L. ciclo tardío de 1976.

F ₃ No.	Rendimiento	F ₃ No.	Altura de planta	F ₃ No.	Excursión	F ₃ No.	Longitud de panoja	F ₃ No.	Ancho de panoja
1	108.87	5	31.67	3	33.00	5	17.26	1	47.90
5	104.25	1	29.72	4	31.64	4	15.50	4	47.02
6	96.31	4	29.26	1	30.09	6	11.21	6	43.23
4	94.55	2	27.79	2	23.46	3	8.76	3	34.39
2	56.72	6	24.26	5	19.74	2	6.24	5	9.76
3	52.50	3	20.94	6	2.16	1	3.90	2	5.81

F ₃ No.	Largo de hoja bandera	F ₃ No.	Ancho de hoja bandera	F ₃ No.	No. de hojas totales	F ₃ No.	Perímetro del tallo
5	22.77	4	30.07	6	14.55	4	41.30
4	17.86	1	10.03	5	12.18	1	19.62
1	17.25	5	9.89	2	10.29	2	18.97
2	10.12	3	5.73	4	8.15	5	18.92
6	4.49	2	2.86	3	7.59	6	6.42
3	1.37	6	0.86	1	6.37	3	1.91

Cuadro 9. Varianza ecológica para la característica de rendimiento medida en 6 poblaciones F₁ de sorgo. Ciclo temprano de 1976.

No.	Nombre del híbrido (F ₁)	Valor de varianza ecológica
* 1	Pionner 8417	122.53
** 2	Pionner 8417	162.35
3	Tepehua	180.40
4	Master 911	124.37
5	Master 950	255.62
6	Olmecca	257.12

* Pionner 8417 F₁ sembrada para obtener la varianza ecológica de la F₂ Pionner 8417.

** Pionner 8417 F₁ sembrada para obtener la varianza ecológica de la F₂ Pionner 845.

Cuadro 10. Valores obtenidos en la F₁ para obtener las varianzas ecológicas para nueve características agronómicas; -- Escobedo, N.L. ciclo tardío de 1976.

F ₃ No.	Característica	Varianza ecológica σ^2_E
1	Rendimiento	0.507
1	Altura de planta	66.806
1	Excursión	14.569
1	Longitud de panoja	11.002
1	Ancho de panoja	1.234
1	Largo de hoja bandera	41.932
1	Ancho de hoja bandera	0.541
1	Número de hojas totales	0.643
1	Perímetro del tallo	0.424
2	Rendimiento	1.393
2	Altura de planta	67.686
2	Excursión	16.017
2	Longitud de panoja	7.569
2	Ancho de panoja	1.805
2	Largo de hoja bandera	28.859
2	Ancho de hoja bandera	0.427
2	Número de hojas totales	0.498
2	Perímetro del tallo	0.383
3	Rendimiento	1.252
3	Altura de planta	75.045
3	Excursión	9.526
3	Longitud de panoja	8.658
3	Ancho de panoja	0.634

Cuadro 10. (Continuación)

F ₃ No.	Característica	Varianza ecológica σ^2 E
3	Largo de hoja bandera	35.057
3	Ancho de hoja bandera	0.362
3	Número de hojas totales	0.421
3	Perímetro del tallo	0.301
4	Rendimiento	0.582
4	Altura de planta	46.681
4	Excursión	10.003
4	Longitud de panoja	7.757
4	Ancho de panoja	0.470
4	Largo de hoja bandera	30.629
4	Ancho de hoja bandera	0.364
4	Número de hojas totales	0.405
4	Perímetro del tallo	0.168
5	Rendimiento	0.797
5	Altura de planta	80.224
5	Excursión	12.844
5	Longitud de panoja	6.801
5	Ancho de panoja	1.173
5	Largo de hoja bandera	21.973
5	Ancho de hoja bandera	0.375
5	Número de hojas totales	0.288
5	Perímetro del tallo	0.359
6	Rendimiento	1.182

Cuadro 10. (Continuación)

F3 No.	Característica	Varianza ecológica	σ^2 E
6	Altura de planta	61.793	
6	Excursión	20.860	
6	Longitud de panoja	7.673	
6	Ancho de panoja	1.323	
6	Largo de hoja bandera	37.673	
6	Ancho de hoja bandera	0.435	
6	Número de hojas totales	0.476	
6	Perímetro del tallo	0.362	

Cuadro 11. Comparación de las poblaciones F2 vs F3 para la característica de rendimiento mediana de varianza genética, heredabilidad, respuesta absoluta a la selección y respuesta relativa a la selección, ciclo temprano y tardío, Escobedo, N.L. 1976.

