

SELECCIÓN RECÍPROCA RECURRENTE MODIFICADA,
IMPLICANDO UNA POBLACIÓN DE
MAÍZ ENANO Y OTRA PRECOZ

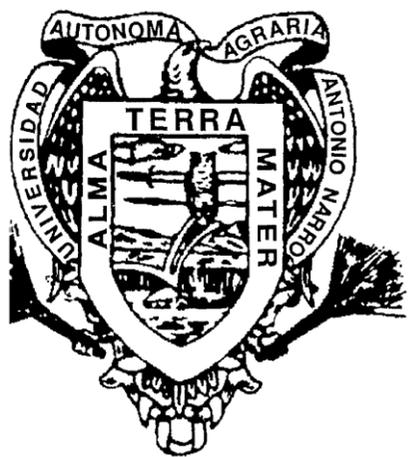
SILVERIO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2003



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.

13774

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

Selección Recíproca Recurrente Modificada, Implicando una Población de Maíz
Enano y otra Precoz

TESIS

Por

SILVERIO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

Elaborada bajo supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para obtener el grado de:

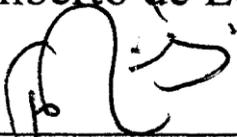
MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

COMITÉ PARTICULAR

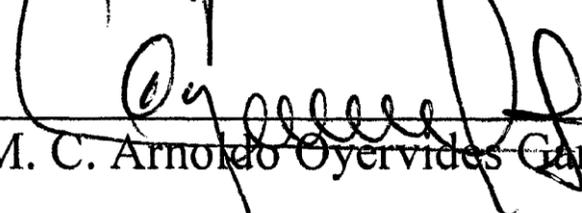
Asesor principal:

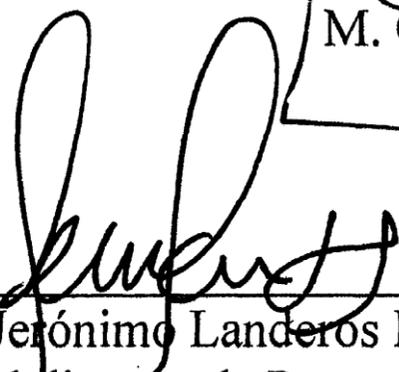

M. C. Humberto de León Castillo

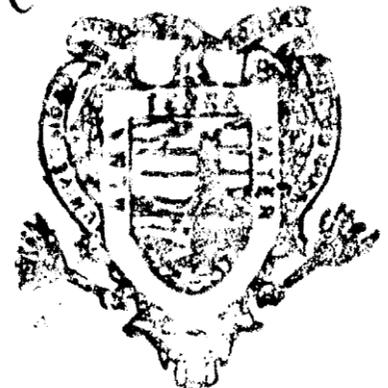
Asesor:


Ph. D. Froylán Rincón Sánchez

Asesor:


M. C. Arnaldo Oyervides García


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. RESONATI
BANCO DE TES.
U.A.A.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo 2003

13774

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por todo lo que recibí de ella.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado.

Al M.C. Humberto de León Castillo por su amistad y apoyo constante.

Al M.C. Arnoldo Oyervides García por su valiosa cooperación.

Al Ph. D. Froylan Rincón Sánchez por sus acertadas sugerencias.

Al Dr. Alfredo de la Rosa Loera por su disponibilidad en todo momento.

Al Ing. Daniel Sámano Garduño por su amistad y valiosas sugerencias.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma han colaborado.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme ser constante.

A mis padres: Modesto Hernández Solís y Margarita Sánchez Lucena.

A mis hermanos: Esmeralda, Dominga, M^a Luisa, Camila, Armando y Salomé.

A mis sobrinos: Ulises[†], A. Josué y Deyna K.

A las familias: Vázquez Hernández y Aguilar Hernández.

A mis amigos (as) y compañeros (as) de la maestría en Fitomejoramiento.

Y a todas aquellas personas que tanto quiero.

COMPENDIO

Selección Recíproca Recurrente Modificada, Implicando una población de Maíz Enano y otra Precoz

POR

SILVERIO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

**MAESTRIA EN
FITOMEJORAMIENTO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. MAYO 2003**

M.C. Humberto de León Castillo ---Asesor---

Palabras clave: *Zea mays* L., Selección Recíproca Recurrente, hermanos completos, patrón heterótico, líneas, mejoramiento de poblaciones.

Los objetivos de la presente investigación fueron: Magnificar el patrón heterótico que se presenta en la cruce de las dos poblaciones contrastante mediante la metodología de Selección Recíproca Recurrente Modificada entre Familias de Hermanos Completos, seleccionando las familias con mejor comportamiento agronómico para dar continuidad a dicha metodología, identificación de híbridos simples prometedores a partir de las cruces entre los progenitores endogámicos, y demostrar con cual nivel de endogamia es más práctico manejar este esquema de mejoramiento.

El presente trabajo incluye dos poblaciones de maíz una es enano y otra precoz, que provienen del programa de mejoramiento genético del área del Bajío, del Instituto Mexicano de Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. utilizando la metodología de Selección Recíproca Recurrente (SRR) entre Familias de Hermanos Completos Modificada para mejorar el comportamiento de la cruce. Tal modificación consiste en formar las estructuras familiares entre líneas S_2 y S_3 de cada población. 414 familias de hermanos completos fueron obtenidas donde 378 cruzamientos corresponden a líneas S_2 y 36 entre líneas S_3 , se agruparon en nueve experimentos, se evaluaron cada uno con cuatro testigos comunes en dos localidades: Celaya, Gto. y La Piedad, Mich., con dos repeticiones bajo un diseño de bloques incompletos con arreglo alfa-látice. Se practicó un análisis de varianza combinado a través de localidades, particionando los efectos de la suma de cuadrados de tratamientos, en familias S_2 y S_3 y testigos. Se seleccionaron las mejores familias de hermanos completos y la selección de las mejores líneas en base a su prepotencia.

El análisis de varianza combinado muestra diferencias altamente significativas para la mayoría de las variables agronómicas bajo estudio. El contraste realizado entre familias S_2 vs S_3 no muestra diferencias, por lo tanto sería más práctico manejar este esquema en campo en líneas S_2 debido a menos problemas de endogamia y mantiene la posibilidad de encontrar nuevas combinaciones híbridas prometedoras.

Con los resultados obtenidos y los criterios propuestos fue posible seleccionar las mejores familias de hermanos completos de cada población para constituir el primer ciclo de SRRM en base a rendimiento y características agronómicas aplicando una fuerte

presión de selección para acame de raíz y tallo debido a que es un problema detectado en los híbridos entre estas poblaciones, así mismo, se seleccionaron los mejores progenitores en base a su prepotencia.

Debido a la suficiente variabilidad genética entre la cruce poblacional es posible continuar con la estrategia de SRRM en líneas S_2 y para definir mejor el patrón heterótico se seleccionaron las mejores líneas de Aptitud Combinatoria General y para mejorar las poblaciones se seleccionaron las mejores líneas de Aptitud Combinatoria Específica, mediante la modificación plateada fue posible seleccionar quince cruces superiores.

ABSTRACT

Full sib Modified Reciprocal Recurrent Selection, in two maize populations one Dwarf and one Early

By

SILVERIO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

**MASTER ON SCIENCE
PLANT BREEDING**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. MAY 2003**

M.C. Humberto de León Castillo---Advisor---

Key words: *Zea mays* L., Reciprocal Recurrent Selection, Full-Sibs, Heterotic Pattern, lines, improvement of populations.

The objectives of this study were: (1) Enhance the heterotic pattern between lines derived from two maize population one early and one dwarf, formed by the Reciprocal Recurrent Selection (full-sibs) and select the best families to form the next cycle of selection (2) Identify the best single crosses between the lines evaluation (3) Determine which level of inbreeding is better for this breeding scheme.

In the present study were used two maize populations and dwarf and one early, developed by the Mexican Maize Institute from the Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro. The scheme of breeding used was the Full-sibs Modified Reciprocal Recurrent Selection. such Modification, consist to form families structures among S_2 and S_3 lines from each population. 414 Full-Sibs Families were obtained, wich 378 crosses were between S_2 lines and 36 between S_3 lines. They were grouped in nine experiments, wich were evaluated in Celaya, Gto. and La Piedad, Mich., under a randomized incomplete block desing in alfa lattice array. A combined analysis of variance was carried out, partitioning the treatment square sum in S_2 and S_3 families and checks the best full-sib families and lines were selected based on their general combining ability.

The combined analysis of variance indicated highly significant differences for all traits. The contrast S_2 vs S_3 were no significant; therefore is more factible use only S_2 lines in the crosses, and avoid inbreeding problems with S_3 lines.

Result showed that it was posible to select the best full-sib families of each population, to form the first selection cycle of RRS based on yield and agronomic characteristics, using a strong selection pressure in stalk and root lodging, due is a problem detected in crosses between the two populations, as well as were selected the best progenitors based on their propetency (General Combining Ability).

Because of the great genetic variability between the population cross. It is possible continue with the RRS scheme with S_2 lines, to improve the populations were selected the lines with the best Specific Combining Ability. Through the modification to the RRS scheme it was posible select fifteen superior crosses.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| ÍNDICE DE CUADROS..... | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Objetivos..... | 3 |
| Hipótesis..... | 3 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 5 |
| Patrones Heteróticos..... | 5 |
| Mejoramiento poblacional..... | 8 |
| Selección Recíproca Recurrente..... | 10 |
| Selección Recíproca Recurrente entre Hermanos Completos..... | 12 |
| Heterosis..... | 14 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 16 |
| Material genético..... | 16 |
| Descripción y características de las poblaciones..... | 16 |
| Población de Maíz Precoz..... | 16 |
| Materiales donadores de la precocidad..... | 17 |
| Población de Maíz Enano..... | 17 |
| Desarrollo del trabajo..... | 18 |
| Modificación a la selección recíproca recurrente..... | 19 |
| Descripción experimental..... | 20 |
| Descripción del área de estudio..... | 20 |
| Descripción de la parcela experimental..... | 21 |
| Labores de cultivo..... | 21 |
| Caracteres evaluados..... | 21 |
| Análisis estadísticos..... | 23 |
| Criterios de selección..... | 28 |
| Facilidad en el manejo de líneas..... | 28 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 30 |
| Selección de las mejores familias para constituir el primer ciclo de selección recíproca recurrente..... | 35 |
| Selección de familias para cada población en base a su prepotencia..... | 39 |
| CONCLUSIONES..... | 46 |
| RESUMEN..... | 48 |
| LITERATURA CITADA..... | 50 |
| APÉNDICE..... | 55 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|---|--------|
| 3.1 | Estructura de un análisis individual..... | 27 |
| 3.2 | Estructura de un análisis combinado..... | 27 |
| 4.1 | Concentración de cuadrados medios de un análisis de varianza combinado de localidades..... | 31 |
| 4.2 | Selección de las mejores familias entre hermanos completos a través de localidades..... | 36 |
| 4.3 | Concentración de individuos seleccionados de la población de maíz enano en base a prepotencia..... | 40 |
| 4.4 | Concentración de individuos seleccionados de la población de maíz precoz en base a prepotencia..... | 43 |

I. INTRODUCCIÓN

Los programas de mejoramiento genético aplicados en maíz, ordinariamente parten de poblaciones de amplia base genética, en las cuales, a través de diferentes estrategias de selección se pretende aumentar los genes favorables y disminuir los desfavorables. Los individuos que se seleccionan sistemáticamente de una población, son inmediatamente recombinados en la siguiente generación, modificando así las frecuencias génicas.

Por tal motivo, es importante que los programas de mejoramiento genético de plantas partan de poblaciones previamente mejoradas. Una vez que se tiene bien identificado a un grupo de poblaciones en un programa de mejoramiento vegetal, el siguiente paso tiende al mejoramiento aplicado (formación de híbridos), para ello es primordial identificar patrones heteróticos entre poblaciones.

El presente trabajo se plantea con base en la información disponible de la alta heterosis existente entre dos poblaciones, una de maíz enano con grano dentado y otra normal precoz y grano semi-cristalino, ambas adaptadas al Bajío Mexicano. Con estas dos poblaciones se realizó un programa de Selección Recíproca Recurrente de Hermanos Completos Modificados para mejorar el comportamiento de la cruce. Tal modificación consiste en formar las estructuras familiares entre líneas S_2 y S_3 de cada población para:

1) Aprovechar más eficientemente los efectos aditivos de las poblaciones que es mayormente capitalizada en S_3 y S_2 que en S_0 ; 2) Detectar combinaciones híbridas sobresalientes que puedan continuar en un programa de endogamia-hibridación, y 3) Tener mayor cantidad de semilla de cada Familia de Hermanos Completos, ya que se puede recolectar polen de varias plantas de una determinada línea S_2 y polinizar inflorescencias de otra línea de S_2 y a la cosecha se juntan y al desgranarse constituyen una familia de hermanos completos con bastante semilla.

La Selección Recíproca Recurrente entre Familias de Hermanos Completos fue propuesta por Hallauer y Eberhart (1970). El esquema es una derivación técnica del método de hibridación cíclica ideada por Hallauer (1967) y Lonquist y Williams (1967).

Objetivos

- a) Magnificar el patrón heterótico que se presenta en la cruce de las dos poblaciones contrastante, seleccionando las Familias de Hermanos Completos con el mejor comportamiento agronómico haciendo énfasis en rendimiento, precocidad y tolerancia al acame .
- b) Identificación de los híbridos simples prometedores a partir de las cruces entre los progenitores endogámicos de las poblaciones de amplia base genética.
- c) Dado a que las líneas S_3 presentan mayor endogamia que las líneas S_2 , demostrar con cual nivel de endogamia es más práctico manejar este esquema de mejoramiento.

Hipótesis

- a) Existe suficiente variabilidad genética entre las poblaciones para continuar con la estrategia de selección de Hermanos Completos y definir más claramente el patrón heterótico.
- b) Entre las combinaciones de las líneas de dos poblaciones, se originarán híbridos simples sobresalientes.

- c) Debido a que la endogamia causa efectos en las líneas, un nivel de endogamia tiene que ser más adecuado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Patrones heteróticos

Hallauer (1993) indica que el mejoramiento del Maíz incluye dos componentes de igual importancia: 1) elección de germoplasma y 2) desarrollo de líneas para su uso en híbridos.

Córdova y Milkelson (1995) señalan que la elección apropiada del germoplasma constituye la mitad del éxito en un programa de hibridación, así mismo, mencionan que la elección de una fuente de germoplasma apropiada implica tener conocimiento del patrón heterótico a que pertenece.

Johnson y Fisher (1981) evaluaron en las localidades de Poza Rica, Ver., Tlaltizapán, Mor., y Obregón, Son., varios materiales genéticos del CIMMYT en cruza con Tuxpeño Crema-1 P.BC.17 (Población 49) y ETO blanco (Población 32); identificando este patrón heterótico (Tuxpeño x ETO) (Beck *et al.*, 1990; Vasal y Srinivasan, 1991); que actualmente es utilizado en ambientes tropicales y subtropicales.

Vasal *et al.* (1992) derivaron noventa y dos líneas tropicales a partir de 9 poblaciones del CIMMYT con diferentes niveles de endogamia, y fueron cruzadas con 4 líneas usadas como probadores (2 dentados y 2 cristalinos). Las 368 combinaciones

obtenidas de líneas por probador fueron organizadas en cuatro grupos para su ensayo en varias localidades durante 1988 - 1990. Con base en las estimaciones de ACG y ACE, estos autores formaron dos grupos heteróticos tropicales THGA Y TGHB que servirán para el desarrollo de híbridos futuros y en programas nacionales de mejoramiento en trópicos.

Vasal *et al.* (1992) evaluaron 88 líneas derivadas de 6 poblaciones del maíz subtropical del CIMMYT, todas fueron cruzadas con cuatro líneas como probadores. De las 352 combinaciones híbridas, obtuvo el siguiente resultado, de las 88 líneas probadas, 14 de la población 34 tuvieron efectos positivos para ACG. Dos probadores (población 44 y 1 (pool32)) mostró efectos positivos y negativos de ACG. Diferencias significantes se observaron para efectos de ACE de la cruce híbrida, con la cual varias líneas incluidas en este estudio se anunciaron como líneas de maíz (CLM) del CIMMYT durante 1991.

Melchinger y Gumber (1998) argumentan que los patrones heteróticos o grupos heteróticos son de importancia fundamental en el desarrollo de híbridos, y que las poblaciones adaptadas o aisladas por tiempo y/o espacio son candidatos más apropiados para patrones heteróticos, así como, las poblaciones mejoradas.

Link *et al.* (1996) mencionan que la heterosis en grupos heteróticos no sólo se incrementa en función a la distancia genética entre padres sino que también depende de la adaptación de los mismo y que la heterosis es mayor entre grupos que dentro de grupos.

Mungoma y Pollak (1988) evaluaron en cruza dialélicas a siete poblaciones con tipo de endospermo amarillo y tres de blanco identificando nuevos patrones heteróticos, además sugirieron que la Poblaciones Mexicanas de grano Dentado pueden ser usadas como una alternativa de patrón heterótico con LSC en la Faja Maicera de los Estados Unidos.

Los patrones heteróticos prometedores usados en los trópicos y subtrópicos son ETO x Tuxpeño, Suwan-1 x Tuxpeño, Cubano Cristalino x Tuxpeño y Caribeño Cristalino x Tuxpeño. También se suma, Caribeño Cristalino x Tuxpeño en Brasil, México y Colombia, y ETO x Cristalino Caribeño en Venezuela, y Americano Precoz Dentado x Tuxpeño en Egipto también son usados en el mejoramiento híbrido (Eberhart *et al.*, 1995; Pandey y Gandner, 1992).

Goodman (1985) identificó 10 patrones heteróticos basados en la evaluación de mestizos de razas tropicales, sugiriendo el uso de patrones heteróticos prometedores donde se involucren poblaciones de Tuxpeño, Tuson, Cubano Cristalino, Costeño Tropical Cristalino y Chandlle.

Ramos y Moreno (1994) mencionan que la identificación de patrones heteróticos y la estimación de parámetros genéticos, permiten maximizar la heterosis en cruza entre poblaciones o en híbridos de líneas puras, por lo cual evaluaron germoplasma de maíz proveniente de diferentes centros de investigación. Encontraron que los patrones heteróticos más altos fueron: Aranga x SSS-C; EPS6 x SG2; SG1 x SS-C; EPS6 x SS-C y SSS-C x LAN-C. De los cuales los primeros cuatro corresponden al cruce de una

población de endospermo liso por un dentado y el quinto es el conocido patrón heterótico de Stiff Stalk Synthetic x Lancaster.

Mejoramiento poblacional

El mejoramiento poblacional de las plantas alogámas se divide en dos grandes grupos; el mejoramiento intrapoblacional y el mejoramiento interpoblacional. Estas metodologías difieren una de otra de acuerdo al tipo de acción génica de los caracteres cuantitativos y cualitativos que se pretendan explotar en las poblaciones. El mejoramiento intrapoblacional explota mejor los efectos génicos aditivos de las poblaciones, que se basa en la selección; y el mejoramiento interpoblacional explota los efectos génicos no aditivos donde se lleva a cabo la hibridación.

El mejoramiento poblacional tiene como objetivo principal el incrementar gradualmente la frecuencia de alelos favorables de las poblaciones, mediante la recombinación de las mejores progenies, incrementando a través de los ciclos futuros el mayor número de progenies con las características deseadas (Hallauer y Miranda, 1981). Ellos mismos señalan que los métodos de selección recurrente incluyen selección, ya sea dentro de una población (intrapoblacional) o entre dos poblaciones (interpoblacional).

Benítez (1994) menciona que la selección recurrente en poblaciones endogámicas utilizando líneas S_1, S_2, \dots, S_t , se recomienda cuando se requiere eliminar de la población genes indeseables de naturaleza recesiva. Considerando además, que el uso de las líneas con mayor nivel de endogamia, tiene la ventaja de aumentar la varianza genética aditiva y por tanto la respuesta a la selección.

El mejoramiento poblacional del maíz conduce fundamentalmente al desarrollo de híbridos cada vez mejores. Las mejoras hechas en las poblaciones a través de diversos esquemas interpoblacionales e intrapoblacionales se pueden explotar mucho mejor al derivar líneas superiores. A medida que se mejora la base genética de la población, hay oportunidad de extraer nuevas y mejores líneas en cada ciclo de mejoramiento. Por consiguiente, los programas de mejoramiento poblacional son necesarios si el desarrollo de híbridos ha de mantener ganancias consistentes a largo plazo (Robles, 1986).

Hallauer y Miranda (1981) señalan que todo programa de mejoramiento genético poblacional de maíz, debe utilizar por lo menos dos poblaciones de amplia base genética, de buena producción y que exhiba heterosis, con el fin de mejorar intrapoblacionalmente cada población; además de aprovechar la heterosis con la cruce de variedades $C_n \times C_n$, o bien combinar las mejores líneas derivadas de C_n , para una máxima explotación de heterosis.

Robles (1986) describe que la selección recurrente consiste en la selección continua de materiales con la subsecuente recombinación en cada ciclo de selección, menciona que es útil, con el fin de acumular genes para una característica cuantitativa en una población, sin una marcada pérdida de variabilidad genética, mantiene una amplia base genética, aprovechando los efectos de aditividad génica.

El objetivo principal de la selección recurrente es incrementar gradualmente la frecuencia de alelos favorables de caracteres de herencia cuantitativa y mantener una

alta variabilidad genética, para asegurar el mejoramiento progresivo de las poblaciones (Hallauer, 1992; Rusell *et al.*, 1992).

En maíz y en otros cultivos alógamos, el comportamiento del cruzamiento entre poblaciones puede ser mejorado usando los esquemas de selección recurrente y selección recíproca recurrente. Los programas de mejoramiento interpoblacionales cambian la frecuencia alélica en las poblaciones base, ofreciendo así mejores oportunidades para la producción de progenitores superiores que tendrán mejoras en diferentes loci lo que resultara en una expresión heterótica mayor (Vasal y Córdova, 1996.)

Selección Recíproca Recurrente

Comstock *et al.* (1949) propusieron utilizar la selección recíproca recurrente como un método eficiente de mejoramiento de las cruzas entre dos poblaciones de amplia base genética, considerando como efectivo en cualesquiera que sea el grado de dominancia de los genes bajo selección y puede ser más efectivo que otros métodos de selección de genes que exhiben dominancia parcial o completa donde incluyen selección para aptitud combinatoria general y específica.

Chávez (1995) menciona que la metodología es útil cuando se está interesado en derivar nuevas líneas en las dos poblaciones que manifiesten heterosis en sus cruzas. No obstante que la Selección Recíproca Recurrente fue el primer método de selección interpoblacional, el sistema no se ha evaluado tanto como se esperaba. Su uso limitado es debido a que es más complicado que los sistemas intrapoblacionales.

Márquez (1985) menciona que lo que interesa en la selección interpoblacional, además del cambio en la varianza genética, son las diferencias existentes entre los mejores híbridos de la población mejorada.

En un programa de Selección Recíproca Recurrente es fundamental elegir progenitores que al evolucionar gradualmente en los procesos de selección, definan un patrón heterótico que es muy útil y que tiene grandes perspectivas desde el punto de vista del mejoramiento genético comercial (Gómez *et al.*, 1992).

Keeratinijakal y Lamkey (1993) mencionan que la selección recíproca recurrente fue diseñada para capitalizar los efectos génicos aditivos y no aditivos, y para mejorar la cruce entre las dos poblaciones por complementación de cambios de las frecuencias alélicas entre poblaciones. Asimismo, concluyeron que la selección recíproca recurrente fue efectiva para el mejoramiento de la cruce interpoblacional de BSSS y BSC1 y que la depresión endogámica de la deriva génica después de 11 ciclos de selección limitó la repuesta observada en la población original.

