



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN  
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GENÉTICA**

**HETEROSIS Y DEPRESIÓN ENDOGÁMICA DE  
CRUZAS DIALÉLICAS PARA RENDIMIENTO,  
FLORACIÓN Y ALTURA DE PLANTA EN MAÍZ**

**LEDIA NÉRIDA ESCORCIA GUTIÉRREZ**

**T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO.**

**2007**



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN  
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GENÉTICA**

**HETEROSIS Y DEPRESIÓN ENDOGÁMICA DE  
CRUZAS DIALÉLICAS PARA RENDIMIENTO,  
FLORACIÓN Y ALTURA DE PLANTA EN MAÍZ**

**LEDIA NÉRIDA ESCORCIA GUTIÉRREZ**

**T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO.**

**2007**

La presente tesis titulada **“HETEROSIS Y DEPRESIÓN ENDOGÁMICA DE CRUZAS DIALÉLICAS PARA RENDIMIENTO, FLORACIÓN Y ALTURA DE PLANTA EN MAÍZ”**, realizada por la alumna **LEDIA NÉRIDA ESCORCIA GUTIÉRREZ**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GENÉTICA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO:

---

Dr. José D. Molina Galán

ASESOR:

---

Dr. Fernando Castillo González

ASESOR:

---

Dr. J. Apolinar Mejía Contreras

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Postgraduados y en particular a la Orientación en Genética del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad del Campus Montecillos, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por hacer posible la realización de mis estudios de postgrado.

Al Dr. José D. Molina Galán por su acertada dirección, revisión y corrección del presente estudio, así como su constante apoyo, orientación y motivación.

Al Dr. Fernando Castillo González por la revisión y corrección del presente trabajo y por sus valiosas enseñanzas.

Al Dr. J. Apolinar Mejía Contreras por sus valiosas sugerencias en la revisión del presente trabajo.

A todos mis amigos, compañeros de cursos y profesores que de alguna u otra manera contribuyeron a mi formación académica y la realización de mi investigación de tesis.

GRACIAS

# **DEDICATORIA**

***A DIOS***

***A MIS PADRES***

ROBERTO ESCORCIA LAGOS

Y

MARIA DE JESUS GUTIERREZ ALVARADO

***A MI HERMANA***

IDALIN ESCORCIA GUTIERREZ

***A MI ESPOSO***

SEGUNDO RAUL AYANEGUI MENDEZ

***A MIS HIJOS***

EDWIN WILLIANS AYANEGUI ESCORCIA

Y

RAUL JESUS AYANEGUI ESCORCIA

***CON AMOR Y CARIÑO .....***

2.9 Aptitud combinatoria general y especifica.....	16
2.9.1 Importancia de la aptitud combinatoria.....	18
2.9.2 Tipo de probadores para ACG.....	18
2.10 Diseños dialélicos.....	20
2.10.1 Supuestos en el análisis del diseño de cruzas dialélicas.....	22
AGRADECIMIENTOS.....	i
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
DEDICATORIA.....	ii
3.1 Material genético.....	24
CONTENIDO.....	iii
3.2 Evaluación del material genético.....	25
LISTA DE CUADROS .....	vi
3.3 Variables evaluadas.....	26
RESUMEN.....	x
3.3.1 Rendimiento de mazorca por planta (RMP).....	26
ABSTRAC.....	xi
3.3.2 Días a floración masculina (DFM).....	26
1. INTRODUCCIÓN.....	1
3.3.3 Altura de planta (AP).....	26
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
3.4 Análisis estadístico.....	26
2.1 Antecedentes del mejoramiento del maíz por hibridación.....	6
3.4.1 Estructura genética de cruzas.....	27
2.2 Hibridación.....	7
3.4.2 Heterosis de las cruzas.....	28
2.3 Derivación de líneas.....	7
3.4.3 Depresión endogámica de las cruzas.....	29
2.4 Heterosis.....	8
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN GENERAL.....	30
2.4.1 Aprovechamiento de la heterosis para incrementar el	
4.1 Análisis de varianza general.....	30
rendimiento.....	10
4.2 Comparación de medias.....	30
2.5 Endogamia.....	11
4.3 Heterosis.....	34
2.6 Depresión endogámica.....	12
4.3.1 Heterosis con respecto al progenitor medio (HPM %)......	34
2.7 Cruzas simples.....	14
4.3.2 Heterosis respecto al progenitor superior (HPS%).....	36
2.8 Derivación de líneas autofecundadas.....	15
4.4 Depresión endogámica.....	40

4.5 Efectos de ACG ( $g_i$ ) y de ACE ( $s_{ij}$ ) en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$	
de 45 cruzas simples.....	43
4.5.1 Efectos de ACG ( $g_i$ ) de las líneas.....	43
4.5.2 Efectos de ACE ( $s_{ij}$ ) de las 45 cruzas.....	44
4.5.3 Estructura genotípica de las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ de 45.	
cruzas simples para RMP, DFM y AP.....	47
4.5.3.1. Rendimiento promedio (RMP).....	47
4.5.3.2. Días a floración masculina (DFM).....	50
4.5.3.2. Altura de planta (AP).....	51
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	59
VII. APÉNDICE.....	68

## LISTA DE CUADROS

CUADRO		PAG.
1	Genealogía de 10 líneas altamente homocigóticas derivadas del compuesto Xolache original.	24
2	Cuadros medios y medias de localidades del análisis de varianza combinado de las variables rendimiento por planta (RMP), días a floración masculina (DFM), altura de planta (AP). Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	32
3	Comparación de medias de cruzas dentro de generaciones para las variables rendimiento por planta (RMP), días a floración masculina (DFM), altura de planta (AP). Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	33
4	Heterosis porcentual con respecto al progenitor medio (PM) y al progenitor superior (PS) de la $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas de rendimiento alto (A), intermedio (I) y bajo (B) para RMP, DFM y AP. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	39
5	Depresión endogámica promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B) de las variables RMP, DFM y AP. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	42
6	Efectos de ACG ( $g_i$ ) de 10 líneas en las generaciones $F_1$ , $F_2$	44



	y $F_3$ para las variables rendimiento por planta (RMP), días a floración masculina (DFM), altura de planta (AP). Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	
7	Promedio de efectos de ACE ( $s_{ij}$ ) en los grupos de 15 cruzas de alto, intermedio y bajo $s_{ij}$ en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ para las variables RMP, DFM y AP. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	46
8	Estructura genética de las 5 cruzas de mayor (A), intermedio (I) y más bajo (B) rendimiento (RMP) dentro del total de 45 cruzas simples en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	54
9	Estructura genética de las 5 cruzas con más alto (A), intermedio (I) y más bajo (B) número de días a floración masculina (DFM) dentro del total de 45 cruzas simples en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ . Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	55
10	Estructura genética de las 5 cruzas de mayor (A), intermedia (I) y más baja (B) Altura de planta (AP) dentro del total de 45 cruzas simples en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ . Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.	56
1A	Heterosis porcentual con respecto al progenitor medio (HPM) y progenitor superior (HPS) de la $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas de rendimiento alto	69

	(A), intermedio (I) y bajo (B).	
2A	Heterosis porcentual con respecto al progenitor medio (HPM) y progenitor superior (HPS) de la $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas de rendimiento alto (A), intermedio (I) y bajo (B) para DFM.	70
3A	Heterosis porcentual con respecto al PM y PS de la $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas de rendimiento alto (A), intermedio (I) y bajo (B) para AP.	71
4A	Depresión endogámica promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B) de las variables RMP, DFM, AP.	72
5A	Depresión endogámica de $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples posibles de 10 líneas autofecundadas de maíz para la variable rendimiento por planta (RMP). CP-2004.	73
6A	Depresión endogámica de $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples posibles de 10 líneas autofecundadas de maíz para la variable días a floración masculina (DFM). CP-2004.	74
7A	Depresión endogámica de $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples posibles de 10 líneas autofecundadas de maíz para la variable altura de planta (AP). CP-2004.	75
8A	Efectos de $s_{ij}$ promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B) $s_{ij}$ de la variable rendimiento de planta (RMP).	76

9A	Efectos de $s_{ij}$ promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B) $s_{ij}$ de la variable días a floración masculina DFM.	77
10A	Efectos $s_{ij}$ promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B) $s_{ij}$ de la variable AP.	78
11A	Estructura genética de 45 cruzas simples en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ para RMP.	79
12A	Estructura genética de 45 cruzas simples en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ para DFM.	80
13A	Estructura genética de 45 cruzas simples en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ para DFM.	81

## RESUMEN

La información experimental del presente trabajo se obtuvo al evaluar en tres localidades las generaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  de las 45 cruzas simples posibles entre diez líneas de maíz con diez o más autofecundaciones. Las líneas fueron derivadas en forma aleatoria del compuesto varietal Xolache, perteneciente a la raza Chalqueño. Se estudiaron las variables rendimiento por planta (RMP), días a floración masculina (DFM) y altura de planta (AP). Para cada variable se estimaron los efectos de ACG ( $g_i$ ) de las líneas y los efectos de ACE ( $s_{ij}$ ); con ellos se construyó la estructura genética de las cruzas ( $X_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij}$ ), la cual al ser analizada se encontraron los siguientes resultados: RMP. Las cruzas con rendimiento alto son aquellas en las que cuando menos una de sus líneas es de alta ACG y la ACE de la craza es alta; en consecuencia, la craza con el mayor rendimiento es aquella en la cual sus dos líneas son las de más alta ACG y la ACE de la craza es también la más alta. Al contrario, las cruzas con rendimiento bajo fueron aquellas en las que cuando menos una de sus líneas es de baja ACG y la ACE de la craza es muy baja; en consecuencia, la craza con el rendimiento más bajo es aquella en la que sus dos líneas son las de más baja ACG y la ACE de la craza es la más baja. Las cruzas de alta heterosis son aquellas cuyos efectos  $s_{ij}$  son los más altos. Al contrario, las cruzas con baja heterosis son aquellas cuyos efectos  $s_{ij}$  son negativos y de alto valor absoluto. Las cruzas con baja depresión endogámica son aquellas cuyas dos líneas son de alta ACG ( $g_i$  y  $g_j$  altos) y la ACE es baja ( $s_{ij}$  positivo o negativo, pero de valor absoluto bajo). DFM. Las cruzas con mayor y menor DFM y de acuerdo con su estructura genética siguieron el mismo comportamiento descrito para RMP y esto mismo ocurrió en las cruzas con mayor y menor AP. En el caso de DFM y AP habrá que considerar que desde el punto de vista agronómico y que dentro de ciertos límites, se preferirá a las cruzas con menor DFM y menor AP; por lo tanto, las líneas con valores  $g_i$  negativos y las cruzas con  $s_{ij}$  negativo, en la mayoría de los casos serán las de mayor preferencia.

## ABSTRACT

The experimental information of this work was obtained from the evaluation on three locations of the  $F_1$ ,  $F_2$  and  $F_3$  generations of 45 single crosses among ten maize inbred lines with ten or more generations of selfing. The inbred lines were randomly obtained in the Xolache maize composite of the Chalqueño race. Yield per plant (RMP), days to tasseling (DFM) and height plant (AP) were the variables in study. The general combining ( $g_i$ ) and specific combining ( $s_{ij}$ ) effects were estimated for lines and crosses, respectively. The genetic structure ( $X_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij}$ ) of each cross was constructed. Based on the genetic structure of the crosses the following results were obtained: RMP. High yield crosses were those having at least one high general combining ability inbred line and a high positive  $s_{ij}$ ; as a consequence the highest yielding cross is that in which the two lines are the highest in general combining ability and its  $s_{ij}$  is the highest. Conversely, low yield crosses are those having at least one low general combining ability inbred line and a high negative  $s_{ij}$ ; as a consequence the lowest yielding cross is that having two low general combining ability inbred lines and a high negative  $s_{ij}$ . Crosses with high mid-parent heterosis are those having a high positive  $s_{ij}$  effect. Low inbreeding depression crosses are those in which both inbred lines are high general combining ability and  $s_{ij}$  is a positive or negative low value. DFM. Crosses with high and low DFM and according to their genetic structure followed the same pattern as described for RMP and the same occurred to high and low AP crosses. Since an agronomic point of view and within certain limits, low DFM and AP crosses will be of preference. For that reason negative  $g_i$  inbred lines and negative  $s_{ij}$  crosses will be of preference in the majority of cases.

# 1. INTRODUCCIÓN

En México, los programas de mejoramiento genético de maíz por hibridación fueron iniciados en 1934 por la Oficina de Campos Experimentales (OCE) de la Secretaría de Agricultura y Fomento (SAF) y se tuvo un impulso importante a partir de 1943 por la Oficina de Estudios Especiales (OEE) de la SAG. Los programas de hibridación fueron continuados a partir de 1961 por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) hoy INIFAP.

El propósito de los programas de hibridación fue obtener híbridos con capacidad de rendimiento superior al de las variedades criollas.

Fue notorio que los híbridos obtenidos por la OEE en la década de los 70, no fueron significativamente superiores a los liberados en la década de los 50. Esto se debió al hecho de que sólo se explotó la varianza de dominancia, más no la aditiva de las variedades criollas.

En todo programa de mejoramiento de maíz mediante hibridación a largo plazo se presenta el fenómeno conocido como “Barrera genética de la Hibridación”, el cual consiste en que los híbridos de reciente liberación no superan significativamente a los liberados 15 o más años antes. Los trabajos sobre estimación de parámetros genéticos en poblaciones de maíz indican que la varianza aditiva es del orden de dos veces mayor que la varianza de dominancia (Moll y Robinson, 1967) de lo cual se infiere que el éxito del mejoramiento genético del maíz radica en explotar ambos tipos de varianzas genéticas.

En la producción comercial de maíz se usan los siguientes tres tipos de híbridos: cruza simples, cruza trilineales o híbridos de tres líneas e híbridos

de cuatro líneas o híbridos dobles. La capacidad genética de rendimiento de los tres tipos de híbridos es el siguiente: híbridos simples > híbridos trilineales > híbridos dobles.

La meta del mejoramiento por hibridación es obtener híbridos con alta heterosis para rendimiento de grano y con depresión endogámica mínima; esta segunda característica es especialmente importante en la agricultura campesina.

Es característica de los híbridos, principalmente los de cruce simple, la reducción del vigor de la  $F_1$  al pasar a la  $F_2$  y aún de ésta a generaciones más avanzadas.

En los Estados Unidos de Norteamérica se usan híbridos de cruce simple para la producción comercial de maíz porque se dispone de líneas autofecundadas con alto potencial de rendimiento; pero este tipo de líneas aún no está disponible en México por lo que la semilla comercial se produce con híbridos trilineales. Las cruces simples mexicanas de alto rendimiento se utilizan en la obtención de híbridos trilineales, aunque existe la posibilidad de que algunas de ellas expresen depresión endogámica baja y de que sus generaciones avanzadas se puedan usar como variedades de polinización libre.

La heterosis o vigor híbrido, es la base del mejoramiento genético por hibridación. El fenómeno fue observado por primera vez por Darwin en 1871 (Wallace y Brown, 1956) y se define como el exceso de vigor de la  $F_1$  de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores. Las bases genéticas y la aplicación de heterosis fueron analizadas por primera vez en la reunión de Iowa en 1950 (Gowen, 1952) y por segunda vez en la Ciudad de México en

1997 (Coors y Pandey, 1999). La explicación de heterosis se basa en las hipótesis de dominancia y de sobredominancia (Allard, 1999). En términos de acción génica la heterosis se debe principalmente a efectos de interacción entre alelos o dominancia (Crow, 1999); en forma operativa se calcula como la diferencia entre el valor fenotípico de la  $F_1$  y el del progenitor medio o el del progenitor superior, y esta diferencia se expresa en porcentaje del progenitor medio o del progenitor superior (Falconer y Mackay, 1996). El primer caso se conoce como heterosis con respecto al progenitor medio y el segundo como heterosis con respecto al progenitor superior.

Los conceptos de ACG y ACE fueron definidos por Sprague y Tatum (1942) y la técnica más usual para estimar los efectos  $g_i$  de las líneas y  $s_{ij}$  de sus cruzas es el diseño dialélico de Griffing (1956). Estudios de cruzas dialélicas (Reyes *et al.*, 2003) indican que las cruzas simples de alto rendimiento son aquellas en las que cuando menos una de las líneas es de alta ACG y ocurren entre las dos líneas efectos altos positivos de ACE. Por el contrario, las cruzas simples de más bajo rendimiento son aquellas cuyas dos líneas son de baja ACG y ocurren entre ellas efectos negativos  $s_{ij}$  de alto valor absoluto. Estos estudios resaltan la importancia que en los programas de hibridación tiene el contar con un grupo de líneas de alta ACG para que en un sistema de cruzas dialélicas se estimen los efectos  $g_i$  y  $s_{ij}$  y con base en ellos se haga la predicción de los mejores híbridos.

El fenómeno de depresión endogámica es opuesto al de heterosis y también fue observado por primera vez por Darwin en 1871 y lo explican las dos hipótesis de heterosis (Allard, 1999). La depresión endogámica de la  $F_1$  de híbridos, expresada por la diferencia entre la  $F_1$  y la  $F_2$  ha sido estimada por



varios investigadores en diferentes tipos de híbridos quienes han encontrado valores del orden de 15 % o más. La depresión endogámica de la  $F_1$  de cruza simple también es predecible a partir de los efectos de ACG de las líneas y de la ACE de las cruza.

Los programas de hibridación de la OEE se basaron en la obtención de híbridos dobles, porque era el método de hibridación usado en Estados Unidos de Norteamérica; sin embargo, en este país los híbridos dobles fueron substituidos a partir de 1970 por híbridos simples, gracias a que en ese tiempo ya se disponía de líneas autofecundadas altamente homocigóticas, vigorosas y con alta capacidad de rendimiento. En México, recientemente se hizo el cambio de híbridos dobles a híbridos trilineales y no se ha hecho el cambio a híbridos simples porque aún no se dispone de líneas autofecundadas con alta capacidad de rendimiento.

Los avances de la genética cuantitativa permiten diseñar las metodologías para obtener las fuentes germoplásmicas idóneas para la derivación de líneas con alta ACG y alta capacidad de rendimiento. En efecto, la bibliografía sobre el particular, indica que las poblaciones mejoradas por selección recurrente, producen líneas con ACG y capacidad de rendimiento superiores y en mayor frecuencia que aquellas derivadas de sus respectivas fuentes germoplásmicas originales.

Estudios recientes de genética cuantitativa indican que los híbridos con alta capacidad genética de rendimiento, son aquellos en los que sus líneas progenitoras son de alta ACG y ocurren entre ellas efectos positivos y altos de ACE. Así mismo, los híbridos con baja depresión endogámica son aquellos en los que sus líneas son de alta ACG y ocurren entre ellas efectos bajos de ACE.

Por el contrario los híbridos con menor capacidad de rendimiento son aquellos cuyas líneas son de baja ACG y sus efectos de ACE son bajos. Además, los híbridos que presentan alta heterosis, no siempre son los de mayor rendimiento.

Con base en los antecedentes descritos, el objetivo de este trabajo fue explicar el comportamiento, la heterosis y la depresión endogámica de las 45 cruzas simples posibles de un sistema de cruzas dialélicas de 10 líneas de maíz altamente homocigóticas en las generaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  basándose en los efectos de ACG de las líneas y de ACE de sus cruzas para las variables rendimiento de mazorca por planta, días a floración masculina y altura de planta.

Las hipótesis de trabajo planteadas fueron: 1) En un sistema de cruzas dialélicas de  $n$  líneas, la heterosis y la depresión endogámica de la  $F_1$  de una craza depende de la magnitud y signo de los efectos de ACG de las líneas y del efecto de ACE de la craza. 2) En el sistema de cruzas dialélicas se pueden presentar las siguientes casos:  $g_i + g_j > s_{ij}$ ,  $g_i + g_j = s_{ij}$ ,  $g_i + g_j < s_{ij}$ . Se espera que la depresión endogámica sea muy baja en el primer caso; intermedia en el segundo y muy alta en el tercero.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Antecedentes del mejoramiento del maíz por hibridación**

El mejoramiento genético del maíz por hibridación se inició en Estados Unidos de Norteamérica con los estudios de E. M. East y Shull sobre endogamia y cruzamiento en esta especie (Hayes, 1963). East publicó en 1908 el artículo "Inbreeding in corn", y un poco más tarde, pero en este mismo año, Shull publicó el artículo "The composition of a field of maize"; en esta publicación determinó que con la autofecundación, en generaciones sucesivas se reduce fuertemente el tamaño, el vigor y el rendimiento de las líneas, hasta alcanzar una condición en que supuestamente no hay más reducción; en contraparte, en las cruza  $F_1$  de dos líneas (híbridos de crusa simple) la recuperación es completa en ciertos casos, los rendimientos son superiores a los de la variedad original de la que se derivaron las líneas; y los híbridos son tan homogéneos como las líneas progenitoras; además, Shull reconoció las dificultades económicas de la producción de semilla de los híbridos de crusa simple.

El problema de producción de semilla de los híbridos de crusa simple se resolvió con la propuesta de D. F. Jones en 1918, consistente en formar híbridos de crusa doble del tipo  $(A \times B) \times (C \times D)$ , los cuales fueron más variables que los híbridos de crusa simple, pero menos que las variedades de polinización libre (Hallauer, 1990; Crow, 1998).

## **2.2 Hibridación**

Durante el proceso de domesticación y de evolución bajo cultivo, el maíz se ha sometido a diferentes esquemas de mejoramiento, los cuales, una vez diseñados bajo consideración científica, han mostrado ser eficientes en el desarrollo de nuevas variedades e híbridos. Así, a finales del siglo XIX y principios del XX, el mejoramiento de maíz consistía en aplicar formas simples de selección masal. Posteriormente se desarrollaron metodologías más eficientes tales como la selección de mazorca por surco, la selección combinada y la hibridación (Sprague y Eberhart, 1977).

La hibridación, entendida como el aprovechamiento de la primera generación que resulta del cruzamiento de variedades de polinización libre, de clones, de líneas puras o de poblaciones diferentes (Allard, 1980), es una de las técnicas de mejoramiento que más se ha usado en Estados Unidos y México, después de que Shull en 1908 estableciera las bases teóricas para producir híbridos de maíz a principios del siglo XX.