F2 Y F3 deriva da del híbrido	Varianza genética		Heredabilidad		Respuesta absoluta ta a la selección		Respuesta relativa a la selección	
	F2	F3	F2	F3	F2	F3	F2	F3
Pionner 8417	91.79	7.44	42.83	93.61	10.66	4.54	32.45	108.87
Pionner 845	1.81	2.22	1.10	61.44	0.24	2.00	1.03	56.72
Tepehua	209.94	1.69	53.78	57.50	18.06	1.70	52.21	52.50
T-E-Bird-A-Boo	28.89	8.77	18.85	93.78	3.97	4.93	14.22	94.55
Pionner 866	8.16	4.09	3.09	83.69	0.85	3.18	2.86	104.25
Olmeca	25.80	4.52	9.12	79.29	2.61	3.25	8.21	96.31

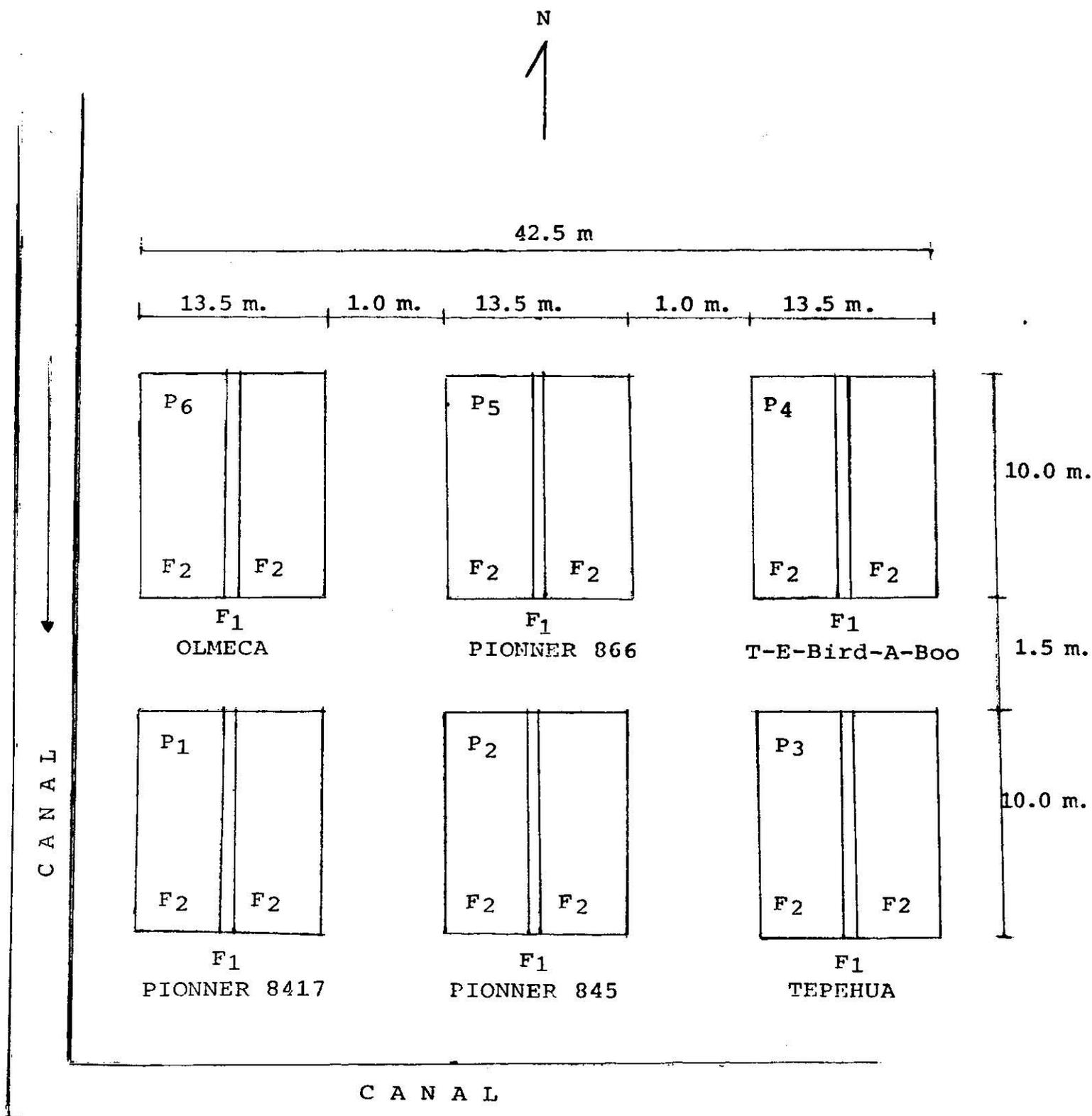


Figura 1. Distribución del experimento del primer ciclo de cultivo (temprano) de las seis poblaciones F₂ probadas en Gral. Escobedo, N.L., ciclo temprano 1976.