Keeratinijakal y Lamkey (1993) en un estudio realizado para evaluar la respuesta directa e indirecta de 11 ciclos de selección recíproca recurrente en poblaciones de maíz BSSS (R) y BSCB1 (R). Encontró que la respuesta en rendimiento de la cruce interpoblacional tuvo ganancias ligeras por ciclo, pero el rendimiento para BSSS (R) no cambió significativamente. Indicando que la selección mejoró aptitud combinatoria general y específica de las poblaciones.

Herrera (1990) al utilizar Selección Recíproca Recurrente en dos poblaciones de maíz para el trópico seco, en tres ambientes de evaluación concluyó lo siguiente: La Selección Recíproca Recurrente fue bastante efectiva para identificar un número considerable de líneas sobresalientes en rendimiento y otras características, seleccionando 20 líneas derivadas de la población dentada y 20 líneas de la población cristalina en base a las cuales se dará el siguiente ciclo de selección.

Selección recíproca recurrente entre hermanos completos

La selección recíproca recurrente es un procedimiento de mejoramiento diseñado para mejorar dos poblaciones simultáneamente seleccionando para rendimiento en la cruce interpoblacional (Schnicker y Lamkey, 1993) al evaluar 11 ciclos de selección, varianza genética y correlaciones entre características en cruzamiento interpoblacional de Iowa Stift Stalk Synthetic (BSSS) y la población Iowa Corn Borer Synthetic 1 (BSCB1), encontró que el rendimiento tuvo un incremento ligero por ciclo, el acame de raíz y tallo disminuyó. La varianza genética para todas las características fue significativamente diferente de cero, a excepción de acame de raíz en el ciclo 11. La varianza genética disminuyó para rendimiento, asimismo, para otras características como acame de raíz y tallo, y antesis. Las correlaciones fenotípicas y genotípicas aparentemente sin cambio en los ciclos de selección. Indicando que la selección recíproca recurrente fue efectiva en el aumento del rendimiento de la cruce poblacional.

De la Rosa (1993) comparó dos métodos de mejoramiento, líneas S_1 y Selección Recíproca Recurrente en dos poblaciones de maíz precoz, para verificar que

metodología lograba capitalizar mayores efectos de tipo aditivo y cual mayores efectos de tipo de dominancia, concluyendo lo siguiente: los ciclos poblacionales tanto del VS201 como el compuesto Norteño obtenidos mediante el método de líneas S_1 , se obtuvo la heterosis más baja esto es debido a que la metodología explota toda la varianza aditiva y algo de dominancia, no así para las poblaciones obtenidas mediante el método de Selección Recíproca Recurrente que fue donde se obtuvieron las mayores heterosis, indicando que esta metodología explota más los efectos del tipo de dominancia.

Ottaviano *et al.* (1984) al utilizar la Selección Recíproca Recurrente de hermanos completos para desarrollar híbridos de maíz, usando como poblaciones originales a Iowa Two-Ear Synthetic (Pob. A) y la F_2 de la crusa simple 33-16 x Mo14 (Pob. B), los resultados mostraron una respuesta lineal clara y positiva para selección en rendimiento y número de mazorcas por planta en altas densidades de plantas (80,000 plantas ha^{-1}).

La selección recíproca recurrente en maíz ha sido muy exitosa en el mejoramiento del rendimiento en las cruzas de dos poblaciones en donde sea utilizado a cada población como probador de la otra, Rusell *et al.*, 1992 proponen una modificación al procedimiento, con el uso de dos líneas endogámicas como probadores de las poblaciones BS21 y BS22. Encontrando que evidentemente, después de tres ciclos de selección, el procedimiento de modificación no fue exitoso en mejorar el rendimiento para las cruzas poblacionales. Indicando que la opción de líneas probadoras puede ser muy crítico en la modificación al proceso.

Menz *et al.* (1999), al hacer comparaciones entre selección recíproca recurrente (SRR) y la selección recíproca recurrente modificada (SRRM) propuesta (Russell, *et al.*, 1992), donde se utilizan líneas élites como probadores de la población, observó que la respuesta vía SRR Y SRRM en las poblaciones BS21 y BS22. Después de seis ciclos de SRR y SRRM. El rendimiento en grano incrementó significativamente en todas las cruza poblacionales. La respuesta directa a la selección fue mayor para la SRR que para SRRM. La SRR fue tan efectiva como SRRM para mejorar la producción en grano de BS21 (R) y la BS22 (R) en cruza con A632 y H99, pero la SRRM no fue tan efectiva como la SRR en el mejoramiento de la cruza de la población. Indicando que no hay evidencias en la variación genética entre las cruza de prueba para rendimiento, que sean tan grandes que las líneas endogámicas como probadores, comparados con el uso de poblaciones como probador. Por lo tanto la SRR es muy efectiva al utilizar la población como probador.

Heterosis

Al reproducirse mediante fecundación cruzada, las plantas alógamas son fuertemente heterocigotas. Si se autofecundan artificialmente para obtener líneas puras, se observa una pérdida de vigor en relación con las plantas de partida, a pesar de su apariencia, en general, enfermiza y escuálidas, son útiles en otras circunstancias. Si estas líneas se cruzan entre sí, el híbrido que producen es de aspecto totalmente normal: es lo que se llama vigor híbrido o heterosis (Cubero, 1999).

Molina y Yañes (1994) mencionan que la heterosis es el fenómeno biológico más importante en el mejoramiento genético por hibridación, también dicen que la aptitud

combinatoria general (ACG) y específica (ACE), son las bases para explicar la heterosis y que bajo la hipótesis de dominancia, una línea de alta ACG será la que tiene en su genotipo una gran cantidad de genes dominantes favorables, y lo contrario ocurrirá en una línea de baja ACG. También las líneas de alta ACG tendrán mayor capacidad de rendimiento que las de baja ACE en ausencia de genes recesivos altamente deletéreos.

Gaytán (1994) al estimar heterosis para diferentes características cuantitativas en maíz utilizando progenitores de valles altos y subtropicales, determinó heterosis de 15 híbridos resultado de la cruce de ambos progenitores, siendo mejor que los testigos. Encontrando también altos porcentajes de heterosis positiva para el rendimiento siendo algunas de las causas la diversidad genética y morfológica entre los progenitores involucrados en las cruces, pues cada cruce posee un progenitor originado de valles altos, o sea las hembras, mientras que otro progenitor macho fue seleccionado como sobresaliente en climas tropicales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético utilizado en el presente trabajo incluye dos poblaciones, una población de maíz enano y otra precoz, que provienen del programa de mejoramiento genético del área del Bajío, del Instituto Mexicano de Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Descripción y características de las Poblaciones

Población de Maíz Precoz

Se formó a partir de líneas élite, del programa de mejoramiento del Bajío, cuyos principales atributos son: el excelente comportamiento *per se* y de los efectos de aptitud combinatoria general, pero con la desventaja de que originaban en su descendencia híbridos muy tardíos (característica indeseable), razón por la cual estas líneas se sometieron a un programa de selección gamética y se cruzaron con cuatro donadores de precocidad (Zacatecas 58, Cafime, VS-201 y Zapalote Chico). De estos cruzamientos se derivaron 700 líneas, mismas que se sometieron a un intenso programa de evaluación y selección *per se* y de aptitud combinatoria quedando como sobresalientes 10 líneas S₅, mismas que se recombinaron y las cuales formaron la población motivo del presente estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético utilizado en el presente trabajo incluye dos poblaciones, una población de maíz enano y otra precoz, que provienen del programa de mejoramiento genético del área del Bajío, del Instituto Mexicano de Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Descripción y características de las Poblaciones

Población de Maíz Precoz

Se formó a partir de líneas élite, del programa de mejoramiento del Bajío, cuyos principales atributos son: el excelente comportamiento *per se* y de los efectos de aptitud combinatoria general, pero con la desventaja de que originaban en su descendencia híbridos muy tardíos (característica indeseable), razón por la cual estas líneas se sometieron a un programa de selección gamética y se cruzaron con cuatro donadores de precocidad (Zacatecas 58, Cafime, VS-201 y Zapalote Chico). De estos cruzamientos se derivaron 700 líneas, mismas que se sometieron a un intenso programa de evaluación y selección *per se* y de aptitud combinatoria quedando como sobresalientes 10 líneas S₅, mismas que se recombinaron y las cuales formaron la población motivo del presente estudio.

Materiales donadores de la precocidad

Zacatecas 58. Es un criollo de maíz originario de la región temporalera de los llanos de Zacatecas, el tipo de mazorca es de la raza cónico norteño, siendo su principal característica la precocidad que le permite evadir la sequía.

Cafime. Variedad sintética que se formó a partir de líneas derivadas, principalmente de la raza bolita, que presenta adaptación en alturas desde 1100 a 1800 m.

V-201. Variedad sintética formada a partir de líneas S₁, derivadas de Cafime. En donde las características de las plantas son muy similares a esta.

Zapalote Chico. Raza propia del Istmo de Oaxaca, tiene una gran plasticidad, además de presentar un excelente porte de planta.

Población de Maíz Enano

Se formó a partir de 13 líneas altamente seleccionadas por su comportamiento *per se*, y sus altos efectos de aptitud combinatoria formándose un dialélico entre ellas. Población con plantas braquíticas que soporta altas densidades de siembra, responde positivamente a la aplicación de insumos y muestra una gran plasticidad de adaptación en combinaciones híbridas. Población de grano blanco, con madurez diversa por lo que se puede encontrar plantas precoces a intermedias; entrenudos cortos, tendencia a la prolificidad, hojas breves y erectas, y espigas compactas. Lo que hace que se

incremente el espacio fotosintético de la planta, traduciéndose en un aumento en la producción de grano.

Desarrollo del Trabajo

A partir de las dos poblaciones, se llevó a cabo un programa de mejoramiento genético, utilizando la metodología de Selección Recíproca Recurrente (SRR) en Familias de Hermanos Completos (FHC). Bajo este procedimiento, de las poblaciones base, se derivaron líneas S_1 en la localidad de Celaya, en el año 1998. Estas líneas S_1 fueron seleccionadas y se avanzaron en su nivel de endogamia a S_2 en la localidad de Tepalcingo, en el año '98-'99. En el verano del '99, a partir de las líneas S_2 y con selecciones se derivaron líneas S_3 .

Las líneas resultantes de las poblaciones se cruzaron $S_2 \times S_2$ y $S_3 \times S_3$ en la localidad de Tepalcingo en el ciclo Otoño-Invierno del año '99-'00 para formar hermanos completos. Esto se realizó en parcelas apareadas, tomando polen de una línea de la población normal precoz y cruzarlas con varias plantas de una línea de la población de maíz enano y viceversa (cruza directa y recíproca), obteniendo 414 FHC, dentro de los cuales 378 cruzamientos corresponden a la cruza $S_2 \times S_2$, y 36 cruzamientos a la cruza $S_3 \times S_3$. El material se agrupó para su evaluación en nueve experimentos y se sembró bajo un diseño de bloques incompletos con arreglo alfa látice, con dos repeticiones. Cada experimento incluye 50 entradas, de las cuales 46 son familias de hermanos completos, mientras que los 4 restantes corresponde a testigos comunes. Estos ensayos fueron establecidos en dos localidades del Bajío: La localidad de Celaya, Gto., y La Piedad, Mich. La localidad de Celaya, Gto., la siembra se efectuó el 16 de Abril de

2001, en tanto que, en la localidad de la Piedad, Michoacán la siembra se estableció el 11 de Abril del mismo año.

Modificación a la metodología de Selección Recíproca Recurrente (SRR)

El conocimiento de heterosis, ha permitido diseñar diferentes sistemas de selección interpoblacional, tal es el caso del esquema mediante el cual se explota la combinación híbrida entre dos poblaciones que exhiben heterosis, previamente determinada en este caso las Poblaciones de Maíz Enano y Precoz.

El desarrollo de la metodología original consiste en autofecundar determinado número de plantas de la fuente A y cruzarlas con una muestra de plantas de la fuente B, y viceversa. Los dos grupos de mestizos son evaluados en forma separada en la siguiente generación y en base a su comportamiento se seleccionan las entradas superiores de cada ensayo. Se siembra la semilla remanente de las autofecundaciones superiores y se realizan los cruzamientos posibles entre líneas dentro de cada fuente, lo que constituirá el material para la repetición del ciclo.

La modificación que se realizó al esquema de SRR, es formar las estructuras familiares entre líneas S_2 y S_3 de cada población, con ello se identificarán familias que permitan mejorar cíclicamente el comportamiento heterótico existente entre las dos poblaciones, para esto es importante que se incremente en la selección los efectos de dominancia o no aditivos presentes en ambas poblaciones, siendo aquí donde cobra importancia el utilizar como progenitores a materiales con endogamia, ya que al estar al menos con dos generaciones de autofecundación permite por un lado; eliminar

individuos con genes indeseables y se obliga el entrecruzamiento sólo con aquellos individuos genéticamente superiores, y por otro lado los efectos genéticos son más fijos en estas estructuras familiares (S_2 o S_3) que cuando se utilizan plantas S_0 , por lo consiguiente la selección será más efectiva.

Con esta modificación se aprovecharán más eficientemente los efectos genéticos de las poblaciones que es mayormente capitalizada en generaciones avanzadas de endogamia.

Descripción experimental

La descripción experimental se estableció de la siguiente manera: de los nueve experimentos formados, cada uno presenta dos repeticiones, establecidos en dos localidades. Cada repetición constaba de cinco bloques, lo que a su vez cada bloque presentó diez entradas.

Descripción del área de estudio

La localidad de Celaya, Guanajuato, se sitúa a $20^{\circ} 32'$ latitud norte, $100^{\circ} 49'$ longitud oeste, con una altitud de 1751 m., una temperatura media anual de $20^{\circ} C$ y una precipitación pluvial media anual de 594.4 mm.

La localidad de la Piedad, Michoacán. Se sitúa a $20^{\circ} 21'$ latitud norte, $102^{\circ} 02'$ longitud oeste, con una altitud 1680 m., una temperatura media anual de $20.6^{\circ} C$ y una precipitación pluvial media anual de 700 mm.

Descripción de la parcela experimental

La siembra de los tratamientos se llevó a cabo en dos surcos con una longitud de 5 m con una separación entre ellos de 0.75 m. A la siembra, se depositaron dos semillas por golpe para que posteriormente se realizara un aclareo a una planta por mata; de esta manera, se logró un establecimiento de 42 plantas por parcela a una distancia de 0.22 m entre planta. La formula de fertilización que se aplicó fue 180-90-00, donde al momento de la siembra se aplicó el 50 % de nitrógeno y todo el fósforo, el otro 50 % de nitrógeno se aplicó al realizar el primer cultivo.

Labores de cultivo

Las labores de cultivo y el combate de plagas, se llevaran a cabo durante el ciclo vegetativo del cultivo, teniendo prioridad durante las primeras etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo, de tal manera que no interfieran en las características experimentales.

Caracteres evaluados

Plantas cosechadas (NP), es el total de plantas cosechadas de la parcela experimental útil.

Días a floración femenina y masculina (DFF y DFM), es el número de días que transcurren desde el momento de la siembra, hasta que el 50 por ciento de las plantas presentan emisión de polen y estigmas receptivos.

Altura de planta (AP), es la distancia que existe desde la base de la planta hasta donde se encuentra insertada la hoja bandera expresada en cm.

Altura de mazorca (AM), es la distancia que existe desde la base de la planta hasta el nudo donde se encuentra insertada la mazorca principal expresada en cm.

Plantas con *Fusarium* spp (PF), determinado como el porcentaje de plantas que se encontraron dañadas parcial o totalmente por este hongo.

Calificación de mazorca (CLM), se consideró de acuerdo a la estructura, conformación, llenado y tipo de grano; en base al total de mazorcas cosechadas, tomando una escala de 1-5; donde: uno corresponde a lo mejor, más sano y uniforme; y el cinco corresponde a lo peor y más variable.

Acame de Raíz (AR), es el número de plantas que se encuentran acamadas por parcela, considerándose como acamadas aquellas plantas que presentan una inclinación de tallo igual o mayor de 30° respecto a la vertical del suelo, expresado en porcentaje.

Acame de tallo (AT), es el número de plantas que se encuentran totalmente acamadas por parcela, considerándose como acamadas aquellas plantas que presentan el tallo totalmente quebrado por debajo de la mazorca principal. Expresado en porcentaje.

Rendimiento (REND), se determinó de la siguiente manera; una vez cosechada el total de mazorcas de parcela útil, se pesaron y desgranaron muestras representativas

del total de mazorcas, para determinar el contenido de humedad al momento de la cosecha. Una vez obtenido el por ciento de humedad, se emplean las siguientes formulas para calcular el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ al 15.5 % de humedad.

$$REND = MS \times APU$$

Donde: $REND$ = Materia seca por el área de parcela útil. Estos valores se obtienen a partir de:

$$MS = \frac{100 - H}{100} \times PC$$

Donde: MS = por ciento de materia seca por el peso de campo; y

$$APU = PS \times DP \times DS \times NS$$

Donde: APU = a plantas por surco (PS), por la distancia entre plantas (DP), por la distancia entre surcos (DS), por el número de surcos (NS).

Análisis estadístico

Existen ciertos experimentos, en particular aquellos que se utilizan en fitogenética, que tienen muchos tratamientos. En dichos experimentos es imposible trabajarlos mediante un diseño de bloques completos al azar, por que no se podría controlar la variación existente de cada bloque (Padrón, 1996). Por esta razón, todos los experimentos de este estudio se analizaron bajo un diseño de bloques incompletos con un arreglo alfa látice.

Debido a que algunas parcelas al momento de la cosecha presentaban diferencias entre el número de plantas sembradas con el número de plantas cosechadas, se considero

necesario efectuar un ajuste del rendimiento por covarianza mediante la siguiente fórmula:

$$AC = R - \beta_i(X - \bar{X})$$

Donde: AC = ajuste por el método de covarianza; R = rendimiento sin ajustar; β_i = coeficiente obtenido por regresión; X = número de plantas cosechadas; y \bar{X} = media total de plantas.

Se realizó un análisis de varianza individual por localidad (Cuadro 3.1) usando el paquete estadístico SAS (SAS, 1996) bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_{j(i)} + \lambda_{k(ij)} + \delta_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = efecto de la i -ésimo experimento, del j -ésima repetición, del k -ésimo bloque, del l -ésimo tratamiento; μ = media general; α_i = efecto de la i -ésima experimento; $\gamma_{j(i)}$ = efecto de j -ésimo repetición dentro de la i -ésima experimento; $\lambda_{k(ij)}$ = efecto del k -ésimo bloque dentro del i -ésima experimento en la j -ésimo repetición; δ_l = efecto del l -ésimo tratamiento; ε_{ijk} = efecto del error experimental.

También se realizó un análisis de varianza combinado (Cuadro 3.2) usando el paquete estadístico SAS (SAS, 1996) bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_{m(i)} + \gamma_{j(im)} + \lambda_{k(jim)} + \lambda_l + \nu_{li} + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = efecto de la j -ésima repetición, del k -ésimo bloque, del l -ésimo tratamiento, del m -ésimo experimento, en la i -ésima localidad; μ = media general; α_i = efecto de la i -ésima localidad; $\beta_{m(i)}$ = efecto de m -ésimo experimento dentro de la i -ésima localidad; $\gamma_{j(im)}$ = efecto j -ésimo repetición dentro de la i -ésima localidad en el m -ésimo experimento; $\kappa_{k(jim)}$ = efecto del k -ésimo bloque dentro de la j -ésimo repetición en la i -ésima localidad en el m -ésimo experimento; λ_l = efecto del l -ésimo tratamiento; ι_{il} = efecto de la interacción entre l -ésimo tratamiento y la i -ésima localidad; ε_{ijklm} = efecto del error experimental.

Se hizo el cálculo del coeficiente de variación (CV) para cada una de las características agronómicas evaluadas.

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde: CV = cuadrado medio del error experimental ($CMEE$); entre la media general por cien.

Se realizaron comparaciones de medias para cada una de las variables agronómicas bajo estudio, tanto en el análisis de varianza individual y combinado, a través de la prueba de rango múltiple Diferencia Mínima Significante, o DMS, dada por

$$DMS(.05) = (t_{.05/2, glEE}) \sqrt{\frac{2CMEE}{r}} \quad \text{Individual}$$

$$DMS(.05) = (t_{.05/2, glEE}) \sqrt{\frac{2CMEE}{rl}} \quad \text{Combinado}$$

Donde: $t_{.05/2, glEE}$ = valor de tablas t de doble entrada y según los grados de libertad del error; $CMEE$ = cuadrado medio del error experimental; r = número de repeticiones y l = número de localidades.

Además se estimó el rango de cada una de las caracteres, para determinar el valor mínimo y máximo, asimismo, se determinó el error estándar de la media, mediante el procedimiento PROC MIXED, usando el paquete estadístico SAS (SAS, 1996).

Se realizaron pruebas de contraste ortogonales, para comprobar si en realidad existían diferencias estadísticas entre ambos niveles de endogamia, usando el paquete estadístico SAS (SAS, 1996).

Para estimar la superioridad de los individuos seleccionados se determinó mediante el diferencial de selección.

$$D = M.F.S - M.P$$

Donde: D = diferencial entre la media de familias seleccionadas ($M.F.S$), con respecto la media de la población donde se practicó la selección ($M.P$).

Por último se realizó la prueba de comparación entre dos medias (prueba de t-Student), entre los individuos que resultaron seleccionados. Al nivel significativo de .05 y .01 de probabilidad.

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{\bar{X}}}{EEMedia}$$

t = diferencia de medias; \bar{X} = promedios de medias; $\bar{\bar{X}}$ = media total de la población y

$EEMedia$ = error estándar de la media.

Cuadro 3.1. Estructura del análisis de varianza individual.

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|---------------------------------------|--------------------|
| Experimentos | $m - 1$ |
| Repeticiones / Experimentos | $(r - 1) m$ |
| Bloques / Repeticiones / Experimentos | $(k - 1) mr$ |
| Tratamientos | $t - 1$ |
| Error | Diferencia |
| Total | $rkt - 1$ |

m = número de experimentos, r = número de repeticiones, k = número de bloques y t = número de tratamientos.

Cuadro 3.2. Estructura del análisis de varianza combinado.

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|---|--------------------|
| Localidades | $l - 1$ |
| Experimentos / Localidades | $(m - 1) l$ |
| Repeticiones / Experimentos / Localidades | $(r - 1) lm$ |
| Bloques / Repeticiones / Experimentos / Localidades | $(k - 1) rlm$ |
| Tratamientos | $t - 1$ |
| $(S_2 \times S_2)$ | $a - 1$ |
| $(S_3 \times S_3)$ | $b - 1$ |
| Testigos | $c - 1$ |
| $(S_2 \times S_2)$ vs $(S_3 \times S_3)$ | 1 |
| $(S_2 \times S_2)$ vs Testigos | 1 |
| $(S_3 \times S_3)$ vs Testigos | 1 |
| (FHC) vs Testigos | 1 |
| Localidades x Tratamientos | $(l - 1) (t - 1)$ |
| Localidades x $(S_2 \times S_2)$ | $(l - 1) (a - 1)$ |
| Localidades x $(S_3 \times S_3)$ | $(l - 1) (b - 1)$ |
| Localidades x Testigo | $(l - 1) (c - 1)$ |
| Residual | 2 |
| Error | Diferencia |
| Total | $rtlm - 1$ |

l = número de localidades, m = número de experimentos, r = número de repeticiones, k = número de bloques, t = número de tratamientos, a = familias de hermanos completos líneas S_2 , b = familias de hermanos completos líneas S_3 y c = testigos.