## **2.3 Derivación de líneas**

El desarrollo de líneas endogámicas de maíz para la producción de híbridos fue propuesto por Shull en 1908 al considerar que una variedad de polinización libre de maíz está integrada por una mezcla compleja de híbridos, de la cual se podrían obtener líneas puras al autofecundar algunas plantas dentro de la población, tantas generaciones como fuera posible. Posteriormente, realizar cruza, algunas podrían superar en rendimiento a la variedad original. No obstante las ventajas del método, el escaso vigor y la reducida capacidad productiva de semilla de algunas líneas, dificultaron el empleo comercial del

híbrido de cruce simple. El problema del híbrido de cruce simple fue resuelto con la sugerencia de Jones (1918) de utilizar cruces simples para producir comercialmente cruces dobles; esto motivó un desarrollo intensivo de líneas e híbridos de cruce doble entre 1930 y 1950 en los Estados Unidos de Norteamérica. Posteriormente, con mejores sistemas de manejo (fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades), mejoramiento y selección de líneas, el desarrollo y utilización de cruces simples se hizo más importante (Eberhart y Russell, 1966; Lamkey y Smith, 1987).

El esquema inicial de Shull en 1908, basado en la selección de la mejor línea pura y su uso práctico en la producción de semilla, consideró la necesidad de autofecundar plantas por varias generaciones hasta que las líneas alcanzaran un estado homocigótico. En relación a esto, Russell y Vega (1973) mencionan que la razón para obtener líneas puras, es su estabilidad genética, con lo que se podría lograr repetitividad del genotipo de generación en generación, aspecto de gran importancia desde el punto de vista del mejoramiento genético y de la producción de semilla.

## **2.4 Heterosis**

La heterosis es uno de los fenómenos biológicos que más interés ha despertado en la mayoría de las investigaciones dada su importancia en el mejoramiento de las plantas. Es el resultado del cruzamiento de dos progenitores no emparentados que da la oportunidad de obtener híbridos al menos superiores a sus progenitores.

Moll *et al.* (1962) definieron a la heterosis como un fenómeno en el cual el híbrido resultante del cruzamiento de dos variedades es superior en

crecimiento, tamaño, rendimiento y en vigor a las dos variedades. Según Jugenheimer (1981) la heterosis se manifiesta principalmente en las plantas de la generación  $F_1$  provenientes de semillas de reproducción sexual; agrega que el vigor, el rendimiento y la mayoría de los caracteres de importancia económica del maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un gran número de genes, cuyos efectos pueden diferir ampliamente, dependiendo del tipo de acción génica manifestada.

El concepto de heterosis fue usado por primera vez por Shull en 1908; en la actualidad existen dos hipótesis que tratan de explicar dicho fenómeno: 1) hipótesis de dominancia, sugerida por Bruce (1910), en la que se plantea que el vigor híbrido resulta de la acción acumulativa de genes dominantes individuales en poblaciones alógamas que mantienen genes recesivos deletéreos que se encuentran enmascarados en estado heterocigótico y 2) hipótesis de sobredominancia, planteada por East en 1908 y que establece que el vigor híbrido se debe a la superioridad de los genotipos heterocigóticos (Aa) con respecto a los homocigóticos (AA, aa).

Varios argumentos en contra de la hipótesis de dominancia han sido presentados (Hallauer y Miranda, 1981), siendo el principal aquel que señala que por medio de selección se podría obtener un individuo con el mismo genotipo que el híbrido y supuestamente con el mismo vigor, pero la realidad es que no se ha encontrado una línea tan vigorosa.

En la hipótesis de sobredominancia el valor del heterocigote es considerado superior al valor de cada homocigote. El principal argumento en contra de la hipótesis de sobredominancia es la gran cantidad de datos a favor de la hipótesis de la dominancia parcial y completa para caracteres cuantitativos y la

limitada cantidad de similar evidencia para la importancia de la sobredominancia.

### **2.4.1 Aprovechamiento de la heterosis para incrementar el rendimiento**

La selección ha sido el procedimiento de mejoramiento genético que la humanidad ha aplicado por siglos; en un principio, de manera empírica y en las últimas décadas, mediante procedimientos diseñados con base en los avances de la genética. Por este medio se han obtenido poblaciones cada vez más rendidoras; pero es a través de los híbridos como se puede aprovechar mejor el potencial del ambiente (Reyes, 1982).

En maíz se han observado los siguientes cambios como manifestación de la heterosis: inducción de precocidad, incremento de altura, mayores tasas de crecimiento, incremento del área foliar y de la tasa fotosintética, y particularmente mayor rendimiento (Jugenheimer, 1981; Hallauer y Miranda, 1981; Márquez, 1988).

Los efectos positivos de la heterosis se han atribuido a efectos genéticos y de interacción, tales como la acumulación de efectos aditivos, presencia de efectos de dominancia y sobredominancia, efectos epistáticos, e interacción genotipo ambiente (Reyes, 1982). Así, para aprovechar los efectos positivos de la heterosis en la formación de híbridos de maíz, primero se identifican las bases germoplásmicas con potencial heterótico; se continúa con la selección y derivación de líneas hasta un nivel alto de homocigosis y se concluye con la formación de cruzas y su evaluación para identificar a aquellas de mayor

rendimiento y adaptabilidad (Angulo, 1955; Jugenheimer, 1981; Márquez, 1988).

Los niveles deseables de heterosis ocurren en combinaciones específicas, y el uso de líneas endogámicas es la mejor opción para que los híbridos de alto valor comercial lleguen a ser genéticamente estables y reproducibles. Las líneas de maíz pueden desarrollarse a partir de variedades de polinización libre, de generaciones avanzadas de híbridos, de variedades sintéticas o de complejos germoplásmicos mejorados.

## **2.5 Endogamia**

La endogamia es un fenómeno que se presenta cuando se aparean individuos emparentados entre sí. Este fenómeno se puede medir a través del coeficiente de endogamia, el cual fue definido como la correlación que existe entre los gametos que se unen para formar el cigote, al aparear a los individuos en cuestión. Posteriormente, Malécot (1948) lo definió como la probabilidad de que dos genes, en un mismo locus, sean idénticos por descendencia, siendo este último concepto el más comúnmente usado.

El efecto más notable de la endogamia es la pérdida de vigor o depresión endogámica, caracterizada por la reducción del valor fenotípico medio de las plantas, que puede ser debida a la ocurrencia de esterilidad parcial y deformaciones de planta y mazorca. No obstante que Darwin (citado por Hallauer y Miranda, 1981) fue quien por primera vez realizó experimentos en que generó endogamia en maíz y observó este comportamiento. Fueron East en 1908 y Shull en 1908, quienes describieron por primera vez el problema al observar que al autofecundar individuos en una población de maíz,



invariablemente se reducía el vigor de la progenie, especialmente cuando se autofecundaban por varias generaciones. Ellos determinaron que el incremento en homocigosidad producto de la endogamia, reducía el vigor y la productividad, además de que se fijaban algunas características, disminuyendo la variación dentro de líneas y aumentándola entre éstas.

## **2.6 Depresión endogámica**

Con el incremento de la endogamia, cuantificada por el coeficiente de endogamia  $F$  ( $0 \leq F \leq 1$ ), se reduce la expresión media de la población de los individuos para los caracteres relacionados con su capacidad reproductiva, eficiencia fisiológica, y en general, con su adaptabilidad. El efecto detrimental de la endogamia se conoce como depresión endogámica, misma que varía entre especies, poblaciones, individuos y caracteres (Falconer y Mackay, 1996; Miranda Filho, 1999).

La depresión endogámica en maíz se describió inicialmente por East y Shull a través de la reducción del tamaño, vigor y productividad de las líneas sometidas a autofecundación continua, la cual condujo a la obtención de líneas de bajo rendimiento de grano, menor al de la población original, y limitó la producción comercial de semilla  $F_1$  de los híbridos de cruce simple. De acuerdo con Shull, el decremento en tamaño y vigor que acompaña a la autofecundación, es máximo en la primera generación, y se va haciendo menor de manera asintótica en las generaciones posteriores hasta llegar a un estado en el cual presumiblemente no hay más pérdida de vigor (Hayes, 1963).

La causa de la depresión endogámica está estrechamente relacionada con la manifestación de genes recesivos deletéreos al encontrarse en condición

homocigótica (Falconer y Mackay, 1996). En general, se espera que la endogamia reduzca el vigor y la productividad, e incremente el número de días a la floración y la incidencia de plagas y enfermedades (Sprague, 1955).

Con la endogamia acelerada, producto de la autofecundación, los genes con efectos favorables y deletéreos que estaban en condición heterocigota en la población original (sin endogamia), entran rápidamente en homocigosis, lo que da lugar a que los genes recesivos deletéreos en condición homocigótica causen una reducción en la expresión de los individuos para caracteres asociados con adaptabilidad, tales como plantas sin clorofila, con flores anormales o con semillas defectuosas, que al ser incapaces de reproducirse, quedan eliminados. También se manifiestan detrimento para otros caracteres, que aunque no conducen a la extinción directa, limitan el desarrollo de las plantas, como sistemas radicales deficientes, enanismo y deficiencia parcial de clorofila. El aumento de la frecuencia de genes recesivos en condición homocigótica con la autofecundación, explica parte de la depresión por endogamia (Allard 1999; Hallauer y Sears, 1973).

La variación en el grado de depresión endogámica que se observa en diferentes líneas, se debe a que en el proceso aleatorio de la segregación, algunas reciben más genes favorables que otras, y la fijación (homocigosis) es diferencial entre líneas para los alelos de algunos genes y para complejos de genes (Allard, 1999).

La depresión endogámica, fenómeno opuesto a la heterosis (Falconer y Mackay, 1996), se ha observado y evaluado a través de varios caracteres de poblaciones de maíz (Edwards y Lamkey, 2002); se manifiesta como la reducción del vigor y de la productividad de los individuos, así como un retraso

en la floración (Hallauer, 1990). Jones (1939) presentó los resultados de 30 generaciones de autofecundación en maíz, de los que concluyó que la reducción en altura de planta cesó después de cinco generaciones y la del rendimiento después de 20 generaciones. De  $S_0$  a  $S_7$ , Hallauer y Sears (1973) encontraron reducciones de 70.3%, 24.5% y 31.6%, en rendimiento, altura de planta y altura de mazorca de maíz, respectivamente y un incremento en días a floración de 14.8 % (6 días). En relación con la población original, Cornelius y Dudley (1974) encontraron en líneas  $S_4$ , reducciones de 62.7%, 20.7% y 21.0% para rendimiento, altura de planta y altura de mazorca, respectivamente. La reducción relativa del rendimiento, de la altura de planta y de la altura de mazorca reportada por Good y Hallauer (1977), en líneas  $S_0$  a  $S_8$ , fue de 68%, 24% y 35% respectivamente, y el incremento en días a floración de 25%. Hallauer y Miranda (1988) compilaron los resultados de siete experimentos en los que valoraron la endogamia en maíz; estimaron que por cada incremento en el coeficiente de endogamia de 0.01, en promedio, el rendimiento se redujo en 1.2 g planta<sup>-1</sup>, la altura de planta en 0.44 cm. y la altura de mazorca en 0.31 cm.; mientras que el periodo de siembra a floración se incremento 0.05 días. Miranda Filho (1999) presentó los resultados de cinco experimentos con líneas  $S_1$  de maíz, en los que se observaron reducciones en rendimiento de 40.5% a 46.3%, en altura de planta de 8.0 a 9.6% y en altura de mazorca de 8.2 a 12%.

## **2.7 Cruzas simples**

Los rendimientos más altos de maíz se han obtenidos con híbridos de crusa simple de líneas endogámicas derivadas por autofecundación (Sprague y Eberhart, 1977). El desarrollo de híbridos de cruza simples requiere de la

obtención de líneas de buen comportamiento agronómico, tolerancia a la endogamia y alta respuesta heterótica (Vasal *et al.* 1995).

Stringfield (1974) reportó que las cruzas simples rinden 3.7% más que las cruzas dobles. Eberhart y Russell (1969) compararon el comportamiento de 45 híbridos de crusa simple con un conjunto balanceado de 45 cruzas dobles; el rendimiento medio de las diez mejores cruzas simples fue 7100 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el rendimiento promedio de las cinco mejores híbridos dobles fue 6960 kg ha<sup>-1</sup>. Russell (1974) evaluó una variedad de polinización libre, 16 híbridos comerciales de cruzas dobles representativos del periodo de 1930 a 1960 y cuatro de cruzas simples de 1970, y encontró una ganancia en rendimiento de 3020 kg ha<sup>-1</sup> de las cruzas simples sobre la variedad de polinización libre, que corresponde a una ganancia genética de 63 kg. ha<sup>-1</sup> año. Russell (1984,1986) encontró una ganancia promedio en rendimiento de 71 Kg ha<sup>-1</sup> año para el periodo 1922 a 1980.

## **2.8 Derivación de líneas autofecundadas**

La derivación de líneas endogámicas de maíz mediante autofecundación, la formación de híbridos de crusa simple, la evaluación de los híbridos y la identificación de los más productivos, es la metodología que desarrolló G. H. Shull a partir del estudio de una población de polinización libre (Hallauer, 1990).

Con la autofecundación continua a través de generaciones, se aumenta más rápidamente la endogamia que con cualquier otro sistema de apareamiento; pronto se obtienen líneas puras (Hallauer y Miranda, 1988), en las cuales se fijan en condición homocigótica genes favorables de caracteres

deseables; es decir, no presentan cambios genéticos en generaciones posteriores (Allard, 1999), excepto los que puedan ocurrir por mutación natural.

Falconer y Mackay (1996) indican que se requiere de tres generaciones de cruas fraternales y seis de apareamiento entre medios hermanos para tener el mismo nivel teórico de endogamia u homocigosis que el alcanzado con una sola generación de autofecundación. Teóricamente, las formas de apareamiento que generen endogamia de manera menos acelerada, permiten fijar más lentamente los genes deletéreos que la autofecundación (Hallauer y Miranda, 1988; Molina, 1992).

Además de aumentarse con la endogamia la fijación de genes en condición homocigótica, se aumenta la varianza genética entre líneas de la población bajo endogamia ( $\sigma^2_{GF}$ ), principalmente la del tipo aditivo ( $\sigma^2_A$ ), y en ausencia de dominancia se tiene  $\sigma^2_{GF} = (1+F) \sigma^2_A$ , lo que indica que con homocigosis completa ( $F=1.0$ ) la varianza genética aditiva se duplica (Cockerham y Weir, 1976). La varianza genética dentro de las líneas se reduce en la misma proporción que aumenta la varianza genética entre líneas.

## **2.9 Aptitud combinatoria general y específica**

Davis (1927), Jenkins y Brunson (1932), generaron ideas sobre la aptitud combinatoria al proponer que la selección de líneas con buen comportamiento para la formación de híbridos, se podría lograr al evaluar las cruas de las líneas con un probador común (Prueba de mestizos).

Sprague y Tatum (1942) definieron a la ACG como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, y a la ACE como aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor

de lo que podría esperarse, sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas.

Cockerham (1963) relacionó la varianza de ACG, con los efectos genéticos aditivos y la varianza de ACE con los efectos de dominancia.

De la Loma (1982) menciona que la ACG es un criterio útil para estimar el tipo de acción génica aditiva, el cual puede ser aprovechado en los programas de mejoramiento genético, y la ACE se utiliza en la determinación de las combinaciones génicas que ocurren en los híbridos, atribuida a la acción génica no aditiva.

Los conceptos de ACG y ACE introducidos por Sprague y Tatum (1942), sirvieron de base para que Griffing (1956) estableciera sus cuatro métodos del diseño dialélico. Estos métodos constituyen la herramienta de uso más frecuente para estimar efectos y varianzas de ACG y ACE y para el estudio genético de poblaciones biológicas y el entendimiento de la acción génica en caracteres cuantitativos de importancia agrícola (Gardner, 1963); además, proporciona al fitomejorador las herramientas necesarias para tomar la decisión sobre los esquemas de mejoramiento a usar en la obtención de genotipos superiores (Gardner y Eberhart, 1966).

Varios investigadores en México han usado alguno de los métodos del diseño dialélico de Griffing; entre otros Antuna *et al.* (2003), De la Cruz *et al.* (2003), Caballero y Cervantes (1990), Martín del Campo y Molina (1982), y Gómez *et al.* (1988). Estos investigadores encontraron que las cruzas de mayor rendimiento estuvieron formadas por líneas de diferente origen, y que aquéllas que mostraron altos efectos de ACE, al menos uno de los progenitores fue de alta ACG. Es posible también encontrar líneas sobresalientes de una

misma población que permitan formar cruzas sobresalientes (Vasal *et al.*, 1995). En maíces tropicales del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Beck *et al.* (1990), encontraron que los efectos aditivos fueron más importantes que los no aditivos para rendimiento de grano, altura de planta y días a floración.

### **2.9.1 Importancia de la aptitud combinatoria**

Jenkins (1935) y Lonquist (1950) sugirieron que en un programa de mejoramiento por hibridación, es necesario realizar pruebas tempranas de las líneas con el objeto de proseguir el mejoramiento con el material más prometedor.

Wellhausen (1952) menciona que el comportamiento de mestizos de líneas  $S_1$  ha mostrado que la evaluación temprana de la ACG de las líneas puede jugar un papel muy importante en un programa de mejoramiento.

De la Loma (1982) menciona que en el proceso de selección de líneas, no todas tienen la misma aptitud combinatoria, no obstante que visualmente presenten caracteres idénticos; pueden diferir en su genotipo. Para obtener descendencias híbridas más vigorosas y de alto potencial de rendimiento, debe tomarse en cuenta, tanto la productividad como la aptitud combinatoria de las líneas.

### **2.9.2 Tipo de Probadores para ACG**

Matzinger y Kempthorne (1956) definió como el mejor probador, aquel que combina la mayor simplicidad en su uso con la máxima información acerca del comportamiento esperado de las líneas evaluadas; la elección del probador

está determinada por la futura utilización de un particular grupo de líneas, ya sea para reemplazo en combinaciones híbridas o únicamente para evaluar su comportamiento.

Rawlings y Thompson (1962), Allison y Curnow (1966), sugirieron que el probador de ACG más adecuado es un genotipo homocigótico recesivo, o aquel con baja frecuencia de loci favorables para el carácter por seleccionar, cuando el tipo de acción génica sea dominancia positiva parcial o completa. Con este tipo de probador se eleva al máximo la ganancia por selección y también se obtiene una mayor varianza entre mestizos, lo que permite una mejor discriminación entre líneas.

Márquez (1980) coincidió con otros autores en que el mejor probador es aquel que tiene la mayoría de sus loci en forma recesiva, y además propone la regresión mestizo-línea para su estudio.

Reyes y Molina (1982) encontraron mayor variación entre mestizos con probadores de bajo rendimiento que entre mestizos con probadores de alto rendimiento; además mencionan que las líneas de alta ACG interaccionan más con los probadores de bajo rendimiento que con los de alto rendimiento.

Palacios y Ángeles (1990) en un estudio de comparación de probadores para evaluar líneas  $S_1$  de maíz, concluyeron que con los materiales emparentados, los probadores con bajo nivel de comportamiento son los más adecuados y, que la variedad original es el probador más seguro para evaluar inicialmente la ACG de sus líneas.



## 2.10 Diseños dialélicos

Los esquemas de cruzamientos dialélicos y sus análisis, han sido desarrollados para progenitores que van desde líneas endogámicas hasta poblaciones de amplia base genética. Las cruas dialélicas se emplean para estimar los componentes genéticos de la variación del rendimiento entre las propias cruas y también para medir su capacidad productiva.

El diseño dialélico, definido como el conjunto de cruzamientos simples posibles entre un grupo de  $n$  progenitores, es entre los diseños de apareamiento el más utilizado en maíz y otras especies vegetales y animales (Hinkelman, 1976; Hallauer y Miranda, 1981).

El sistema de apareamiento de cruas dialélicas fue presentado inicialmente por Schmidt en 1919 (Le Clerg, 1966; Hinkelman, 1976), al utilizarlo en la estimación de componentes genéticos de la variabilidad del rendimiento y de la aptitud rendidora de sus cruas. Posteriormente, el desarrollo teórico y metodológico del análisis y su interpretación, ha generado muchas publicaciones (Griffing, 1956; Rojas y Sprague, 1952; Hayman, 1954a; 1954b; 1958; 1960; Kempthorne, 1956; Allard, 1956; Curnow, 1963; Gardner y Eberhart, 1966; Luchsinger y Violic, 1972; Martínez, 1983).

En general, los cruzamientos dialélicos han demostrado ser una herramienta de gran valor en el estudio de poblaciones biológicas, tanto en la obtención de información necesaria para el entendimiento de la acción génica en caracteres cuantitativos de importancia agrícola (Rojas y Sprague, 1952; Hayman, 1954b; Gardner, 1963), como en el establecimiento de esquemas de mejoramiento para la selección de genotipos superiores (Gardner y Eberhart, 1966).

Entre los trabajos que han contribuido al uso más frecuente de los diseños dialélicos en investigaciones genéticas, especialmente las concernientes al maíz híbrido, se encuentra el de Sprague y Tatum (1942), quienes concretaron los conceptos de Aptitud Combinatoria General y Aptitud Combinatoria Específica, y el de Griffing (1956), quien sistematizó el análisis estadístico para la estimación de componentes de varianza cuando se utiliza un diseño dialélico de apareamiento, basado en los conceptos de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica. Este investigador definió a las cruas dialélicas como un sistema de apareamiento de un conjunto de  $p$  líneas progenitoras en el que se obtiene un máximo de  $p^2$  combinaciones, las cuales se dividen en tres grupos: 1) los  $p$  progenitores; 2) las  $p(p-1)/2$  cruas  $F_1$  directas; y 3) las  $p(p-1)/2$  cruas  $F_1$  recíprocas. Tomando como base los tres grupos de materiales desarrolló cuatro métodos de análisis:

Método 1: Las  $p$  líneas progenitoras, las  $p(p-1)/2$  cruas  $F_1$  directas y las  $p(p-1)/2$  cruas  $F_1$  recíprocas (total,  $p^2$  combinaciones).

Método 2: Las  $p$  líneas progenitoras y las  $p(p-1)/2$  cruas  $F_1$  directas (total,  $p(p+1)/2$  combinaciones).

Método 3: Las  $p(p-1)/2$  cruas  $F_1$  directas y las  $p(p-1)/2$  cruas recíprocas (total  $p(p-1)$  combinaciones).

Método 4: Las  $p(p-1)/2$  cruas  $F_1$  directas total,  $(p(p-1)/2)$  combinaciones).

Los métodos 2 y 4 sólo permiten estimar componentes de varianza para ACG y ACE, mientras que los métodos 1 y 3, permiten estimar además de los componentes de varianza ya mencionados, los correspondientes a efectos maternos y recíprocos.