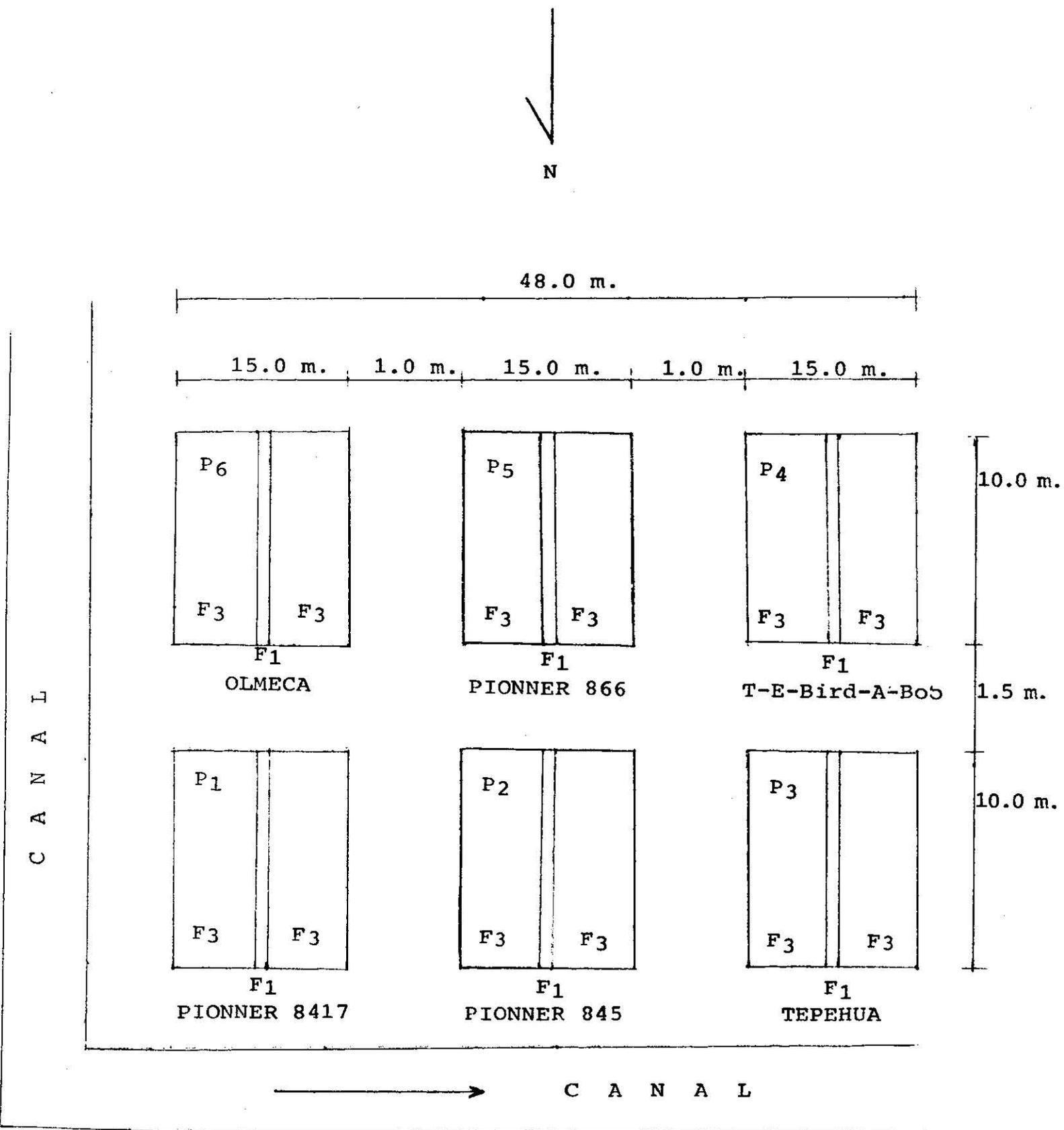


Figura 3. Distribución del experimento del segundo ciclo de cultivo de las seis poblaciones F3 probadas en Gral. Escobedo, N.L., ciclo tardío 1976.

0.75m.



SURCO F3 DE PROTECCION	C. DE PROTECCION							SURCO F3 DE PROTECCION	SURCO F1 PARA MEDIR VARIANZA ECOLOGICA	"	SURCO F3 DE PROTECCION	C. DE PROTECCION							SURCO F3 DE PROTECCION	0.5 m.
	3	4	9	10	15	16	21					22	27	28	33	34	39	40		3.0 m.