Criterios de selección

Para llevar a cabo la selección de las mejores líneas se tomara en cuenta los siguientes criterios:

Primero, se identificaron por lo menos los mejores 10 híbridos experimentales, en base a su heterosis de rendimiento y que exhibieron excelente comportamiento agronómico (Aptitud Combinatoria Especifica); Tales como precocidad, porte de planta y sanidad de planta. Posteriormente de esas identificaciones; de las líneas superiores de cada población se llevará a cabo la recombinación dentro de cada población, para darle continuidad al programa de Selección Recíproca Recurrente. Al suponer que se está capitalizando los efectos de dominancia, por lo tanto se espera que se mejore la heterosis entre las poblaciones, Mejoramiento del patrón. (Menz *et al.*, 1999).

Segundo, se identificaron las mejores 10 líneas de cada población, en base a su prepotencia (Aptitud Combinatoria General) y con ello asegurar que se esta capitalizando los efectos aditivos de la población *per se* y no de las cruzas (Mejoramiento poblacional).

Tercero, hacer una selección combinada e identificar por lo menos tres líneas de cada población (precoz y enano) que coincidan con los criterios anteriores. Haciendo una mezcla para completar la frecuencia de caracteres y emplear esta población como una fuente derivadora de líneas potenciales.

Facilidad en el manejo de líneas

Preliminarmente se puede afirmar, no categóricamente que los cruzamientos de $S_2 \times S_2$ son más eficientes por la facilidad para realizar los cruzamientos (menos endogamia). Y que se requiere de un menor número de plantas muestreadas para representar las poblaciones de referencia. Por otro lado se tiene la ventaja predecible de que al cruzar $S_3 \times S_3$ de que las poblaciones formadas con esta metodología tendrán menos carga genética.

Para estimar el promedio de una línea o cualquier material genético que hereda a sus descendientes a través de sus cruzas; se determinó mediante la formula de prepotencia:

$$PP = \frac{\sum xi}{n}$$

Donde: PP = Prepotencia a estimar en cada progenitor; $\sum xi$ = sumatoria de todas cruzas en que interviene el i -ésimo progenitor; y n = número de veces que interviene el progenitor.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos e hipótesis planteadas en ésta investigación, en este capítulo se presentan los resultados del análisis de varianza practicado en los materiales bajo estudio; así mismo, se llevó a cabo la selección de las mejores familias de hermanos completos y la selección de las mejores líneas en base a su prepotencia.

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza combinado de las dos localidades de evaluación analizando seis características agronómicas.

Para localidades todas las variables agronómicas presentan diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$). Estas diferencias son atribuidas a que las localidades de evaluación no tiene las mismas condiciones ambientales ya sea por el tipo de suelo, humedad y temperatura, como se presentó en el apartado de materiales y métodos por lo tanto previamente se consideraron buenos ambientes de evaluación. En la fuente de experimentos dentro de localidades se presentaron claras diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) en todas las características, debido principalmente al comportamiento de sus medias es decir se expresaron diferencias considerables entre experimentos. Para la fuente de variación repeticiones dentro de experimentos y localidades los resultados

Cuadro 4.1. Concentración de cuadrados medios de una análisis de varianza combinado de localidades.

| F.V | G.L | DFD | | G.L | DFM | | G.L | AP | | G.L | AM | | G.L | CLM | | G.L | REND | |
|--|-----|----------------|----|-----|----------------|----|-----|-----------------|----|-----|----------------|----|-----|-------------|----|-----|------------------|----|
| | | días | | | Días | | | cm | | | cm | | | (1-5) | | | th ⁻¹ | |
| Loc | 1 | 27134.804 | ** | 1 | 27604.927 | ** | 1 | 6193.142 | ** | 1 | 25163.584 | ** | 1 | 2678.240 | ** | 1 | 197.428 | ** |
| Exp / Loc | 16 | 29.903 | ** | 16 | 25.188 | ** | 16 | 590.901 | ** | 16 | 470.163 | ** | 16 | 0.419 | ** | 16 | 10.162 | ** |
| Rep / Exp / Loc | 18 | 76.328 | ** | 18 | 74.507 | ** | 18 | 852.249 | ** | 18 | 764.830 | ** | 18 | 0.108 | NS | 18 | 21.849 | ** |
| Blo / Rep / Exp / Loc | 144 | 12.026 | ** | 144 | 9.710 | ** | 144 | 370.976 | ** | 144 | 290.724 | ** | 144 | 0.251 | * | 144 | 5.583 | ** |
| Trat | 417 | 48.487 | ** | 417 | 40.976 | ** | 417 | 563.330 | ** | 417 | 505.113 | ** | 417 | 0.453 | ** | 417 | 9.827 | ** |
| (S ₂ xS ₂) | 377 | 42.184 | ** | 377 | 36.584 | ** | 377 | 480.781 | ** | 377 | 467.988 | ** | 377 | 0.446 | ** | 377 | 8.552 | ** |
| (S ₃ xS ₃) | 35 | 16.278 | ** | 35 | 14.608 | ** | 35 | 1216.723 | ** | 35 | 722.039 | ** | 35 | 0.304 | * | 35 | 12.804 | ** |
| Testigos | 3 | 313.337 | ** | 3 | 253.210 | ** | 3 | 800.937 | ** | 3 | 1817.019 | ** | 3 | 1.572 | ** | 3 | 102.228 | ** |
| (S ₂ xS ₂) vs (S ₃ xS ₃) | 1 | 3.331 | NS | 1 | 1.272 | NS | 1 | 43.598 | NS | 1 | 65.837 | NS | 1 | 0.089 | NS | 1 | 0.281 | NS |
| (S ₂ xS ₂) vs Test | 1 | 2229.696 | ** | 1 | 1559.096 | ** | 1 | 7455.549 | ** | 1 | 2453.647 | ** | 1 | 3.611 | ** | 1 | 87.619 | ** |
| (S ₃ xS ₃) vs Test | 1 | 323.285 | ** | 1 | 213.933 | ** | 1 | 511.478 | NS | 1 | 72.302 | NS | 1 | 0.915 | * | 1 | 6.982 | NS |
| (S ₂ S ₃) vs Test | 1 | 2442.490 | ** | 1 | 1698.940 | ** | 1 | 7683.406 | ** | 1 | 2410.929 | ** | 1 | 4.205 | ** | 1 | 91.273 | ** |
| Loc x Trat | 415 | 8.235 | ** | 415 | 7.183 | ** | 416 | 187.347 | NS | 416 | 215.850 | * | 416 | 0.272 | ** | 417 | 6.439 | ** |
| LocxS ₂ | 375 | 8.088 | ** | 375 | 6.985 | ** | 376 | 191.789 | * | 376 | 227.377 | ** | 376 | 0.277 | ** | 377 | 5.872 | ** |
| LocxS ₃ | 35 | 5.959 | NS | 35 | 4.779 | NS | 35 | 150.699 | NS | 35 | 83.172 | NS | 35 | 0.198 | NS | 35 | 6.775 | * |
| LocxTest | 3 | 52.292 | ** | 3 | 53.617 | ** | 3 | 142.566 | NS | 3 | 324.462 | NS | 3 | 0.459 | NS | 3 | 65.414 | ** |
| Residual | 2 | 9.625 | | 2 | 16.783 | | 2 | 60.653 | | 2 | 48.470 | | 2 | 0.452 | | 2 | 19.056 | |
| Error | 781 | 5.517 | | 778 | 3.843 | | 783 | 163.195 | | | 180.816 | | 784 | 0.201 | | 784 | 4.199 | |
| C.V. (%) | | 2.840 | | | 2.427 | | | 5.707 | | | 11.649 | | | 15.953 | | | 15.632 | |
| Media | | 83.000 | | | 81.000 | | | 224.000 | | | 117.000 | | | 3.000 | | | 13.108 | |
| DMS | | 3.255 | | | 2.717 | | | 17.705 | | | 18.636 | | | 0.621 | | | 2.840 | |
| Rango | | 67.000-105.000 | | | 69.000-102.000 | | | 120.000-280.000 | | | 50.000-180.000 | | | 0.000-5.000 | | | 2.152-22.334 | |
| EEMedia | | 1.145 | | | 1.344 | | | 7.027 | | | 7.311 | | | 0.228 | | | 1.085 | |

* y ** = Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; NS = no significancia; S₂S₃ = familia de hermanos completos; C.V. (%) = coeficiente de variación; EEMedia = error estándar de la media; DMS = diferencia mínima significativa al 0.05; DFF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, CLM = calificación de mazorca y REND = rendimiento.

obtenidos muestran diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) en la mayoría de las variables agronómicas excepto calificación de mazorca donde no presentó significancia, por lo que el efecto de las repeticiones fue efectivo por lo menos en algunas variables al ser capaz de detectar las variaciones que se originan en el campo. En la fuente de anidamiento de bloques dentro de repeticiones y experimento y localidades, la mayoría de las variables presentan diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$), excepto en calificación de mazorca donde presentó ($P \leq 0.05$), se infiere que es debido a que al llevar a cabo una reducción del área de estudio, al particionarlo en bloques aquellas, diferencias no encontradas por las repeticiones, entonces el efecto de bloqueo resulta eficiente al detectar las diferencias por mínimas que sean; justificando el uso de bloques incompletos, para una estimación más precisa de los efectos del conjuntos de genotipos (Sahagún, 2000). Para la fuente de variación tratamientos se obtuvieron diferencias ($P \leq 0.01$) en todas las variables agronómicas, esto indica la variabilidad genética de las familias de hermanos completos y los testigos que participaron, esto se infiere principalmente a la base genética de los materiales provenientes de las dos poblaciones que muestran heterosis en sus cruzas (FHC) y se tiene la oportunidad de seleccionar las nuevas familias con mejores atributos agronómicos que constituirán las nuevas poblaciones mejoradas, y así, continuar con la estrategia de selección Recíproca Recurrente. Cabe hacer mención que debido a la fuente de variación tratamiento, involucra en su total a las familias de hermanos completos $S_2 \times S_2$ y $S_3 \times S_3$ además de los testigos, se consideró necesario descomponer en diversas partes las sumas de cuadrados, para realizar un análisis individual de dichos efectos, el resultado arrojado fue el siguiente; se muestran diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre familias $S_2 \times S_2$ debido a la divergencia genética entre las líneas provenientes de dos poblaciones

contrastantes que no guardan ninguna relación genética, de igual manera se puede percibir diferencias estadísticas en las familias $S_3 \times S_3$, este vigor híbrido que se presenta entre ambas familias, se atribuye al patrón heterótico del cual fueron derivadas. Lo anterior sugiere que es factible seguir mejorando las poblaciones, ya que presentan variabilidad genética, indicando que es posible formar las estructuras familiares en niveles avanzados de endogamia, tal como se plantea la modificación en este trabajo. Con respecto a los testigos se muestra alta diferencia estadística ($P \leq 0.01$), en todas las variables agronómicas, siendo esta variabilidad genética un aspecto importante como punto de partida de comparación con las familias de hermanos completos. No hubo diferencias estadísticas entre el contraste de familias formadas a partir de los dos niveles de endocria, aún cuando las familias formadas por las líneas S_3 presentan menos carga genética. Por lo tanto se puede decir que resultaría más práctico manejar este esquema de mejoramiento en campo en líneas $S_2 \times S_2$ debido a que presentan menos problemas que se originan con la endogamia y mantiene la posibilidad de encontrar mejores combinaciones híbridas, así mismo, se puede evidenciar que sería igual utilizar una combinación $S_2 \times S_2$ o una $S_2 \times S_3$, (teniendo la ventaja predecible que una línea S_2 combine mejor que una línea S_3 debido a que presenta una mayor cantidad de genes en estado heterocigoto). La comparación entre grupos de familias $S_2 \times S_2$ con la media de los testigos existe diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$), por lo tanto existe variación genética de ambos compuestos germoplásmicos. En tanto que la comparación entre las familias $S_3 \times S_3$ con la media de los testigos, para la variable rendimiento que es la más importante no se presentó diferencias estadísticas, al igual que en altura de planta y mazorca, por lo tanto los dos compuestos germoplásmico se comportan estadísticamente iguales. Para el último contraste de familias de hermanos completos con los testigos se

presentó una fuerte variación genética debido a que el resultado presenta altas diferencias significativas, lo anterior proporciona un indicativo de que al menos una familia de hermanos completos puede ser mejor que los testigos. Para poder lograr la obtención de germoplasma de calidad por mejoramiento genético el mejorador se debe apoyar en los modelos estadísticos para avanzar con mayor seguridad en la selección de genotipos, conocer su comportamiento en los diferentes ambientes de evaluación y sus interacciones (Rivas, *et al.*, 2000). Para la interacción de tratamiento por localidad resultó significativa ($P \leq 0.01$) para las variables de días a floración femenina y masculina, calificación mazorca y rendimiento, ($P \leq 0.05$) para altura mazorca y no significancia en altura de planta. Estas variaciones entre tratamientos por localidad son debidas a las diferentes respuestas de los materiales hacia los ambientes, al respecto Cubero (1999), menciona que cuando un genotipo se expresa de diferente manera a distintos ambientes se dice que hay una interacción genotipo-ambiente, siendo un factor de mayor importancia para el mejorador. La descomposición de la interacción se muestra el siguiente resultado; la interacción de la familia $S_2 \times S_2$ con el ambiente fue estadísticamente significativa para las variables, lo cual significa que las familias al cambiar de localidad a otra sufren una modificación a su respuesta de estabilidad. Por otro lado la interacción de la familia $S_3 \times S_3$ sólo se muestra una significancia ($P \leq 0.05$) en rendimiento de lo cual infiere que estas familias son más estables que las familias $S_2 \times S_2$. Con esto se tiene la posibilidad de seleccionar genotipos que interactúen positivamente con el rendimiento y además presenten estabilidad con las demás características. La interacción de ambiente por testigo resultó con diferencias ($P \leq 0.01$) los días a floración femenina y masculina, y rendimiento indicando que estos materiales bajo ciertas condiciones ambientales pueden mostrarse precoces, estos resultados se

asocian a lo mencionado por Eberhat y Russell, (1969) que la estabilidad de las variedades, por lo general se asocia positivamente con la variabilidad genética y con el número de componentes que la integran (líneas en el caso de híbridos y sintéticos), pero esto no constituye una regla general, ya que las cruzas simples (familias) en muchos casos pueden ser tan estables como la cruzas trilineales (testigos). Al analizar los coeficientes de variación obtenidos muestran la confiabilidad de los experimentos para todas las variables agronómicas puesto que se encuentran dentro de los límites de aceptación agronómica. Con relación a las medias generales obtenidas de estas características pueden seleccionar aquellos materiales que permitan continuar incrementando el potencial de las poblaciones. Los resultados de los errores estándar de las medias se presenta valores que dan cierta confiabilidad a esta investigación.

Selección de las mejores familias para constituir el primer ciclo de selección

Recíproca Recurrente

El objetivo central de la selección Recíproca Recurrente es mejorar la craza que existe en el cruzamiento de dos grupos heteróticos, por lo tanto lo que se requiere hacer es identificar los mejores híbridos a través de su comportamiento agronómico de buena aptitud combinatoria específica y hacer la separación de sus progenitores por grupos lo que constituirán las poblaciones mejoradas. Del total de las 414 familias de hermanos completos evaluados en las dos localidades, fueron seleccionadas a través de sus promedios las mejores 15 familias en base a la mejor craza para rendimiento (Cuadro 4.2) y que además exhibieron un buen comportamiento agronómico, asimismo, se desecharon familias $S_3 \times S_3$ aún cuando su rendimiento fue superior a las cruzas $S_2 \times S_2$, pero no fueron favorecidos por el resto de los caracteres agronómicos. La máxima

Cuadro 4.2. Selección de los mejores familias de hermanos completos a través de localidades.

| Familia ¶ | Genealogía | % | | | | | días | AP cm | REND t ha ⁻¹ |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|----------------------------|
| | | AR | AT | PF | DFM | DFF | | | |
| 12 x 10 | PN-302-2⊗ _s x PE-203-2⊗ _s | 6 | 6 | 22 | 77 ** | 79 ** | 213 | 17.220 ** | |
| 38 x 20 | PN-305-2⊗ _s x PE-105-1⊗ _s | 9 | 5 | 9 | 79 | 81 | 250 ** | 16.441 ** | |
| 1 x 1 | PE-101-1⊗ _s x CmL-318 | 4 | 9 | 14 | 80 | 83 | 219 | 16.200 ** | |
| 99 x 68 | PN-318-4⊗ _s x PE-115-3⊗ _s | 4 | 1 | 7 * | 77 ** | 80 * | 256 ** | 16.185 ** | |
| 83 x 51 | PN-313-4⊗ _s x PE-211-4⊗ _s | 4 | 6 | 18 | 80 | 82 | 228 | 16.097 ** | |
| 92 x 68 | PN-318-4⊗ _s x PE-112-7⊗ _s | 9 | 4 | 14 | 75 ** | 77 ** | 234 | 15.677 * | |
| 36 x 1 | PE-104-6⊗ _s x CmL-318 | 5 | 3 | 12 | 81 | 83 | 219 | 15.149 | |
| 79 x 64 | PN-317-1⊗ _s x PE-114-2⊗ _s | 8 | 11 | 13 | 79 | 81 | 233 | 15.056 | |
| 35 x 31 | PN-308-1⊗ _s x PE-208-2⊗ _s | 8 | 4 | 10 | 79 | 82 | 238 | 14.982 | |
| 62 x 31 | PN-308-1⊗ _s x PE-210-1⊗ _s | 0 | 10 | 13 | 78 * | 79 * | 235 | 14.970 | |
| 67 x 33 | PN-308-3⊗ _s x PE-106-8⊗ _s | 4 | 4 | 6 * | 78 * | 80 * | 243 ** | 14.796 | |
| 66 x 1 | PE-108-3⊗ _s x CmL-318 | 5 | 0 * | 6 ** | 79 | 82 | 218 | 14.766 | |
| 59 x 33 | PN-308-3⊗ _s x PE-207-6⊗ _s | 4 | 3 | 25 | 78 ** | 80 * | 243 ** | 14.736 | |
| 63 x 31 | PN-308-1⊗ _s x PE-111-2⊗ _s | 0 | 2 | 12 | 78 * | 80 * | 226 | 14.711 | |
| 35 x 32 | PN-308-2⊗ _s x PE-208-2⊗ _s | 9 | 2 | 13 | 80 | 83 | 241 * | 14.623 | |
| M.F.S | | 5.172 | 4.761 | 12.860 | 78.367 | 80.583 | 232.833 | 15.440 | |
| M.P | | 11.059 | 9.455 | 19.236 | 80.609 | 82.513 | 224.179 | 13.117 | |
| D | | -5.886 | -4.694 | -6.376 | -2.243 | -1.930 | 8.654 | 2.324 | |
| 49 (t) | 18-19 x mLs4-1 x P24-37-2-2 x 4346 -2-3-2-A-A | 9 | 2 | 5 | 84 | 87 | 234 | 16.137 | |
| 48 (t) | P22-S5 x 434656 x 232-10-11-1-A x mLs4-1 | 17 | 8 | 6 | 87 | 90 | 235 | 13.573 | |
| 50 (t) | 10-11 x mLs4 x CmL-312 | 9 | 3 | 3 | 86 | 89 | 230 | 13.053 | |
| 47 (t) | 255-18-19 x mLs4-1 x CmL-318 | 8 | 6 | 25 | 80 | 82 | 225 | 11.760 | |
| EEmedia | | 5.838 | 4.413 | 5.388 | 1.145 | 1.344 | 7.027 | 1.085 | |
| M. G | | 11 | 10 | 20 | 81 | 83 | 224 | 13.108 | |

* y ** = Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente prueba de t; ¶ = selección de un total de 414 familias; M.F.S = media de seleccionadas; M.P = media poblacional; D = diferencial de selección; M.G = Media General; (t) = testigo; AR = acame de raíz, AT = acame de tallo, PF = porcentaje de plantas con *Fusarium* spp, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, AP = altura de planta y REND = rendimiento.

expresión de la heterosis (vigor híbrido) se manifiesta en una cruce simple, el cual se forma mediante el cruzamiento de dos líneas endocriadas, que son obtenidas a través del proceso de autofecundación. A medida que el nivel de endocria de las líneas que forman la cruce simple es mayor, también lo es la uniformidad del híbrido resultante y generalmente, es mayor la expresión de heterosis (Bejarano, 2002). Cabe hacer mención que las poblaciones de donde provienen estas familias presentan problemas de acame, fue necesario aplicar una fuerte presión de selección hacia esta característica quedándose con los materiales más resistentes, sin descuidar el rendimiento y las demás variables agronómicas. Al llevar a cabo la prueba de medias (Cuadro 4.2) para acame de raíz y tallo, no existieron diferencias estadísticas en relación a la media para ninguna familia, excepto en la familia 66 x 1 donde se presentó significancia, al mostrar un nulo porcentaje de acame de tallo. Para la característica de plantas con *Fusarium* spp, se seleccionaron individuos en su mayoría con excelente sanidad de planta, encontrando que en las familias seleccionados la presencia de la enfermedad coincidió con la madurez fisiológica de la misma, por lo cual no se afectó el llenado de grano, aún así, es importante encontrar fuentes adecuadas de resistencia genética, ya que es un método eficaz de combatir la enfermedad (Pérez, *et al.*, 2001). En la prueba de medias para esta característica, se observa que únicamente aquellas familias que presentan porcentajes relativamente menores de incidencia de esta enfermedad muestran diferencias estadísticas. En las características de días a floración masculina y femenina las familias seleccionadas en su mayoría son más precoces que los testigos, asimismo, se encuentran igual o por debajo de la media general, siendo este carácter un reflejo de la población precoz que heredo a su progenie. La comparación de la prueba de medias se observa una sincronía entre días a floración masculina y femenina, marcando diferencias

significativas ($P \leq 0.05$) y ($P \leq 0.01$) en las misma familia que muestran precocidad. Para la característica altura de planta algunos materiales seleccionados, presentan desventaja en altura, por lo que se recomienda trabajar en un futuro con este carácter, mientras que la prueba de medias se observa diferencias estadísticas, al menos en cinco familias seleccionadas en aquellas que presentan mayor altura. Para la característica más importante como es el rendimiento, se tiene que al menos cuatro familias presentaron un rendimiento numérico superior al mejor testigo, mientras que el resto de las familias, se encuentran con el rendimiento mayor al obtenido de manera general. En la prueba de medias se observan diferencias estadísticas en al menos seis familias que están rindiendo más que la media general. De acuerdo con el grado de superioridad de los individuos seleccionados del total de familias evaluadas en los dos ambientes, como debería de esperarse se presentaron valores negativos para las variables acame de raíz y tallo, plantas con *Fusarium* spp, días a floración masculina y femenina, mientras que para altura de planta y rendimiento los valores fueron positivos, por lo tanto estos individuos seleccionados serán usados como progenitores de la siguiente generación, cambiando así la frecuencia de genes con respecto a las poblaciones originales. Con esto resultados se cumple con el primer criterio de selección propuesto en este trabajo.