Además del diseño dialélico de Griffing (1956) en sus cuatro métodos existen los experimentos dialélicos parciales, los cuales se caracterizan porque no incluyen a todas las cruzas posibles, sino sólo un subconjunto del total (Martínez, 1988).

### **2.10.1 Supuestos en el análisis del diseño de cruzas dialélicas**

Un aspecto importante que se debe considerar al interpretar desde el punto de vista genético la información de los ensayos de cruzas dialélicas, es la población de referencia, sobre la cual se harán las inferencias. Al respecto, Griffing (1956) y Hinkelman (1976) señalan que los tipos de población a estudiar pueden ser:

1) Una población bajo apareamiento aleatorio. Los progenitores utilizados en las cruzas dialélicas son considerados una muestra aleatoria de la población de referencia (modelo aleatorio).

2) El juego de progenitores son deliberadamente elegidos y no pueden ser considerados como muestra aleatoria, por lo que las inferencias se hacen sólo de los progenitores (modelo fijo). De aplicarse el modelo aleatorio en este segundo caso, la población de referencia sería la que se obtendría al aparear aleatoriamente el juego específico de progenitores, una vez en equilibrio.

Hayman (1954b) menciona algunas suposiciones de interés que deben considerarse para analizar e interpretar un experimento de cruzas dialélicas, las cuales fueron clasificadas por Hinkelman (1976) como:

1) De naturaleza general:

a) Segregación diploide

- b) El valor fenotípico es igual a la suma del valor genotípico y el ambiental más el de la interacción de ambos.
- 2) Las que son necesarias para elegir la población de referencia:
- a) Progenitores homocigóticos
  - b) Distribución independiente de los genes
  - c) Inexistencia de alelos múltiples
- 3) Las que determinan el tipo de dialélico por analizar:
- a) Sólo existen efectos génicos aditivos y de dominancia
  - b) No hay diferencia entre cruzas directas y recíprocas (cuando sólo se evalúan las cruzas directas)

En los trabajos sobre genética cuantitativa, un experimento dialélico puede ser comparativo o exploratorio, según el tipo de inferencia que se haga del mismo. Con el primero se desea hacer comparaciones entre algunas líneas incluidas en el experimento, es de tendencia lineal y en él se emplean los conceptos de genética-estadística como ACG y ACE; en cambio, en el exploratorio se desean hacer inferencias más amplias y se obtiene información genética diversa, especialmente la variación de los efectos de los diferentes tipos de acción génica, como efectos aditivos, epistáticos y desviaciones de dominancia (Hinkelman, 1976).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Material genético

El material genético estuvo constituido por las generaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  de las 45 cruzas simples posibles entre diez líneas autofecundadas altamente homocigóticas derivadas del compuesto Xolache, perteneciente a la raza Chalqueño.

El compuesto Xolache fue formado en el Programa Interamericano de Maíz (PIM) en 1961. Después de varios ciclos de recombinación del compuesto, se derivaron líneas  $S_1$  al azar, las cuales se llevaron a 10 ó más generaciones de autofecundación. De las líneas así formadas se tomaron las diez con mayor cantidad de semilla cuya genealogía aparece en el Cuadro 1.

En ciclos subsecuentes de cultivo se obtuvieron las 45 cruzas simples posibles entre las diez líneas, y dentro de cada craza  $F_1$  se obtuvo la  $F_2$  mediante cruzas fraternales. En igual forma, mediante cruzas fraternales, dentro de cada craza en  $F_2$  se obtuvo la  $F_3$ .

Cuadro 1 Genealogía de 10 líneas altamente homocigóticas derivadas del compuesto Xolache original.

Línea	Genealogía	Línea
1	Xolache original -120-1(8)-1	( $S_{10}$ )
2	Xolache original -131-1(8)-1	( $S_{10}$ )
3	Xolache original - 70-1(8)-1	( $S_{10}$ )
4	Xolache original - 49-1(7)-1	( $S_{10}$ )
5	Xolache original -100-1(9)-1	( $S_{11}$ )
6	Xolache original - 77-1(9)-1	( $S_{11}$ )
7	Xolache original -112-1(9)-1	( $S_{11}$ )
8	Xolache original -110-1(10)-1	( $S_{12}$ )
9	Xolache original - 73-1(8)	( $S_9$ )
10	Xolache original - 30-1(8)	( $S_9$ )

1(7), 1(8), 1(9), 1(10) = Número de veces que se repite el número 1.

Ejemplo: Xolache original -120-1(8)-1 = Xolache original -120-1-1-1-1-1-1-1-1

### **3.2 Evaluación del material genético**

Las 45 cruzas simples posibles entre las 10 líneas autofecundadas en sus generaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  fueron sembradas en el ciclo agrícola primavera-verano 2004, en tres localidades: Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Campos experimentales Montecillo y Tecamac del Colegio de Postgraduados en el Estado de México. Se usó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en cada localidad. Las 45 cruzas en las tres generaciones (en total 135) fueron sembradas en un mismo lote experimental en cada localidad. El lote se dividió en tres fajas de 135, una para cada repetición. Cada faja se dividió en tres bloques y en ellos se ubicaron aleatoriamente las 45 cruzas asignando uno de los bloques a cada generación. Cada bloque de 45 cruzas se dividió en tres sub-bloques de 15 cruzas; esta división se hizo con el fin de compactar el bloque (repetición) para controlar el error inter-parcelar dentro de la repetición. La parcela experimental fue de un surco de 6.0 m de longitud conteniendo 16 matas de dos plantas con distancia de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre matas. Al momento de la siembra se depositaron tres semillas por mata y 30 días después se hizo un aclareo dejando dos plantas por mata; esto correspondió a una densidad de 62500 plantas  $ha^{-1}$ . Los experimentos fueron sembrados en 2004: 15 de abril en Chapingo, 20 de abril en Montecillo y 19 de mayo en Tecamac.

Para la fertilización se aplicó la fórmula 160-80-00, la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y la otra mitad del nitrógeno 40 días después. La fuente de nitrógeno fue urea y la de fósforo superfosfato de calcio triple. El suministro de agua se hizo con riego por gravedad antes del establecimiento del periodo de lluvia, y con riego de auxilio durante este período. Las malezas

se controlaron aplicando Gesaprim, 15 días después de la siembra en dosis de  $3.0 \text{ L ha}^{-1}$ , así como con cultivo mecánico y deshierbes manuales.

### **3.3. Variables**

Las variables por medio de las cuales se evaluó al material genético, fueron:

**3.3.1. Rendimiento de mazorca por planta (RMP).** Peso de mazorca por parcela entre el número de plantas por parcela.

**3.3.2. Días a floración masculina (DFM).** Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas estuvieran en antesis.

**3.3.3. Altura de planta (AP).** Altura promedio en centímetros de diez plantas medidas del nivel del suelo a la base de la espiga.

### **3.4. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de las tres variables se realizó mediante el análisis de varianza combinado de las tres localidades (ambientes). La suma de cuadrados de cruces se partió en suma de cuadrados de ACG y suma de cuadrados de ACE.

Las diez líneas fueron tomadas en cierto modo en forma aleatoria entre varias líneas que habían sido derivadas del compuesto Xolache. Se estimó el efecto de aptitud combinatoria general ( $\hat{g}_i$ ) de las 10 líneas y el efecto de aptitud combinatoria específica ( $\hat{s}_{ij}$ ) de sus 45 cruces simples posibles.

Para el análisis genético se usó el modelo del diseño dialélico método 4 de Griffing (1956),

$$X_{ijkm} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + a_m + ga_{im} + ga_{jm} + sa_{ijm} + e_{ijkm}$$

$X_{ijkm}$  = RMP de la craza ij en la repetición k del ambiente m.

$\mu$  = media general.

$g_i, g_j$  = efecto de ACG de la línea i y de la línea j, respectivamente.

$s_{ij}$  = efecto de ACE del cruzamiento de la línea i con la línea j.

$a_m$  = efecto del ambiente m

$(ga)_{im}, (ga)_{jm}$  = efecto de interacción de los efectos  $g_i, g_j$  con el ambiente m.

$(sa)_{ijm}$  = efecto de interacción del efecto  $s_{ij}$  de la craza ij con el ambiente m.

$e_{ijkm}$  = efecto del error de la craza ij en la repetición k en el ambiente m.

En dicho modelo los sub-índices tienen las siguientes amplitudes:

$i = 1, 2, 3, \dots, p$  (10) líneas

$j = 1, 2, 3, \dots, p$  (10) líneas

$k = 1, 2, \dots, r$  (3) repeticiones

$m = 1, 2, \dots, a$  (3) ambientes

### 3.4.1 Estructura genética de cruzas

La estructura genética de las 45 cruzas de cada generación se construyó de acuerdo con el modelo del dialélico de Griffing (1956),

$$\bar{X}_{ij} = \hat{\mu} + \hat{g}_i + \hat{g}_j + \hat{s}_{ij}$$

Donde:

$\bar{X}_{ij}$  = valor promedio de la craza de la línea i con la línea j (promedio de repeticiones y ambientes).



$\hat{u}$  = valor promedio de las 45 cruza simples

$\hat{g}_i$  = efecto estimado de ACG de la línea i

$\hat{g}_j$  = efecto estimado de ACG de la línea j

$\hat{s}_{ij}$  = efecto estimado de ACE de la cruza de la línea i con la línea j

### 3.4.2 Heterosis de las cruza

Una vez que se conoció la ACG de las 10 líneas, se calculó para las tres variables, en las generaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , la heterosis porcentual con respecto al progenitor medio ( $H_{PM}$ ) y la heterosis porcentual con respecto al progenitor superior ( $H_{PS}$ ).

Las fórmulas convencionales para calcular los dos tipos de heterosis son:

$$H_{PM} = (X_{ij} - PM) / PM$$

$$\text{Donde } PM = \text{Progenitor medio} = \left( \frac{P_i + P_j}{2} \right)$$

$$H_{PS} = (X_{ij} - PS) / PS$$

Donde PS = Progenitor superior

Ya que en el presente trabajo no hubo evaluación de las líneas como tal, en su lugar se tomó el valor de su ACG; en esta forma se tuvo:

$$H_{PM} = (X_{ij} - PM) / PM = [X_{ij} - (ACG_i + ACG_j)/2] / [(ACG_i + ACG_j)/2]$$

$$H_{PS} = (X_{ij} - PS) / PS = (X_{ij} - ACG_{(i,j)}) / ACG_{(i,j)}$$

Donde:

$X_{ij}$  es el comportamiento promedio de la cruza de la línea i con la línea j.

$ACG_i$  y  $ACG_j$  son la ACG de la línea i y de la línea j, respectivamente.

$ACG_{(i,j)}$  es la ACG del progenitor superior, pudiendo ser la línea i o la línea j de la cruza ij.

### 3.4.3 Depresión endogámica de las cruzas

La depresión endogámica (DEP%) de las 45 cruzas para las tres variables se expresó en dos formas: la primera como la diferencia  $F_1 - F_2$  en porcentaje de la  $F_1$ , y la segunda como la diferencia  $F_2 - F_3$  en porcentaje de la  $F_2$ ; es decir,

$$\text{DEP}\%_{(F_1 - F_2)} = [(F_1 - F_2)/F_1] \times 100$$

$$\text{DEP}\%_{(F_2 - F_3)} = [(F_2 - F_3)/F_2] \times 100$$

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Análisis de varianza general**

Los cuadrados medios del análisis de varianza combinado de las tres localidades para las variables rendimiento de mazorca por planta (RMP), días a floración masculina (DFM) y altura de planta (AP) de las 45 cruzas simples posibles entre 10 líneas de maíz con 9 a 11 generaciones de autofecundación, en las generaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  se muestran en el Cuadro 2. Se observa que con una sola excepción, para las tres variables hubo diferencias altamente significativas entre Localidades, Generaciones, Cruzas dentro Generaciones y para las interacciones Localidades x Generaciones y Localidades x Cruzas dentro de Generaciones. La excepción fue que la interacción Localidades x Generaciones resultó sólo significativa (0.05) en la variable AP.

El coeficiente de variación (C.V.) fue 18.41 para RMP, 2.08 para DFM y 8.58 para AP. Estos valores están estadísticamente dentro de los límites de aceptación, lo cual da confiabilidad a los resultados obtenidos.

### **4.2 Comparación de medias**

En el mismo Cuadro 2, se observa que el mayor RMP se obtuvo en Montecillo (118.1g), mientras que entre Chapingo y Tecámec no hubo diferencia significativa (88.7 y 87.0). En DFM hubo diferencias significativas entre las tres localidades, siendo mayor la de Chapingo (96.5) que la de Tecámec (92.7) y ésta mayor que la de Montecillo (86.7). La AP fue igual en Montecillo y Tecámec (2.31 cm.) y menor en Chapingo (1.89). La menor AP en

Chapingo en relación con Montecillo y Tecamac se debió sin duda a las malas condiciones del terreno y al déficit de riego en dicha localidad.

La comparación de medias indica que el mayor RMP se obtuvo en Montecillo, debido a que en esta localidad hubo alta homogeneidad del suelo; los riegos y labores de cultivos se realizaron oportunamente; en cambio, en Chapingo y Tecamac, el RMP resultó muy inferior al de Montecillo debido a que en ambas localidades el riego fue deficiente y el terreno en Chapingo fue muy heterogéneo.

En la comparación de medias por generación (Cuadro 3) se observa que con base en la DMS hubo diferencias entre las 45 cruzas dentro de cada generación para las tres variables. Al hacer la comparación entre las medias de cada generación se observa que el RMP de la  $F_1$  fue superior al de la  $F_2$  (138.4 y 74.5g, respectivamente), mientras que el de la  $F_2$  resultó ligeramente menor que el de la  $F_3$  (74.5 y 80.9g). El menor RMP de  $F_2$  y  $F_3$  respecto al de  $F_1$  se debió como era de esperarse, al efecto de depresión endogámica; sin embargo, se esperaba que el RMP de la  $F_3$  resultara igual o menor que el de  $F_2$ , pero resultó lo contrario. Esto se debió tal vez a que sólo se cosecharon las mazorcas polinizadas  $F_2$  con el mejor aspecto y se eliminaron las más defectuosas; es decir, que hubo cierto grado de selección para mazorca grande y sana.

En DFM hubo diferencias entre las medias de las generaciones; la de  $F_1$  resultó ligeramente menor que la de  $F_2$  y la de  $F_3$  (91.3, 92.1, 92.4, respectivamente). En Chapingo y Tecamac el número de días a floración masculina (DFM) fue mayor que el de Montecillo; esto se debió tal vez a las deficiencias en manejo del cultivo.

En AP la media de la F<sub>1</sub> resultó 20 cm. mayor que las medias de F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>, y estas entre sí, resultaron iguales (2.3, 2.1 y 2.1 m, respectivamente).

Cuadro 2. Cuadrados medios y medias de localidades del análisis de varianza combinado de las variables rendimiento por planta (RMP), días a floración masculina (DFM), altura de planta (AP). Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

F. v.	G. l.	RMP	DFM	AP
Localidades	2	124036.72 **	9807.39 **	28.80 **
Repetición / Localidades	6	364.73 ns	23.79 ns	0.04 ns
Generaciones	2	499902.17 **	145.61 **	7.42 **
Cruzas / Generaciones	132	2829.16 **	57.27 **	0.13 **
Cruzas F <sub>1</sub>	44	5513.89 **	71.01 **	0.17 **
ACG	9	16236.30 **	173.56 **	0.56 **
ACE	35	2756.70 **	44.64 **	0.07 *
Cruzas F <sub>2</sub>	44	1713.59 **	45.25 **	0.10 **
ACG	9	4695.29 **	163.59 **	0.34 **
ACE	35	946.87 **	14.81 **	0.04 *
Cruzas F <sub>3</sub>	44	1259.99 **	55.55 **	0.12 **
ACG	9	3518.33 **	166.46 **	0.28 **
ACE	35	679.27 **	27.03 **	0.07 *
Localidades x Generaciones	4	9217.34 **	50.17 **	0.17 *
Localidades x Cruzas / Generaciones	264	567.35 **	10.95 **	0.04 **
Error	804	325.84	3.68	0.03
Total	1214			
C. V.		18.41	2.08	8.58
Medias Montecillo		118.1 a	86.7 c	231 a
Medias Chapingo		88.7 b	96.5 a	189 b
Medias Tecamac		87.0 b	92.7 b	231.a

ns, \*, \*\*, = no significativo, significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. Fv: Fuente de variación, G.l: Grados de libertad.

Cuadro 3. Comparación de medias de cruzas dentro de generaciones para las variables rendimiento por planta (RMP), días a floración masculina (DFM), altura de planta (AP). Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

Cruza	Rendimiento por planta (g)			Días a floración masculina			Altura de planta (m)		
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
1 (1x2)	142.8	79.8	84.0	90.4	90.7	92.3	2.3	2.2	2.1
2 (1x3)	153.2	76.9	76.5	87.6	90.8	92.1	2.4	2.3	2.1
3 (1x4)	142.1	94.3	97.5	84.6	89.0	91.5	2.4	2.2	2.1
4 (1x5)	126.7	83.6	87.5	84.4	94.7	91.7	2.2	2.0	2.0
5 (1x6)	118.9	69.8	69.1	91.8	89.7	93.4	2.3	2.1	2.0
6 (1x7)	165.9	82.0	92.8	93.1	95.1	94.1	2.5	2.1	2.2
7 (1x8)	146.3	83.4	85.1	89.3	90.1	92.8	2.4	2.0	2.1
8 (1x9)	141.6	74.7	75.1	90.4	91.6	93.3	2.2	2.1	2.2
9 (1x10)	126.4	33.7	66.5	88.6	93.6	90.3	2.3	1.9	2.1
10 (2x3)	126.6	77.1	70.1	89.2	90.1	88.0	2.3	2.1	2.0
11 (2x4)	149.8	89.9	72.4	91.5	90.6	89.6	2.4	2.2	2.0
12 (2x5)	169.9	77.0	85.6	93.3	93.1	94.8	2.3	2.1	2.1
13 (2x6)	135.6	71.6	76.3	89.8	90.7	90.4	2.4	2.1	2.1
14 (2x7)	153.9	86.4	79.5	93.3	96.5	98.1	2.6	2.3	2.2
15 (2x8)	157.5	73.5	81.7	91.7	92.6	92.0	2.4	2.1	2.1
16 (2x9)	116.5	63.9	72.8	91.4	93.8	94.5	2.4	2.1	2.2
17 (2x10)	140.9	84.3	84.0	89.5	89.7	90.7	2.5	2.1	2.2
18 (3x4)	117.3	53.8	59.6	90.3	90.3	89.4	2.3	2.0	2.0
19 (3x5)	156.1	71.5	70.4	93.0	92.5	94.4	2.2	1.9	2.0
20 (3x6)	114.6	60.8	73.4	92.5	91.8	94.0	2.3	2.1	2.5
21 (3x7)	169.5	83.9	90.1	92.3	91.4	91.2	2.5	2.1	2.2
22 (3x8)	123.0	59.3	72.6	88.3	89.4	90.2	2.3	1.8	2.0
23 (3x9)	137.1	66.4	73.6	91.5	92.3	93.4	2.2	2.1	2.1
24 (3x10)	117.6	74.6	81.9	90.0	89.8	89.8	2.2	2.1	2.2
25 (4x5)	175.8	79.7	95.4	92.1	92.3	94.3	2.2	1.9	2.0
26 (4x6)	116.1	69.5	65.2	89.8	92.7	90.7	2.4	2.0	2.0
27 (4x7)	164.5	91.9	97.6	94.1	94.6	94.4	2.4	2.2	2.2
28 (4x8)	141.6	74.5	86.4	87.8	88.8	88.5	2.4	2.0	2.0
29 (4x9)	123.5	71.9	83.1	92.2	91.2	88.8	2.3	2.0	2.0
30 (4x10)	146.3	76.7	71.9	88.0	89.6	89.8	2.3	2.0	2.0
31 (5x6)	150.0	75.0	88.6	92.2	94.8	93.1	2.2	1.9	1.9
32 (5x7)	168.4	113.5	114.3	93.4	96.1	93.8	2.3	2.1	2.1
33 (5x8)	159.2	69.2	84.7	93.3	92.7	92.1	2.2	1.9	1.8
34 (5x9)	138.8	66.7	68.8	94.0	96.1	97.3	2.2	1.9	2.0
35 (5x10)	130.5	70.2	78.7	93.2	92.3	90.6	2.1	1.9	2.0
36 (6x7)	130.4	83.2	104.6	92.6	94.5	93.7	2.5	2.2	2.1
37 (6x8)	140.7	58.4	76.8	88.6	90.0	90.2	2.2	2.0	2.0
38 (6x9)	104.1	56.3	57.6	92.7	95.1	96.7	2.2	2.0	2.0
39 (6x10)	28.2	53.8	67.4	99.6	89.1	91.7	1.7	2.0	2.1
40 (7x8)	167.6	88.7	90.2	93.4	93.7	95.2	2.5	2.2	2.2
41 (7x9)	139.6	87.8	86.9	98.2	96.6	98.4	2.4	2.2	2.1
42 (7x10)	147.8	94.6	101.4	92.5	91.5	91.7	2.4	2.2	2.2
43 (8x9)	151.5	77.8	88.5	91.5	93.4	92.7	2.3	2.0	2.0
44 (8x10)	145.0	70.7	76.4	88.8	89.2	89.3	2.2	2.0	2.0
45 (9x10)	107.4	51.7	75.8	91.0	92.5	91.7	2.2	2.1	2.1
DMS	27.6	19.1	22.8	4.2	4.8	4.5	0.3	0.3	0.3
Medias por generación	138.4	74.5	80.9	91.3	92.1	92.4	2.3	2.1	2.1

## 4.3 Heterosis

### 4.3.1 Heterosis con respecto al progenitor medio (HPM %)

En el Cuadro 4 se observa que para rendimiento, las 15 cruzas con rendimiento alto presentaron heterosis positiva en  $F_1$  y  $F_3$ , mientras que en  $F_2$  hubo 14 cruzas con heterosis positiva y sólo una negativa. También se observa que en  $F_1$  y  $F_2$  las tres cruzas con mayor heterosis fueron las de mayor rendimiento, pero en  $F_3$  sólo la crusa con mayor heterosis fue también la de mayor rendimiento (Cuadros 1A, 2A y 3A). De las 15 cruzas con rendimiento intermedio, 11 presentaron heterosis positiva en la  $F_1$ , mientras que en  $F_2$  y  $F_3$ , aproximadamente hubo igual número de cruzas con heterosis positiva y negativa; en cambio, todas las 15 cruzas con rendimiento bajo presentaron heterosis negativa.