	2	5	8	11	14	17	20					23	26	29	32	35	38	41		3.0 m.
	1	6	7	12	13	18	19					24	25	30	31	36	37	42		3.0 m.
C. DE PROTECCION							C. DE PROTECCION							0.5 m.						

Figura 4. Estratificación de los lotes en sublotos, (dimensiones) segundo ciclo de cultivo; Gral. Escobedo, N.L., ciclo tardío 1976.

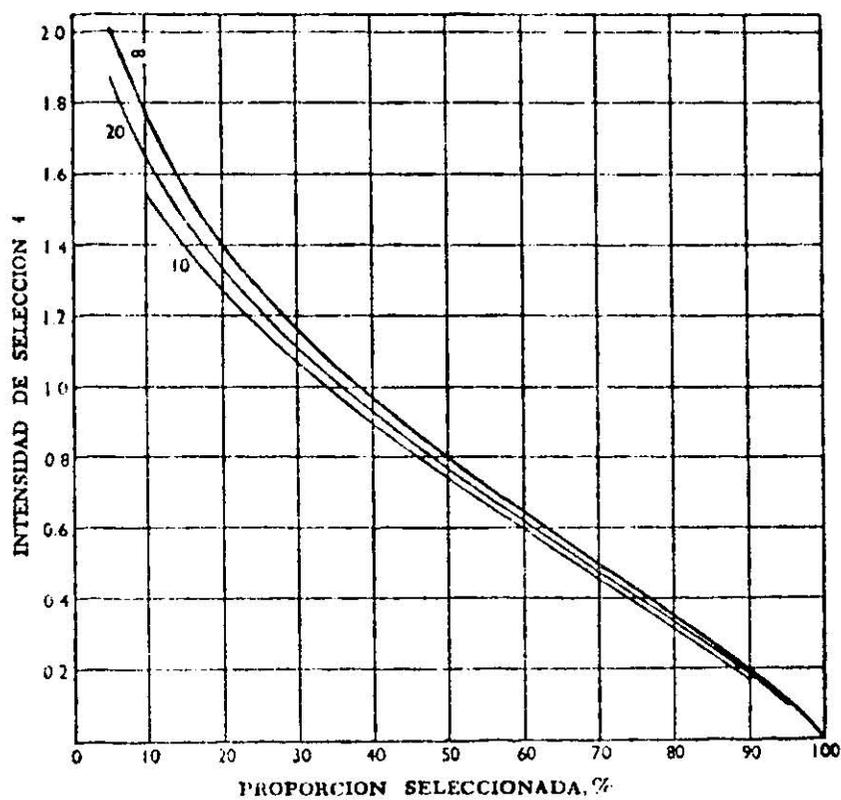


Figura 5.- Intensidad de selección en base a la población seleccionada. (Falconer, 1975).