La elección de germoplasma correcto y apropiado es muy importante y debe ser hecha con mucho cuidado tomando en consideración la información disponible sobre varios aspectos (Córdova y Vasal, 1996); con los resultados del Cuadro 4.2 tal y como se planteó en el primer objetivo de este trabajo para magnificar mejor el patrón heterótico se eligieron las mejores combinaciones híbridas (efectos no aditivos), de

donde se tomarán las líneas de cada población, las cuales son las siguientes: para la Población de Maíz Enano fueron las líneas 12, 38, 1, 99, 83, 92, 36, 79, 35 y 62; y de la Población Precoz únicamente se seleccionaron nueve que fueron 10, 20, 1, 68, 51, 64, 31, 33 y 32. Con estas líneas se hará una recombinación por separado dentro de cada población. De esta manera se asegura un mejor comportamiento de la cruce por cada ciclo de selección, con el cual se continuará con el programa de Selección Recíproca Recurrente Modificada, al formar las estructuras familiares en líneas S_2 aprovechando los efectos aditivos. Tal y como fue propuesta la metodología por Comstock *et al.* (1949). Como un método eficiente de mejoramiento de las cruces entre poblaciones de amplia base genética, considerando como efectiva en cualesquiera que sea el grado de dominancia de los genes bajo selección, y también la explotación de efectos génicos aditivos (Labate *et al.*, 1999 y Stojsin *et al.*, 1994), por lo que se espera que se mejore la cruce entre las poblaciones y consecuentemente la mejora del patrón heterótico.

Selección de familias para cada población en base a su prepotencia

Con el propósito de aumentar los efectos aditivos en la Población de Maíz Enano y Precoz. Se seleccionaron las mejores diez líneas de ambas poblaciones en base a prepotencia (Aptitud Combinatoria General), como lo muestra los siguientes resultados.

En el Cuadro 4.3 se presentan las diez líneas de la Población de Maíz Enano seleccionadas en base a la prepotencia, de siete características agronómicas. Se tomo como característica principal el rendimiento, seguido de la resistencia de plantas al acame, sanidad de planta, precocidad y porte de planta. En la variable de acame de raíz y tallo, se consideraron los materiales más resistentes para su selección, debido a que las

Cuadro 4.3. Concentración de individuos seleccionados de la Población de Maíz Enano en base a su prepotencia.

| Línea ¶ | Genealogía | % | | | | | días | AP cm | REND t ha ⁻¹ |
|---------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|----------------------------|
| | | AR | AT | PF | DFM | DFF | | | |
| 1 | PE-101-1 ⊗ _s | 4 | 9 | 14 | 80 | 83 | 219 | 16.200 ** | |
| 99 | PE-115-3 ⊗ _s | 4 | 1 | 7 * | 77 ** | 80 ** | 256 ** | 16.185 ** | |
| 36 | PE-104-6 ⊗ _s | 5 | 3 | 12 | 81 | 83 | 219 | 15.149 * | |
| 83 | PE-211-4 ⊗ _s | 3 | 9 | 15 | 80 | 82 | 234 | 14.896 | |
| 67 | PE-106-8 ⊗ _s | 4 | 4 | 6 * | 78 ** | 80 ** | 243 ** | 14.796 | |
| 66 | PE-108-3 ⊗ _s | 5 | 0 * | 6 * | 79 * | 82 | 218 | 14.766 | |
| 23 | PE-206-8 ⊗ _s | 6 | 7 | 12 | 80 | 82 | 209 * | 14.001 | |
| 12 | PE-203-2 ⊗ _s | 6 | 5 | 24 | 80 | 82 | 211 | 13.984 | |
| 62 | PE-210-1 ⊗ _s | 1 | 7 | 9 | 79 * | 81 * | 226 | 13.943 | |
| 14 | PE-203-4 ⊗ _s | 8 | 3 | 12 | 80 | 82 | 225 | 13.843 | |
| M.P | | 11 | 8 | 18 | 83 | 85 | 226 | 12.867 | |
| 49(t) | 18-19 x mLs4-1 x P24-37-2-2 x 4346-2-3-2-A-A | 9 | 2 | 5 | 84 | 87 | 234 | 16.137 | |
| 48(t) | P22-S5 x 434656 x 232-10-11-1-A x mLs4-1 | 17 | 8 | 6 | 87 | 90 | 235 | 13.573 | |
| 50(t) | 10-11 x mLs4 x CmL-312 | 9 | 3 | 3 | 86 | 89 | 230 | 13.053 | |
| 47(t) | 255-18-19 x mLs4-1 x CmL-318 | 8 | 6 | 25 | 80 | 82 | 225 | 11.760 | |
| EEMedia | | 5.838 | 4.413 | 5.388 | 1.145 | 1.344 | 7.027 | 1.085 | |

* y ** = Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente prueba de t; M.P = Media poblacional de líneas; (t) = testigo; ¶ = selección de 142 líneas; AR = acame de raíz, AT = acame de tallo, PF = porcentaje de plantas con *Fusarium* spp, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, AP = altura de planta y REND = rendimiento.

poblaciones de donde provienen estas líneas presentan problemas de acame, y como se puede observar las diez mejores líneas presentan resistencia por lo tanto se consideran buenas líneas para mejorar la población. En la prueba de medias, no se presentaron diferencias estadísticas en acame de raíz; en acame de tallo sólo la línea 66 presentó ($P \leq 0.05$) al mostrar cero por ciento de acame por su tendencia alejada de la media, con esto se demuestra que la mayoría de las líneas son estadísticamente iguales, al no presentar porcentajes elevados respecto a la media poblacional. Para la característica agronómica plantas con *Fusarium* spp, se puede encontrar algunos líneas seleccionadas con una elevada infestación, esta característica no fue tan determinante, debido a que el rendimiento de grano no fue afectado, por lo que posiblemente la presencia del patógeno fue después de madurez fisiológica. En la prueba de medias al menos tres líneas presenta significancia con porcentajes relativamente menores que la media poblacional, por lo tanto estas tres líneas presentan la mejor fuente de resistencia. Para la característica de días a floración femenina y masculina se seleccionaron aquellos individuos que presentaron la mejor precocidad, puesto que es una característica de suma importancia en el mejoramiento del maíz, y asimismo para un mejor aprovechamiento de los recursos con el que cuenta el agricultor, al tener plantas con un período corto para llegar a floración. En cuanto a la prueba de medias practicada se observa una sincronía en tres líneas seleccionadas 99, 67 y 62 donde se presentó diferencias estadísticas en sus medias al mostrar precocidad, no así, en la línea 66 que muestra una significancia en días a floración masculina, lo que se podría decir que existe un desfase con días a floración femenina. En la característica de altura de planta algunos individuos fueron seleccionados debido a que su porte de planta se encuentra

por debajo de la media poblacional, no así, para otros individuos donde la altura de planta es mayor de la media general, aún así, se seleccionaron debido a que presentan otras características favorables. Con respecto a la separación que existe con la media poblacional, la prueba de medias se observa diferencias ($P \leq 0.01$) en las líneas 99 y 67 siendo las de mayor altura, opuestamente lo observado en la línea 23 donde presenta significancia debido a su menor altura respecto a la media poblacional. Para la característica principal que la representa el rendimiento, del total de líneas evaluadas, únicamente se seleccionaron aquellos más rendidores, cabe hacer mención que se obtuvieron líneas con mejor rendimiento, sin embargo, no fueron favorecidos por las demás características que se tomaron en cuenta, por lo tanto se desecharon y únicamente se optó por quedarse con líneas élite. Mientras la prueba de medias que se practicó se tiene que al menos tres líneas presentan diferencias estadísticas rindiendo más que el resto de las líneas seleccionadas.

En el Cuadro 4.4 se encuentran los resultados de las mejores líneas seleccionados de la Población Precoz en base a su prepotencia, asimismo, como en la Población de Maíz Enano se tomó como característica principal el rendimiento, y además que presentara buenos atributos agronómicos, tales como resistencia al acame, precocidad, sanidad de planta, buen porte de planta. Se tiene que las líneas seleccionadas muestran resistencia al acame por lo que fueron seleccionadas para este fin, con esto se pretende mejorar la población al seleccionar líneas que tienen acumulados genes aditivos para resistencia, ya que presenta deficiencias en estas características. Para la prueba de medias, no se observaron diferencias estadísticas para acame de raíz y tallo, por lo que

Cuadro 4.4. Concentración de individuos seleccionados de la Población Precoz en base a su prepotencia.

| Línea ¶ | Genealogía | % | | | días | | AP cm | REND t ha ⁻¹ |
|---------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------------------------|
| | | AR | AT | PF | DFM | DFF | | |
| 68 | PN-318-4 ⊗ _s | 6 | 3 | 9 ** | 76 ** | 78 ** | 244 ** | 15.042 * |
| 10 | PN-302-2 ⊗ _s | 8 | 7 | 13 | 79 | 81 | 221 | 14.816 |
| 72 | PN-319-2 ⊗ _s | 5 | 6 | 10 * | 78 | 79 * | 233 | 14.080 |
| 31 | PN-308-1 ⊗ _s | 3 | 6 | 18 | 78 | 80 | 229 | 14.017 |
| 33 | PN-308-3 ⊗ _s | 4 | 8 | 16 | 78 | 81 | 239 * | 13.993 |
| 40 | PN-311-2 ⊗ _s | 2 | 9 | 11 * | 79 | 81 | 233 | 13.831 |
| 62 | PN-316-1 ⊗ _s | 4 | 8 | 21 | 78 | 80 | 238 * | 13.646 |
| 6 | PN-301-4 ⊗ _s | 9 | 8 | 15 | 77 ** | 78 ** | 224 | 13.614 |
| 87 | PN-323-1 ⊗ _s | 4 | 2 | 11 * | 80 | 80 | 205 * | 13.424 |
| 58 | PN-315-2 ⊗ _s | 8 | 9 | 22 | 78 * | 80 | 224 | 13.270 |
| M.P | | 13 | 10 | 23 | 80 | 82 | 222 | 12.801 |
| 49(t) | 18-19 x mLs4-1 x P24-37-2-2 x 4346-2-3-2-A-A | 9 | 2 | 5 | 84 | 87 | 234 | 16.137 |
| 48(t) | P22-S5 x 434656 x 232-10-11-1-A x mLs4-1 | 17 | 8 | 6 | 87 | 90 | 235 | 13.573 |
| 50(t) | 10-11 x mLs4 x CmL-312 | 9 | 3 | 3 | 86 | 89 | 230 | 13.053 |
| 47(t) | 255-18-19 x mLs4-1 x CmL-318 | 8 | 6 | 25 | 80 | 82 | 225 | 11.760 |
| EEMedia | | 5.838 | 4.413 | 5.388 | 1.145 | 1.344 | 7.027 | 1.085 |

* y ** = Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente prueba de t; M.P= Media Poblacional de líneas; (t)= testigo; ¶= selección de 121 líneas; AR = acame de raíz, AT = acame de tallo, PF = porcentaje de plantas con *Fusarium* spp, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, AP = altura de planta y REND = rendimiento.

estadísticamente todos los valores fueron similares. En la variable de plantas con *Fusarium* spp se seleccionaron las líneas más sanas aquellas que presentaron los porcentajes más bajos de infestación referente a la media poblacional, por lo que la prueba de medias, sólo muestra diferencias estadísticas en al menos cuatro líneas, en aquellas que presentan los porcentajes relativamente menores respecto a la media poblacional. En las variables de días a floración femenina y masculina, fueron seleccionados los individuos precoces aquellas que estuvieron por debajo de la media poblacional, cabe destacar que estas líneas seleccionadas provienen de la Población Precoz, por lo tanto manifiestan la característica de precocidad que fue heredado por sus progenitores. Al llevar a cabo la prueba de medias sólo se observaron diferencias ($P \leq 0.01$) en las líneas 68 y 6 en ambas características, mientras que las líneas 72 y 58 presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) aún así, estas líneas son más precoces que el resto seleccionado. En la variable de altura de planta, la mayoría de los individuos seleccionados tiende a un porte alto, comparados con la media poblacional, sin embargo, esta característica no es tan definitiva como para desechar estos genotipos, que si bien no son muy favorecidos presenta ventajas en otros atributos agronómicos. En la comparación de medias sólo se presentan diferencias estadísticas aquellas líneas que se alejan de la media poblacional, ya sea en un menor o mayor altura. Para la característica principal de rendimiento se tienen las mejores líneas seleccionadas del total de líneas evaluadas. De la misma manera que en la Población de Maíz Enano, aún cuando existieron líneas más rendidoras en esta población también fueron desechadas, debido al poco valor agronómico que expresaron, al comparar las líneas en la prueba de medias se tiene que al menos una línea es estadísticamente diferente a la media poblacional. Por lo

que se sugiere trabajar más hacia las demás características agronómicas, y por supuesto no descuidar el rendimiento en los siguientes ciclos de selección Recíproca Recurrente Modificada.

Con estos resultados se cumple con un criterio de selección planteado en esta investigación donde se identificaron las mejores 10 líneas de cada población en base a su prepotencia (aptitud combinatoria general) y con ello se asegura que se esta capitalizando los efectos aditivos de la población *per se* y no de las cruzas.

Con el propósito de dar cumplimiento con el tercer criterio de selección propuesto en este trabajo, donde se realizara una selección combinada, para la identificación de por lo menos tres líneas de la Población Precoz y tres líneas de la Población de Maíz Enano que coincida con los criterios anteriores, y así mismo, aumentar los efectos aditivos de las poblaciones mediante prepotencia (aptitud combinatoria general) y simultáneamente aumentar los efectos de dominancia (aptitud combinatoria específica) que existe en sus cruzas de las poblaciones al llevar a cabo una selección combinada de las familias y de las líneas seleccionadas. Los resultados de los Cuadros 4.2, 4.3 y 4.4 muestran que las mejores líneas seleccionadas para la Población de Maíz Enano son: la 12, 1, 99, 83, 36, 62, 67 y 66; mientras que las líneas 10, 68, 31 y 33 fueron las que se seleccionaron de la Población Precoz. Con la selección anterior de las líneas se llevara a cabo una mezcla para completar la frecuencia de caracteres de esta forma se asegura un mayor avance en el mejoramiento poblacional, al aprovechar los efectos aditivos y no aditivos, y emplear esta reciclación de líneas como una población derivadora de líneas potenciales, para la formación de híbridos superiores.

V. CONCLUSIONES

Como producto de los resultados y discusiones obtenidos se tiene las siguientes conclusiones:

◆ Debido a la suficiente variabilidad genética entre la cruce poblacional (Precoz y Enano) es posible continuar con la estrategia de selección Recíproca Recurrente entre Familias de Hermanos Completos Modificada con líneas S_2 , y para definir mejor el patrón heterótico las líneas seleccionadas de cada población en base a su ACE son:

Población de Maíz Enano: 12, 38, 1, 99, 83, 92, 36, 79, 35 y 62.

Población de Maíz Precoz: 10, 20, 1, 68, 51, 64, 31, 33 y 32.

Y para mejorar las poblaciones *per se* las mejores líneas seleccionadas en base ACG son:

Población de Maíz Enano: 1, 99, 36, 83, 67, 66, 23, 12, 62 y 14.

Población de Maíz Precoz: 68, 10, 72, 31, 33, 40, 62, 6, 87 y 58.

◆ Con la modificación realizada fue posible evaluar híbridos y en base a la superioridad de las cruces entre las líneas de las dos poblaciones se identificaron al menos quince híbridos con buen rendimiento y de buenos caracteres agronómicos.

◆ El nivel de endogamia más adecuada de manejo de este esquema de mejoramiento resulto las líneas S_2 , debido a lo practicó de su manejo en campo, y al no existir diferencias estadísticas con las líneas S_3 .

VI. RESUMEN

En el presente trabajo se planteo, con base en la información de la alta heterosis existente entre dos poblaciones, una de maíz enano y otra normal precoz, realizando un programa de selección recíproca recurrente entre hermanos completos modificada (SRRHCM) para mejorar el comportamiento de la crúza (tal modificación consiste en formar las estructuras familiares entre progenitores con niveles de endogamia en S_2 y S_3) dichas poblaciones provienen del programa de mejoramiento genético del Bajío, del Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Planteando los siguientes objetivos: magnificar el patrón heterótico, identificar híbridos simples a cuales darles seguimiento y demostrar que nivel de endogamia es más práctico en su manejo. 414 familias de hermanos completos fueron obtenidas donde 378 corresponden entre líneas S_2 y 36 entre líneas S_3 , se agruparon en nueve experimentos, se evaluaron cada uno con cuatro testigos comunes en dos localidades con dos repeticiones bajo un diseño de bloques incompletos con arreglo alfa látice. Analizando las características de días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca (cm), plantas con *Fusarium* spp, calificación mazorca, acame de raíz y tallo, y rendimiento de mazorca al 15.5 por ciento de humedad ($t\ ha^{-1}$). Para seleccionar las mejores líneas y culminar el ciclo de selección.

El contraste realizado entre familias no muestran diferencias, por lo tanto sería más práctico manejar este esquema en campo en líneas S_2 debido a menos problemas de endogamia y mantiene la posibilidad de encontrar nuevas combinaciones híbridas prometedoras.

Con los resultados obtenidos y los criterios propuestos fue posible seleccionar las mejores familias de hermanos completos de cada población para constituir el primer ciclo de SRRM en base a rendimiento y características agronómicas aplicando una fuerte presión de selección para acame de raíz y tallo debido a que es un problema detectado en los híbridos entre estas poblaciones, así mismo, se seleccionaron las mejores progenitores en base a su prepotencia.

Debido a la suficiente variabilidad genética entre la cruce poblacional es posible continuar con la estrategia de SRRM en líneas S_2 y para definir mejor el patrón heterótico se seleccionaron las mejores líneas de ACE y para mejorar las poblaciones se seleccionaron las mejores líneas de ACG, mediante la modificación planteada fue posible seleccionar quince cruces superiores.

VII. LITERATURA CITADA

- Beck, D. L., S. K. Vasal and J. Crossa. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germplasm. *Maydica*. 35: 279-285.
- Bejarano, A. 2000. Híbridos Simples: Una alternativa promisorio para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela. FONAIAP-CENIAP-IIA. Maracay 2101, estado de Aragua. Venezuela.
- Benítez, R. 1994. Selección de líneas con diferente nivel de endogamia. 11° Congreso Latinoamericano de Genética (área vegetal) y XV Congreso de Fitogenética. Monterrey, N. L., 25-30 de septiembre 1994. pp: 363.
- Comstock, R. E., and H. I. Robinson. 1948. The components of Genetic Variance in Populations of Biparental Progenies and Their Use in Estimating the Average Degree of Dominance. *Biometrics*. 4(4): 254-266.
- Comstock, R. E., H. I. Robinson, and P. H. Harvey. 1949. A breeding procedure designed to make use of both general and specific combining ability. *Agron. J.* 41: 360-367.
- Córdova, H. S. and H. S. Milkelson. 1995. CIMMYT. Maize Program Internally Managed of Breeding Strategies and Methodologies. External Review. 6p.
- Córdova, H. S. and S. K. Vasal. 1996. Estrategias en el desarrollo y mejoramiento de germoplasma de maíz orientado a la agricultura sustentable. Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. 9-13 de septiembre. Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp:99-123.
- Cubero, J. I. 1999. Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa México, S. A. de C. V. 365 p.
- Chávez A., J. L. 1995. Mejoramiento de plantas 2. 1ª. Editorial, Trillas S. A. México. 143 p.
- De la Rosa L., A. 1993. Comparación de dos métodos de Selección Recurrente Líneas S_1 y Selección Recíproca Recurrente en dos poblaciones de Maíz (*Zea mays*

L.) precoz. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 p.

Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1969. Yield and stability for a 10-line diallel of single cross and double-cross maize hybrids. *Crop Sci.* 9: 357-361.

Eberhart, S. A., W. Salhuana, R. Sevilla and S. Taba. 1995. Principles of tropical maize breeding. *Maydica.* 40: 339-355.

Gaytán, B. R. 1994. Estimación de Heterosis para diferentes características Cuantitativas en maíz utilizando progenitores de Valles Altos y Subtropicales. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 p.

Gómez, M. N., J. Cañedo C. y F. Márquez S. 1992. Identificación de progenitores en un programa de selección recíproca recurrente de maíz en el trópico de Guerrero. In: XVII Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Pp .297.

Goodman, M. M. 1985. Exotic maize germplams: Status, prospects and remedies. *Iowa State J. Res.* 59: 494-527.

Hallauer, A. R. 1967. Development of Single-cross hybrids from two eared populations. *Crop Sci.* 7:192-195.

Hallauer, A. R., and S. A. Eberhart. 1970. Reciprocal full-sib selection. *Crop Sci.* 10:315-316.

Hallauer, A. R., and J. B. Miranda, F. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press. Ames. Iowa. 50010. First edition. United State of America. 468 p.

Hallauer, A. R. 1992. Recurrent selection in maize *Plant Breeding Reviews.* 9: 115-179

Hallauer, A. R. 1993. Maize breeding proceeding of the fifth ASIAN regional maize workshop 5: 160-178.

Herrera L., J. A. 1990. Respuesta a la selección Recíproca Recurrente en dos poblaciones de Maíz para Trópico Seco III. Ambientes de evaluación Trópico Seco. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 65 p.

Johnson, E. C. and K. Fisher. 1981. Patrones de heterosis en poblaciones de maíz del CIMMYT. *Memorias Reunión Anual de PCCMCA. Agron Mesom.* 27(10): 1-32.

- Keeratinijakal, V. and K. R. Lamkey. 1993. Responses to Reciprocal recurrent selection in BSSS and BSCB1 maize populations. *Crop Sci.* 33 (1) 73-77.
- Keeratinijakal, V. and K. R. Lamkey. 1993. Genetic effects associated with reciprocal recurrent selection in BSSS and BSCB1 maize populations. *Crop Sci.* 33 (1) 78-82.
- Labate, A. J., K. R. Lankey, M. Lee, and W. L. Woodman. 1999. Population Genetic of Increased Hybrid Performance between Two Maize Populations under Reciprocal Recurrent Selection. *Capitulo 12.* P. 127.
- Link, W. B. S., A. C. Barbera, J. L. Cubero, A. Filippetti, L. Stringi, E. V. Kittlitz and A. E. Melchinger. 1996. Comparison of intra-and inter-pool crosses in fababean (*Vicia faba* L.); I. Hybrid performance and heterosis of crosses in Mediterranean and German environments. *Plant breed.* 115: 352-360.
- Lonquist, J. H., and N. E. Williams. 1967. Development of maize hybrids through selection among full-sib families. *Crop Sci.* 7:369-370.
- Márquez S., F. and A. R. Hallauer. 1970 Influence of sample size on the estimation of genetic variances in a synthetic variety of maize. I. Grain yield. *Crop Sci.* 10: 357-361.
- Márquez, S. F. 1985. *Genotecnia Vegetal, Métodos, Teoría, Resultados.* Tomo II. 1ª AGT editor S. A. 665 p.
- Melchinger, A. E., and R. K. Gumber. 1998. Concepts and Breeding of Heterosis in crop plants. Overview of Heterosis and Heterotic Groups in Agronomic Crops. *Crop Science Society of America Madison, Wisconsin, USA.* No 25. P. 29-45.
- Menz, R. M. A., A. R. Hallauer and W. A. Russell. 1999. Comparative response of two reciprocal recurrent selection methods in B21 and BS22 maize populations. *Crop Sci.* 39: 89-97.
- Mickelson, H. R., M. Bjarnason., H. S. Córdova, and K. Pixley. 1985. Combining exotic *per-se* performance. Reporte del Programa de Maíz de CIMMYT, El Batán, México. 6p.
- Molina, G. D. y C. F. Yañes. 1994. La aptitud combinatoria general de líneas de maíz (*Zea mays* L.) en la explicación de la heterosis. Memoria del 11º Congreso Latinoamericano de Genética (Área vegetal). In: XV Congreso Nacional de Fitogenética. 1ª. Edición. U.A.N.L. Monterrey, N. L. 374 p.
- Mungoma, C., and L. M. Pollak. 1988. Heterotic patterns among ten Corn Belt and exotic maize populations. *Crop Sci.* 28: 500-504.