En el grupo de 15 cruzas con rendimiento alto, la heterosis promedio de la  $F_2$  y la  $F_3$  (11.8, 10.0) tendió a ser mayor que la de la  $F_1$  (9.5). En el grupo de 15 cruzas con rendimiento intermedio la heterosis promedio de las tres generaciones tuvo sensiblemente el mismo valor (5.3, 5.4 y 4.6); mientras que en el grupo de cruzas con rendimiento bajo la heterosis promedio fue negativa en las tres generaciones.

El hecho de que en las 15 cruzas con alto rendimiento (Cuadro 4), la heterosis media porcentual ( $M^+$ ) de la  $F_1$  haya resultado menor que la de  $F_2$  y  $F_3$  es contrario a lo esperado; sin embargo, la heterosis absoluta dada por la diferencia  $F_1 - PM$  (Cuadro 1A) resultó mayor que la diferencia correspondiente a  $F_2$  y ésta mayor a la de la  $F_3$  (Datos no presentados). Lo que sí resulta claro es que dentro de generaciones la heterosis promedio de las 15 cruzas de alto

rendimiento fue mayor que la de las 15 cruzas de rendimiento intermedio y bajo.

En días a floración masculina (DFM), el grupo de 15 cruzas con mayor número de días a floración, tuvo en la mayoría de los casos heterosis positiva en las tres generaciones ( $14^+$ ,  $1^-$ ;  $15^+$ ,  $0^-$  y  $13^+$ ,  $2^-$ ), respectivamente; sin embargo, la heterosis media (M+) fue poco variable entre generaciones (2.2, 1.9, 2.3) para  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , respectivamente. En el grupo de 15 cruzas con DFM intermedio hubo en la  $F_1$  mayor número de cruzas con heterosis positiva que con heterosis negativa; mientras que en  $F_2$  y  $F_3$  hubo sensiblemente igual número de cruzas con heterosis positiva y negativa ( $10^+$ ,  $5^-$ ;  $8^+$ ,  $7^-$ ;  $7^+$ ,  $8^-$  respectivamente). La heterosis promedio tendió a disminuir de la  $F_1$  a la  $F_3$  (0.7, 0.5, 0.3, respectivamente). En el grupo de 15 cruzas de DFM bajo, la heterosis fue negativa en las tres generaciones.

En AP el grupo de 15 cruzas con mayor altura presentó mayor número de cruzas con heterosis positiva que con heterosis negativa en las tres generaciones ( $15^+$ ,  $0^-$ ;  $11^+$ ,  $4^-$ ;  $13^+$ ,  $2^-$ , respectivamente). La heterosis promedio fue 4.9 en  $F_1$ , 3.1 en  $F_2$  y 3.6 en  $F_3$ .

En el grupo de 15 cruzas con AP intermedia hubo en la  $F_1$  mayor número de cruzas con heterosis positiva que negativa, mientras que en  $F_2$  y  $F_3$  hubo mayor número de cruzas con heterosis negativa que positiva ( $11^+$ ,  $4^-$ ;  $4^+$ ,  $11^-$ ;  $3^+$ ,  $12^-$  respectivamente). La heterosis promedio fue 2.0 en  $F_1$ , 0.6 en  $F_2$  y 0.9 en  $F_3$ . En el grupo de 15 cruzas con AP baja la heterosis fue negativa en las tres generaciones.

Al relacionar rendimiento con heterosis con respecto al progenitor medio resultó que la gran mayoría de las 15 cruzas de alto rendimiento tuvieron



heterosis positiva en las tres generaciones, y entre éstas, las de mayor rendimiento tuvieron el mayor valor de heterosis.

En las 15 cruzas con rendimiento intermedio, sólo en  $F_1$  la mayoría presentaron heterosis positiva, mientras que en  $F_2$  y  $F_3$  hubo igual número de cruzas con heterosis positiva y negativa y no hubo correspondencia entre rendimiento y el valor de heterosis. En cambio, todas las 15 cruzas con rendimiento bajo presentaron heterosis negativa pero tampoco hubo correspondencia entre rendimiento y el valor absoluto de heterosis. En general este mismo comportamiento se observó en las variables DFM y AP.

#### **4.3.2 Heterosis con respecto al progenitor superior (HPS %)**

En relación a la heterosis con respecto al progenitor superior, el grupo de 15 cruzas con rendimiento alto presentó, tanto en  $F_1$  como en  $F_3$ , mayor número de cruzas con valor de heterosis positivo ( $13^+$ ,  $2^-$ ;  $11^+$ ,  $4^-$  respectivamente); mientras que en  $F_2$  el número de cruzas con heterosis positiva y negativa fue sensiblemente el mismo ( $8^+$ ,  $7^-$ ). La heterosis promedio tendió a ser mayor en  $F_2$  (10.7) que en  $F_1$  y  $F_3$  (6.7 y 8.5). En el grupo de 15 cruzas con rendimiento intermedio, el número de cruzas con heterosis positiva fue menor que en el de cruzas con heterosis negativa ( $3^+$ ,  $12^-$ ;  $4^+$ ,  $11^-$ ;  $5^+$ ,  $10^-$ ). La heterosis promedio fue menor en  $F_1$  que en  $F_2$  y  $F_3$  (1.8, 4.7 y 4.1). En el grupo de 15 cruzas con rendimiento bajo la heterosis fue negativa en las tres generaciones. La heterosis absoluta con respecto al progenitor superior (HPS%) de la  $F_1$ , resultó superior a la de  $F_2$  y  $F_3$  como era de esperarse (Datos no presentados).

Para días a floración masculina el grupo de 15 cruzas con mayor DFM presentó mayor número de cruzas con heterosis positiva que negativa en la  $F_1$  y  $F_2$ , mientras que en  $F_3$  ocurrió lo contrario ( $9^+$ ,  $6^-$ ;  $10^+$ ,  $5^-$ ;  $2^+$ ,  $13^-$ ). La heterosis promedio en este grupo fue 1.9, 1.5, 2.1 para  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , respectivamente. En el grupo con DFM intermedio el número de cruzas con heterosis positiva resultó menor que el de cruzas con heterosis negativa ( $3^+$ ,  $12^-$ ;  $3^+$ ,  $12^-$ ;  $1^+$ ,  $14^-$ ). La heterosis promedio tuvo sensiblemente el mismo valor en las tres generaciones (0.6, 0.5, 0.4), mientras que en el grupo de cruzas con DFM bajo todas las cruzas presentaron heterosis negativa.

Para altura de planta, el grupo de 15 cruzas con AP alta presentó en  $F_1$  mayor número de cruzas con heterosis positiva que negativa, mientras que en  $F_2$  y  $F_3$  resultó lo contrario y entre ellas la proporción fue la misma ( $14^+$ ,  $1^-$ ;  $5^+$ ,  $10^-$ ;  $5^+$ ,  $10^-$ ). La heterosis promedio fue igual en  $F_1$  que en  $F_2$  (2.9, 2.8), pero en  $F_3$  fue mayor (5.7). En el grupo de 15 cruzas con altura intermedia el número de cruzas con heterosis positiva resultó menor que el número de cruzas con heterosis negativa ( $6^+$ ,  $9^-$ ;  $4^+$ ,  $11^-$  y  $1^+$ ,  $14^-$ ). La heterosis promedio fue 1.7 en  $F_1$ , 1.0 en  $F_2$  y 0.0 en  $F_3$  en razón de que en esta generación todas las cruzas tuvieron heterosis negativa. En el grupo de cruzas con altura baja la heterosis fue negativa en las tres generaciones.

En general, resultó que dentro de cada una de las tres generaciones y para las tres variables, la heterosis promedio con respecto al progenitor medio se redujo al pasar del grupo de cruzas de alta al de intermedia y de ésta al de baja. Para las variables DFM y AP se observó una reducción de la heterosis promedio al pasar del grupo de alta a los otros dos grupos en las tres generaciones.

Cabe destacar que en la literatura, la heterosis porcentual respecto al PM y al PS está siempre referida a la  $F_1$  y no a las generaciones  $F_2$  y  $F_3$ . De aquí que resulte extraño que en el presente trabajo la heterosis promedio  $M^{(+)}$  de la  $F_1$  haya resultado inferior a la de la  $F_2$  y  $F_3$ ; esto resulta así porque el PM de la  $F_1$  es mayor que el PM de  $F_2$  y  $F_3$ ; sin embargo, como ya se indicó, la heterosis absoluta de ambos tipos de la  $F_1$ , resultó mayor que la de  $F_2$  y ésta mayor que la de  $F_3$ .

Al relacionar rendimiento con heterosis respecto al progenitor superior resultó que en la  $F_1$  y  $F_3$  de las 15 cruzas de alto rendimiento, la mayoría de las cruzas presentaron heterosis positiva, mientras que en  $F_2$  hubo igual número de cruzas con heterosis positiva y negativa, pero sólo en  $F_1$  las cruzas con mayor rendimiento presentaron valores altos de heterosis.

En las 15 cruzas con rendimiento intermedio no se observó correspondencia entre el rendimiento y el valor de heterosis; sin embargo, todas las 15 cruzas de rendimiento bajo presentaron heterosis negativa. En general este mismo comportamiento se observó en las variables DFM y AP.

Cuadro 4. Heterosis porcentual con respecto al progenitor medio (PM) y al progenitor superior (PS) de la F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas de rendimiento alto (A), intermedio (I) y bajo (B) para RMP, DFM y AP. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

Heterosis respecto al progenitor medio (HPM %)												
Generación	F <sub>1</sub>			F <sub>2</sub>			F <sub>3</sub>					
	Cruzas	+	-	M <sup>(+)</sup>	Amplitud	Rendimiento	M <sup>(+)</sup>	Amplitud	+	-	M <sup>(+)</sup>	Amplitud
15 C A	15	0	9.5	1.5-18.3	14	1	11.8	1.2-32.6	15	0	10.0	0.03-24.4
15 C I	11	4	5.3	0.2-11.9	9	6	5.4	1.3-10.8	7	8	4.6	1.5-8.2
15 C B	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0
					Días a floración							
15 C A	14	1	2.2	0.1-8.5	15	0	1.9	0.2-3.4	13	2	2.3	0.5-4.9
15 C I	10	5	0.7	0.1-1.4	8	7	0.5	0.1-1.4	7	8	0.3	0.1-0.6
15 C B	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0
					Altura de planta							
15 C A	15	0	4.9	3.1-9.0	11	4	3.1	0.7-8.2	13	2	3.6	0.7-17.4
15 C I	11	4	2.0	0.2-5.3	4	11	0.6	0.2-1.2	3	12	0.9	0.2-1.7
15 C B	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0
Heterosis respecto al mejor progenitor (HPS %)												
Generación	F <sub>1</sub>			F <sub>2</sub>			F <sub>3</sub>					
	Cruzas	+	-	M <sup>(+)</sup>	Amplitud	Rendimiento	M <sup>(+)</sup>	Amplitud	+	-	M <sup>(+)</sup>	Amplitud
15 C A	13	2	6.7	0.9-18.2	8	7	10.7	1.6-23.1	11	4	8.5	0.5-19.4
15 C I	3	12	1.8	0.9-2.7	4	11	4.7	1.0-8.6	5	10	4.1	2.5-2.9
15 C B	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0
					Días a floración							
15 C A	9	6	2.1	0.1-7.8	10	5	1.5	0.4-2.2	2	13	2.1	0.4-3.8
15 C I	3	12	0.4	0.5-0.7	3	12	0.5	0.1-0.8	1	14	0.4	0.4-0.4
15 C B	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0
					Altura de planta							
15 C A	14	1	2.9	0.8-7.8	5	10	2.8	0.9-7.0	5	10	5.7	2.3-16.3
15 C I	6	9	1.7	0.4-4.3	4	11	0.2	1.0-1.0	1	14	0.0	0.0-0.0
15 C B	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0	0	15	0.0	0.0-0.0

(+): Número de cruzas con heterosis positiva; (-): Número de cruzas con heterosis negativa; RMP: Rendimiento de mazorca por planta; DFM: Días a floración masculina; AP: Altura de planta; M<sup>(+)</sup>: Heterosis media de las cruzas con HPM o HPS positiva; 0.0 en M<sup>(+)</sup> y 0.0-0.0 en amplitud indica cero cruzas con heterosis positiva.

#### 4.4 Depresión endogámica

La depresión endogámica de las 45 cruzas para RMP, DFM y AP expresada como la diferencia  $F_1 - F_2$  en porciento de la  $F_1$ , y como la diferencia  $F_2 - F_3$  en porciento de la  $F_2$  aparece en los Cuadros 4A, 5A, 6A y 7A. Al clasificar para RMP las 45 cruzas en grupos de 15 cruzas de rendimiento alto, intermedio y bajo (15CA, 15CI y 15CB) se obtuvo la depresión endogámica promedio porcentual en cada uno de los tres grupos. Esto mismo se hizo en las variables DFM y AP. Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

Se observa para RMP que la depresión endogámica promedio porcentual (DEP%) de la  $F_1$  disminuyó de 48.7 % en el grupo 15CA a 45.5 % en el grupo 15CI y de éste a 36.5 % en el grupo 15CB; es decir, que la depresión endogámica se redujo conforme el rendimiento de la  $F_1$  disminuyó. El mismo comportamiento tuvo la depresión endogámica promedio porcentual (DEP%) de la  $F_2$ , sólo que en este caso la depresión endogámica fue negativa en los tres grupos.

En el Cuadro 4A se muestra la depresión endogámica de las 45 cruzas simples clasificadas en tres grupos de 15 cruzas: 15 de alto, 15 de intermedio y 15 de bajo rendimiento; se observa que en el grupo de 15 cruzas de alto rendimiento las cruzas con menor depresión endogámica fueron aquellas en que sus líneas fueron de alta o intermedia ACG y cuyos efectos de ACE ( $s_{ij}$ ) fueron negativos. De aquí se infiere que la craza con menor depresión endogámica es aquella cuyas líneas son las de más alta ACG y cuyos efectos  $s_{ij}$  son negativos y de alto valor absoluto. Las cruzas con mayor depresión endogámica son aquellas cuyos efectos  $s_{ij}$  son positivos y altos, y sus líneas pueden ser una de alta y otra de intermedia o las dos de intermedia ACG. Cabe

señalar que la cruza 33 (5x8) es atípica, ya que en ella participan dos líneas de alta ACG pero es de alta depresión endogámica y su efecto  $s_{ij}$  es negativo y de valor relativamente alto.

En la depresión endogámica promedio porcentual de DFM (Cuadro 5) se observa que al igual que en RMP la depresión endogámica promedio porcentual (DEP%) de  $F_1$  decreció conforme disminuyó DFM y algo similar ocurrió en la depresión endogámica de la  $F_2$ .

En AP la depresión endogámica promedio porcentual de  $F_1$  (Cuadro 5) disminuyó conforme la AP de  $F_1$  decreció; pero la depresión endogámica promedio porcentual de  $F_2$  disminuyó de 2.7 % en el grupo 15CA a -2.9% en el grupo 15CI; sin embargo entre los grupos 15CI y 15CB casi no hubo diferencia (-2.9 y -2.8).

Cuadro 5. Depresión endogámica promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B) de las variables RMP, DFM y AP. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

Rendimiento de mazorca por planta (RMP)									
F <sub>1</sub>					F <sub>2</sub>				
Grupos	RMP F <sub>1</sub>	RMP F <sub>2</sub>	DEP%	Grupos	RMP F <sub>2</sub>	RMP F <sub>3</sub>	DEP%	Grupos	DEP%
RMP 15 C A	160.9	82.5	48.7	RMP 15 C A	88.5	91.3	-3.2	RMP 15 C A	2.2
RMP 15 C I	141.1	76.9	45.5	RMP 15 C I	74.9	80.5	-7.5	RMP 15 C I	2.1
RMP 15 C B	113.2	64.2	36.5	RMP 15 C B	60.2	70.8	-20.8	RMP 15 C B	1.9
Días a floración masculina (DFM)									
F <sub>1</sub>					F <sub>2</sub>				
Grupos	DFM F <sub>1</sub>	DFM F <sub>2</sub>	DEP%	Grupos	DFM F <sub>2</sub>	DFM F <sub>3</sub>	DEP%	Grupos	DEP%
DFM 15 C A	94.0	94.0	-0.1	DFM 15 C A	94.8	94.6	0.2	DFM 15 C A	2.1
DFM 15 C I	91.5	91.9	-0.4	DFM 15 C I	91.9	92.2	-0.3	DFM 15 C I	2.1
DFM 15 C B	88.3	90.5	-2.6	DFM 15 C B	89.7	90.4	-0.7	DFM 15 C B	2.0
Altura de planta (AP)									
F <sub>1</sub>					F <sub>2</sub>				
Grupos	AP F <sub>1</sub>	AP F <sub>2</sub>	DEP%	Grupos	AP F <sub>2</sub>	AP F <sub>3</sub>	DEP%	Grupos	DEP%
AP 15 C A	2.4	2.1	12.2	AP 15 C A	2.2	2.1	2.7	AP 15 C A	2.1
AP 15 C I	2.3	2.1	11.5	AP 15 C I	2.1	2.1	-2.9	AP 15 C I	2.1
AP 15 C B	2.2	2.0	7.6	AP 15 C B	1.9	2.0	-2.8	AP 15 C B	2.0

DEP%: Promedio porcentual de depresión endogámica.

## **4.5 Efectos de ACG ( $g_i$ ) y de ACE ( $s_{ij}$ ) en las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples para las variables RMP, DFM y AP**

### **4.5.1 Efectos de ACG ( $g_i$ ) de las líneas**

En el Cuadro 6, se observa que para RMP, las líneas de alta, intermedia y baja ACG, fueron respectivamente: para  $F_1$ , 7, 5, 8; 2, 4, 1, 3; 9, 10, 6; para  $F_2$ , 7, 5, 2; 4, 1, 8, 3; 9, 10, 6; y para  $F_3$ , 7, 5, 8; 1, 4, 2, 10; 9, 6, 3.

Al comparar entre generaciones, se observa que las líneas 7, 5 y 8 fueron las de más alta ACG en  $F_1$  y  $F_3$ , mientras que en  $F_2$  sólo las líneas 7 y 5 coincidieron con las de  $F_1$  y  $F_3$ . En el grupo de líneas de ACG intermedia se observa que la mayoría de las líneas estuvieron presentes en las tres generaciones, sólo las líneas 8 y 10 resultaron discordantes. Las líneas 9, 10 y 6 fueron las de más baja ACG en  $F_1$  y  $F_2$ , mientras que en la  $F_3$  sólo las líneas 9 y 6 coincidieron con las de  $F_1$  y  $F_2$ .

En DFM, los grupos de líneas de alta, intermedia y baja ACG fueron respectivamente: para  $F_1$ , 7, 9, 6; 5, 10, 2, 3; 8, 4, 1; para  $F_2$ , 7, 5, 9; 6, 2, 1, 8; 4, 3, 10, y para  $F_3$ , 7, 9, 5; 6, 1, 2, 8; 3, 4, 10, respectivamente.

Al comparar entre generaciones, se observa que las líneas 7, 5 y 9 fueron de alta ACG en  $F_2$  y  $F_3$ , y sólo las líneas 7 y 9 fueron de alta ACG en las tres generaciones. En el grupo de ACG intermedia las líneas 6, 2, 1 y 8 coincidieron en  $F_2$  y  $F_3$ , mientras que en  $F_1$  la línea 2 fue la única que coincidió con las líneas de alta ACG de  $F_2$  y  $F_3$ . En el grupo de baja ACG las líneas 3, 4 y 10 coincidieron en  $F_2$  y  $F_3$ , mientras que en  $F_1$  la línea 4 fue la única que coincidió con las líneas de  $F_2$  y  $F_3$ .



En AP, las líneas 7, 2, 1 fueron las de más alta ACG en las tres generaciones, mientras que las líneas 10 y 5 fueron las de más baja ACG en F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>; en F<sub>3</sub> la línea 5 fue la única que coincidió con las líneas de F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>. Las líneas de ACG intermedia fueron diferentes en cada generación, excepto la línea 9.

Cuadro 6. Efectos de ACG (g<sub>i</sub>) de 10 líneas en las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> para las variables rendimiento por planta (RMP), días a floración masculina (DFM) y altura de planta (AP). Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

Línea	RMP						DFM						AP					
	F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>		F <sub>3</sub>		F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>		F <sub>3</sub>		F <sub>1</sub>		F <sub>2</sub>		F <sub>3</sub>	
	Orden	g <sub>i</sub>	orden	g <sub>i</sub>	Orden	g <sub>i</sub>	Orden	g <sub>i</sub>	Orden	g <sub>i</sub>	Orden	g <sub>i</sub>	Orden	g <sub>i</sub>	Orden	g <sub>i</sub>	Orden	g <sub>i</sub>
1	(6)	2.00	(5)	0.89	(4)	0.78	(10)	-2.59	(6)	-0.50	(5)	0.01	(4)	0.03	(3)	0.05	(3)	0.03
2	(4)	6.12	(3)	4.07	(6)	-2.65	(6)	-0.26	(5)	-0.18	(6)	-0.13	(2)	0.09	(2)	0.08	(4)	0.03
3	(7)	-3.73	(7)	-5.82	(10)	-7.43	(7)	-0.83	(9)	-1.36	(8)	-1.13	(6)	-0.01	(4)	0.00	(2)	0.05
4	(5)	4.03	(4)	3.92	(5)	0.18	(9)	-1.35	(8)	-1.28	(9)	-1.78	(3)	0.03	(6)	-0.02	(9)	-0.06
5	(2)	16.33	(2)	4.43	(2)	5.78	(4)	0.81	(2)	1.90	(3)	1.35	(10)	-0.13	(10)	-0.11	(10)	-0.1
6	10	-25.75	(10)	-9.00	(9)	-6.08	(3)	1.08	(4)	-0.11	(4)	0.32	(8)	-0.07	(5)	-0.01	(5)	0.01
7	(1)	20.34	(1)	17.7	(1)	16.2	(1)	2.70	(1)	2.58	(1)	2.40	(1)	0.17	(1)	0.13	(1)	0.12
8	(3)	10.97	(6)	-1.92	(3)	1.84	(8)	-1.05	(7)	-1.18	(7)	-1.06	(5)	0.02	(9)	-0.07	(8)	-0.06
9	(8)	-10.97	(8)	-6.76	(8)	-5.67	(2)	1.48	(3)	1.65	(2)	1.94	(7)	-0.04	(7)	-0.02	(7)	-0.1
10	(9)	-19.33	(9)	-7.57	(7)	-2.95	(5)	-0.01	(10)	-1.50	(10)	-1.94	(9)	-0.09	(8)	-0.03	(6)	0.0

#### 4.5.2 Efectos de ACE (s<sub>ij</sub>) de las 45 cruzas simples

El Cuadro 7 contiene el efecto promedio  $\bar{s}_{ij}$  de las 15 cruzas con el  $\bar{s}_{ij}$  alto, el de las 15 cruzas con  $\bar{s}_{ij}$  intermedio y el de las 15 cruzas con el  $\bar{s}_{ij}$  bajo para RMP, DFM y AP en las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>.

En RMP y para F<sub>1</sub> el efecto  $\bar{s}_{ij}$  promedio fue 14.5, 1.3, -15.7 para los grupos de alto, intermedio y bajo efecto promedio  $\bar{s}_{ij}$ , respectivamente; el rendimiento promedio RMP de las cruzas de cada grupo fue 147.8, 137.9 y 129.4, respectivamente. El análisis conjunto de estos datos indica que RMP disminuyó conforme  $\bar{s}_{ij}$  disminuyó. Se observa además, que en las 15 cruzas de alto, intermedio y bajo  $\bar{s}_{ij}$  promedio, participaron tanto cruzas de alto (A) como de

intermedio (I) y bajo (B) rendimiento; es decir, que en cierto modo el rendimiento de una craza es independiente del efecto  $s_{ij}$  y este a su vez es independiente de los efectos  $g_i$  y  $g_j$  de sus líneas.

En RMP y para  $F_2$  y  $F_3$ , también el RMP disminuyó conforme disminuyó el  $\bar{s}_{ij}$  promedio; y también en los tres grupos de cruzas participaron tanto cruzas de alto, como de intermedio y bajo RMP.

En DFM y para  $F_1$  el efecto  $\bar{s}_{ij}$  promedio fue 2.4, -0.1, -1.9 para los grupos de alto, intermedio y bajo efecto promedio  $\bar{s}_{ij}$ , respectivamente; el DFM promedio de las cruzas de cada grupo fue 93.1, 91.4 y 89.8, respectivamente. El análisis conjunto de estos datos indica que DFM disminuyó conforme  $\bar{s}_{ij}$  disminuyó. Se observa además, que en las 15 cruzas de alto, intermedio y bajo  $\bar{s}_{ij}$  promedio, participaron tanto cruzas de alto (A) como de intermedio (I) y bajo (B) número de días a floración masculina (DFM); es decir, que en cierto modo el número de DFM de una craza es independiente del efecto  $s_{ij}$  y éste a su vez es independiente de los efectos  $g_i$  y  $g_j$  de sus líneas.

En DFM y para  $F_2$  y  $F_3$ , también DFM disminuyó conforme disminuyó el  $\bar{s}_{ij}$  promedio; y también en los tres grupos de cruzas participaron tanto cruzas de alto, como de intermedio y bajo DFM.

En AP y para  $F_1$  el efecto  $\bar{s}_{ij}$  promedio fue 0.1, 0.0, -0.1 para los grupos de alto, intermedio y bajo efecto promedio  $\bar{s}_{ij}$ , respectivamente; la AP promedio de las cruzas de cada grupo fue 2.4, 2.3 y 2.2, respectivamente. El análisis conjunto de estos datos indica que AP disminuyó ligeramente conforme  $\bar{s}_{ij}$  disminuyó. Se observa además, que en las 15 cruzas de alto, intermedio y bajo  $\bar{s}_{ij}$  promedio, participaron tanto cruzas de alta (A) como de intermedia (I) y baja (B) altura de planta (AP); es decir, que en cierto modo la altura de planta de

una cruz es independiente del efecto  $s_{ij}$  de la cruz y este es independiente de los efectos  $g_i$  y  $g_j$  de sus líneas.

En AP y para  $F_2$  y  $F_3$ , también AP disminuyó conforme disminuyó el  $\bar{s}_{ij}$  promedio; y también en los tres grupos de cruzas participaron tanto cruzas de alta, como de intermedia y baja AP.

Cuadro 7. Promedio de efectos de ACE ( $s_{ij}$ ) en los grupos de 15 cruzas de alto, intermedio y bajo  $s_{ij}$  en las generaciones  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$  para las variables RMP, DFM y AP. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

Generación	$F_1$					$F_2$					$F_3$				
Rendimiento de mazorca por planta (RMP)															
Cruzas	$\bar{s}_{ij}$	RMP	A	I	B	$\bar{s}_{ij}$	RMP	A	I	B	$\bar{s}_{ij}$	RMP	A	I	B
15C $s_{ij}$ A	14.5	147.8	6	8	1	9.1	82.0	6	8	1	8.6	88.9	8	5	2
15C $s_{ij}$ I	1.3	137.9	6	2	7	0.1	74.9	6	4	5	0.0	80.6	4	8	3
15C $s_{ij}$ B	-15.7	129.4	3	5	7	-9.2	66.7	3	3	9	-8.6	73.2	3	2	10
Días a floración masculina (DFM)															
Cruzas	$\bar{s}_{ij}$	DFM	A	I	B	$\bar{s}_{ij}$	DFM	A	I	B	$\bar{s}_{ij}$	DFM	A	I	B
15C $s_{ij}$ A	2.4	93.1	8	5	2	1.4	93.4	9	4	2	1.7	94.4	10	4	1
15C $s_{ij}$ I	-0.1	91.4	4	7	4	0.0	92.4	5	5	5	0.0	91.5	2	6	7
15C $s_{ij}$ B	-1.9	89.8	3	3	9	-1.1	90.8	1	6	8	-1.7	91.3	3	5	7
Altura de planta (AP)															
Cruzas	$\bar{s}_{ij}$	AP	A	I	B	$\bar{s}_{ij}$	AP	A	I	B	$\bar{s}_{ij}$	AP	A	I	B
15C $s_{ij}$ A	0.1	2.4	10	4	1	0.1	2.2	13	1	1	0.1	2.2	11	4	0
15C $s_{ij}$ I	0.0	2.3	5	8	2	0.0	2.1	1	11	3	0.0	2.1	2	8	5
15C $s_{ij}$ B	-0.1	2.2	0	3	12	-0.1	2.0	1	3	11	-0.1	2.0	2	3	10

$\bar{s}_{ij}$  : Promedio de 15 cruzas

### **4.5.3 Estructura genética de las generaciones $F_1$ , $F_2$ y $F_3$ de 45 cruzas simples para RMP, DFM y AP**

#### **4.5.3.1. Rendimiento promedio (RMP)**

Las 45 cruzas simples de cada generación ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ) se dividieron en tres grupos. En el primer grupo estuvieron las 15 cruzas con rendimiento alto (A); en el segundo, las 15 cruzas con rendimiento intermedio (I); y en el tercero, las 15 cruzas con rendimiento bajo (B). En cada grupo se tomaron cinco cruzas; en el primero, las de mayor rendimiento, en el segundo, las de rendimiento intermedio; y en el tercero, las de menor rendimiento (Cuadro 8).

En la  $F_1$  se observa que en las cinco cruzas de mayor rendimiento participó cuando menos una línea de alta ACG (Cuadro 6). En las tres primeras cruzas los efectos  $s_{ij}$  fueron positivos y altos, mientras que en las otras dos, los efectos  $s_{ij}$  fueron negativos aunque de valor absoluto relativamente bajo; éstas dos cruzas fueron de alto rendimiento porque en ellas participaron las tres líneas de más alta ACG (5, 7, 8) cuyos efectos  $g_i$ ,  $g_j$  contrarrestaron los efectos negativos  $s_{ij}$ . El comportamiento de las cinco cruzas con mayor rendimiento indica que una craza es de alto rendimiento cuando en ella participa cuando menos una línea de alta ACG y efectos positivos altos  $s_{ij}$ . A esta conclusión llegaron Reyes *et al.* (2003) de lo cual se infiere que la craza de mayor rendimiento es aquella en la que las dos líneas son de alta ACG y ocurren en ella los efectos  $s_{ij}$  positivos más altos.

En la  $F_2$  (Cuadro 8), se observa que en tres de las cinco cruzas de mayor rendimiento (Cruzas 32, 42 y 11) participó cuando menos una línea de alta ACG (Cuadro 6) y además, en las tres cruzas los efectos  $s_{ij}$  fueron positivos y

altos. La craza 32  $F_2$  fue la de mayor rendimiento debido a que sus dos líneas fueron las de más alta ACG en la  $F_2$  (Cuadro 6) y el efecto  $s_{ij}$  fue positivo y alto. La craza 3 fue de alto rendimiento por que en ella  $s_{ij}$  fue positivo y alto (14.9), no obstante que sus dos líneas (1 y 4) fueron de ACG intermedia (Cuadro 6). El alto rendimiento de la craza 27 (4x7) se debió a que en ella participó la línea 7 que fue la de más alta ACG (Cuadro 6), no obstante que su efecto  $s_{ij}$  resultó negativo aunque ligeramente bajo. De aquí se infiere que en la  $F_2$  las cruza de mayor rendimiento son aquellas cuyas líneas son de alta ACG y que sus efectos  $s_{ij}$  son positivos y altos.

En la  $F_3$  (Cuadro 8) se observa que cuatro de las cinco cruza de mayor rendimiento (Cruzas 32, 42, 27 y 3) estuvieron incluidas en las cinco cruza  $F_2$  de mayor rendimiento; la craza 36  $F_3$  no estuvo entre las cinco cruza  $F_2$  de mayor rendimiento pero ocupó el lugar 11 entre las 15 cruza  $F_2$  de mayor rendimiento; en cambio, la craza 11  $F_2$  que ocupó el lugar cinco entre las cinco cruza de mayor rendimiento  $F_2$ , pasó a ocupar el lugar cinco entre las cinco cruza  $F_3$  de rendimiento más bajo. Esto se debió a que la craza 11 (2x4)  $F_2$  fue de alto rendimiento por que participó en ella, al menos una línea de alta ACG y tuvo un efecto  $s_{ij}$  relativamente alto (7.4), el cual desapareció en la  $F_3$ . La alta coincidencia entre las cinco cruza  $F_2$  de más alto rendimiento y las cinco cruza  $F_3$  de más alto rendimiento se debió a que los efectos de ACG ( $g_i$ ,  $g_j$ ) son efectos aditivos, los cuales se transmiten de  $F_2$  a  $F_3$ , mientras que los efectos  $s_{ij}$  no son transmisibles de una generación a la siguiente.

En las cinco cruza  $F_1$  con rendimiento intermedio se observa que hubo un efecto compensatorio entre los efectos positivos  $g_i$ ,  $g_j$  de las líneas y el efecto  $s_{ij}$  de las cruza. Así, en las cruza 1x4 y 4x8, los efectos  $g_i$ ,  $g_j$  positivos de las

líneas 4 y 8 resultaron disminuidos por los efectos negativos  $s_{ij}$  de las cruzas (-2.2, -11.7). En las cruzas 2x10 y 6x8 participaron las líneas 10 y 6 que fueron las de más baja ACG, pero sus efectos negativos  $g_i$ ,  $g_j$  fueron compensados por los efectos altos y positivos  $s_{ij}$  (15.8 y 17.2) de las cruzas. En la craza 7 x 9 el efecto positivo de la línea 7 que fue la de más alta ACG resultó disminuido por el efecto negativo  $s_{ij}$  (-8.0) de la craza.

En las primeras cuatro cruzas  $F_2$  de las cinco con rendimiento intermedio participaron las líneas 10 y 9 que fueron las de más baja ACG y las líneas 1, 3, 4, 6 que fueron de ACG intermedia; dichas cruzas tuvieron efectos  $s_{ij}$  positivos y altos, los cuales compensaron los efectos  $g_i$ ,  $g_j$  negativos.

En las cinco cruzas  $F_3$  con rendimiento intermedio se observa que ocurrió un efecto compensatorio entre los efectos  $g_i$ ,  $g_j$  de las líneas y los efectos  $s_{ij}$  de las cruzas.

En las cinco cruzas  $F_1$  de más bajo rendimiento participaron las líneas de más baja ACG y además, todas ellas tuvieron efectos  $s_{ij}$  negativos por cuya razón fueron las de más bajo rendimiento; esto mismo ocurrió; en las cinco cruzas de más bajo rendimiento en las generaciones  $F_2$  y  $F_3$ .

En general se observa (Cuadro 8) que las cruzas de mayor rendimiento son aquellas en que de las dos líneas progenitoras cuando menos una es de alta ACG y los efectos  $s_{ij}$  son positivos y altos. De aquí se infiere que la craza de mayor rendimiento debe ser aquella cuyas dos líneas son las de más alta ACG y su efecto  $s_{ij}$  es el más alto.

Las cruzas con menor rendimiento son aquellas cuyas líneas son de baja ACG y los efectos  $s_{ij}$  son negativos y de alto valor absoluto. De aquí se infiere que la craza con el menor rendimiento es aquella cuyas líneas son las de más

baja ACG y su efecto  $s_{ij}$  es negativo y el de mayor valor absoluto. A estas mismas conclusiones llegaron Reyes *et al.* (2003). En las cruzas con rendimiento intermedio participan líneas con ACG intermedia y efectos  $s_{ij}$  también de valor intermedio.

#### **4.5.3.2. Días a floración masculina (DFM)**

En la  $F_1$  se observa que en las cinco cruzas con el mayor DFM participó cuando menos una línea de alta ACG (Cuadros 9 y 9A). En las cinco cruzas los efectos  $s_{ij}$  fueron positivos y altos.

En la  $F_2$  se observa que en las cinco cruzas con el mayor DFM participó cuando menos una línea de alta ACG. En las cruzas 41, 14, 34 y 42 los efectos  $s_{ij}$  fueron positivos, aunque de valor relativamente bajo; el mayor DFM lo presentó la cruz 32 (5x7) determinado por el hecho de que las líneas progenitoras 5 y 7 fueron las de mayor ACG, no obstante que su efecto  $s_{ij}$  (-0.6) fue negativo aunque ligeramente bajo.

En la  $F_3$  se observa que en las cinco cruzas con el mayor DFM participaron tanto líneas de alta como de intermedia ACG; los efectos  $s_{ij}$  fueron positivos y ligeramente bajos. También se observa que las cruzas 41, 14 y 34 fueron las de mayor DFM en la  $F_2$  y en la  $F_3$ .

En las cinco cruzas  $F_1$  con DFM intermedio se observa que hubo un efecto compensatorio entre los efectos negativos  $g_i$ ,  $g_j$  de las líneas y el efecto positivo  $s_{ij}$  de sus cruzas. En las cruzas 4x5, 1x6, 2x8 y 2x4 participaron las líneas 4, 1 y 8 que fueron las de más baja ACG, pero sus efectos negativos  $g_i$ ,  $g_j$  fueron compensados por los efectos altos y positivos  $s_{ij}$  (1.4, 2.1, 1.8 y 1.9, respectivamente) de las cruzas. En la cruz 3x9 el efecto positivo de la línea 9

que fue la segunda de más alta ACG resultó disminuido por el efecto negativo  $s_{ij}$  (-0.4) de la cruce.

En las cinco cruces  $F_2$  con DFM intermedio participaron las líneas 3, 4 y 10 que fueron las de más baja ACG y las líneas 9 y 5 que fueron las de más alta ACG. Las cruces 9x10 y 3x6 tuvieron efectos  $s_{ij}$  positivos y altos, los cuales compensaron los efectos  $g_i$ ,  $g_j$  negativos. En las cruces 3x9, 4x5 y 5x10 el efecto positivo de las líneas 5 y 9 resultó disminuido por el efecto negativo de  $s_{ij}$  (-0.2, -0.5, -0.3) de las cruces.

En las cinco cruces  $F_3$  con DFM intermedio se observa que también ocurrió un efecto compensatorio entre los efectos  $g_i$ ,  $g_j$  de las líneas y los efectos  $s_{ij}$  de las cruces.

En las cinco cruces  $F_1$  de más DFM participaron las líneas de más baja ACG y además, todas ellas tuvieron efectos  $s_{ij}$  negativos por cuya razón fueron las de más bajo DFM; esto mismo ocurrió en las cinco cruces de más bajo DFM en las generaciones  $F_2$  y  $F_3$ .

Para el carácter DFM debe entenderse que efectos positivos altos  $g_i$ ,  $g_j$  y  $s_{ij}$  corresponden a las líneas y cruces más tardías; por el contrario, efectos negativos  $g_i$ ,  $g_j$  y  $s_{ij}$  de valor absoluto alto, corresponden a las líneas y cruces más precoces.

#### **4.5.3.2. Altura de planta (AP)**

En las generaciones  $F_1$  y  $F_2$  se observa que en las cinco cruces con mayor AP participó cuando menos una línea de alta ACG (Cuadros 10 y 10A). En las cinco cruces los efectos  $s_{ij}$  fueron positivos y de valor absoluto bajo.



En la  $F_3$  se observa que en cuatro de las cinco cruzas con mayor AP (Cruzas 6, 27, 36 y 42) participó cuando menos una línea de alta ACG y que en las cuatro, los efectos  $s_{ij}$  fueron positivos aunque de bajo valor absoluto.

En la crusa 20 (3x6) que fue la quinta entre las cinco con mayor altura, participaron las líneas 3 de alta y 6 de baja ACG, pero su efecto  $s_{ij}$  fue positivo aunque relativamente bajo (0.4).

En las cinco cruzas  $F_1$  con AP intermedia se observa que hubo un efecto compensatorio entre los efectos positivos  $g_i, g_j$  de las líneas y el efecto  $s_{ij}$  de las cruzas. Así, en la crusa 2x3 los efectos  $g_i, g_j$  positivos de las líneas 2 y 3 resultaron disminuidos por los efectos negativos  $s_{ij}$  de la crusa (-0.1). En las cruzas 1x10 y 4x6 participaron las líneas 10 y 6 que fueron las de más baja ACG; sin embargo, sus efectos negativos  $g_i, g_j$  fueron compensados por los efectos positivos  $s_{ij}$  (0.1 y 0.1) de las cruzas.

En las generaciones  $F_2$  y  $F_3$  con AP intermedia también ocurrió un efecto compensatorio entre los efectos  $g_i, g_j$  de las líneas y los efectos  $s_{ij}$  de las cruzas.

En las cinco cruzas  $F_1$  con más baja AP participó cuando menos una línea de más baja ACG. La crusa 6x10 presentó un efecto  $s_{ij}$  negativo (-0.4), mientras que en las cruzas 8x10, 5x6 y 5x10 el efecto  $s_{ij}$  fue cero. La crusa 9x10 presentó un efecto  $s_{ij}$  positivo aunque de muy bajo valor (0.1).

En las cinco cruzas  $F_2$  con AP baja participaron las líneas 5, 8 y 10 que fueron las de más baja ACG y las líneas 9, 5, 3 y 4 que fueron de ACG intermedia; dichas cruzas tuvieron efectos  $s_{ij}$  negativos; por esta razón fueron las de más baja AP.

En las cinco cruzas  $F_3$  con AP más baja se observa que también ocurrió un efecto compensatorio entre los efectos  $g_i$ ,  $g_j$  de las líneas y los efectos  $s_{ij}$  de las cruzas. En estas cruzas participaron las líneas de más baja ACG y además, tuvieron efectos  $s_{ij}$  negativos, por cuya razón fueron las de más baja altura.

Para el carácter AP debe entenderse que efectos positivos  $g_i$ ,  $g_j$  y  $s_{ij}$  corresponden a las líneas y cruzas más altas; por el contrario, efectos negativos de  $g_i$ ,  $g_j$  y  $s_{ij}$  de valor absoluto alto corresponden a las líneas y cruzas con menor AP.