- Ottaviano, E., P. Landi, and M. Villa. 1984. Reciprocal full-sib selection to develop maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Plant Breeding Abstracts* Vol. 54(12):884.
- Padron Corral E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. 1ª edición. Editorial Trillas, S. A de C.V. México, D.F. 211 p.
- Pandey, S., and C. O. Gandner. 1992. Recurrent Selection for population, variety and hybrid improvement in tropical maize. *Adv. Agron.* 48: 2-79.
- Pérez B., D., D. Jeffers., D. González de L., M. Khairallah., M. Cortés C., G. Velásquez C., S. Azpiroz R. y G. Srinivasan. 2001. Cartografía de QTL de la resistencia a la pudrición de la mazorca (*Fusarium moniliforme*) en maíz de Valles Altos, México. *Agrociencia* 35: 181-196.
- Ramos, G. F. y Moreno G. 1994. Patrones heteróticos en dialelos poblacionales de maíz (*Zea mays* L.). *Memorias XV Congreso Nacional de Fitogenética*, Monterrey, Nuevo León, México. 25-30 de Septiembre. pp. 405.
- Rivas, M. J. J.; C. Vega S.; E. Padrón C y E. Navarro G. 2000. Componentes de varianza de dos caracteres estudiados en híbridos de maíz. XVIII Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Irapuato, Guanajuato. 15 al 20 de Octubre. pp.125.
- Robles S., R. 1986. *Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico*. Ed. Limusa. 1ª . México D. F. 477 p.
- Robles, S. R. 1995. *Diccionario genético y fitogénético*. 1ª edición. Editorial Trillas, S. A. de C. V., México, D. F.
- Rusell, W. S., D. J. Black Burn and K. R. Lamkey. 1992. Evaluation of modified reciprocal recurrent selection procedure for maize improvement. *Maydica*. 37: 61-67.
- Sahagún C., J. 2000. Evaluación genotípica con el modelo de ambientes cuando hay anidamientos de años en localidades. *Agrociencia* 34: 583-594.
- SAS Institute. 1996. *SAS User's guide: Statistics*. 6.11th ed. SAS Inst. Cary, NC. 956 p.
- Schnicker, B. J. and R. K. Lamkey. 1993. Interpopulations genetic variance after reciprocal recurrent selection in BSSS and BSCB1 maize populations. *Crop Sci*. 33: 90-95.
- Stojsin, D., and L. W. Kannenberg. 1994. Genetic Changes Associated with Different Methods of recurrent Selection in Five Maize Populations: I. Directly Selected Traits. *Crop Sci*. 34: 1466-1472.

- Vasal, S. K., and H. Córdova. 1996. Heterosis en maíz: Acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Memoria del curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. 9-13 de septiembre. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 1ª edición. UAAAN. pp. 32-54.
- Vasal, S. K., and G. Srinivasan. 1991. Breeding strategies to meet changing trends in hybrid maize development. Golden Jubilee Symposium of the Indian Society of Genetics and Plant Breeding. February. 1991. New Delhi India. p. 28.
- Vasal, S. K., G. Srinivasan, S. Pandey, H.S. Córdova and F. C. González. 1992. Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37 (3) 259-270.
- Vasal, S. K., G. Srinivasan., G. C Han and C. González. 1992. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37 (4) 319-327.

VIII. APÉNDICE

A.1 Concentración de cuadrados medios de un análisis de varianza individual de los nueve experimentos en la localidad de Celaya, Guanajuato.

| EXP | Rep | | Blo (Rep) | | Trat | Error | C.V (%) | Media |
|----------------------------|----------|----|-----------|----|---------|-------|---------|---------|
| DFF (días) | | | | | | | | |
| 1 | 121.000 | ** | 27.787 | * | 36.006 | ** | 11.163 | 79.100 |
| 2 | 289.000 | ** | 5.875 | ** | 25.038 | ** | 1.683 | 79.060 |
| 3 | 51.840 | ** | 2.115 | NS | 30.171 | ** | 3.201 | 80.800 |
| 4 | 123.210 | ** | 3.574 | NS | 21.535 | ** | 1.797 | 80.210 |
| 5 | 19.832 | * | 5.229 | NS | 31.719 | ** | 3.529 | 79.020 |
| 6 | 32.490 | ** | 4.687 | NS | 23.567 | ** | 3.037 | 76.870 |
| 7 | 37.210 | ** | 1.447 | NS | 14.848 | ** | 2.432 | 77.370 |
| 8 | 79.210 | ** | 7.446 | * | 19.461 | ** | 2.505 | 77.250 |
| 9 | 210.250 | ** | 4.233 | NS | 13.704 | ** | 2.595 | 78.330 |
| DFM (días) | | | | | | | | |
| 1 | 92.160 | ** | 19.347 | * | 29.399 | ** | 8.879 | 77.160 |
| 2 | 198.810 | ** | 4.010 | * | 19.855 | ** | 1.600 | 77.270 |
| 3 | 57.760 | ** | 2.347 | NS | 26.427 | ** | 2.133 | 78.360 |
| 4 | 92.160 | NS | 3.057 | NS | 18.506 | ** | 1.619 | 78.160 |
| 5 | 61.018 | ** | 6.474 | * | 26.504 | ** | 2.358 | 76.828 |
| 6 | 27.040 | ** | 3.159 | * | 19.092 | ** | 1.187 | 74.920 |
| 7 | 26.010 | ** | 1.682 | NS | 11.564 | ** | 2.123 | 75.810 |
| 8 | 70.560 | ** | 4.660 | ** | 13.437 | ** | 1.345 | 75.460 |
| 9 | 169.000 | ** | 3.652 | NS | 11.621 | ** | 1.873 | 76.360 |
| AP (cm) | | | | | | | | |
| 1 | 1122.250 | ** | 252.875 | NS | 249.699 | * | 147.372 | 224.050 |
| 2 | 1849.000 | ** | 115.562 | NS | 273.847 | ** | 113.451 | 218.100 |
| 3 | 625.000 | ** | 297.187 | ** | 229.949 | ** | 70.671 | 230.300 |
| 4 | 870.250 | * | 148.033 | NS | 266.112 | ** | 126.414 | 229.750 |
| 5 | 3757.597 | ** | 461.317 | ** | 392.062 | ** | 124.675 | 221.818 |
| 6 | 324.000 | NS | 539.894 | ** | 292.003 | ** | 84.923 | 231.400 |
| 7 | 42.250 | NS | 150.417 | NS | 145.012 | NS | 129.681 | 231.850 |
| 8 | 90.250 | NS | 295.087 | NS | 457.468 | ** | 201.501 | 218.050 |
| 9 | 56.250 | NS | 288.806 | * | 520.647 | ** | 127.946 | 227.250 |
| AM (cm) | | | | | | | | |
| 1 | 3364.000 | ** | 119.625 | NS | 312.979 | * | 176.317 | 117.800 |
| 2 | 2756.250 | ** | 182.812 | NS | 269.770 | * | 141.311 | 111.750 |
| 3 | 420.250 | NS | 190.250 | NS | 261.883 | * | 137.689 | 123.750 |
| 4 | 841.000 | * | 207.936 | NS | 193.765 | NS | 121.842 | 126.300 |
| 5 | 307.549 | NS | 168.236 | NS | 371.130 | ** | 105.587 | 116.111 |
| 6 | 240.250 | NS | 406.804 | * | 299.483 | * | 177.873 | 124.650 |
| 7 | 64.000 | NS | 123.933 | NS | 202.969 | NS | 212.062 | 126.700 |
| 8 | 225.000 | NS | 199.265 | NS | 402.329 | ** | 164.168 | 118.200 |
| 9 | 0.000 | NS | 198.016 | NS | 357.533 | * | 184.533 | 124.400 |
| CLM (1-5) | | | | | | | | |
| 1 | 0.250 | NS | 0.225 | NS | 1.213 | ** | 0.426 | 1.890 |
| 2 | 0.250 | NS | 0.587 | NS | 0.721 | * | 0.306 | 1.590 |
| 3 | 0.000 | NS | 0.487 | NS | 0.369 | NS | 0.344 | 1.500 |
| 4 | 0.250 | NS | 0.522 | NS | 0.372 | NS | 0.246 | 1.550 |
| 5 | 0.215 | NS | 0.374 | NS | 0.475 | NS | 0.231 | 1.606 |
| 6 | 0.010 | NS | 0.444 | NS | 0.554 | NS | 0.389 | 1.710 |
| 7 | 0.040 | NS | 0.203 | NS | 0.209 | NS | 0.130 | 1.260 |
| 8 | 0.160 | NS | 0.176 | NS | 0.330 | NS | 0.327 | 1.420 |
| 9 | 0.040 | NS | 0.107 | NS | 0.381 | * | 0.198 | 1.380 |
| REND (t ha ⁻¹) | | | | | | | | |
| 1 | 16.389 | * | 7.365 | NS | 8.713 | ** | 3.572 | 14.501 |
| 2 | 93.212 | ** | 8.527 | ** | 6.839 | ** | 1.682 | 14.081 |
| 3 | 29.280 | * | 1.294 | NS | 4.580 | NS | 4.183 | 14.425 |
| 4 | 19.726 | * | 9.782 | * | 4.329 | NS | 4.219 | 12.997 |
| 5 | 6.270 | NS | 8.325 | * | 7.162 | ** | 3.353 | 12.588 |
| 6 | 21.910 | ** | 2.691 | NS | 4.040 | NS | 2.497 | 13.325 |
| 7 | 31.057 | ** | 3.259 | NS | 3.712 | NS | 2.276 | 12.980 |
| 8 | 21.141 | ** | 1.668 | NS | 3.196 | NS | 2.811 | 13.131 |
| 9 | 33.161 | ** | 2.485 | NS | 5.322 | ** | 1.659 | 12.956 |

* y ** = Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; NS = no significancia; C.V. (%) = coeficiente de variación; DFF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, CLM = calificación de mazorca y REND = rendimiento.

A.2 Concentración de cuadrados medios de un análisis de varianza individual de los nueve experimentos en la localidad de la Piedad, Michoacán.

| EXP | Rep | | Blo (Rep) | | Trat | Error | C.V (%) | Media |
|----------------------------|----------|----|-----------|----|---------|-------|---------|---------|
| DFF (días) | | | | | | | | |
| 1 | 81.000 | ** | 14.062 | ** | 31.728 | ** | 3.719 | 84.000 |
| 2 | 0.472 | NS | 12.914 | NS | 34.596 | ** | 6.892 | 89.153 |
| 3 | 59.290 | ** | 24.490 | ** | 39.359 | ** | 4.544 | 86.590 |
| 4 | 14.557 | NS | 7.625 | NS | 53.507 | ** | 5.399 | 88.375 |
| 5 | 73.805 | ** | 14.050 | NS | 38.677 | ** | 8.450 | 85.388 |
| 6 | 0.010 | NS | 17.299 | NS | 26.559 | ** | 9.710 | 87.670 |
| 7 | 141.610 | ** | 31.803 | ** | 22.739 | ** | 5.182 | 83.770 |
| 8 | 26.010 | ** | 3.955 | NS | 28.825 | ** | 3.435 | 87.150 |
| 9 | 20.915 | NS | 19.767 | NS | 17.549 | NS | 14.937 | 88.798 |
| DFM (días) | | | | | | | | |
| 1 | 54.760 | ** | 15.322 | ** | 28.501 | ** | 3.601 | 82.320 |
| 2 | 2.968 | NS | 8.845 | NS | 32.874 | ** | 4.368 | 87.729 |
| 3 | 37.210 | ** | 15.660 | ** | 33.292 | ** | 2.878 | 84.270 |
| 4 | 22.724 | * | 6.227 | NS | 47.187 | ** | 3.942 | 86.475 |
| 5 | 110.646 | ** | 12.604 | NS | 27.459 | ** | 7.464 | 83.031 |
| 6 | 4.000 | NS | 8.056 | ** | 26.058 | ** | 2.452 | 85.880 |
| 7 | 265.690 | ** | 25.853 | ** | 22.643 | ** | 2.395 | 81.970 |
| 8 | 12.039 | NS | 2.402 | NS | 19.282 | ** | 3.145 | 85.323 |
| 9 | 45.390 | NS | 21.561 | NS | 13.118 | NS | 11.318 | 87.000 |
| AP (cm) | | | | | | | | |
| 1 | 81.000 | NS | 569.437 | ** | 353.092 | ** | 156.427 | 227.700 |
| 2 | 60.398 | NS | 193.030 | NS | 615.297 | ** | 112.644 | 211.224 |
| 3 | 156.250 | NS | 360.937 | NS | 356.811 | NS | 222.408 | 238.950 |
| 4 | 426.666 | NS | 592.851 | ** | 455.246 | ** | 164.261 | 221.515 |
| 5 | 702.250 | NS | 375.062 | NS | 357.607 | NS | 322.799 | 230.550 |
| 6 | 961.000 | * | 401.839 | NS | 306.851 | NS | 230.470 | 216.300 |
| 7 | 240.250 | NS | 468.450 | NS | 458.842 | NS | 353.030 | 231.150 |
| 8 | 3481.000 | ** | 284.082 | NS | 378.340 | ** | 172.472 | 210.400 |
| 9 | 529.000 | NS | 201.828 | NS | 582.013 | ** | 141.619 | 208.700 |
| AM (cm) | | | | | | | | |
| 1 | 90.250 | NS | 426.500 | NS | 454.332 | ** | 212.445 | 118.350 |
| 2 | 97.619 | NS | 224.687 | NS | 451.169 | ** | 110.062 | 104.031 |
| 3 | 36.000 | NS | 544.125 | * | 465.796 | * | 239.902 | 125.900 |
| 4 | 1147.189 | * | 340.237 | NS | 414.676 | * | 211.952 | 110.959 |
| 5 | 5.760 | NS | 666.885 | NS | 423.250 | NS | 323.711 | 115.940 |
| 6 | 441.000 | NS | 280.485 | NS | 294.793 | NS | 236.954 | 109.600 |
| 7 | 400.000 | NS | 265.556 | NS | 580.601 | ** | 183.550 | 123.400 |
| 8 | 1560.250 | ** | 293.182 | NS | 382.769 | ** | 169.678 | 105.750 |
| 9 | 1722.250 | ** | 277.707 | NS | 334.978 | ** | 147.405 | 103.550 |
| CLM (1-5) | | | | | | | | |
| 1 | 0.090 | NS | 0.402 | * | 0.398 | ** | 0.151 | 4.150 |
| 2 | 0.168 | NS | 0.073 | NS | 0.446 | * | 0.256 | 4.347 |
| 3 | 0.000 | NS | 0.187 | NS | 0.128 | NS | 0.110 | 4.000 |
| 4 | 0.001 | NS | 0.137 | NS | 0.181 | NS | 0.144 | 4.140 |
| 5 | 0.090 | NS | 0.077 | NS | 0.129 | * | 0.068 | 3.970 |
| 6 | 0.010 | NS | 0.126 | NS | 0.151 | * | 0.085 | 4.090 |
| 7 | 0.090 | NS | 0.016 | NS | 0.086 | ** | 0.104 | 4.010 |
| 8 | 0.010 | NS | 0.057 | NS | 0.120 | ** | 0.050 | 4.070 |
| 9 | 0.250 | NS | 0.082 | NS | 0.161 | ** | 0.063 | 3.990 |
| REND (t ha ⁻¹) | | | | | | | | |
| 1 | 0.050 | NS | 3.413 | NS | 6.299 | ** | 2.966 | 13.248 |
| 2 | 0.876 | NS | 4.180 | NS | 11.432 | ** | 3.728 | 11.799 |
| 3 | 9.794 | NS | 6.780 | NS | 7.238 | * | 4.121 | 13.828 |
| 4 | 3.180 | NS | 5.270 | NS | 7.029 | * | 3.937 | 12.654 |
| 5 | 0.464 | NS | 5.943 | NS | 8.186 | * | 4.661 | 13.646 |
| 6 | 7.914 | NS | 8.030 | * | 9.721 | ** | 2.755 | 12.348 |
| 7 | 38.182 | ** | 2.206 | NS | 8.518 | ** | 3.108 | 14.126 |
| 8 | 48.463 | * | 4.413 | NS | 9.534 | NS | 8.016 | 12.057 |
| 9 | 14.360 | NS | 7.234 | NS | 10.316 | * | 5.184 | 11.251 |

* y ** = Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; NS = no significancia; C.V. (%) = coeficiente de variación; DFF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, CLM = calificación de mazorca y REND = rendimiento.

A.3. Concentración de cuadrados medios de un análisis de varianza de la localidad de Celaya, Guanajuato.

| F.V | GL | DF | | GL | DFM | | GL | AP | | GL | AM | | GL | CLM | | GL | REND | |
|---------------|-----|-----------------|----|-----|-----------------|----|-----|-------------------|----|-----|------------------|----|-----|---------------|----|-----|--------------------|----|
| | | días | | | días | | | cm | | | cm | | | (1-5) | | | t ha ⁻¹ | |
| Exp | 8 | 7.273 | NS | 8 | 3.832 | NS | 8 | 221.588 | NS | 8 | 241.140 | NS | 8 | 0.414 | NS | 8 | 8.764 | NS |
| Rep/Exp | 9 | 107.089 | ** | 9 | 88.249 | ** | 9 | 971.879 | NS | 9 | 913.098 | ** | 9 | 0.135 | NS | 9 | 30.238 | ** |
| Blo/Exp x Rep | 72 | 6.991 | ** | 72 | 5.550 | ** | 72 | 309.319 | ** | 72 | 213.330 | NS | 72 | 0.364 | NS | 72 | 4.845 | ** |
| Trat | 417 | 25.149 | ** | 417 | 20.563 | ** | 417 | 324.968 | ** | 417 | 302.070 | ** | 417 | 0.534 | ** | 417 | 5.264 | ** |
| Error | 392 | 3.585 | | 392 | 2.589 | | 392 | 125.176 | | 392 | 161.041 | | 392 | 0.281 | | 392 | 3.158 | |
| C.V (%) | | 2.407 | | | 2.097 | | | 4.954 | | | 10.481 | | | 34.340 | | | 13.214 | |
| Media | | 78.667 | | | 76.703 | | | 225.845 | | | 121.079 | | | 1.545 | | | 13.444 | |
| DMS | | 3.711 | | | 3.154 | | | 21.929 | | | 24.873 | | | 1.039 | | | 3.483 | |
| Rango | | 67.000 - 96.000 | | | 69.000 - 92.000 | | | 125.000 - 280.000 | | | 65.000 - 170.000 | | | 0.000 - 4.000 | | | 3.016 - 22.265 | |
| EEMedia | | 1.565 | | | 1.340 | | | 9.174 | | | 10.119 | | | 0.418 | | | 1.393 | |

* y ** = Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; NS = no significancia; C.V. (%) = coeficiente de variación; EEMedia = error estándar de la media; DMS = diferencia mínima significativa al 0.05; DFF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, CLM = calificación de mazorca y REND = rendimiento.

A.4. Concentración de cuadrados medios de un análisis de varianza de la localidad de la Piedad, Michoacán.

| F.V | G.L | DF | G.L | DFM | G.L | AP | G.L | AM | G.L | CLM | G.L | REND |
|---------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|-----------------|-----|----------------|-----|-------------|-----|--------------------|
| | | días | | días | | cm | | cm | | (1-5) | | t ha ⁻¹ |
| Exp | 8 | 52.532 ** | 8 | 46.543 ** | 8 | 960.214 ** | 8 | 904.989 ** | 8 | 0.423 ** | 8 | 11.560 * |
| Rep/Exp | 9 | 45.566 ** | 9 | 60.764 NS | 9 | 732.618 NS | 9 | 605.698 NS | 9 | 0.080 NS | 9 | 13.459 NS |
| Blo/Exp x Rep | 72 | 17.060 ** | 72 | 13.870 ** | 72 | 432.632 ** | 72 | 409.058 ** | 72 | 0.138 NS | 72 | 6.320 NS |
| Trat | 415 | 33.000 ** | 415 | 28.570 ** | 416 | 440.016 ** | 416 | 428.706 ** | 416 | 0.199 ** | 416 | 11.112 ** |
| Error | 389 | 7.463 | 386 | 5.116 | 391 | 210.311 | 391 | 211.068 | 392 | 0.121 | 392 | 5.241 |
| C.V (%) | | 3.148 | | 2.665 | | 6.395 | | 12.848 | | 8.536 | | 17.924 |
| Media | | 86.759 | | 84.875 | | 221.856 | | 113.079 | | 4.085 | | 12.773 |
| DMS | | 5.354 | | 4.433 | | 28.424 | | 28.475 | | 0.682 | | 4.487 |
| Rango | | 74.000-105.000 | | 74.000-102.000 | | 120.000-275.000 | | 50.000-180.000 | | 3.000-5.000 | | 2.152-22.334 |
| EEMedia | | 2.230 | | 1.871 | | 11.230 | | 11.392 | | 0.273 | | 1.804 |

* y ** = Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; NS = no significancia; C.V. (%) = coeficiente de variación; EEMedia = error estándar de la media; DMS = diferencia mínima significativa al 0.05; DFF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, CLM = calificación de mazorca y REND = rendimiento.

A.5. Concentración de medias de todas las familias de hermanos completos

| P. Enano | P. Precoz | líneas | % | | Días | | cm | | CIm (1-5) | Rend t ha ⁻¹ | |
|----------|-----------|--------|----|----|------|----|----|-----|--------------|----------------------------|--------|
| | | | Ar | At | Pf | Fm | Ff | Ap | | | Am |
| 95 | 66 | 2 | 3 | 31 | 24 | 79 | 80 | 231 | 134 | 2 | 17.299 |
| 12 | 10 | 2 | 6 | 6 | 22 | 77 | 79 | 213 | 101 | 2 | 17.220 |
| 3 | 1 | 2 | 16 | 2 | 8 | 82 | 84 | 233 | 134 | 3 | 17.072 |
| 60 | 1 | 2 | 3 | 2 | 6 | 84 | 85 | 218 | 108 | 2 | 16.955 |
| 28 | 1 | 2 | 7 | 15 | 10 | 86 | 87 | 230 | 123 | 2 | 16.744 |
| 23 | 21 | 2 | 13 | 6 | 8 | 80 | 82 | 216 | 130 | 3 | 16.587 |
| 24 | 1 | 2 | 4 | 6 | 17 | 83 | 86 | 229 | 116 | 3 | 16.571 |
| 38 | 20 | 2 | 9 | 5 | 9 | 79 | 81 | 250 | 131 | 3 | 16.441 |
| 11 | 1 | 2 | 0 | 10 | 10 | 85 | 86 | 236 | 121 | 3 | 16.432 |
| 1 | 1 | 2 | 4 | 9 | 14 | 80 | 83 | 219 | 115 | 2 | 16.200 |
| 99 | 68 | 2 | 4 | 1 | 7 | 77 | 80 | 256 | 154 | 3 | 16.185 |
| 5 | 1 | 2 | 11 | 7 | 7 | 82 | 84 | 241 | 130 | 3 | 16.177 |
| 83 | 51 | 2 | 4 | 6 | 18 | 80 | 82 | 228 | 116 | 2 | 16.097 |
| 15 | 1 | 2 | 1 | 4 | 9 | 82 | 84 | 245 | 123 | 2 | 16.093 |
| 95 | 65 | 2 | 3 | 16 | 18 | 81 | 83 | 240 | 129 | 3 | 16.072 |
| 22 | 17 | 2 | 6 | 13 | 9 | 80 | 82 | 228 | 134 | 3 | 16.016 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 17 | 18 | 80 | 81 | 224 | 113 | 3 | 15.922 |
| 31 | 1 | 2 | 10 | 6 | 12 | 81 | 84 | 229 | 115 | 3 | 15.842 |
| 134 | 110 | 3 | 16 | 2 | 8 | 81 | 84 | 218 | 114 | 2 | 15.795 |
| 92 | 68 | 2 | 9 | 4 | 14 | 75 | 77 | 234 | 125 | 3 | 15.677 |
| 14 | 10 | 2 | 6 | 1 | 6 | 81 | 84 | 239 | 130 | 3 | 15.660 |
| 104 | 71 | 2 | 10 | 16 | 11 | 82 | 84 | 214 | 131 | 3 | 15.632 |
| 29 | 1 | 2 | 7 | 5 | 15 | 82 | 85 | 239 | 111 | 3 | 15.605 |
| 49 | 26 | 2 | 27 | 17 | 41 | 79 | 81 | 235 | 138 | 3 | 15.591 |
| 92 | 57 | 2 | 8 | 25 | 31 | 79 | 81 | 225 | 121 | 3 | 15.547 |
| 13 | 39 | 2 | 11 | 13 | 14 | 77 | 78 | 220 | 100 | 3 | 15.509 |
| 92 | 66 | 2 | 8 | 14 | 17 | 77 | 79 | 233 | 128 | 3 | 15.502 |
| 16 | 1 | 2 | 24 | 8 | 17 | 86 | 88 | 236 | 123 | 3 | 15.498 |
| 92 | 64 | 2 | 5 | 14 | 10 | 79 | 81 | 223 | 124 | 3 | 15.495 |
| 34 | 1 | 2 | 4 | 15 | 21 | 81 | 83 | 236 | 133 | 3 | 15.373 |
| 3 | 5 | 2 | 11 | 13 | 18 | 77 | 79 | 234 | 124 | 4 | 15.372 |
| 17 | 19 | 2 | 11 | 15 | 22 | 77 | 79 | 245 | 130 | 3 | 15.351 |
| 94 | 66 | 2 | 2 | 29 | 20 | 80 | 81 | 233 | 124 | 3 | 15.290 |
| 105 | 74 | 2 | 14 | 6 | 11 | 79 | 80 | 256 | 154 | 3 | 15.266 |
| 13 | 18 | 2 | 9 | 21 | 22 | 78 | 80 | 236 | 131 | 3 | 15.219 |
| 14 | 14 | 2 | 9 | 1 | 3 | 81 | 84 | 226 | 115 | 3 | 15.209 |
| 84 | 51 | 2 | 1 | 13 | 19 | 83 | 85 | 241 | 133 | 3 | 15.205 |
| 13 | 13 | 2 | 8 | 13 | 20 | 80 | 82 | 219 | 111 | 3 | 15.150 |
| 36 | 1 | 2 | 5 | 3 | 12 | 81 | 83 | 219 | 116 | 3 | 15.149 |
| 24 | 20 | 2 | 9 | 13 | 15 | 81 | 82 | 245 | 133 | 3 | 15.145 |
| 79 | 64 | 2 | 8 | 11 | 13 | 79 | 81 | 233 | 121 | 3 | 15.056 |
| 47 | 1 | 2 | 16 | 4 | 2 | 84 | 88 | 210 | 100 | 3 | 15.027 |
| 35 | 31 | 2 | 8 | 4 | 10 | 79 | 82 | 238 | 131 | 3 | 14.982 |
| 62 | 31 | 2 | 0 | 10 | 13 | 78 | 79 | 235 | 134 | 3 | 14.970 |
| 109 | 75 | 2 | 18 | 7 | 30 | 76 | 78 | 241 | 133 | 3 | 14.964 |

ContinuaciónA.5

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|---|--------|
| 13 | 20 | 2 | 11 | 13 | 21 | 79 | 81 | 232 | 128 | 3 | 14.922 |
| 37 | 1 | 2 | 19 | 15 | 5 | 83 | 86 | 235 | 123 | 3 | 14.905 |
| 112 | 92 | 2 | 13 | 2 | 5 | 83 | 86 | 208 | 99 | 3 | 14.898 |
| 3 | 11 | 2 | 12 | 10 | 18 | 76 | 77 | 218 | 113 | 3 | 14.863 |
| 38 | 4 | 2 | 8 | 3 | 1 | 88 | 90 | 253 | 129 | 3 | 14.854 |
| 129 | 106 | 3 | 37 | 8 | 22 | 84 | 85 | 256 | 148 | 3 | 14.838 |
| 78 | 89 | 2 | 13 | 28 | 40 | 77 | 79 | 204 | 113 | 3 | 14.826 |
| 67 | 33 | 2 | 4 | 4 | 6 | 78 | 80 | 243 | 124 | 3 | 14.796 |
| 10 | 9 | 2 | 6 | 17 | 23 | 76 | 78 | 228 | 113 | 3 | 14.794 |
| 84 | 1 | 2 | 1 | 6 | 21 | 83 | 85 | 221 | 113 | 3 | 14.777 |
| 66 | 1 | 2 | 5 | 0 | 6 | 79 | 82 | 218 | 100 | 3 | 14.766 |
| 59 | 33 | 2 | 4 | 3 | 25 | 78 | 80 | 243 | 130 | 3 | 14.736 |
| 63 | 31 | 2 | 0 | 2 | 12 | 78 | 80 | 226 | 128 | 3 | 14.711 |
| 6 | 6 | 2 | 11 | 7 | 19 | 77 | 78 | 226 | 114 | 3 | 14.638 |
| 10 | 6 | 2 | 7 | 14 | 10 | 76 | 77 | 220 | 109 | 3 | 14.631 |
| 91 | 71 | 2 | 15 | 10 | 16 | 77 | 78 | 240 | 121 | 3 | 14.631 |
| 140 | 119 | 3 | 23 | 2 | 16 | 82 | 84 | 218 | 125 | 3 | 14.629 |
| 35 | 32 | 2 | 9 | 2 | 13 | 80 | 83 | 241 | 123 | 3 | 14.623 |
| 29 | 4 | 2 | 7 | 5 | 0 | 86 | 89 | 231 | 110 | 3 | 14.618 |
| 13 | 23 | 2 | 11 | 9 | 9 | 80 | 82 | 239 | 131 | 3 | 14.602 |
| 6 | 3 | 2 | 24 | 8 | 21 | 78 | 80 | 235 | 136 | 3 | 14.580 |
| 13 | 19 | 2 | 22 | 38 | 18 | 78 | 80 | 239 | 140 | 3 | 14.579 |
| 33 | 1 | 2 | 22 | 11 | 7 | 82 | 84 | 250 | 146 | 3 | 14.579 |
| 20 | 19 | 2 | 9 | 13 | 24 | 79 | 81 | 241 | 135 | 3 | 14.560 |
| 10 | 10 | 2 | 11 | 14 | 9 | 77 | 78 | 221 | 110 | 4 | 14.553 |
| 94 | 65 | 2 | 0 | 29 | 33 | 79 | 80 | 223 | 116 | 3 | 14.505 |
| 14 | 17 | 2 | 9 | 1 | 8 | 79 | 81 | 245 | 133 | 3 | 14.493 |
| 54 | 1 | 2 | 0 | 5 | 6 | 86 | 89 | 230 | 120 | 3 | 14.490 |
| 79 | 90 | 2 | 20 | 13 | 30 | 80 | 82 | 213 | 115 | 3 | 14.468 |
| 92 | 59 | 2 | 11 | 8 | 21 | 79 | 81 | 236 | 134 | 3 | 14.431 |
| 13 | 31 | 2 | 6 | 12 | 14 | 79 | 80 | 236 | 141 | 3 | 14.388 |
| 24 | 22 | 2 | 7 | 4 | 12 | 84 | 86 | 214 | 119 | 3 | 14.373 |
| 105 | 72 | 2 | 2 | 4 | 5 | 79 | 80 | 255 | 149 | 3 | 14.372 |
| 111 | 80 | 2 | 3 | 14 | 17 | 81 | 83 | 228 | 126 | 3 | 14.370 |
| 46 | 26 | 2 | 18 | 7 | 27 | 80 | 81 | 215 | 110 | 3 | 14.351 |
| 51 | 31 | 2 | 1 | 2 | 19 | 76 | 78 | 216 | 115 | 3 | 14.343 |
| 13 | 15 | 2 | 6 | 12 | 16 | 78 | 80 | 213 | 113 | 3 | 14.336 |
| 3 | 10 | 2 | 11 | 14 | 18 | 79 | 81 | 224 | 108 | 4 | 14.329 |
| 52 | 51 | 2 | 13 | 5 | 36 | 82 | 82 | 241 | 130 | 3 | 14.329 |
| 13 | 29 | 2 | 10 | 19 | 20 | 79 | 81 | 240 | 126 | 3 | 14.322 |
| 34 | 4 | 2 | 0 | 1 | 0 | 88 | 91 | 236 | 119 | 2 | 14.293 |
| 17 | 13 | 2 | 37 | 12 | 22 | 80 | 81 | 228 | 119 | 3 | 14.281 |
| 132 | 109 | 3 | 9 | 7 | 8 | 85 | 86 | 230 | 119 | 3 | 14.262 |
| 85 | 51 | 2 | 0 | 5 | 23 | 83 | 84 | 234 | 129 | 3 | 14.259 |
| 17 | 18 | 2 | 5 | 8 | 24 | 77 | 79 | 226 | 115 | 3 | 14.244 |
| 64 | 1 | 2 | 7 | 1 | 12 | 84 | 86 | 228 | 106 | 3 | 14.223 |
| 86 | 1 | 2 | 2 | 16 | 12 | 84 | 86 | 231 | 119 | 3 | 14.216 |

Continuación.....A.5

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|---|--------|
| 30 | 1 | 2 | 9 | 4 | 5 | 85 | 87 | 235 | 111 | 3 | 14.204 |
| 118 | 89 | 2 | 19 | 3 | 17 | 78 | 80 | 210 | 113 | 3 | 14.189 |
| 50 | 29 | 2 | 29 | 6 | 20 | 81 | 82 | 214 | 106 | 3 | 14.184 |
| 18 | 12 | 2 | 3 | 5 | 19 | 82 | 82 | 211 | 111 | 3 | 14.151 |
| 103 | 71 | 2 | 17 | 20 | 15 | 79 | 81 | 235 | 123 | 3 | 14.147 |
| 40 | 22 | 2 | 12 | 6 | 33 | 79 | 82 | 223 | 109 | 3 | 14.140 |
| 13 | 45 | 2 | 2 | 5 | 12 | 78 | 81 | 231 | 126 | 3 | 14.133 |
| 123 | 99 | 3 | 6 | 2 | 19 | 79 | 82 | 214 | 119 | 3 | 14.120 |
| 13 | 28 | 2 | 16 | 8 | 15 | 81 | 82 | 234 | 121 | 3 | 14.114 |
| 49 | 40 | 2 | 2 | 4 | 11 | 79 | 81 | 233 | 131 | 3 | 14.094 |
| 8 | 5 | 2 | 24 | 13 | 23 | 76 | 78 | 216 | 116 | 3 | 14.079 |
| 91 | 72 | 2 | 8 | 7 | 15 | 77 | 77 | 228 | 111 | 3 | 14.078 |
| 24 | 23 | 2 | 6 | 9 | 25 | 82 | 84 | 223 | 131 | 3 | 14.067 |
| 35 | 19 | 2 | 18 | 11 | 16 | 80 | 84 | 248 | 134 | 3 | 14.066 |
| 13 | 16 | 2 | 5 | 18 | 20 | 79 | 80 | 219 | 109 | 3 | 14.063 |
| 13 | 9 | 2 | 10 | 9 | 13 | 78 | 80 | 224 | 114 | 3 | 14.045 |
| 23 | 22 | 2 | 2 | 1 | 5 | 81 | 84 | 213 | 113 | 3 | 14.033 |
| 13 | 26 | 2 | 22 | 8 | 9 | 79 | 81 | 239 | 140 | 3 | 14.005 |
| 92 | 69 | 2 | 18 | 19 | 19 | 78 | 79 | 228 | 125 | 3 | 13.978 |
| 96 | 66 | 2 | 9 | 19 | 25 | 80 | 82 | 233 | 133 | 3 | 13.956 |
| 14 | 1 | 2 | 11 | 0 | 8 | 85 | 89 | 226 | 116 | 2 | 13.915 |
| 85 | 86 | 2 | 2 | 6 | 10 | 83 | 86 | 218 | 126 | 3 | 13.891 |
| 4 | 2 | 2 | 7 | 7 | 21 | 78 | 79 | 225 | 126 | 3 | 13.885 |
| 43 | 1 | 2 | 12 | 5 | 15 | 86 | 87 | 233 | 114 | 3 | 13.872 |
| 111 | 79 | 2 | 13 | 12 | 19 | 80 | 82 | 224 | 121 | 3 | 13.855 |
| 14 | 16 | 2 | 10 | 4 | 18 | 79 | 81 | 218 | 105 | 3 | 13.846 |
| 13 | 40 | 2 | 0 | 6 | 6 | 78 | 80 | 229 | 118 | 3 | 13.835 |
| 13 | 35 | 2 | 5 | 2 | 25 | 80 | 83 | 230 | 135 | 3 | 13.831 |
| 41 | 25 | 2 | 32 | 13 | 31 | 78 | 79 | 221 | 121 | 3 | 13.823 |
| 114 | 84 | 2 | 2 | 5 | 7 | 84 | 86 | 228 | 111 | 3 | 13.821 |
| 108 | 75 | 2 | 20 | 9 | 14 | 79 | 80 | 225 | 133 | 2 | 13.815 |
| 92 | 62 | 2 | 2 | 11 | 24 | 77 | 79 | 233 | 115 | 3 | 13.801 |
| 13 | 22 | 2 | 1 | 5 | 6 | 82 | 84 | 230 | 120 | 3 | 13.793 |
| 92 | 72 | 2 | 4 | 7 | 11 | 78 | 80 | 216 | 116 | 3 | 13.790 |
| 14 | 11 | 2 | 3 | 1 | 0 | 79 | 82 | 221 | 121 | 3 | 13.785 |
| 91 | 75 | 2 | 12 | 7 | 15 | 76 | 78 | 244 | 130 | 3 | 13.782 |
| 35 | 1 | 2 | 6 | 3 | 11 | 79 | 84 | 221 | 103 | 3 | 13.769 |
| 10 | 11 | 2 | 11 | 8 | 12 | 82 | 84 | 208 | 119 | 3 | 13.747 |
| 32 | 1 | 2 | 26 | 1 | 17 | 82 | 85 | 225 | 110 | 3 | 13.732 |
| 84 | 53 | 2 | 5 | 16 | 13 | 82 | 84 | 248 | 136 | 3 | 13.698 |
| 83 | 62 | 2 | 2 | 12 | 12 | 79 | 82 | 241 | 124 | 3 | 13.695 |
| 90 | 56 | 2 | 8 | 21 | 49 | 80 | 82 | 220 | 123 | 3 | 13.689 |
| 12 | 8 | 2 | 3 | 8 | 20 | 79 | 81 | 220 | 119 | 3 | 13.676 |
| 3 | 3 | 2 | 26 | 15 | 4 | 77 | 79 | 228 | 109 | 4 | 13.671 |
| 52 | 38 | 2 | 7 | 10 | 32 | 75 | 76 | 205 | 106 | 3 | 13.632 |
| 41 | 21 | 2 | 8 | 6 | 15 | 78 | 80 | 218 | 118 | 3 | 13.614 |
| 38 | 1 | 2 | 6 | 8 | 8 | 85 | 88 | 256 | 138 | 3 | 13.574 |

ContinuaciónA.5

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|---|--------|
| 71 | 38 | 2 | 2 | 5 | 35 | 79 | 81 | 215 | 106 | 3 | 13.564 |
| 74 | 40 | 2 | 5 | 17 | 15 | 80 | 82 | 238 | 124 | 3 | 13.564 |
| 3 | 8 | 2 | 7 | 18 | 13 | 78 | 78 | 226 | 124 | 4 | 13.553 |
| 94 | 63 | 2 | 5 | 18 | 40 | 79 | 80 | 231 | 119 | 3 | 13.529 |
| 3 | 7 | 2 | 11 | 7 | 13 | 76 | 78 | 221 | 111 | 4 | 13.500 |
| 20 | 21 | 2 | 6 | 8 | 18 | 79 | 82 | 228 | 108 | 3 | 13.471 |
| 104 | 1 | 2 | 6 | 2 | 6 | 84 | 86 | 216 | 103 | 3 | 13.465 |
| 46 | 25 | 2 | 20 | 20 | 47 | 76 | 78 | 229 | 125 | 3 | 13.460 |
| 48 | 1 | 2 | 9 | 3 | 14 | 82 | 84 | 226 | 120 | 3 | 13.454 |
| 13 | 33 | 2 | 5 | 12 | 13 | 79 | 82 | 233 | 130 | 3 | 13.448 |
| 87 | 62 | 2 | 9 | 1 | 26 | 79 | 81 | 241 | 130 | 3 | 13.441 |
| 116 | 87 | 2 | 4 | 2 | 11 | 80 | 80 | 205 | 106 | 3 | 13.424 |
| 4 | 5 | 2 | 7 | 26 | 21 | 78 | 80 | 214 | 115 | 3 | 13.418 |
| 94 | 89 | 2 | 21 | 18 | 35 | 79 | 80 | 210 | 110 | 3 | 13.414 |
| 44 | 1 | 2 | 30 | 1 | 13 | 88 | 90 | 220 | 114 | 3 | 13.410 |
| 78 | 90 | 2 | 30 | 12 | 30 | 80 | 82 | 215 | 118 | 3 | 13.407 |
| 37 | 4 | 2 | 10 | 1 | 0 | 91 | 94 | 250 | 126 | 3 | 13.395 |
| 20 | 1 | 2 | 10 | 3 | 5 | 86 | 89 | 221 | 109 | 3 | 13.357 |
| 133 | 109 | 3 | 16 | 8 | 7 | 82 | 84 | 228 | 119 | 3 | 13.356 |
| 12 | 1 | 2 | 3 | 5 | 19 | 84 | 86 | 200 | 98 | 3 | 13.355 |
| 2 | 21 | 2 | 11 | 10 | 22 | 79 | 82 | 224 | 133 | 3 | 13.332 |
| 92 | 58 | 2 | 11 | 6 | 11 | 78 | 80 | 220 | 110 | 3 | 13.329 |
| 46 | 24 | 2 | 21 | 11 | 16 | 81 | 82 | 226 | 115 | 3 | 13.304 |
| 80 | 60 | 2 | 14 | 5 | 30 | 81 | 83 | 215 | 111 | 3 | 13.304 |
| 8 | 6 | 2 | 11 | 5 | 10 | 77 | 78 | 216 | 113 | 3 | 13.293 |
| 10 | 13 | 2 | 17 | 24 | 32 | 78 | 79 | 215 | 108 | 3 | 13.275 |
| 87 | 68 | 2 | 5 | 5 | 6 | 75 | 77 | 241 | 130 | 3 | 13.265 |
| 101 | 70 | 2 | 35 | 15 | 24 | 78 | 80 | 240 | 133 | 3 | 13.263 |
| 3 | 2 | 2 | 5 | 4 | 17 | 78 | 80 | 210 | 110 | 3 | 13.244 |
| 136 | 112 | 3 | 30 | 10 | 15 | 83 | 85 | 213 | 105 | 3 | 13.234 |
| 68 | 1 | 2 | 9 | 5 | 14 | 81 | 84 | 224 | 106 | 3 | 13.225 |
| 88 | 1 | 2 | 6 | 8 | 10 | 85 | 89 | 223 | 119 | 3 | 13.218 |
| 24 | 21 | 2 | 14 | 26 | 27 | 80 | 82 | 221 | 134 | 3 | 13.217 |
| 108 | 76 | 2 | 34 | 3 | 22 | 79 | 81 | 233 | 124 | 3 | 13.215 |
| 91 | 58 | 2 | 5 | 12 | 33 | 77 | 79 | 229 | 115 | 3 | 13.211 |
| 18 | 16 | 2 | 24 | 57 | 43 | 77 | 77 | 203 | 91 | 3 | 13.189 |
| 77 | 1 | 2 | 3 | 15 | 5 | 86 | 87 | 240 | 131 | 3 | 13.188 |
| 79 | 63 | 2 | 12 | 5 | 34 | 80 | 79 | 215 | 114 | 3 | 13.163 |
| 56 | 1 | 2 | 11 | 6 | 9 | 85 | 87 | 231 | 114 | 3 | 13.156 |
| 121 | 97 | 3 | 11 | 0 | 17 | 83 | 85 | 235 | 119 | 4 | 13.145 |
| 81 | 50 | 2 | 12 | 6 | 29 | 78 | 79 | 229 | 126 | 3 | 13.144 |
| 20 | 16 | 2 | 2 | 8 | 27 | 80 | 83 | 223 | 113 | 4 | 13.112 |
| 12 | 11 | 2 | 11 | 4 | 29 | 82 | 84 | 201 | 100 | 3 | 13.094 |
| 105 | 75 | 2 | 31 | 8 | 11 | 80 | 81 | 251 | 140 | 3 | 13.080 |
| 14 | 13 | 2 | 11 | 18 | 29 | 80 | 82 | 219 | 115 | 3 | 13.076 |
| 18 | 13 | 2 | 11 | 12 | 17 | 80 | 82 | 218 | 108 | 4 | 13.053 |
| 79 | 65 | 2 | 4 | 17 | 20 | 80 | 83 | 235 | 129 | 3 | 13.050 |