Cuadro 8. Estructura genética de las 5 cruzas de mayor (A), intermedio (I) y más bajo (B) rendimiento (RMP) dentro del total de 45 cruzas simples en las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

Cruzas	F <sub>1</sub> RMP A					F <sub>2</sub> RMP A					F <sub>3</sub> RMP A									
	RMP	$\bar{Q}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g <sup>t</sup> +g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	Cruzas	RMP	$\bar{Q}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g <sup>t</sup> +g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	Cruzas	RMP	$\bar{Q}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g <sup>t</sup> +g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
25 (4x5) A	175.9	138.4	4.0	16.3	20.3	17.1	32 (5x7) A	113.4	74.5	4.4	17.7	22.1	16.8	32 (5x7) A	114.4	80.9	5.8	16.2	22.0	11.5
12 (2x5) A	170.0	138.4	6.1	16.3	22.4	9.2	42 (7x10) A	94.6	74.5	17.7	-7.6	10.1	10.0	36 (6x7) A	104.6	80.9	-6.1	16.2	10.1	13.6
21 (3x7) A	169.6	138.4	-3.7	20.3	16.6	14.6	3 (1x4) A	94.2	74.5	0.9	3.9	4.8	14.9	42 (7x10) A	101.5	80.9	16.2	-3.0	13.2	7.3
32 (5x7) A	168.4	138.4	16.3	20.3	36.6	-6.7	27 (4x7) A	91.8	74.5	3.9	17.7	21.6	-4.3	27 (4x7) A	97.7	80.9	0.2	16.2	16.4	0.4
40 (7x8) A	167.7	138.4	20.3	11.0	31.3	-2.0	11 (2x4) A	89.9	74.5	4.1	3.9	8.0	7.4	3 (1x4) A	97.6	80.9	0.8	0.2	1.0	15.7
F <sub>1</sub> RMP I																				
F <sub>2</sub> RMP I																				
F <sub>3</sub> RMP I																				
3 (1x4) I	142.2	138.4	2.0	4.0	6.0	-2.2	30 (4x10) I	76.7	74.5	3.9	-7.6	-3.7	5.8	24 (3x10) I	81.9	80.9	-7.4	-3.0	-10.4	11.4
28 (4x8) I	141.7	138.4	4.0	11.0	15.0	-11.7	31 (5x6) I	74.9	74.5	4.4	-9.0	-4.6	5.0	15 (2x8) I	81.8	80.9	-2.7	1.8	-0.9	1.7
17 (2x10) I	141.0	138.4	6.1	-19.3	-13.2	15.8	8 (1x9) I	74.7	74.5	0.9	-6.7	-5.8	6.0	14 (2x7) I	79.5	80.9	-2.7	16.2	13.5	-14.9
37 (6x8) I	140.8	138.4	-25.8	11.0	-14.8	17.2	24 (3x10) I	74.6	74.5	-5.8	-7.6	-13.4	13.5	35 (5x10) I	78.8	80.9	5.8	-3.0	2.8	-5.0
41 (7x9) I	139.7	138.4	20.3	-11.0	9.3	-8.0	28 (4x8) I	74.5	74.5	3.9	-1.9	2.0	-2.0	37 (6x8) I	76.8	80.9	-6.1	1.8	-4.3	0.2
F <sub>1</sub> RMP B																				
F <sub>2</sub> RMP B																				
F <sub>3</sub> RMP B																				
26 (4x6) B	116.2	138.4	4.0	-25.8	-21.8	-0.5	38 (6x9) B	56.3	74.5	-9.0	-6.7	-15.7	-2.5	39 (6x10) B	67.5	80.9	-6.1	-3.0	-9.1	-4.4
20 (3x6) B	114.7	138.4	-3.7	-25.8	-29.5	5.8	18 (3x4) B	53.7	74.5	-5.8	3.9	-1.9	-18.9	9 (1x10) B	66.6	80.9	0.8	-3.0	-2.2	-12.2
45 (9x10) B	107.5	138.4	-11.0	-19.3	-30.3	-0.6	39 (6x10) B	53.7	74.5	-9.0	-7.6	-16.6	-4.2	26 (4x6) B	65.3	80.9	0.2	-6.1	-5.9	-9.7
38 (6x9) B	104.3	138.4	-25.8	-11.0	-36.8	2.6	45 (9x10) B	51.7	74.5	-6.7	-7.6	-14.3	-8.6	18 (3x4) B	59.6	80.9	-7.4	0.2	-7.2	-14.0
B 39 (6x10)	28.3	138.4	-25.8	-19.3	-45.1	-65.0	9 (1x10) B	33.7	74.5	0.9	-7.6	-6.7	-34.2	38 (6x9) B	57.7	80.9	-6.1	-5.7	-11.8	-11.5

Cuadro 9. Estructura genética de las 5 cruzas con más alto (A), intermedio (I) y más bajo (B) número de días a floración masculina (DFM) dentro del total de 45 cruzas simples en las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

Cruzas	F <sub>1</sub> DFM A					F <sub>2</sub> DFM A					F <sub>3</sub> DFM A									
	DFM	$\bar{u}$	$\hat{s}_i$	$\hat{s}_j$	g <sub>i</sub> +g <sub>j</sub>	DFM	$\bar{u}$	$\hat{s}_i$	$\hat{s}_j$	g <sub>i</sub> +g <sub>j</sub>	DFM	$\bar{u}$	$\hat{s}_i$	$\hat{s}_j$	g <sub>i</sub> +g <sub>j</sub>	s <sub>ii</sub>				
39 (6x10) A	99.7	91.3	1.1	0.0	1.1	7.3	41 (7x9) A	96.6	92.1	2.6	1.7	4.3	0.2	41 (7x9) A	98.4	92.4	2.4	1.9	4.3	1.7
41 (7x9) A	98.2	91.3	2.7	1.5	4.2	2.8	14 (2x7) A	96.5	92.1	-0.2	2.6	2.4	2.0	14 (2x7) A	98.1	92.4	-0.1	2.4	2.3	3.4
9 (1x10) A	94.2	91.3	-2.6	0.0	-2.6	5.5	32 (5x7) A	96.0	92.1	1.9	2.6	4.5	-0.6	34 (5x9) A	97.3	92.4	1.4	1.9	3.3	1.6
27 (4x7) A	94.1	91.3	-1.4	2.7	1.3	1.5	34 (5x9) A	96.0	92.1	1.9	1.7	3.6	0.4	38 (6x9) A	96.8	92.4	0.3	1.9	2.2	2.1
34 (5x9) A	94.0	91.3	0.8	1.5	2.3	0.4	42 (7x10) A	95.1	92.1	2.6	-1.5	1.1	2.0	40 (7x8) A	95.2	92.4	2.4	-1.1	1.3	1.5
F <sub>1</sub> DFM I																				
25 (4x5) A	92.1	91.3	-1.4	0.8	-0.6	1.4	45 (9x10) I	92.5	92.1	1.7	-1.5	0.2	0.2	1 (1x2) I	92.3	92.4	0.0	-0.1	-0.1	0.0
5 (1x6) A	91.9	91.3	-2.6	1.1	-1.5	2.1	23 (3x9) I	92.2	92.1	-1.4	1.7	0.3	-0.2	2 (1x3) I	92.1	92.4	0.0	-1.1	-1.1	0.8
15 (2x8) A	91.8	91.3	-0.3	-1.1	-1.4	1.8	25 (4x5) I	92.2	92.1	-1.3	1.9	0.6	-0.5	33 (5x8) I	92.1	92.4	1.4	-1.1	0.3	-0.6
11 (2x4) A	91.6	91.3	-0.3	-1.4	-1.7	1.9	35 (5x10) I	92.2	92.1	1.9	-1.5	0.4	-0.3	15 (2x8) I	92.0	92.4	-0.1	-1.1	-1.2	0.8
23 (3x9) A	91.6	91.3	-0.8	1.5	0.7	-0.4	20 (3x6) I	91.8	92.1	-1.4	-0.1	-1.5	1.2	4 (1x5) I	91.8	92.4	0.0	1.4	1.4	-2.0
F <sub>1</sub> DFM B																				
30 (4x10) A	88.0	91.3	-1.4	0.0	-1.4	-1.9	22 (3x8) B	89.4	92.1	-1.4	-1.2	-2.6	-0.2	18 (3x4) B	89.4	92.4	-1.1	-1.8	-2.9	-0.1
28 (4x8) A	87.9	91.3	-1.4	-1.1	-2.5	-1.0	44 (8x10) B	89.1	92.1	-1.2	-1.5	-2.7	-0.3	44 (8x10) B	89.3	92.4	-1.1	-1.9	-3.0	-0.1
2 (1x3) A	87.7	91.3	-2.6	-0.8	-3.4	-0.2	39 (6x10) B	89.0	92.1	-0.1	-1.5	-1.6	-1.5	29 (4x9) B	88.9	92.4	-1.8	1.9	0.1	-3.7
3 (1x4) A	84.7	91.3	-2.6	-1.4	-4.0	-2.7	3 (1x4) B	88.9	92.1	-0.5	-1.3	-1.8	-1.4	28 (4x8) B	88.5	92.4	-1.8	-1.1	-2.9	-1.0
4 (1x5) A	84.5	91.3	-2.6	0.8	-1.8	-5.1	28 (4x8) B	88.8	92.1	-1.3	-1.2	-2.5	-0.9	10 (2x3) B	88.0	92.4	-0.1	-1.1	-1.2	-3.2

Cuadro 10. Estructura genética de las 5 cruzas de mayor (A), intermedia (I) y más baja (B) Altura de planta (AP) dentro del total de 45 cruzas simples en las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>. Montecillo, Chapingo y Tecamac, Edo. de México. 2004.

Cruzas	F <sub>1</sub> AP A					F <sub>2</sub> AP A					F <sub>3</sub> AP A									
	AP	$\hat{U}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	gt+g <sub>j</sub>	AP	$\hat{U}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	gt+g <sub>j</sub>	AP	$\hat{U}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	gt+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>				
14 (2x7) A	2.6	2.3	0.1	0.2	0.3	0.0	2 (1x3) A	2.3	2.1	0.1	0.0	0.1	0.2	20 (3x6) A	2.6	2.1	0.1	0.0	0.1	0.4
6 (1x7) A	2.5	2.3	0.0	0.2	0.2	0.0	14 (2x7) A	2.3	2.1	0.1	0.1	0.2	0.0	6 (1x7) A	2.3	2.1	0.0	0.1	0.1	0.0
17 (2x10) A	2.5	2.3	0.1	-0.1	0.0	0.2	42 (7x10) A	2.3	2.1	0.1	0.0	0.1	0.1	27 (4x7) A	2.3	2.1	-0.1	0.1	0.0	0.1
21 (3x7) A	2.5	2.3	0.0	0.2	0.2	0.0	1 (1x2) A	2.2	2.1	0.1	0.1	0.2	0.0	36 (6x7) A	2.3	2.1	0.0	0.1	0.1	0.0
36 (6x7) A	2.5	2.3	-0.1	0.2	0.1	0.1	3 (1x4) A	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.1	42 (7x10) A	2.3	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0
	F <sub>1</sub> AP I					F <sub>2</sub> AP I					F <sub>3</sub> AP I									
9 (1x10) I	2.3	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	13 (2x6) I	2.1	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	12 (2x5) I	2.1	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.1
10 (2x3) I	2.3	2.3	0.1	0.0	0.1	-0.1	15 (2x8) I	2.1	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	13 (2x6) I	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	-0.1
18 (3x4) I	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	16 (2x9) I	2.1	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	15 (2x8) I	2.1	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.1
22 (3x8) I	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	21 (3x7) I	2.1	2.1	0.0	0.1	0.1	-0.1	19 (3x5) I	2.1	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.0
26 (4x6) I	2.3	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	23 (3x9) I	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	23 (3x9) I	2.1	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.1
	F <sub>1</sub> AP B					F <sub>2</sub> AP B					F <sub>3</sub> AP B									
44 (8x10) B	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	43 (8x9) B	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	35 (5x10) B	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0
45 (9x10) B	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	44 (8x10) B	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	37 (6x8) B	2.0	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0
31 (5x6) B	2.1	2.3	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	9 (1x10) B	1.9	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.2	38 (6x9) B	2.0	2.1	0.0	0.0	0.0	-0.1
35 (5x10) B	2.1	2.3	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	22 (3x8) B	1.9	2.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	31 (5x6) B	1.9	2.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
39 (6x10) B	1.7	2.3	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	25 (4x5) B	1.9	2.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	33 (5x8) B	1.9	2.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los materiales genéticos y los resultados de su evaluación en diferentes ambientes, en el presente trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

Las cruzas simples de alto rendimiento son aquellas en las que cuando menos una de sus líneas es de alta ACG y los efectos de ACE son altos y positivos.

La craza simple de más alto rendimiento es aquella cuyas dos líneas son las de más alta ACG y su efecto de ACE es positivo y el más alto.

Las cruzas simples de bajo rendimiento son aquellas en las que cuando menos una de sus líneas es de baja ACG y ocurren entre las dos líneas efectos de ACE negativos y de alto valor absoluto.

La craza simple de más bajo rendimiento es aquella cuyas dos líneas son las de más baja ACG y su efecto de ACE es negativo y el de más alto valor absoluto.

La  $F_1$  de las cruzas con alto rendimiento presenta valores positivos de heterosis con respecto al progenitor medio; mientras que aquellas con rendimiento bajo presentan heterosis negativa.

Los efectos  $s_{ij}$  de una craza son independientes de los efectos  $g_i$  y  $g_j$  de sus líneas, por ésta razón las cruzas con valores altos  $s_{ij}$  no siempre son las de mayor rendimiento y mayor heterosis.

Las cruzas simples con depresión endogámica baja para rendimiento, son aquellas en las que cuando menos una de las líneas es de alta ACG y sus efectos de ACE son negativos.

La cruza simple con menor depresión endogámica es aquella cuyas líneas son las de más alta ACG y su efecto de ACE es positivo o negativo pero de valor absoluto bajo.

Las cruza simples con mayor depresión endogámica son aquellas cuyos efectos de ACE son positivos y altos y sus líneas pueden ser una de alta y otra intermedia o las dos de intermedia ACG.

A conclusiones similares puede llegarse en DFM y AP.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Allard, R. W. 1956. The análisis of genetic-environmental interactions by means of diallel crosses. *Genetics* 41: 305-318.
- Allard, R. W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Traducción de la primera edición de ingles por José L. Montoya. Ed. Omega. S. A. Barcelona, España. 498 pp.
- Allard, R. W. 1999. Principles of Plant Breeding. 2<sup>nd</sup>. ed. John Wiley, New York, NY. USA. 254 p.
- Allison, J.C.S., and R.N. Curnow. 1966. On the choice of tester parent for the breeding of synthetic varieties of maize (*Zea mays* L.) *Crop. Sci.*, 6:541-544.
- Angulo B., M. 1955. Maiz En: E. Sanchez M. (Ed.). *Fitogenética (Mejora de plantas)*. Colección Agrícola Salvat. Salvat Editores, S.A. España, pp: 263-293.
- Antuna G O, F R Sánchez, E G del Rió, N A R Torres, L B García. (2003) Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* 26(1): 11-17.
- Beck D L, SK Vasal, and J Crossa. (1990) heterosis and combining ability of CIMMYT'S tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germoplasm. *Maydica.* 35:279-285.
- Bruce, A. B. 1910. The Mendelian theory of heredity on the augmentation of vigor. *Crop Sci.* 32:677-682.



- Caballero H F, T Cervantes S (1990) Estudio genético y taxonómico de poblaciones de maíz de la raza Tuxpeño. *Agrociencia serie Fitociencia* 1 (2): 43 - 64.
- Cockerham, C. C. 1963. Estimation of genetic variances. In *Statistical genetics and plant breeding*. Edited by W. D. Hanson and H. F. Robinson. NAS-NRC 982 pp.
- Cockerham, C. C. and B. S. Weir. 1976. Two-locus theory in quantitative genetics. *In: Proceedings of the International Conference on Quatitative Genetics*. E. Pollak, O. Kempthorne, and T. B. Bailey (eds.). The Iowa State University. Ames, IA. USA. pp: 247-269.
- Coors, J.G. and S. Pandey. 1999. The genetics and exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. 524 pp.
- Cornelius, P. L. and J. W. Dudley. 1974. Effects of inbreeding by selfing and full – sib mating in a maize population. *Crop Sci.* 14:815-819.
- Crow, J.F. 1999. Dominance and overdominance. In the genetics and exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. 524 pp.
- Crow, J. F. 1998. 90 years ago: the beginning of hybrid maize. *Genetics* 148: 923-928.
- Curnow, R. N. 1963. Sampling the diallel cross. *Biometrics* 19: 287-306.
- Davis, R. L. 1927. Report of the plant breeder. Rep. Puerto Rico. Agric. exp. Stn. Rep. 14-15.

- De La Cruz L, J R Parra, J L R Díaz, J J S González, M M Rivera, M C Bonapartes, S A H de la Peña, S M Munguía (2003). Heterosis y aptitud combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 26(1):1-10.
- De la Loma J., L. 1982. *Genética General y Aplicada*. 3ª Edición UTHEA. México, D. F. pp. 407-418.
- East, E. M. 1908. Inbreeding in corn. *Connecticut Agric. Exp. Stn. Rep.* pp.419-428.
- Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- 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
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4<sup>th</sup> ed. Longman, Essex, England. 464 p.
- Falconer, R. S. 1986. *Introducción a la genética cuantitativa*. Trad. de la 2ª Ed. en Ingles por F. Márquez S. Ed. CECSA, México, D. F. 430 p.
- Gardner, C. O. 1963. Estimates of genetic parameters in cross fertilizing plants and their implications in plant breeding. In W. D. Hanson and H. F. Robinson (eds.). *Statistical genetics and plant breeding*. NAS-NRC Publication 982: 225-252.
- Gardner, C. O. and S. A. Eberhart 1966 Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22: 439-452.

- Gómez MN, RB Valdivia, y AH Mejía. 1988. Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región calida. Rev. Fitotec. Méx. 11:103-120.
- Good, R. L. and A. R. Hallauer. 1977. Inbreeding depression in maize by selfing and full-sibbing, Crop. Sci. 17: 935-940.
- Gowen, J. W. (ed.) 1952. Heterosis. Iowa State College Press, Ames.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Austr. Jour. Biol. Sci. 9: 463-493.
- Hallauer, A. R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. Maydica 35:1-16.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda F. 1981. Inbreeding. *In* Quantitative genetics in maize breeding. The Iowa State University Press/Ame. pp.468
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2<sup>nd</sup> ed. Iowa State University Press. Ames, IA USA. 468 p.
- Hallauer, A. R. and J. H. Sears. 1973. Changes in quantitative traits associated with inbreeding in a synthetic variety of maize. Crop Sci. 13: 327-330.
- Hayes, H. K. 1963. A Professor's Story of Hybrid Corn. Burgess Publishing Company. 237 pp.
- Hayman, B. I. 1954 a. The analysis of variance of diallel crosses. Biometric 10: 235-244.
- Hayman, B. I. 1954 b. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics 39: 789 - 809.
- Hayman, B. I. 1958. The theory and analysis of diallel tables. II Genetics 43: 63-85.
- Hayman, B. I. 1960. The theory and análisis of diallel crosses. III. Genetics 45: 155-172.

- Hinkelman, K. 1976. Diseños dialelicos y de cruizas múltiples: ¿Qué información se obtiene de ellos? Traducido del ingles por F. Castillo G., de E. Pollak, O. Kempthorne, and T. B. Bailey Jr. (eds.). Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics, August 16-21. 1976. Iowa St. Univ. Press. pp 659-676.
- Jenkins, M. T. 1935. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. Iowa State J. Sci. 3: 429-450.
- Jenkins, M. T. and A. M. Brunson. 1932. Methods of testing inbred lines of maize in cross bred combinations. J. Am. Soc. Agron. 24: 523-530.
- Jones, D. F. 1918. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. Conn. Agric. Exp. Stn. Bull. 207: 5-100.
- Jones, D. F. 1939. Continued inbreeding in maize. Genetics 24: 462-473.
- Jugenheimer, R. W. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Trad. del ingles por Rodolfo Piña García. Ed. Limusa. México. pp:33-254.
- Kempthorne, O. 1956. The theory of the diallel cross. Genetics 41: 451-459.
- Lamkey, K. R. and O. S. Smith. 1987. Performance and inbreeding depression of populations representing seven eras of maize breeding. Crop. Sci. 27: 695-699.
- Le Clerg, E. L. 1966. Significance of experimental design in plant breeding. A Symposium Held at Iowa State Univ. Press. : 313 - 243.
- Lonnquist, J. H. 1950. The effect of selection for combining ability within segregating lines of corn. Agron. J. 42: 503-508.

- Luchsinger L., A. y A. Violic M. 1972. Capacidad combinatoria general y especifica para rendimiento y sus componentes de diez líneas de maíz (*Zea mays* L.) Fitotecnia Latino - Americana 8: 36-44.
- Malécot, G. 1948. Les Mathématiques de L'Hérédité. Masson et cie, París. 63 p.
- Marquez S. F. 1980. Tester cross-line regression in the selection of tester for general combining ability. Amer. Soc. Agron. Abs. 61 pp.
- Márquez S. F. 1988. Genotecnia Vegetal. Métodos, teorías, resultados Tomo II. Editorial Trillas, S.A. México pp: 405-694.
- Martín del Campo V S, G. J. D Molina (1982) Aptitud combinatoria, heterosis y estabilidad en tres grupos de poblaciones de maíz en el Norte-Centro de México. Agrocienca 47: 103-117.
- Martínez G., A 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 252 p.
- Martínez G., A 1988. Análisis de los Experimentos de Griffing usando algoritmos computacionales para el análisis de experimentos factoriales. Comunicaciones en Estadística y Cómputo Vol. 7(2). CEC. CP, Chapingo, Méx. 35 p.
- Matzinger, D. F. and O. Kempthorne. 1956. The modified diallel table with partial inbreeding and interactions with environment. Genetics 41:822-833.
- Miranda Filho, J. B. 1999. Inbreeding depression and heterosis. *In*. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. J. G. Coors, and S. Pandey (eds.). ASA. CSSA. CIMMYT. Madison, WI. USA. pp: 69-80.

- Molina G., J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (algunas implicaciones en genotecnia). AGT Editor, S.A. México, D. F. 349 p.
- Moll, R H, W. S. Salhuana and H. F. Robinson (1962) Heterosis and genetic diversity in variety of maize. *Crop Sci.* 2: 197-198.
- Moll, R. H. and H. F. Robinson. 1967. Quantitative genetic in investigation of yield of maize. *Der Zuchter* 37: 191 – 199.
- Palacios O. V. y H. H. Angeles A. 1990. Comparación de probadores para evaluar líneas S, de maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia.* 1: 123-141.
- Rawlings, J. O., and D. L. Thompson. 1962. Performance level as criterion for the choice of maize tester. *Crop. Sci.*, 2: 217-220.
- Reyes M, C. A. y J. D. Molina G. 1982. Probadores de alto y de bajo rendimiento para aptitud combinatoria general de líneas autofecundas de maíz. *Agrociencia.* 47: 117-130.
- Reyes L., Delfino, 2003. Estimadores de efectos y varianzas de aptitudes combinatoria general y especifica en la raza de maíz Tuxpeño. Tesis Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco, Méx.
- Rojas, B. A. and G. F. Sprague. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interactions with locations and years. *Agron. J.* 44: 462-466.
- Russell, W. A. 1974. Comparative Performance for Maize hybrids representing different eras of maize breeding. In: *Proc. 29<sup>th</sup>. Annut. Corn. and Sorghum Industry Res. Conf. Chicago, Il. 10-12 Dec.* H. D.

- Russell, W. A. 1984. Agronomic performance of maize cultivars representing different eras of breeding. *Maydica* 29: 375-390.
- Russell, W. A. 1986. Contribution of breeding to maize improvement in the United States, 1920s-1980s. *Iowa State J. Res.* 61:5-34.
- Russell, W. A. and O. A. Vega. 1973. Genetic stability of quantitative characters in successive generations in maize inbred lines. *Euphytica* 22: 177-180.
- Shull, G. H. 1908. The composition of a field of maize. *Am. Bred Assoc. Rep.* 4: 296-301.
- Sprague, G. F. 1955. Mejoramiento del maíz. Traducción al español del capítulo V del libro *Corn and Corn Improvement* por A. Salazar B. y A. Carballo Q. Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento del maíz. Mexico. 75pp.
- Sprague, G. F., and L. A. Tatum. 1942. General vs Specific combining ability in single-crosses of corn. *Journ Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- Sprague G. F. and S. A. Eberhart. 1977. Corn breeding. *In* G. F. Sprague (ed). *Corn and corn improvement.* Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin. pp. 305-362.
- Stringfield, G. H. 1974. Developing heterozygous parent stocks for maize hybrids. Dekalb AgResearch, Dekalb, 111.
- Vasal, S. K., B. S. Dhillon, G. Srinivasan, S. D. Mclean, J. Crossa, and S. H. Zhang. 1995. Effect of S<sub>3</sub> recurrent selection in four tropical maize populations on their selfed and randomly mated generations. *Crop Sci.* 35: 697-702.

Wallace, H. A. and W. L. Brown. 1956. The great grandfather of hybrid corn: Charles Darwin. *In* Corn and its early fathers. The Michigan State University Press. 134 pp.

Wellhausen, E. J. 1952. Heterosis in a new population. *In* Iowa state College Press Ames, Iowa. 27: 418-450.



## **7. APENDICE**

Cuadro 1A. Heterosis porcentual con respecto al progenitor medio (HPM) y progenitor superior (HPS) de la F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas de rendimiento alto (A), intermedio (I) y bajo (B).

RMP				RMP				RMP			
15CA	F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CA	RMP F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CA	RMP F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
25	175.8	18.3	13.6	32	113.5	32.6	23.1	32	114.3	24.4	17.7
12	169.9	13.6	9.8	42	94.6	18.9	2.6	36	104.6	21.7	7.7
21	169.5	15.5	6.8	3	94.3	22.6	20.2	42	101.4	15.9	4.4
32	168.4	7.4	6.1	27	91.9	7.7	-0.3	27	97.6	9.6	0.5
40	167.6	8.8	5.6	11	89.9	14.5	14.4	3	97.5	19.8	19.4
6	165.9	10.9	18.2	40	88.7	7.7	-3.8	25	95.4	13.7	10.1
27	164.5	9.2	3.6	41	87.8	9.8	-4.8	6	92.8	3.8	13.6
33	159.2	4.7	2.9	14	86.4	1.2	-6.3	40	90.2	0.3	-7.1
15	157.5	7.2	5.4	17	84.3	15.9	7.3	21	90.1	5.6	-7.2
19	156.1	7.9	0.9	21	83.9	4.3	-9.0	31	88.6	9.7	2.2
14	153.9	1.5	-3.0	4	83.6	8.3	5.9	43	88.5	12.0	7.0
2	153.2	11.4	9.1	7	83.4	12.7	10.6	4	87.5	3.9	7.1
43	151.5	9.5	1.4	36	83.2	5.5	-9.8	41	86.9	0.9	-10.5
31	150.0	12.2	-3.1	6	82.0	-2.1	-11.1	28	86.4	5.5	4.4
11	149.8	4.4	3.7	1	79.8	3.7	1.6	12	85.6	3.8	-1.2
PROM	160.9	9.5	5.4	PROM	88.5	10.9	2.7	PROM	93.8	10.0	4.5
RMP				RMP				RMP			
15CI	F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CI	RMP F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CI	RMP F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
42	147.8	6.4	-6.9	25	79.7	1.3	1.0	7	85.1	3.5	2.9
7	146.3	1.0	-2.1	43	77.8	10.8	7.2	33	84.7	0.0	-2.3
30	146.3	11.9	2.7	10	77.1	4.7	-1.9	1	84.0	5.0	2.8
44	145.0	8.0	-2.9	12	77.0	-2.2	-2.4	17	84.0	7.6	7.3
1	142.8	0.2	-1.2	2.0	76.9	6.8	2.0	29	83.1	6.3	2.5
3	142.1	0.5	-0.2	30	76.7	5.5	-2.2	24	81.9	8.2	5.1
8	141.6	5.7	0.9	31	75.0	3.9	-5.0	15	81.7	1.5	-1.3
28	141.6	-2.9	-5.2	8	74.7	4.3	-0.9	14	79.5	-9.3	-18.1
17	140.9	6.9	-2.5	24	74.6	10.0	8.6	35	78.7	-4.4	-9.2
37	140.7	7.4	-5.8	28	74.5	-1.3	-5.0	37	76.8	-2.5	-7.2
41	139.6	-2.4	-12.1	15	73.5	-2.7	-6.5	2	76.5	-1.4	-6.3
34	138.8	-1.6	-10.3	29	71.9	-1.6	-8.3	44	76.4	-4.9	-7.7
23	137.1	4.6	1.8	13	71.6	-0.6	-8.9	13	76.3	-0.3	-2.5
13	135.6	5.5	-6.2	19	71.5	-3.1	-9.4	45	75.8	-1.0	-2.8
35	130.5	-4.7	-15.7	44	70.7	1.4	-2.6	8	75.1	-4.3	-8.1
PROM	141.1	3.1	-4.4	PROM	74.9	2.5	-2.3	PROM	80.0	0.3	-3.0
RMP				RMP				RMP			
15CB	F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CB	RMP F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CB	RMP F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
36	130.4	-3.9	-17.9	35	70.2	-3.7	-11.1	23	73.6	-1.0	-2.2
4	126.7	-14.1	-18.1	5	69.8	-0.9	-7.4	20	73.4	-1.0	-1.9
10	126.6	-9.3	-12.4	26	69.5	-3.4	-11.4	16	72.8	-5.1	-7.0
9	126.4	-2.6	-10.0	33	69.2	-8.7	-12.3	22	72.6	-7.0	-12.3
29	123.5	-8.5	-13.3	34	66.7	-9.1	-15.5	11	72.4	-9.1	-10.7
22	123.0	-13.4	-17.7	23	66.4	-2.7	-3.3	30	71.9	-9.6	-11.3
5	118.9	-6.0	-15.3	16	63.9	-12.7	-18.7	19	70.4	-12.1	-18.8
24	117.6	-7.3	-12.7	20	60.8	-9.4	-11.5	10	70.1	-7.6	-10.4
18	117.3	-15.3	-17.6	22	59.3	-16.0	-18.3	5	69.1	-11.7	-15.4
16	116.5	-14.3	-19.4	37	58.4	-15.4	-19.5	34	68.8	-15.0	-20.6
26	116.1	-9.0	-18.5	38	56.3	-15.5	-16.9	39	67.4	-11.8	-13.5
20	114.6	-7.3	-14.9	18	53.8	-26.9	-31.4	9	66.5	-16.7	-18.6
45	107.4	-12.9	-15.7	39	53.8	-18.7	-19.6	26	65.2	-16.4	-19.6

38	104.1	-13.3	-18.3	45	51.7	-23.2	-23.7	18	59.6	-22.9	-26.5
39	28.2	-75.7	-76.3	9	33.7	-52.6	-55.3	38	57.6	-23.2	-23.4
PROM	113.2	-14.2	-19.9	PROM	60.2	-14.6	-18.4	PROM	68.8	-11.3	-14.1

Cuadro 2A. Heterosis porcentual con respecto al PM y PS de la F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas de rendimiento alto (A), intermedio (I) y bajo (B) para DFM.

15CA	DFM F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CA	DFM F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CA	DFM F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
39	99.6	8.5	7.8	41	96.6	2.5	2.0	41	98.4	4.0	3.8
41	98.2	5.2	4.5	14	96.5	3.4	1.9	14	98.1	4.9	-1.3
27	94.1	2.3	0.1	32	96.1	1.9	1.5	34	97.3	3.5	-0.3
34	94.0	1.7	1.3	34	96.1	2.4	2.2	38	96.7	3.4	-0.8
32	93.4	0.4	-0.6	6	95.1	2.1	0.4	40	95.2	2.3	0.4
40	93.4	1.4	-0.6	38	95.1	2.4	1.4	12	94.8	1.9	-0.8
12	93.3	1.9	1.3	31	94.8	1.9	0.9	16	94.5	1.3	-1.1
14	93.3	0.8	-0.7	4	94.7	2.0	0.7	19	94.4	2.0	-1.3
33	93.3	2.3	1.3	27	94.6	2.0	-0.1	27	94.4	1.8	-2.2
35	93.2	1.6	1.2	36	94.5	1.2	-0.2	25	94.3	2.3	-1.6
6	93.1	1.9	-1.0	16	93.8	1.0	2.0	6	94.1	0.5	-1.3
19	93.0	1.9	1.0	40	93.7	1.0	-1.0	20	94.0	2.2	-0.8
38	92.7	0.1	-0.1	9	93.6	2.7	2.2	32	93.8	-0.5	-0.6
36	92.6	-0.6	-1.5	43	93.4	1.2	-0.4	36	93.7	-0.1	-1.1
20	92.5	1.2	0.1	12	93.1	0.2	-1.0	5	93.4	0.9	-0.2
PROM	94.0	2.0	0.9	PROM	94.8	1.9	0.8	PROM	95.1	2.0	-0.6
15CI	DFM F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CI	DFM F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CI	DFM F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
42	92.5	-0.2	-1.6	26	92.7	1.4	0.8	23	93.4	0.6	-1.6
21	92.3	0.1	-1.8	33	92.7	0.3	-1.4	8	93.3	-0.1	-1.0
29	92.2	0.9	-0.6	15	92.6	1.3	0.7	31	93.1	-0.1	-0.7
31	92.2	0.0	-0.2	19	92.5	0.1	-1.6	7	92.8	1.0	0.4
25	92.1	1.2	0.0	45	92.5	0.4	-1.3	43	92.7	-0.2	-1.6
5	91.8	1.4	-0.6	23	92.3	0.1	-1.5	1	92.3	0.0	-0.1
15	91.7	1.2	0.7	25	92.3	-0.1	-1.8	2	92.1	0.3	-0.3
11	91.5	1.1	0.5	35	92.3	0.0	-1.8	33	92.1	-0.5	-1.8
23	91.5	-0.1	-1.4	20	91.8	0.5	-0.2	15	92.0	0.2	-0.3
43	91.5	0.0	-1.4	8	91.6	-1.2	-2.3	4	91.7	-1.5	-0.7
16	91.4	-0.6	-1.5	42	91.5	-1.2	-3.4	39	91.7	0.1	-1.1
45	91.0	-1.1	-1.9	21	91.4	-1.4	-3.5	42	91.7	-1.0	-3.3
1	90.4	0.6	-0.7	29	91.2	-1.2	-2.7	45	91.7	-0.8	-2.8
8	90.4	-0.4	-2.6	2	90.8	-0.4	0.1	3	91.5	0.0	-1.0
18	90.3	0.1	-0.2	1	90.7	-1.2	-1.3	21	91.2	-2.0	-1.9
PROM	91.5	0.3	-0.9	PROM	91.9	-0.2	-1.4	PROM	92.2	-0.3	-1.2
15CB	DFM F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CB	DFM F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CB	DFM F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
24	90.0	-1.0	-1.4	13	90.7	-1.4	-1.4	17	90.7	-0.7	-1.7
13	89.8	-2.1	-2.8	11	90.6	-0.8	-1.4	26	90.7	-1.1	-1.1
26	89.8	-1.5	-2.8	18	90.3	-0.5	-0.6	35	90.6	-1.6	-3.4
17	89.5	-1.8	-2.0	7	90.1	-1.3	-1.6	13	90.4	-2.3	-0.2
7	89.3	-0.2	-1.1	10	90.1	-1.3	-2.0	9	90.3	-1.2	-2.3
10	89.2	-1.7	-2.0	37	90.0	-1.6	-2.2	22	90.2	-1.2	0.0
44	88.8	-2.2	-2.7	24	89.8	-1.0	-1.0	37	90.2	-2.0	-2.7
9	88.6	-1.6	-2.9	5	89.7	-2.3	-2.5	24	89.8	-1.2	-1.6
37	88.6	-3.0	-4.1	17	89.7	-1.7	-2.4	30	89.8	-0.8	-0.9
22	88.3	-2.3	-2.4	30	89.6	-1.2	-1.3	11	89.6	-2.0	-2.9
30	88.0	-2.9	-3.6	22	89.4	-1.6	-1.7	18	89.4	-1.7	-2.0
28	87.8	-2.6	-2.7	44	89.2	-1.7	-1.9	44	89.3	-1.8	-2.2
2	87.6	-2.2	-3.2	39	89.1	-2.4	-3.1	29	88.8	-4.0	-2.1
3	84.6	-5.3	-5.9	3	89.0	-2.4	-2.0	28	88.5	-2.7	-0.4

4	84.4	-6.6	-8.4	28	88.8	-2.3	-2.3	10	88.0	-4.1	-4.6
PROM	88.3	-2.5	-3.2	PROM	89.7	-1.6	-1.8	PROM	89.8	-1.9	-1.9

Cuadro 3A. Heterosis porcentual con respecto al PM y PS de la F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> de 45 cruza simples en grupos de 15 cruza de rendimiento alto (A), intermedio (I) y bajo (B) para AP.

AP											
15CA	F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CA	AP F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CA	AP F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
14	2.6	9.0	5.3	2	2.3	8.2	7.0	20	2.5	17.4	16.3
6	2.5	4.8	1.2	14	2.3	4.3	3.1	6	2.2	1.1	-0.9
17	2.5	7.3	2.0	1	2.2	1.6	0.9	8	2.2	4.3	3.3
21	2.5	4.6	1.2	3	2.2	4.0	2.3	14	2.2	1.1	-0.9
36	2.5	3.1	1.2	11	2.2	3.3	0.9	16	2.2	4.3	3.3
40	2.5	8.0	7.8	27	2.2	2.1	-1.3	17	2.2	4.0	3.3
2	2.4	3.7	2.6	36	2.2	1.9	-1.3	21	2.2	0.7	-0.9
3	2.4	3.7	3.0	40	2.2	3.3	-1.3	24	2.2	3.5	2.3
7	2.4	3.9	3.4	41	2.2	2.1	-1.3	27	2.2	3.3	-0.9
11	2.4	4.1	3.0	42	2.2	2.3	-1.3	40	2.2	3.3	-0.9
13	2.4	4.6	1.7	5	2.1	-0.9	-2.3	42	2.2	1.9	-0.9
15	2.4	3.9	3.4	6	2.1	-4.1	-5.8	1	2.1	-1.4	-1.4
16	2.4	5.3	4.3	8	2.1	-0.7	-2.3	2	2.1	-1.9	-2.3
26	2.4	4.1	0.8	10	2.1	-1.9	-3.7	3	2.1	0.7	-1.4
27	2.4	3.2	-2.8	12	2.1	0.7	-3.7	7	2.1	0.7	-1.4
PROM	2.4	4.9	2.5	PROM	2.2	1.7	-0.7	PROM	2.2	2.9	1.1
AP											
15CI	F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CI	AP F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CI	AP F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
28	2.4	3.2	3.0	13	2.1	-1.6	-3.7	9	2.1	-0.7	-1.4
41	2.4	5.3	4.3	15	2.1	-0.2	-3.7	12	2.1	1.7	-1.4
42	2.4	4.8	1.3	16	2.1	-1.4	-3.7	13	2.1	-0.9	-1.4
1	2.3	-0.2	-3.8	17	2.1	-1.2	-3.7	15	2.1	0.7	-1.4
5	2.3	0.4	-2.1	20	2.1	0.2	0.0	23	2.1	-0.9	-2.3
9	2.3	0.4	-3.0	21	2.1	-3.0	-5.8	32	2.1	-0.5	-5.4
10	2.3	2.2	0.4	23	2.1	0.5	0.0	36	2.1	-3.0	-5.4
12	2.3	3.4	0.9	24	2.1	0.7	0.0	39	2.1	-0.2	-0.5
18	2.3	-0.2	-1.3	32	2.1	-0.5	-5.8	41	2.1	-2.6	-5.4
20	2.3	-1.3	-5.3	45	2.1	1.2	1.0	45	2.1	0.2	0.0
22	2.3	0.0	-0.9	4	2.0	-3.4	-7.0	4	2.0	-3.1	-6.1
29	2.3	1.1	0.4	7	2.0	-4.3	-7.0	5	2.0	-5.7	-6.1
30	2.3	0.7	-2.5	18	2.0	-4.3	-4.8	10	2.0	-6.5	-7.0
32	2.3	-2.7	-6.9	26	2.0	-4.1	-4.3	11	2.0	-4.1	-6.1
43	2.3	0.2	-1.3	28	2.0	-2.7	-3.8	18	2.0	-4.5	-7.0
PROM	2.3	1.2	-1.1	PROM	2.1	-1.6	-3.5	PROM	2.1	-2.0	-3.8
AP											
15CB	F <sub>1</sub>	HPM%	HPS%	15CB	AP F <sub>2</sub>	HPM%	HPS%	15CB	AP F <sub>3</sub>	HPM%	HPS%
4	2.2	-0.9	-3.1	29	2.0	-3.8	-3.8	19	2.0	-3.6	-7.0
8	2.2	-2.4	-2.7	30	2.0	-3.6	-3.8	22	2.0	-4.5	-7.0
19	2.2	-2.0	-5.2	37	2.0	-2.9	-4.3	25	2.0	-1.0	-2.0
23	2.2	-2.7	-2.7	38	2.0	-4.1	-4.3	26	2.0	-3.6	-5.2
24	2.2	-2.0	-3.5	39	2.0	-3.8	-4.3	28	2.0	-2.0	-2.0
25	2.2	-1.6	-4.3	43	2.0	-2.7	-3.8	29	2.0	-3.1	-4.3
31	2.2	-3.7	-6.0	44	2.0	-2.4	-3.4	30	2.0	-3.4	-4.8
33	2.2	-4.1	-5.2	9	1.9	-10.0	-11.6	34	2.0	-2.2	-4.3
34	2.2	-4.1	-5.6	19	1.9	-7.1	-9.5	35	2.0	-2.4	-4.8
37	2.2	-4.3	-5.2	25	1.9	-6.6	-8.7	37	2.0	-3.6	-5.2
38	2.2	-3.3	-3.9	31	1.9	-6.9	-9.1	38	2.0	-4.8	-5.2
44	2.2	-2.7	-4.8	33	1.9	-5.5	-6.4	43	2.0	-3.1	-4.3
45	2.2	-3.7	-6.8	34	1.9	-6.6	-8.7	44	2.0	-3.4	-4.8

35	2.1	-7.3	-9.5	35	1.9	-6.4	-8.2	31	1.9	-7.5	-10.0
39	1.7	-17.1	-23.1	22	1.8	-12.8	-14.3	33	1.8	-10.9	-11.8
PROM	2.2	-4.1	-6.1	PROM	1.9	-5.7	-6.9	PROM	2.0	-3.9	-5.5

Cuadro 4A. Depresión endogámica promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B) de las variables RMP, DFM, AP.

CA	RMP F <sub>1</sub>	% (F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CA	RMP F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )	CA	DFM F <sub>1</sub>	%(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CA	DFM F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )	CA	AP F <sub>1</sub>	%(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CA	AP F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )
25	175.8	54.7	32	113.5	-0.7	39	99.6	10.5	41	96.6	-1.9	14	2.6	11.5	2	2.3	8.7
12	169.9	54.7	42	94.6	-7.2	41	98.2	1.6	14	96.5	-1.7	6	2.5	16.0	14	2.3	4.3
21	169.5	50.5	3	94.3	-3.4	27	94.1	-0.5	32	96.1	2.4	17	2.5	16.0	1	2.2	4.5
32	168.4	32.6	27	91.9	-6.2	34	94.0	-2.2	34	96.1	-1.2	21	2.5	16.0	3	2.2	4.5
40	167.6	47.1	11	89.9	19.5	32	93.4	-2.9	6	95.1	1.1	36	2.5	12.0	11	2.2	9.1
6	165.9	50.6	40	88.7	-1.7	40	93.4	-0.3	38	95.1	-1.7	40	2.5	12.0	27	2.2	0.0
27	164.5	44.1	41	87.8	1.0	12	93.3	0.2	31	94.8	1.8	2	2.4	4.2	36	2.2	4.5
33	159.2	56.5	14	86.4	8.0	14	93.3	-3.4	4	94.7	3.2	3	2.4	8.3	40	2.2	0.0
15	157.5	53.3	17	84.3	0.4	33	93.3	0.6	27	94.6	0.2	7	2.4	16.7	41	2.2	4.5
19	156.1	54.2	21	83.9	-7.4	35	93.2	1.0	36	94.5	0.8	11	2.4	8.3	42	2.2	0.0
14	153.9	43.9	4	83.6	-4.7	6	93.1	-2.1	16	93.8	-0.7	13	2.4	12.5	5	2.1	4.8
2	153.2	49.8	7	83.4	-2.0	19	93.0	0.5	40	93.7	-1.6	15	2.4	12.5	6	2.1	-4.8
43	151.5	48.6	36	83.2	-25.7	38	92.7	-2.6	9	93.6	3.5	16	2.4	12.5	8	2.1	-4.8
31	150.0	50.0	6	82.0	-13.2	36	92.6	-2.1	43	93.4	0.7	26	2.4	16.7	10	2.1	4.8
11	149.8	40.0	1	79.8	-5.3	20	92.5	0.8	12	93.1	-1.8	27	2.4	8.3	12	2.1	0.0
Prom	160.9	48.7	Prom	88.5	-3.2	Prom	94.0	-0.1	Prom	94.8	0.2	Prom	2.4	12.2	Prom	2.2	2.7
CI	RMP F <sub>1</sub>	%(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CI	RMP F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )	CI	DFM F <sub>1</sub>	%(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CI	DFM F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )	CI	AP F <sub>1</sub>	%(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CI	AP F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )
42	147.8	36.0	25	79.7	-19.7	42	92.5	1.1	26	92.7	2.2	28	2.4	16.7	13	2.1	0.0
7	146.3	43.0	43	77.8	-13.8	21	92.3	1.0	33	92.7	0.6	41	2.4	8.3	15	2.1	0.0
30	146.3	47.6	10	77.1	9.1	29	92.2	1.1	15	92.6	0.6	42	2.4	8.3	16	2.1	-4.8
44	145.0	51.2	12	77.0	-11.2	31	92.2	-2.8	19	92.5	-2.1	1	2.3	4.3	17	2.1	-4.8
1	142.8	44.1	2	76.9	0.5	25	92.1	-0.2	45	92.5	0.9	5	2.3	8.7	20	2.1	-19.0
3	142.1	33.6	30	76.7	6.3	5	91.8	2.3	23	92.3	-1.2	9	2.3	17.4	21	2.1	-4.8
8	141.6	47.2	31	75.0	-18.1	15	91.7	-1.0	25	92.3	-2.2	10	2.3	8.7	23	2.1	0.0
28	141.6	47.4	8	74.7	-0.5	11	91.5	1.0	35	92.3	1.8	12	2.3	8.7	24	2.1	-4.8
17	140.9	40.2	24	74.6	-9.8	23	91.5	-0.9	20	91.8	-2.4	18	2.3	13.0	32	2.1	0.0
37	140.7	58.5	28	74.5	-16.0	43	91.5	-2.1	8	91.6	-1.9	20	2.3	8.7	45	2.1	0.0
41	139.6	37.1	15	73.5	-11.2	16	91.4	-2.6	42	91.5	-0.2	22	2.3	21.7	4	2.0	0.0
34	138.8	51.9	29	71.9	-15.6	45	91.0	-1.6	21	91.4	0.2	29	2.3	13.0	7	2.0	-5.0
23	137.1	51.6	13	71.6	-6.6	1	90.4	-0.3	29	91.2	2.6	30	2.3	13.0	18	2.0	0.0
13	135.6	47.2	19	71.5	1.5	8	90.4	-1.3	2	90.8	-1.4	32	2.3	8.7	26	2.0	0.0
35	130.5	46.2	44	70.7	-8.1	18	90.3	0.0	1	90.7	-1.8	43	2.3	13.0	28	2.0	0.0
Prom	141.1	45.5	Prom	74.9	-7.5	Prom	91.5	-0.4	Prom	91.9	-0.3	Prom	2.3	11.5	Prom	2.1	-2.9
CB	RMP F <sub>1</sub>	%(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CB	RMP F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )	CB	DFM F <sub>1</sub>	%(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CB	DFM F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )	CB	AP F <sub>1</sub>	%(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> )	CB	AP F <sub>2</sub>	%(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> )
36	130.4	36.2	35	70.2	-12.1	24	90.0	0.2	13	90.7	0.3	4	2.2	9.1	29	2.0	0.0
4	126.7	34.0	5	69.8	1.0	13	89.8	-1.0	11	90.6	1.1	8	2.2	4.5	30	2.0	0.0
10	126.6	39.1	26	69.5	6.2	26	89.8	-3.2	18	90.3	1.0	19	2.2	13.6	37	2.0	0.0
9	126.4	73.3	33	69.2	-22.4	17	89.5	-0.2	7	90.1	-3.0	23	2.2	4.5	38	2.0	0.0
29	123.5	41.8	34	66.7	-3.1	7	89.3	-0.9	10	90.1	2.3	24	2.2	4.5	39	2.0	-5.0
22	123.0	51.8	23	66.4	-10.8	10	89.2	-1.0	37	90.0	-0.2	25	2.2	13.6	43	2.0	0.0
5	118.9	41.3	16	63.9	-13.9	44	88.8	-0.5	24	89.8	0.0	31	2.2	13.6	44	2.0	0.0
24	117.6	36.6	20	60.8	-20.7	9	88.6	-5.6	5	89.7	-4.1	33	2.2	13.6	9	1.9	-10.5
18	117.3	54.1	22	59.3	-22.4	37	88.6	-1.6	17	89.7	-1.1	34	2.2	13.6	19	1.9	-5.3
16	116.5	45.2	37	58.4	-31.5	22	88.3	-1.2	30	89.6	-0.2	37	2.2	9.1	25	1.9	-5.3

26	116.1	40.1	38	56.3	-2.3	30	88.0	-1.8	22	89.4	-0.9	38	2.2	9.1	31	1.9	0.0
20	114.6	46.9	18	53.8	-10.8	28	87.8	-1.1	44	89.2	-0.1	44	2.2	9.1	33	1.9	5.3
45	107.4	51.9	39	53.8	-25.3	2	87.6	-3.7	39	89.1	-2.9	45	2.2	4.5	34	1.9	-5.3
38	104.1	45.9	45	51.7	-46.6	3	84.6	-5.2	3	89.0	-2.8	35	2.1	9.5	35	1.9	-5.3
39	28.2	90.8	9	33.7	-97.3	4	84.4	-12.2	28	88.8	0.3	39	1.7	-17.6	22	1.8	-11.1
Prom	113.2	36.5	Prom	60.2	-20.8	Prom	88.3	-2.6	Prom	89.7	-0.7	Prom	2.2	7.6	Prom	1.9	-2.8

Cuadro 5A. Depresión endogámica de  $F_2$  y  $F_3$  de 45 cruzas simples posibles de 10 líneas autofecundadas de maíz para la variable rendimiento por planta (RMP). CP-2004.