Continuación A.5

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|---|--------|
| 59 | 32 | 2 | 18 | 4 | 5 | 83 | 86 | 238 | 124 | 3 | 12.991 |
| 35 | 33 | 2 | 4 | 11 | 19 | 79 | 81 | 238 | 124 | 3 | 12.990 |
| 79 | 89 | 2 | 24 | 32 | 25 | 80 | 81 | 216 | 124 | 3 | 12.979 |
| 109 | 77 | 2 | 12 | 11 | 18 | 83 | 85 | 225 | 114 | 3 | 12.936 |
| 107 | 76 | 2 | 10 | 16 | 45 | 78 | 79 | 230 | 130 | 3 | 12.929 |
| 22 | 14 | 2 | 9 | 0 | 16 | 82 | 82 | 206 | 108 | 3 | 12.929 |
| 42 | 1 | 2 | 11 | 11 | 11 | 84 | 85 | 248 | 135 | 3 | 12.921 |
| 51 | 92 | 2 | 21 | 2 | 12 | 83 | 86 | 225 | 121 | 3 | 12.919 |
| 62 | 42 | 2 | 1 | 4 | 6 | 80 | 82 | 218 | 126 | 3 | 12.916 |
| 109 | 76 | 2 | 19 | 4 | 23 | 79 | 85 | 215 | 123 | 3 | 12.913 |
| 20 | 22 | 2 | 11 | 2 | 17 | 81 | 83 | 219 | 103 | 3 | 12.902 |
| 58 | 1 | 2 | 13 | 3 | 17 | 85 | 87 | 221 | 118 | 3 | 12.889 |
| 39 | 1 | 2 | 14 | 15 | 10 | 85 | 87 | 244 | 131 | 3 | 12.886 |
| 3 | 6 | 2 | 13 | 6 | 22 | 78 | 78 | 230 | 123 | 3 | 12.880 |
| 40 | 21 | 2 | 15 | 14 | 33 | 79 | 81 | 225 | 114 | 3 | 12.859 |
| 24 | 17 | 2 | 21 | 17 | 6 | 81 | 84 | 238 | 138 | 3 | 12.823 |
| 119 | 94 | 3 | 10 | 20 | 24 | 80 | 81 | 215 | 109 | 3 | 12.819 |
| 78 | 4 | 2 | 22 | 7 | 22 | 79 | 81 | 218 | 118 | 3 | 12.799 |
| 20 | 18 | 2 | 5 | 3 | 33 | 78 | 81 | 225 | 115 | 4 | 12.772 |
| 20 | 13 | 2 | 11 | 8 | 13 | 80 | 82 | 220 | 106 | 4 | 12.764 |
| 50 | 27 | 2 | 16 | 6 | 23 | 79 | 80 | 220 | 121 | 3 | 12.751 |
| 33 | 4 | 2 | 9 | 0 | 3 | 93 | 95 | 248 | 123 | 3 | 12.733 |
| 97 | 67 | 2 | 2 | 22 | 26 | 79 | 80 | 244 | 128 | 3 | 12.723 |
| 91 | 76 | 2 | 17 | 18 | 23 | 77 | 79 | 225 | 126 | 3 | 12.720 |
| 23 | 14 | 2 | 8 | 5 | 12 | 81 | 83 | 203 | 105 | 3 | 12.714 |
| 87 | 53 | 2 | 7 | 6 | 30 | 81 | 82 | 231 | 118 | 3 | 12.714 |
| 91 | 80 | 2 | 13 | 6 | 19 | 79 | 80 | 228 | 113 | 3 | 12.711 |
| 13 | 44 | 2 | 2 | 9 | 19 | 78 | 82 | 229 | 111 | 4 | 12.699 |
| 107 | 81 | 2 | 20 | 6 | 21 | 79 | 80 | 218 | 116 | 3 | 12.683 |
| 63 | 1 | 2 | 0 | 2 | 4 | 84 | 87 | 228 | 103 | 3 | 12.676 |
| 23 | 16 | 2 | 0 | 15 | 24 | 79 | 81 | 205 | 101 | 3 | 12.669 |
| 122 | 99 | 3 | 16 | 6 | 55 | 77 | 79 | 224 | 120 | 3 | 12.658 |
| 100 | 69 | 2 | 22 | 17 | 33 | 78 | 79 | 224 | 118 | 3 | 12.644 |
| 59 | 30 | 2 | 15 | 13 | 26 | 79 | 82 | 224 | 108 | 3 | 12.632 |
| 92 | 65 | 2 | 2 | 18 | 9 | 78 | 80 | 225 | 118 | 3 | 12.628 |
| 4 | 6 | 2 | 2 | 9 | 16 | 78 | 80 | 226 | 113 | 4 | 12.627 |
| 46 | 34 | 2 | 9 | 6 | 26 | 78 | 81 | 211 | 114 | 3 | 12.616 |
| 70 | 38 | 2 | 1 | 15 | 40 | 77 | 78 | 205 | 115 | 3 | 12.595 |
| 57 | 4 | 2 | 7 | 2 | 3 | 93 | 94 | 236 | 120 | 2 | 12.589 |
| 61 | 31 | 2 | 5 | 8 | 27 | 79 | 81 | 223 | 118 | 4 | 12.581 |
| 13 | 34 | 2 | 1 | 8 | 14 | 82 | 85 | 230 | 116 | 3 | 12.576 |
| 12 | 9 | 2 | 5 | 3 | 30 | 77 | 80 | 219 | 111 | 3 | 12.575 |
| 31 | 4 | 2 | 0 | 5 | 0 | 87 | 90 | 234 | 110 | 3 | 12.562 |
| 78 | 49 | 2 | 5 | 9 | 34 | 77 | 79 | 229 | 121 | 3 | 12.554 |
| 13 | 17 | 2 | 21 | 15 | 13 | 82 | 83 | 244 | 136 | 3 | 12.546 |
| 94 | 92 | 2 | 23 | 12 | 22 | 85 | 87 | 235 | 128 | 3 | 12.486 |
| 24 | 15 | 2 | 2 | 7 | 12 | 81 | 83 | 216 | 111 | 4 | 12.468 |

ContinuaciónA.5

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|---|--------|
| 91 | 74 | 2 | 13 | 7 | 22 | 78 | 79 | 236 | 128 | 3 | 12.455 |
| 112 | 82 | 2 | 13 | 4 | 14 | 80 | 82 | 213 | 103 | 3 | 12.449 |
| 4 | 3 | 2 | 12 | 16 | 27 | 79 | 79 | 233 | 131 | 4 | 12.446 |
| 52 | 36 | 2 | 7 | 4 | 28 | 76 | 78 | 196 | 105 | 3 | 12.445 |
| 14 | 18 | 2 | 11 | 1 | 25 | 77 | 78 | 221 | 111 | 3 | 12.433 |
| 107 | 75 | 2 | 35 | 14 | 24 | 78 | 79 | 236 | 138 | 3 | 12.428 |
| 141 | 120 | 3 | 17 | 0 | 30 | 77 | 79 | 211 | 106 | 3 | 12.418 |
| 17 | 16 | 2 | 2 | 13 | 36 | 79 | 82 | 214 | 99 | 3 | 12.404 |
| 91 | 55 | 2 | 21 | 6 | 41 | 78 | 80 | 221 | 116 | 3 | 12.394 |
| 56 | 29 | 2 | 18 | 12 | 24 | 81 | 83 | 245 | 135 | 3 | 12.381 |
| 119 | 102 | 3 | 13 | 12 | 27 | 82 | 83 | 221 | 119 | 3 | 12.374 |
| 9 | 1 | 2 | 1 | 4 | 12 | 81 | 83 | 215 | 106 | 3 | 12.369 |
| 60 | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | 90 | 93 | 231 | 110 | 3 | 12.340 |
| 80 | 48 | 2 | 14 | 5 | 33 | 79 | 81 | 215 | 111 | 3 | 12.328 |
| 22 | 15 | 2 | 2 | 12 | 24 | 79 | 80 | 199 | 88 | 3 | 12.323 |
| 120 | 96 | 3 | 6 | 5 | 25 | 80 | 83 | 196 | 98 | 3 | 12.319 |
| 122 | 97 | 3 | 14 | 6 | 40 | 82 | 82 | 244 | 123 | 3 | 12.319 |
| 20 | 10 | 2 | 6 | 3 | 11 | 81 | 82 | 210 | 101 | 3 | 12.318 |
| 46 | 37 | 2 | 5 | 10 | 46 | 75 | 77 | 206 | 111 | 3 | 12.294 |
| 61 | 1 | 2 | 1 | 5 | 23 | 81 | 82 | 223 | 103 | 3 | 12.255 |
| 92 | 63 | 2 | 7 | 14 | 29 | 81 | 84 | 215 | 105 | 3 | 12.251 |
| 41 | 22 | 2 | 6 | 10 | 11 | 81 | 84 | 216 | 119 | 3 | 12.245 |
| 50 | 26 | 2 | 15 | 8 | 25 | 81 | 82 | 228 | 123 | 3 | 12.212 |
| 52 | 54 | 2 | 12 | 4 | 19 | 81 | 82 | 204 | 105 | 3 | 12.198 |
| 53 | 27 | 2 | 25 | 10 | 23 | 80 | 82 | 229 | 124 | 3 | 12.189 |
| 14 | 15 | 2 | 2 | 3 | 12 | 79 | 82 | 210 | 98 | 3 | 12.174 |
| 131 | 108 | 3 | 15 | 22 | 20 | 84 | 86 | 225 | 125 | 3 | 12.148 |
| 59 | 31 | 2 | 2 | 6 | 34 | 80 | 82 | 229 | 126 | 3 | 12.143 |
| 51 | 27 | 2 | 17 | 4 | 28 | 80 | 82 | 223 | 118 | 3 | 12.127 |
| 90 | 55 | 2 | 0 | 10 | 36 | 79 | 82 | 205 | 115 | 3 | 12.119 |
| 13 | 41 | 2 | 6 | 17 | 27 | 78 | 79 | 201 | 101 | 3 | 12.108 |
| 78 | 77 | 2 | 37 | 24 | 18 | 80 | 82 | 245 | 133 | 3 | 12.107 |
| 13 | 12 | 2 | 14 | 18 | 14 | 81 | 82 | 218 | 123 | 4 | 12.105 |
| 35 | 21 | 2 | 11 | 12 | 26 | 81 | 83 | 221 | 116 | 3 | 12.096 |
| 79 | 47 | 2 | 3 | 7 | 37 | 80 | 82 | 214 | 119 | 3 | 12.076 |
| 4 | 7 | 2 | 8 | 6 | 14 | 78 | 80 | 204 | 104 | 4 | 12.062 |
| 119 | 95 | 3 | 19 | 13 | 44 | 83 | 85 | 220 | 110 | 3 | 12.061 |
| 140 | 118 | 3 | 27 | 7 | 17 | 84 | 86 | 230 | 125 | 3 | 12.048 |
| 73 | 4 | 2 | 6 | 0 | 3 | 88 | 91 | 253 | 119 | 3 | 12.028 |
| 15 | 11 | 2 | 3 | 3 | 6 | 83 | 85 | 209 | 114 | 4 | 12.024 |
| 107 | 77 | 2 | 40 | 6 | 23 | 80 | 82 | 214 | 106 | 3 | 12.010 |
| 72 | 4 | 2 | 5 | 0 | 0 | 86 | 92 | 243 | 114 | 3 | 11.995 |
| 22 | 18 | 2 | 5 | 21 | 33 | 80 | 81 | 225 | 120 | 3 | 11.992 |
| 40 | 23 | 2 | 24 | 12 | 36 | 80 | 82 | 241 | 134 | 3 | 11.979 |
| 2 | 1 | 2 | 10 | 7 | 11 | 84 | 86 | 236 | 123 | 3 | 11.909 |
| 124 | 100 | 3 | 12 | 7 | 13 | 84 | 86 | 225 | 131 | 3 | 11.903 |
| 22 | 1 | 2 | 3 | 12 | 12 | 85 | 88 | 218 | 101 | 3 | 11.898 |

ContinuaciónA.5

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|---|----|----|----|----|----|-----|-----|---|--------|
| 128 | 105 | 3 | 12 | 0 | 2 | 83 | 84 | 205 | 100 | 3 | 11.875 |
| 82 | 4 | 2 | 3 | 2 | 0 | 91 | 86 | 223 | 115 | 3 | 11.851 |
| 119 | 103 | 3 | 4 | 20 | 36 | 82 | 83 | 223 | 104 | 3 | 11.849 |
| 51 | 26 | 2 | 17 | 9 | 38 | 80 | 82 | 234 | 134 | 3 | 11.843 |
| 50 | 28 | 2 | 12 | 11 | 35 | 78 | 79 | 200 | 104 | 3 | 11.838 |
| 92 | 67 | 2 | 6 | 19 | 38 | 78 | 79 | 215 | 114 | 3 | 11.833 |
| 26 | 1 | 2 | 9 | 9 | 7 | 87 | 89 | 220 | 113 | 3 | 11.817 |
| 10 | 7 | 2 | 8 | 17 | 21 | 76 | 77 | 213 | 105 | 4 | 11.816 |
| 133 | 113 | 3 | 12 | 13 | 32 | 79 | 82 | 214 | 118 | 3 | 11.808 |
| 76 | 43 | 2 | 3 | 0 | 16 | 78 | 80 | 229 | 120 | 3 | 11.775 |
| 78 | 50 | 2 | 6 | 12 | 49 | 77 | 79 | 223 | 116 | 3 | 11.770 |
| 8 | 11 | 2 | 10 | 9 | 23 | 85 | 86 | 184 | 94 | 4 | 11.745 |
| 7 | 1 | 2 | 6 | 6 | 8 | 84 | 87 | 209 | 84 | 3 | 11.710 |
| 19 | 1 | 2 | 2 | 2 | 13 | 85 | 86 | 225 | 110 | 3 | 11.709 |
| 135 | 111 | 3 | 36 | 5 | 9 | 82 | 85 | 203 | 110 | 3 | 11.686 |
| 13 | 25 | 2 | 22 | 18 | 24 | 80 | 82 | 231 | 115 | 3 | 11.676 |
| 55 | 1 | 2 | 14 | 3 | 6 | 84 | 86 | 200 | 103 | 3 | 11.650 |
| 102 | 1 | 2 | 9 | 0 | 4 | 81 | 84 | 221 | 85 | 3 | 11.605 |
| 142 | 121 | 3 | 41 | 9 | 36 | 80 | 82 | 248 | 124 | 3 | 11.604 |
| 51 | 90 | 2 | 8 | 1 | 7 | 82 | 84 | 221 | 118 | 3 | 11.592 |
| 78 | 46 | 2 | 10 | 2 | 24 | 77 | 79 | 226 | 129 | 4 | 11.590 |
| 46 | 52 | 2 | 3 | 24 | 46 | 78 | 79 | 216 | 115 | 4 | 11.565 |
| 115 | 85 | 2 | 9 | 5 | 10 | 85 | 87 | 211 | 103 | 3 | 11.559 |
| 98 | 1 | 2 | 2 | 3 | 13 | 81 | 83 | 215 | 104 | 3 | 11.546 |
| 46 | 36 | 2 | 4 | 9 | 42 | 76 | 78 | 199 | 110 | 3 | 11.515 |
| 78 | 92 | 2 | 11 | 13 | 30 | 81 | 84 | 223 | 118 | 3 | 11.503 |
| 48 | 4 | 2 | 7 | 2 | 4 | 87 | 90 | 236 | 116 | 3 | 11.477 |
| 101 | 69 | 2 | 10 | 26 | 28 | 80 | 82 | 221 | 124 | 3 | 11.413 |
| 100 | 1 | 2 | 7 | 13 | 11 | 85 | 86 | 220 | 99 | 3 | 11.406 |
| 116 | 88 | 2 | 4 | 5 | 18 | 79 | 80 | 198 | 103 | 3 | 11.393 |
| 117 | 88 | 2 | 1 | 9 | 35 | 79 | 79 | 185 | 88 | 3 | 11.385 |
| 4 | 8 | 2 | 12 | 14 | 20 | 82 | 85 | 223 | 111 | 4 | 11.374 |
| 51 | 93 | 2 | 23 | 8 | 14 | 83 | 85 | 199 | 103 | 3 | 11.327 |
| 106 | 73 | 2 | 12 | 22 | 29 | 82 | 84 | 233 | 135 | 3 | 11.325 |
| 126 | 102 | 3 | 18 | 25 | 21 | 85 | 87 | 206 | 120 | 3 | 11.317 |
| 122 | 101 | 3 | 7 | 11 | 20 | 80 | 82 | 208 | 118 | 3 | 11.298 |
| 133 | 114 | 3 | 11 | 12 | 30 | 81 | 82 | 230 | 124 | 3 | 11.271 |
| 75 | 4 | 2 | 17 | 7 | 0 | 88 | 90 | 235 | 118 | 3 | 11.267 |
| 92 | 56 | 2 | 13 | 20 | 44 | 82 | 84 | 213 | 108 | 3 | 11.252 |
| 17 | 1 | 2 | 10 | 4 | 21 | 82 | 84 | 214 | 89 | 3 | 11.221 |
| 8 | 7 | 2 | 8 | 8 | 20 | 76 | 79 | 213 | 106 | 4 | 11.216 |
| 45 | 4 | 2 | 27 | 0 | 2 | 91 | 94 | 227 | 107 | 3 | 11.193 |
| 28 | 4 | 2 | 13 | 14 | 27 | 84 | 87 | 220 | 101 | 3 | 11.186 |
| 13 | 27 | 2 | 11 | 8 | 18 | 82 | 83 | 226 | 114 | 3 | 11.069 |
| 13 | 46 | 2 | 10 | 2 | 11 | 80 | 82 | 225 | 116 | 4 | 11.065 |
| 76 | 44 | 2 | 11 | 7 | 58 | 78 | 79 | 206 | 90 | 3 | 11.007 |
| 10 | 12 | 2 | 11 | 20 | 33 | 80 | 80 | 204 | 116 | 4 | 10.958 |

Continuación..... A.5

| | | | | | | | | | | | |
|-------|---------|---|----|----|----|----|----|-----|-----|---|--------|
| 39 | 4 | 2 | 8 | 0 | 0 | 89 | 93 | 241 | 119 | 2 | 10.958 |
| 63 | 45 | 2 | 6 | 6 | 23 | 80 | 82 | 206 | 110 | 4 | 10.886 |
| 68 | 34 | 2 | 5 | 7 | 24 | 83 | 85 | 218 | 109 | 3 | 10.837 |
| 89 | 1 | 2 | 18 | 13 | 24 | 82 | 84 | 213 | 104 | 3 | 10.818 |
| 123 | 98 | 3 | 19 | 0 | 13 | 82 | 84 | 218 | 113 | 3 | 10.811 |
| 130 | 107 | 3 | 16 | 23 | 48 | 80 | 83 | 225 | 118 | 3 | 10.808 |
| 127 | 104 | 3 | 22 | 20 | 74 | 78 | 80 | 223 | 119 | 3 | 10.785 |
| 87 | 59 | 2 | 22 | 16 | 49 | 79 | 81 | 220 | 119 | 3 | 10.739 |
| 106 | 74 | 2 | 22 | 15 | 16 | 82 | 84 | 248 | 144 | 3 | 10.730 |
| 25 | 1 | 2 | 28 | 7 | 3 | 86 | 89 | 224 | 104 | 3 | 10.567 |
| 113 | 83 | 2 | 6 | 7 | 31 | 80 | 81 | 213 | 105 | 3 | 10.548 |
| 125 | 101 | 3 | 27 | 18 | 39 | 79 | 81 | 209 | 118 | 3 | 10.469 |
| 51 | 91 | 2 | 26 | 13 | 17 | 83 | 84 | 208 | 103 | 3 | 10.449 |
| 89 | 55 | 2 | 12 | 12 | 30 | 79 | 81 | 206 | 104 | 3 | 10.297 |
| 27 | 1 | 2 | 14 | 4 | 11 | 87 | 88 | 208 | 98 | 3 | 10.216 |
| 110 | 79 | 2 | 5 | 7 | 17 | 80 | 81 | 206 | 95 | 3 | 10.211 |
| 93 | 61 | 2 | 14 | 24 | 42 | 80 | 81 | 211 | 103 | 3 | 10.153 |
| 17 | 12 | 2 | 6 | 7 | 18 | 86 | 88 | 210 | 109 | 3 | 10.117 |
| 21 | 1 | 2 | 11 | 5 | 33 | 83 | 86 | 218 | 111 | 3 | 10.101 |
| 139 | 117 | 3 | 19 | 9 | 23 | 81 | 83 | 221 | 116 | 3 | 10.100 |
| 2 | 2 | 2 | 6 | 6 | 25 | 79 | 79 | 225 | 120 | 3 | 10.041 |
| 137 | 115 | 3 | 21 | 4 | 26 | 83 | 84 | 208 | 93 | 3 | 9.945 |
| 112 | 89 | 2 | 29 | 32 | 30 | 80 | 82 | 216 | 129 | 3 | 9.854 |
| 69 | 4 | 2 | 4 | 0 | 4 | 84 | 87 | 240 | 114 | 3 | 9.800 |
| 138 | 116 | 3 | 35 | 13 | 50 | 78 | 79 | 190 | 91 | 3 | 9.431 |
| 52 | 27 | 2 | 9 | 10 | 18 | 82 | 84 | 214 | 111 | 3 | 9.332 |
| 108 | 78 | 2 | 25 | 15 | 22 | 83 | 85 | 228 | 124 | 4 | 9.050 |
| 7 | 4 | 2 | 16 | 4 | 4 | 87 | 90 | 239 | 120 | 3 | 8.722 |
| 44 | 4 | 2 | 9 | 5 | 4 | 93 | 96 | 220 | 111 | 3 | 8.698 |
| 21 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 90 | 92 | 200 | 88 | 3 | 7.371 |
| 65 | 4 | 2 | 13 | 0 | 0 | 83 | 86 | 218 | 95 | 3 | 6.714 |
| Test. | Partic. | | | | | | | | | | |
| 49 | 36 | | 9 | 2 | 5 | 84 | 87 | 234 | | | 16.137 |
| 48 | 36 | | 17 | 8 | 6 | 87 | 90 | 235 | | | 13.573 |
| 50 | 36 | | 9 | 3 | 3 | 86 | 89 | 230 | | | 13.053 |
| 47 | 36 | | 8 | 6 | 25 | 80 | 82 | 225 | | | 11.760 |

Ar = acame de raíz, At = acame de tallo, Pf = porcentaje de plantas con *Fusarium* spp, Fm = días a floración masculina, Ff = días a floración femenina, Ap = altura de planta, Am = altura de mazorca, Clm = Calificación de mazorca y Rend = rendimiento.

A.6. Concentración de medias de la Población de Maíz Normal Precoz en base a su prepotencia.

| P. Precoz | Particip. | % | | | | | Días | Ap cm | Rend t ha ⁻¹ |
|-----------|-----------|----|----|----|----|----|------|----------|----------------------------|
| | | Ar | At | Pf | Fm | Ff | | | |
| 110 | 4 | 16 | 2 | 8 | 81 | 84 | 218 | 15.7952 | |
| 57 | 4 | 8 | 25 | 31 | 79 | 81 | 225 | 15.5474 | |
| 66 | 16 | 6 | 23 | 22 | 79 | 80 | 232 | 15.5116 | |
| 39 | 4 | 11 | 13 | 14 | 77 | 78 | 220 | 15.5088 | |
| 20 | 16 | 10 | 11 | 17 | 79 | 81 | 240 | 15.3575 | |
| 64 | 8 | 6 | 13 | 12 | 79 | 81 | 228 | 15.2752 | |
| 68 | 12 | 6 | 3 | 9 | 76 | 78 | 244 | 15.0422 | |
| 51 | 16 | 4 | 7 | 24 | 82 | 83 | 236 | 14.9724 | |
| 106 | 4 | 37 | 8 | 22 | 84 | 85 | 256 | 14.8380 | |
| 10 | 20 | 8 | 7 | 13 | 79 | 81 | 221 | 14.8159 | |
| 71 | 12 | 14 | 15 | 14 | 79 | 81 | 230 | 14.8031 | |
| 19 | 16 | 15 | 19 | 20 | 78 | 81 | 243 | 14.6391 | |
| 119 | 4 | 23 | 2 | 16 | 82 | 84 | 218 | 14.6287 | |
| 5 | 12 | 14 | 17 | 21 | 77 | 79 | 221 | 14.2896 | |
| 72 | 12 | 5 | 6 | 10 | 78 | 79 | 233 | 14.0803 | |
| 65 | 16 | 2 | 20 | 20 | 79 | 81 | 231 | 14.0640 | |
| 31 | 28 | 3 | 6 | 18 | 78 | 80 | 229 | 14.0168 | |
| 33 | 16 | 4 | 8 | 16 | 78 | 81 | 239 | 13.9926 | |
| 17 | 16 | 15 | 11 | 9 | 81 | 82 | 238 | 13.9694 | |
| 86 | 4 | 2 | 6 | 10 | 83 | 86 | 218 | 13.8914 | |
| 9 | 16 | 7 | 10 | 20 | 77 | 79 | 223 | 13.8645 | |
| 40 | 12 | 2 | 9 | 11 | 79 | 81 | 233 | 13.8311 | |
| 35 | 4 | 5 | 2 | 25 | 80 | 83 | 230 | 13.8310 | |
| 13 | 28 | 15 | 14 | 22 | 80 | 81 | 220 | 13.8211 | |
| 84 | 4 | 2 | 5 | 7 | 84 | 86 | 228 | 13.8206 | |
| 23 | 16 | 13 | 9 | 20 | 81 | 83 | 235 | 13.8126 | |
| 109 | 8 | 12 | 8 | 8 | 83 | 85 | 229 | 13.8091 | |
| 32 | 8 | 13 | 3 | 9 | 81 | 85 | 239 | 13.8070 | |
| 1 | 232 | 9 | 7 | 12 | 83 | 86 | 226 | 13.7077 | |
| 18 | 24 | 7 | 13 | 26 | 78 | 80 | 228 | 13.6465 | |
| 62 | 12 | 4 | 8 | 21 | 78 | 80 | 238 | 13.6458 | |
| 29 | 12 | 19 | 12 | 21 | 80 | 82 | 233 | 13.6288 | |
| 14 | 12 | 9 | 2 | 11 | 81 | 83 | 212 | 13.6173 | |
| 75 | 20 | 23 | 9 | 19 | 78 | 79 | 240 | 13.6141 | |
| 6 | 20 | 9 | 8 | 15 | 77 | 78 | 224 | 13.6137 | |
| 26 | 20 | 20 | 10 | 28 | 80 | 81 | 230 | 13.6004 | |
| 21 | 28 | 11 | 12 | 21 | 79 | 82 | 222 | 13.5965 | |
| 22 | 24 | 7 | 5 | 14 | 81 | 84 | 219 | 13.5810 | |
| 3 | 12 | 20 | 13 | 17 | 78 | 79 | 232 | 13.5654 | |
| 80 | 8 | 8 | 10 | 18 | 80 | 81 | 228 | 13.5406 | |
| 87 | 4 | 4 | 2 | 11 | 80 | 80 | 205 | 13.4243 | |
| 99 | 8 | 11 | 4 | 37 | 78 | 80 | 219 | 13.3891 | |
| 16 | 28 | 7 | 19 | 34 | 79 | 80 | 214 | 13.3352 | |

Continuación..... A.6

| | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|---------|
| 24 | 4 | 21 | 11 | 16 | 81 | 82 | 226 | 13.3043 |
| 60 | 4 | 14 | 5 | 30 | 81 | 83 | 215 | 13.3043 |
| 58 | 8 | 8 | 9 | 22 | 78 | 80 | 224 | 13.2698 |
| 38 | 12 | 4 | 10 | 36 | 77 | 78 | 208 | 13.2637 |
| 70 | 4 | 35 | 15 | 24 | 78 | 80 | 240 | 13.2633 |
| 112 | 4 | 30 | 10 | 15 | 83 | 85 | 213 | 13.2338 |
| 53 | 8 | 6 | 11 | 22 | 82 | 83 | 239 | 13.2059 |
| 90 | 12 | 19 | 8 | 22 | 81 | 82 | 216 | 13.1557 |
| 11 | 22 | 8 | 6 | 14 | 81 | 83 | 207 | 13.1143 |
| 89 | 20 | 21 | 23 | 29 | 79 | 80 | 211 | 13.0524 |
| 25 | 12 | 25 | 17 | 34 | 78 | 79 | 227 | 12.9864 |
| 63 | 12 | 8 | 12 | 34 | 80 | 81 | 220 | 12.9811 |
| 28 | 8 | 14 | 10 | 25 | 79 | 81 | 217 | 12.9760 |
| 92 | 16 | 17 | 7 | 17 | 83 | 85 | 223 | 12.9514 |
| 76 | 16 | 20 | 10 | 28 | 78 | 81 | 226 | 12.9441 |
| 42 | 4 | 1 | 4 | 6 | 80 | 82 | 218 | 12.9164 |
| 8 | 12 | 8 | 13 | 18 | 80 | 81 | 223 | 12.8677 |
| 15 | 16 | 3 | 9 | 16 | 79 | 81 | 209 | 12.8251 |
| 94 | 4 | 10 | 20 | 24 | 80 | 81 | 215 | 12.8186 |
| 74 | 12 | 16 | 9 | 16 | 80 | 81 | 247 | 12.8171 |
| 97 | 8 | 12 | 3 | 29 | 82 | 83 | 239 | 12.7318 |
| 81 | 4 | 20 | 6 | 21 | 79 | 80 | 218 | 12.6832 |
| 69 | 12 | 17 | 21 | 27 | 78 | 80 | 224 | 12.6784 |
| 30 | 4 | 15 | 13 | 26 | 79 | 82 | 224 | 12.6322 |
| 59 | 8 | 16 | 12 | 35 | 79 | 81 | 228 | 12.5849 |
| 49 | 4 | 5 | 9 | 34 | 77 | 79 | 229 | 12.5542 |
| 45 | 8 | 4 | 6 | 17 | 79 | 81 | 219 | 12.5094 |
| 56 | 8 | 11 | 20 | 47 | 81 | 83 | 216 | 12.4705 |
| 50 | 8 | 9 | 9 | 39 | 77 | 79 | 226 | 12.4568 |
| 82 | 4 | 13 | 4 | 14 | 80 | 82 | 213 | 12.4494 |
| 120 | 4 | 17 | 0 | 30 | 77 | 79 | 211 | 12.4180 |
| 2 | 12 | 6 | 5 | 21 | 78 | 79 | 220 | 12.3897 |
| 77 | 12 | 30 | 14 | 20 | 81 | 83 | 228 | 12.3511 |
| 48 | 4 | 14 | 5 | 33 | 79 | 81 | 215 | 12.3281 |
| 96 | 4 | 6 | 5 | 25 | 80 | 83 | 196 | 12.3195 |
| 37 | 4 | 5 | 10 | 46 | 75 | 77 | 206 | 12.2937 |
| 67 | 8 | 4 | 20 | 32 | 78 | 79 | 229 | 12.2778 |
| 54 | 4 | 12 | 4 | 19 | 81 | 82 | 204 | 12.1984 |
| 7 | 16 | 9 | 9 | 17 | 76 | 79 | 213 | 12.1485 |
| 108 | 4 | 15 | 22 | 20 | 84 | 86 | 225 | 12.1478 |
| 41 | 4 | 6 | 17 | 27 | 78 | 79 | 201 | 12.1082 |
| 12 | 22 | 9 | 13 | 20 | 75 | 83 | 211 | 12.1027 |
| 47 | 4 | 3 | 7 | 37 | 80 | 82 | 214 | 12.0760 |
| 95 | 4 | 19 | 13 | 44 | 83 | 85 | 220 | 12.0606 |
| 118 | 4 | 27 | 7 | 17 | 84 | 86 | 230 | 12.0481 |
| 79 | 8 | 9 | 9 | 18 | 80 | 82 | 215 | 12.0331 |

ContinuaciónA.6

| | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|---------|
| 34 | 12 | 5 | 7 | 21 | 81 | 84 | 220 | 12.0096 |
| 36 | 8 | 6 | 6 | 35 | 76 | 78 | 198 | 11.9805 |
| 100 | 4 | 12 | 7 | 13 | 84 | 86 | 225 | 11.9031 |
| 105 | 4 | 12 | 0 | 2 | 83 | 84 | 205 | 11.8745 |
| 44 | 8 | 7 | 8 | 38 | 78 | 80 | 218 | 11.8527 |
| 103 | 4 | 4 | 20 | 36 | 82 | 83 | 223 | 11.8490 |
| 102 | 8 | 15 | 19 | 24 | 83 | 85 | 214 | 11.8453 |
| 113 | 4 | 12 | 13 | 32 | 79 | 82 | 214 | 11.8084 |
| 43 | 4 | 3 | 0 | 16 | 78 | 80 | 229 | 11.7751 |
| 111 | 4 | 36 | 5 | 9 | 82 | 85 | 203 | 11.6860 |
| 121 | 4 | 41 | 9 | 36 | 80 | 82 | 248 | 11.6038 |
| 55 | 12 | 11 | 9 | 36 | 79 | 81 | 211 | 11.6034 |
| 52 | 4 | 3 | 24 | 46 | 78 | 79 | 216 | 11.5648 |
| 85 | 4 | 9 | 5 | 10 | 85 | 87 | 211 | 11.5590 |
| 4 | 88 | 9 | 3 | 4 | 85 | 87 | 231 | 11.5201 |
| 27 | 20 | 16 | 8 | 22 | 81 | 82 | 222 | 11.4936 |
| 88 | 8 | 3 | 7 | 27 | 79 | 80 | 191 | 11.3893 |
| 93 | 4 | 23 | 8 | 14 | 83 | 85 | 199 | 11.3275 |
| 46 | 8 | 10 | 2 | 17 | 78 | 81 | 226 | 11.3274 |
| 73 | 4 | 12 | 22 | 29 | 82 | 84 | 233 | 11.3254 |
| 114 | 4 | 11 | 12 | 30 | 81 | 82 | 230 | 11.2712 |
| 101 | 8 | 17 | 14 | 30 | 80 | 81 | 208 | 10.8833 |
| 98 | 4 | 19 | 0 | 13 | 82 | 84 | 218 | 10.8106 |
| 107 | 4 | 16 | 23 | 48 | 80 | 83 | 225 | 10.8079 |
| 104 | 4 | 22 | 20 | 74 | 78 | 80 | 223 | 10.7852 |
| 83 | 4 | 6 | 7 | 31 | 80 | 81 | 213 | 10.5483 |
| 91 | 4 | 26 | 13 | 17 | 83 | 84 | 208 | 10.4495 |
| 61 | 4 | 14 | 24 | 42 | 80 | 81 | 211 | 10.1533 |
| 117 | 4 | 19 | 9 | 23 | 81 | 83 | 221 | 10.1004 |
| 115 | 4 | 21 | 4 | 26 | 83 | 84 | 208 | 9.9447 |
| 116 | 4 | 35 | 13 | 50 | 78 | 79 | 190 | 9.4314 |
| 78 | 4 | 25 | 15 | 22 | 83 | 85 | 228 | 9.0497 |

Ar = acame de raíz, At = acame de tallo, Pf = porcentaje de plantas con *Fusarium* spp, Fm = días a floración masculina, Ff = días a floración femenina, Ap = altura de planta y Rend = rendimiento.

A.7. concentración de medias de la Población de Maíz Enano en base a su prepotencia.

| P. Enano | Partic. | % | | Días | | | Ap cm | Rend t ha ⁻¹ |
|----------|---------|----|----|------|----|----|----------|----------------------------|
| | | Ar | At | Pf | Fm | Ff | | |
| 95 | 8 | 3 | 23 | 21 | 80 | 81 | 236 | 16.685 |
| 11 | 4 | 0 | 10 | 10 | 85 | 86 | 236 | 16.432 |
| 1 | 1 | 4 | 9 | 14 | 80 | 83 | 219 | 16.200 |
| 99 | 4 | 4 | 1 | 7 | 77 | 80 | 256 | 16.185 |
| 5 | 4 | 11 | 7 | 7 | 82 | 84 | 241 | 16.177 |
| 134 | 4 | 16 | 2 | 8 | 81 | 84 | 218 | 15.795 |
| 16 | 4 | 24 | 8 | 17 | 86 | 88 | 236 | 15.498 |
| 36 | 4 | 5 | 3 | 12 | 81 | 83 | 219 | 15.149 |
| 29 | 8 | 7 | 5 | 7 | 84 | 87 | 235 | 15.112 |
| 47 | 4 | 16 | 4 | 2 | 84 | 88 | 210 | 15.027 |
| 34 | 12 | 3 | 10 | 14 | 83 | 86 | 236 | 15.013 |
| 38 | 12 | 8 | 5 | 6 | 83 | 86 | 253 | 14.956 |
| 83 | 8 | 3 | 9 | 15 | 80 | 82 | 234 | 14.896 |
| 49 | 8 | 15 | 11 | 26 | 79 | 81 | 234 | 14.842 |
| 129 | 4 | 37 | 8 | 22 | 84 | 85 | 256 | 14.838 |
| 67 | 4 | 4 | 4 | 6 | 78 | 80 | 243 | 14.796 |
| 66 | 4 | 5 | 0 | 6 | 79 | 82 | 218 | 14.766 |
| 60 | 8 | 3 | 2 | 3 | 87 | 89 | 224 | 14.648 |
| 6 | 8 | 18 | 8 | 20 | 77 | 79 | 231 | 14.609 |
| 84 | 12 | 3 | 12 | 18 | 83 | 85 | 237 | 14.560 |
| 104 | 8 | 8 | 9 | 8 | 83 | 85 | 215 | 14.548 |
| 54 | 4 | 0 | 5 | 6 | 86 | 89 | 230 | 14.490 |
| 3 | 36 | 12 | 10 | 14 | 78 | 79 | 225 | 14.276 |
| 132 | 4 | 9 | 7 | 8 | 85 | 86 | 230 | 14.262 |
| 105 | 12 | 16 | 6 | 9 | 79 | 80 | 254 | 14.240 |
| 64 | 4 | 7 | 1 | 12 | 84 | 86 | 228 | 14.223 |
| 86 | 4 | 2 | 16 | 12 | 84 | 86 | 231 | 14.216 |
| 30 | 4 | 9 | 4 | 5 | 85 | 87 | 235 | 14.204 |
| 31 | 8 | 5 | 5 | 6 | 84 | 87 | 231 | 14.202 |
| 118 | 4 | 19 | 3 | 17 | 78 | 80 | 210 | 14.189 |
| 37 | 8 | 15 | 8 | 3 | 87 | 90 | 243 | 14.150 |
| 103 | 4 | 17 | 20 | 15 | 79 | 81 | 235 | 14.147 |
| 111 | 8 | 8 | 13 | 18 | 81 | 82 | 226 | 14.113 |
| 24 | 28 | 9 | 11 | 16 | 82 | 84 | 226 | 14.095 |
| 85 | 8 | 1 | 6 | 16 | 83 | 85 | 226 | 14.075 |
| 15 | 8 | 2 | 3 | 8 | 82 | 84 | 227 | 14.058 |
| 23 | 16 | 6 | 7 | 12 | 80 | 82 | 209 | 14.001 |
| 12 | 20 | 6 | 5 | 24 | 80 | 82 | 211 | 13.984 |
| 28 | 8 | 10 | 15 | 19 | 85 | 87 | 225 | 13.965 |
| 96 | 4 | 9 | 19 | 25 | 80 | 82 | 233 | 13.956 |
| 62 | 8 | 1 | 7 | 9 | 79 | 81 | 226 | 13.943 |

ContinuaciónA.7

| | | | | | | | | |
|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|--------|
| 43 | 8 | 12 | 5 | 15 | 86 | 87 | 233 | 13.872 |
| 94 | 20 | 10 | 21 | 30 | 80 | 82 | 226 | 13.845 |
| 14 | 36 | 8 | 3 | 12 | 80 | 82 | 225 | 13.843 |
| 114 | 4 | 2 | 5 | 7 | 84 | 86 | 228 | 13.821 |
| 92 | 52 | 8 | 14 | 22 | 78 | 80 | 224 | 13.809 |
| 13 | 132 | 10 | 13 | 16 | 79 | 81 | 228 | 13.765 |
| 35 | 24 | 9 | 7 | 16 | 80 | 83 | 234 | 13.754 |
| 32 | 4 | 26 | 1 | 17 | 82 | 85 | 225 | 13.732 |
| 33 | 8 | 16 | 5 | 5 | 87 | 90 | 249 | 13.656 |
| 109 | 12 | 16 | 7 | 24 | 73 | 83 | 227 | 13.604 |
| 71 | 4 | 2 | 5 | 35 | 79 | 81 | 215 | 13.564 |
| 74 | 4 | 5 | 17 | 15 | 80 | 82 | 238 | 13.564 |
| 79 | 24 | 12 | 14 | 26 | 80 | 81 | 221 | 13.465 |
| 18 | 12 | 13 | 25 | 43 | 80 | 80 | 210 | 13.464 |
| 10 | 28 | 10 | 16 | 20 | 78 | 79 | 215 | 13.396 |
| 140 | 8 | 25 | 5 | 17 | 83 | 85 | 224 | 13.338 |
| 91 | 32 | 13 | 9 | 23 | 77 | 78 | 231 | 13.248 |
| 136 | 4 | 30 | 10 | 15 | 83 | 85 | 213 | 13.234 |
| 41 | 12 | 15 | 10 | 19 | 79 | 81 | 218 | 13.227 |
| 88 | 4 | 6 | 8 | 10 | 85 | 89 | 223 | 13.218 |
| 77 | 4 | 3 | 15 | 5 | 86 | 87 | 240 | 13.188 |
| 20 | 32 | 8 | 6 | 18 | 81 | 83 | 223 | 13.157 |
| 121 | 4 | 11 | 0 | 17 | 83 | 85 | 235 | 13.145 |
| 81 | 4 | 12 | 6 | 29 | 78 | 79 | 229 | 13.144 |
| 59 | 16 | 10 | 7 | 23 | 80 | 82 | 233 | 13.126 |
| 4 | 28 | 7 | 14 | 20 | 79 | 80 | 221 | 13.105 |
| 22 | 20 | 5 | 11 | 19 | 81 | 82 | 215 | 13.032 |
| 40 | 12 | 17 | 11 | 34 | 79 | 82 | 230 | 12.993 |
| 17 | 24 | 12 | 10 | 24 | 76 | 82 | 223 | 12.936 |
| 42 | 4 | 11 | 11 | 11 | 84 | 85 | 248 | 12.921 |
| 90 | 8 | 4 | 16 | 43 | 79 | 82 | 213 | 12.904 |
| 58 | 4 | 13 | 3 | 17 | 85 | 87 | 221 | 12.889 |
| 80 | 8 | 14 | 5 | 32 | 80 | 82 | 215 | 12.816 |
| 56 | 8 | 14 | 9 | 16 | 83 | 85 | 238 | 12.768 |
| 63 | 12 | 2 | 4 | 13 | 80 | 83 | 220 | 12.758 |
| 50 | 16 | 18 | 8 | 26 | 79 | 81 | 215 | 12.747 |
| 46 | 28 | 12 | 12 | 36 | 78 | 79 | 215 | 12.729 |
| 97 | 4 | 2 | 22 | 26 | 79 | 80 | 244 | 12.723 |
| 70 | 4 | 1 | 15 | 40 | 77 | 78 | 205 | 12.595 |
| 57 | 4 | 7 | 2 | 3 | 93 | 94 | 236 | 12.589 |
| 8 | 16 | 13 | 9 | 19 | 79 | 80 | 207 | 12.583 |
| 78 | 32 | 17 | 14 | 31 | 78 | 81 | 223 | 12.570 |
| 87 | 16 | 11 | 7 | 28 | 78 | 80 | 233 | 12.539 |
| 107 | 16 | 26 | 10 | 28 | 79 | 80 | 224 | 12.513 |
| 48 | 8 | 8 | 3 | 9 | 85 | 87 | 231 | 12.466 |
| 123 | 8 | 13 | 1 | 16 | 80 | 83 | 216 | 12.465 |

ContinuaciónA.7

| | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|--------|
| 141 | 4 | 17 | 0 | 30 | 77 | 79 | 211 | 12.418 |
| 61 | 8 | 3 | 7 | 25 | 80 | 81 | 223 | 12.418 |
| 116 | 8 | 4 | 4 | 15 | 79 | 80 | 201 | 12.409 |
| 112 | 12 | 18 | 13 | 16 | 81 | 83 | 212 | 12.400 |
| 52 | 20 | 10 | 7 | 27 | 79 | 81 | 212 | 12.387 |
| 9 | 4 | 1 | 4 | 12 | 81 | 83 | 215 | 12.369 |
| 101 | 8 | 22 | 20 | 26 | 79 | 81 | 231 | 12.338 |
| 120 | 4 | 6 | 5 | 25 | 80 | 83 | 196 | 12.319 |
| 119 | 16 | 11 | 16 | 33 | 81 | 83 | 220 | 12.276 |
| 53 | 4 | 25 | 10 | 23 | 80 | 82 | 229 | 12.189 |
| 131 | 4 | 15 | 22 | 20 | 84 | 86 | 225 | 12.148 |
| 133 | 12 | 13 | 11 | 23 | 80 | 82 | 224 | 12.145 |
| 122 | 12 | 12 | 8 | 38 | 79 | 81 | 225 | 12.092 |
| 51 | 28 | 16 | 6 | 19 | 81 | 83 | 218 | 12.086 |
| 68 | 8 | 7 | 6 | 19 | 82 | 85 | 221 | 12.031 |
| 73 | 4 | 6 | 0 | 3 | 88 | 91 | 253 | 12.028 |
| 108 | 12 | 26 | 9 | 19 | 80 | 82 | 228 | 12.027 |
| 100 | 8 | 15 | 15 | 22 | 82 | 83 | 222 | 12.025 |
| 72 | 4 | 5 | 0 | 0 | 86 | 92 | 243 | 11.995 |
| 39 | 8 | 11 | 7 | 5 | 87 | 90 | 243 | 11.922 |
| 124 | 4 | 12 | 7 | 13 | 84 | 86 | 225 | 11.903 |
| 128 | 4 | 12 | 0 | 2 | 83 | 84 | 205 | 11.875 |
| 82 | 4 | 3 | 2 | 0 | 91 | 86 | 223 | 11.851 |
| 26 | 4 | 9 | 9 | 7 | 87 | 89 | 220 | 11.817 |
| 2 | 12 | 9 | 7 | 19 | 81 | 82 | 228 | 11.761 |
| 19 | 4 | 2 | 2 | 13 | 85 | 86 | 225 | 11.709 |
| 135 | 4 | 36 | 5 | 9 | 82 | 85 | 203 | 11.686 |
| 55 | 4 | 14 | 3 | 6 | 84 | 86 | 200 | 11.650 |
| 102 | 4 | 9 | 0 | 4 | 81 | 84 | 221 | 11.605 |
| 142 | 4 | 41 | 9 | 36 | 80 | 82 | 248 | 11.604 |
| 115 | 4 | 9 | 5 | 10 | 85 | 87 | 211 | 11.559 |
| 98 | 4 | 2 | 3 | 13 | 81 | 83 | 215 | 11.546 |
| 76 | 8 | 7 | 3 | 37 | 78 | 79 | 218 | 11.391 |
| 117 | 4 | 1 | 9 | 35 | 79 | 79 | 185 | 11.385 |
| 126 | 4 | 18 | 25 | 21 | 85 | 87 | 206 | 11.317 |
| 75 | 4 | 17 | 7 | 0 | 88 | 90 | 235 | 11.267 |
| 45 | 4 | 27 | 0 | 1 | 91 | 94 | 227 | 11.193 |
| 106 | 8 | 17 | 18 | 22 | 82 | 84 | 240 | 11.028 |
| 130 | 4 | 16 | 23 | 48 | 80 | 83 | 225 | 10.808 |
| 127 | 4 | 22 | 20 | 74 | 78 | 80 | 223 | 10.785 |
| 25 | 4 | 28 | 7 | 3 | 86 | 89 | 224 | 10.567 |
| 89 | 8 | 15 | 13 | 27 | 80 | 82 | 209 | 10.558 |
| 113 | 4 | 6 | 7 | 31 | 80 | 81 | 213 | 10.548 |
| 125 | 4 | 27 | 18 | 39 | 79 | 81 | 209 | 10.469 |
| 27 | 4 | 14 | 4 | 11 | 87 | 88 | 208 | 10.216 |
| 7 | 8 | 11 | 5 | 6 | 86 | 88 | 224 | 10.216 |

ContinuaciónA.7

| | | | | | | | | |
|-----|---|----|----|----|----|----|-----|--------|
| 110 | 4 | 5 | 7 | 17 | 80 | 81 | 206 | 10.211 |
| 93 | 4 | 14 | 24 | 42 | 80 | 81 | 211 | 10.153 |
| 139 | 4 | 19 | 9 | 23 | 81 | 83 | 221 | 10.100 |
| 137 | 4 | 21 | 4 | 26 | 83 | 84 | 208 | 9.945 |
| 69 | 4 | 4 | 0 | 4 | 84 | 87 | 240 | 9.800 |
| 138 | 4 | 35 | 13 | 50 | 78 | 79 | 190 | 9.431 |
| 21 | 8 | 7 | 3 | 16 | 87 | 89 | 209 | 8.736 |
| 44 | 8 | 13 | 2 | 6 | 60 | 62 | 147 | 7.3693 |
| 65 | 4 | 13 | 0 | 0 | 83 | 86 | 218 | 6.714 |

Ar = acame de raíz, At = acame de tallo, Pf = porcentaje de plantas con *Fusarium* spp, Fm = días a floración masculina, Ff = días a floración femenina, Ap = altura de planta y Rend = rendimiento.