Cruza	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_1 - F_2$	$(F_1 - F_2 / F_1)$ (%)	$F_1 - F_3$	$(F_1 - F_3 / F_1)$ (%)	$F_2 - F_3$	$(F_2 - F_3 / F_2)$ (%)
1 (1x2)	142.8	79.8	84.0	63.0	44.1	58.8	41.2	-4.2	-5.3
2 (1x3)	153.2	76.9	76.5	76.3	49.8	76.7	50.1	0.4	0.5
3 (1x4)	142.1	94.3	97.5	47.8	33.6	44.6	31.4	-3.2	-3.4
4 (1x5)	126.7	83.6	87.5	43.1	34.0	39.2	30.9	-3.9	-4.7
5 (1x6)	118.9	69.8	69.1	49.1	41.3	49.8	41.9	0.7	1.0
6 (1x7)	165.9	82.0	92.8	83.9	50.6	73.1	44.1	-10.8	-13.2
7 (1x8)	146.3	83.4	85.1	62.9	43.0	61.2	41.8	-1.7	-2.0
8 (1x9)	141.6	74.7	75.1	66.9	47.2	66.5	47.0	-0.4	-0.5
9 (1x10)	126.4	33.7	66.5	92.7	73.3	59.9	47.4	-32.8	-97.3
10 (2x3)	126.6	77.1	70.1	49.5	39.1	56.5	44.6	7.0	9.1
11 (2x4)	149.8	89.9	72.4	59.9	40.0	77.4	51.7	17.5	19.5
12 (2x5)	169.9	77.0	85.6	92.9	54.7	84.3	49.6	-8.6	-11.2
13 (2x6)	135.6	71.6	76.3	64.0	47.2	59.3	43.7	-4.7	-6.6
14 (2x7)	153.9	86.4	79.5	67.5	43.9	74.4	48.3	6.9	8.0
15 (2x8)	157.5	73.5	81.7	84.0	53.3	75.8	48.1	-8.2	-11.2
16 (2x9)	116.5	63.9	72.8	52.6	45.2	43.7	37.5	-8.9	-13.9
17 (2x10)	140.9	84.3	84.0	56.6	40.2	56.9	40.4	0.3	0.4
18 (3x4)	117.3	53.8	59.6	63.5	54.1	57.7	49.2	-5.8	-10.8
19 (3x5)	156.1	71.5	70.4	84.6	54.2	85.7	54.9	1.1	1.5
20 (3x6)	114.6	60.8	73.4	53.8	46.9	41.2	36.0	-12.6	-20.7
21 (3x7)	169.5	83.9	90.1	85.6	50.5	79.4	46.8	-6.2	-7.4
22 (3x8)	123.0	59.3	72.6	63.7	51.8	50.4	41.0	-13.3	-22.4
23 (3x9)	137.1	66.4	73.6	70.7	51.6	63.5	46.3	-7.2	-10.8
24 (3x10)	117.6	74.6	81.9	43.0	36.6	35.7	30.4	-7.3	-9.8
25 (4x5)	175.8	79.7	95.4	96.1	54.7	80.4	45.7	-15.7	-19.7
26 (4x6)	116.1	69.5	65.2	46.6	40.1	50.9	43.8	4.3	6.2
27 (4x7)	164.5	91.9	97.6	72.6	44.1	66.9	40.7	-5.7	-6.2
28 (4x8)	141.6	74.5	86.4	67.1	47.4	55.2	39.0	-11.9	-16.0
29 (4x9)	123.5	71.9	83.1	51.6	41.8	40.4	32.7	-11.2	-15.6
30 (4x10)	146.3	76.7	71.9	69.6	47.6	74.4	50.9	4.8	6.3
31 (5x6)	150.0	75.0	88.6	75.0	50.0	61.4	40.9	-13.6	-18.1
32 (5x7)	168.4	113.5	114.3	54.9	32.6	54.1	32.1	-0.8	-0.7
33 (5x8)	159.2	69.2	84.7	90.0	56.5	74.5	46.8	-15.5	-22.4
34 (5x9)	138.8	66.7	68.8	72.1	51.9	70.0	50.4	-2.1	-3.1
35 (5x10)	130.5	70.2	78.7	60.3	46.2	51.8	39.7	-8.5	-12.1
36 (6x7)	130.4	83.2	104.6	47.2	36.2	25.8	19.8	-21.4	-25.7
37 (6x8)	140.7	58.4	76.8	82.3	58.5	63.9	45.4	-18.4	-31.5
38 (6x9)	104.1	56.3	57.6	47.8	45.9	46.5	44.7	-1.3	-2.3
39 (6x10)	28.2	53.8	67.4	-25.6	-90.8	-39.2	-139.0	-13.6	-25.3
40 (7x8)	167.6	88.7	90.2	78.9	47.1	77.4	46.2	-1.5	-1.7
41 (7x9)	139.6	87.8	86.9	51.8	37.1	52.7	37.8	0.9	1.0
42 (7x10)	147.8	94.6	101.4	53.2	36.0	46.4	31.4	-6.8	-7.2

43 (8x9)	151.5	77.8	88.5	73.7	48.6	63.0	41.6	-10.7	-13.8
44 (8x10)	145.0	70.7	76.4	74.3	51.2	68.6	47.3	-5.7	-8.1
45 (9x10)	107.4	51.7	75.8	55.7	51.9	31.6	29.4	-24.1	-46.6
Promedio	138.4	74.5	80.9	63.8	43.6	57.5	38.0	-6.3	-10.5

Cuadro 6A. Depresión endogámica de  $F_2$  y  $F_3$  de 45 cruzas simples posibles de 10 líneas autofecundadas de maíz para la variable días a floración masculina (DFM). CP-2004.

Cruza	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_1 - F_2$	$(F_1 - F_2 / F_1)$ (%)	$F_1 - F_3$	$(F_1 - F_3 / F_1)$ (%)	$F_2 - F_3$	$(F_2 - F_3 / F_2)$ (%)
1 (1x2)	90.4	90.7	92.3	-0.3	-0.3	-1.9	-2.1	-1.6	-1.8
2 (1x3)	87.6	90.8	92.1	-3.2	-3.7	-4.5	-5.1	-1.3	-1.4
3 (1x4)	84.6	89.0	91.5	-4.4	-5.2	-6.9	-8.2	-2.5	-2.8
4 (1x5)	84.4	94.7	91.7	-10.3	-12.2	-7.3	-8.6	3.0	3.2
5 (1x6)	91.8	89.7	93.4	2.1	2.3	-1.6	-1.7	-3.7	-4.1
6 (1x7)	93.1	95.1	94.1	-2.0	-2.1	-1.0	-1.1	1.0	1.1
7 (1x8)	89.3	90.1	92.8	-0.8	-0.9	-3.5	-3.9	-2.7	-3.0
8 (1x9)	90.4	91.6	93.3	-1.2	-1.3	-2.9	-3.2	-1.7	-1.9
9 (1x10)	88.6	93.6	90.3	-5.0	-5.6	-1.7	-1.9	3.3	3.5
10 (2x3)	89.2	90.1	88.0	-0.9	-1.0	1.2	1.3	2.1	2.3
11 (2x4)	91.5	90.6	89.6	0.9	1.0	1.9	2.1	1.0	1.1
12 (2x5)	93.3	93.1	94.8	0.2	0.2	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8
13 (2x6)	89.8	90.7	90.4	-0.9	-1.0	-0.6	-0.7	0.3	0.3
14 (2x7)	93.3	96.5	98.1	-3.2	-3.4	-4.8	-5.1	-1.6	-1.7
15 (2x8)	91.7	92.6	92.0	-0.9	-1.0	-0.3	-0.3	0.6	0.6
16 (2x9)	91.4	93.8	94.5	-2.4	-2.6	-3.1	-3.4	-0.7	-0.7
17 (2x10)	89.5	89.7	90.7	-0.2	-0.2	-1.2	-1.3	-1.0	-1.1
18 (3x4)	90.3	90.3	89.4	0.0	0.0	0.9	1.0	0.9	1.0
19 (3x5)	93.0	92.5	94.4	0.5	0.5	-1.4	-1.5	-1.9	-2.1
20 (3x6)	92.5	91.8	94.0	0.7	0.8	-1.5	-1.6	-2.2	-2.4
21 (3x7)	92.3	91.4	91.2	0.9	1.0	1.1	1.2	0.2	0.2
22 (3x8)	88.3	89.4	90.2	-1.1	-1.2	-1.9	-2.2	-0.8	-0.9
23 (3x9)	91.5	92.3	93.4	-0.8	-0.9	-1.9	-2.1	-1.1	-1.2
24 (3x10)	90.0	89.8	89.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0
25 (4x5)	92.1	92.3	94.3	-0.2	-0.2	-2.2	-2.4	-2.0	-2.2
26 (4x6)	89.8	92.7	90.7	-2.9	-3.2	-0.9	-1.0	2.0	2.2
27 (4x7)	94.1	94.6	94.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.3	0.2	0.2
28 (4x8)	87.8	88.8	88.5	-1.0	-1.1	-0.7	-0.8	0.3	0.3
29 (4x9)	92.2	91.2	88.8	1.0	1.1	3.4	3.7	2.4	2.6
30 (4x10)	88.0	89.6	89.8	-1.6	-1.8	-1.8	-2.0	-0.2	-0.2
31 (5x6)	92.2	94.8	93.1	-2.6	-2.8	-0.9	-1.0	1.7	1.8
32 (5x7)	93.4	96.1	93.8	-2.7	-2.9	-0.4	-0.4	2.3	2.4
33 (5x8)	93.3	92.7	92.1	0.6	0.6	1.2	1.3	0.6	0.6
34 (5x9)	94.0	96.1	97.3	-2.1	-2.2	-3.3	-3.5	-1.2	-1.2
35 (5x10)	93.2	92.3	90.6	0.9	1.0	2.6	2.8	1.7	1.8
36 (6x7)	92.6	94.5	93.7	-1.9	-2.1	-1.1	-1.2	0.8	0.8
37 (6x8)	88.6	90.0	90.2	-1.4	-1.6	-1.6	-1.8	-0.2	-0.2
38 (6x9)	92.7	95.1	96.7	-2.4	-2.6	-4.0	-4.3	-1.6	-1.7
39 (6x10)	99.6	89.1	91.7	10.5	10.5	7.9	7.9	-2.6	-2.9
40 (7x8)	93.4	93.7	95.2	-0.3	-0.3	-1.8	-1.9	-1.5	-1.6
41 (7x9)	98.2	96.6	98.4	1.6	1.6	-0.2	-0.2	-1.8	-1.9
42 (7x10)	92.5	91.5	91.7	1.0	1.1	0.8	0.9	-0.2	-0.2

43 (8x9)	91.5	93.4	92.7	-1.9	-2.1	-1.2	-1.3	0.7	0.7
44 (8x10)	88.8	89.2	89.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.1	-0.1
45 (9x10)	91.0	92.5	91.7	-1.5	-1.6	-0.7	-0.8	0.8	0.9
Promedio	91.3	92.1	92.4	-0.9	-1.0	-1.1	-1.3	-0.2	-0.3

Cuadro 7A. Depresión endogámica de F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> de 45 cruza simples posibles de 10 líneas autofecundadas de maíz para la variable altura de planta (AP). CP-2004.

Cruza	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub>	(F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub> ) (%)	F <sub>1</sub> -F <sub>3</sub>	(F <sub>1</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>1</sub> ) (%)	F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub>	(F <sub>2</sub> -F <sub>3</sub> /F <sub>2</sub> ) (%)
1 (1x2)	2.3	2.2	2.1	0.1	4.3	0.2	8.7	0.1	4.5
2 (1x3)	2.4	2.3	2.1	0.1	4.2	0.3	12.5	0.2	8.7
3 (1x4)	2.4	2.2	2.1	0.2	8.3	0.3	12.5	0.1	4.5
4 (1x5)	2.2	2.0	2.0	0.2	9.1	0.2	9.1	0.0	0.0
5 (1x6)	2.3	2.1	2.0	0.2	8.7	0.3	13.0	0.1	4.8
6 (1x7)	2.5	2.1	2.2	0.4	16.0	0.3	12.0	-0.1	-4.8
7 (1x8)	2.4	2.0	2.1	0.4	16.7	0.3	12.5	-0.1	-5.0
8 (1x9)	2.2	2.1	2.2	0.1	4.5	0.0	0.0	-0.1	-4.8
9 (1x10)	2.3	1.9	2.1	0.4	17.4	0.2	8.7	-0.2	-10.5
10 (2x3)	2.3	2.1	2.0	0.2	8.7	0.3	13.0	0.1	4.8
11 (2x4)	2.4	2.2	2.0	0.2	8.3	0.4	16.7	0.2	9.1
12 (2x5)	2.3	2.1	2.1	0.2	8.7	0.2	8.7	0.0	0.0
13 (2x6)	2.4	2.1	2.1	0.3	12.5	0.3	12.5	0.0	0.0
14 (2x7)	2.6	2.3	2.2	0.3	11.5	0.4	15.4	0.1	4.3
15 (2x8)	2.4	2.1	2.1	0.3	12.5	0.3	12.5	0.0	0.0
16 (2x9)	2.4	2.1	2.2	0.3	12.5	0.2	8.3	-0.1	-4.8
17 (2x10)	2.5	2.1	2.2	0.4	16.0	0.3	12.0	-0.1	-4.8
18 (3x4)	2.3	2.0	2.0	0.3	13.0	0.3	13.0	0.0	0.0
19 (3x5)	2.2	1.9	2.0	0.3	13.6	0.2	9.1	-0.1	-5.3
20 (3x6)	2.3	2.1	2.5	0.2	8.7	-0.2	-8.7	-0.4	-19.0
21 (3x7)	2.5	2.1	2.2	0.4	16.0	0.3	12.0	-0.1	-4.8
22 (3x8)	2.3	1.8	2.0	0.5	21.7	0.3	13.0	-0.2	-11.1
23 (3x9)	2.2	2.1	2.1	0.1	4.5	0.1	4.5	0.0	0.0
24 (3x10)	2.2	2.1	2.2	0.1	4.5	0.0	0.0	-0.1	-4.8
25 (4x5)	2.2	1.9	2.0	0.3	13.6	0.2	9.1	-0.1	-5.3
26 (4x6)	2.4	2.0	2.0	0.4	16.7	0.4	16.7	0.0	0.0
27 (4x7)	2.4	2.2	2.2	0.2	8.3	0.2	8.3	0.0	0.0
28 (4x8)	2.4	2.0	2.0	0.4	16.7	0.4	16.7	0.0	0.0
29 (4x9)	2.3	2.0	2.0	0.3	13.0	0.3	13.0	0.0	0.0
30 (4x10)	2.3	2.0	2.0	0.3	13.0	0.3	13.0	0.0	0.0
31 (5x6)	2.2	1.9	1.9	0.3	13.6	0.3	13.6	0.0	0.0
32 (5x7)	2.3	2.1	2.1	0.2	8.7	0.2	8.7	0.0	0.0
33 (5x8)	2.2	1.9	1.8	0.3	13.6	0.4	18.2	0.1	5.3
34 (5x9)	2.2	1.9	2.0	0.3	13.6	0.2	9.1	-0.1	-5.3
35 (5x10)	2.1	1.9	2.0	0.2	9.5	0.1	4.8	-0.1	-5.3
36 (6x7)	2.5	2.2	2.1	0.3	12.0	0.4	16.0	0.1	4.5
37 (6x8)	2.2	2.0	2.0	0.2	9.1	0.2	9.1	0.0	0.0
38 (6x9)	2.2	2.0	2.0	0.2	9.1	0.2	9.1	0.0	0.0
39 (6x10)	1.7	2.0	2.1	-0.3	-17.6	-0.4	-23.5	-0.1	-5.0
40 (7x8)	2.5	2.2	2.2	0.3	12.0	0.3	12.0	0.0	0.0
41 (7x9)	2.4	2.2	2.1	0.2	8.3	0.3	12.5	0.1	4.5



42 (7x10)	2.4	2.2	2.2	0.2	8.3	0.2	8.3	0.0	0.0
43 (8x9)	2.3	2.0	2.0	0.3	13.0	0.3	13.0	0.0	0.0
44 (8x10)	2.2	2.0	2.0	0.2	9.1	0.2	9.1	0.0	0.0
45 (9x10)	2.2	2.1	2.1	0.1	4.5	0.1	4.5	0.0	0.0
Promedio	2.3	2.1	2.1	0.2	10.5	0.2	9.6	-0.0	-1.0

Cuadro 8A. Efectos de  $s_{ij}$  promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B)  $s_{ij}$  de la variable rendimiento de planta (RMP).

Cruzas altas (A)	$S_{ij}$	RMP $F_1$	Cruzas altas (A)	$S_{ij}$	RMP $F_2$	Cruzas altas (A)	$S_{ij}$	RMP $F_3$
30	23.3	146.4	32	16.8	113.4	3	15.7	97.6
31	21.1	150.1	3	14.9	94.2	36	13.6	104.6
37	17.2	140.8	24	13.5	74.6	32	11.5	114.4
25	17.1	175.9	17	13.3	84.3	43	11.5	88.6
13	16.9	135.7	43	11.9	77.7	24	11.4	81.9
2	16.6	153.2	42	10.0	94.6	17	8.8	84.1
17	15.8	141.0	7	9.9	83.4	25	8.6	95.4
44	15.0	145.1	11	7.4	89.9	31	8.0	88.6
21	14.6	169.6	2	7.3	76.8	29	7.7	83.1
23	13.5	137.2	8	6.0	74.7	42	7.3	101.5
43	13.2	151.6	30	5.8	76.7	20	6.1	73.5
12	9.2	170.0	44	5.6	70.7	23	5.9	73.7
8	9.1	138.5	31	5.0	74.9	1	5.0	84.0
42	8.5	147.9	23	4.4	66.4	13	4.2	76.4
20	5.8	114.7	10	4.3	77.1	28	3.5	86.4
Promedio	14.5	147.8	Promedio	9.1	82.0	Promedio	8.6	88.9

  

Cruzas Intermedias	$S_{ij}$	RMP $F_1$	Cruzas Intermedias	$S_{ij}$	RMP $F_2$	Cruzas Intermedias	$S_{ij}$	RMP $F_3$
9	5.5	126.5	4	3.7	83.5	45	3.5	75.8
6	5.3	166.0	5	3.3	69.7	2	2.3	76.6
19	5.2	156.2	41	2.3	87.8	15	1.7	81.8
5	4.4	119.0	13	2.0	71.6	7	1.6	85.1
38	2.6	104.3	20	1.1	60.8	12	1.6	85.7
24	2.3	117.7	36	0.5	83.7	21	0.5	90.1
15	2.1	157.6	1	0.2	79.7	27	0.4	97.7
27	1.8	164.6	29	0.2	71.9	16	0.3	72.9
11	1.4	149.9	26	0.0	69.5	37	0.2	76.8
26	-0.5	116.2	35	-1.2	70.2	4	0.0	87.5
45	-0.6	107.5	19	-1.6	71.5	10	-0.7	70.1
40	-2.0	167.7	40	-1.6	88.7	8	-0.9	75.1
3	-2.2	142.2	28	-2.0	74.5	22	-2.6	72.7
36	-2.5	130.5	21	-2.5	83.9	44	-3.4	76.4
1	-3.6	142.9	38	-2.5	56.3	33	-3.8	84.7
Promedio	1.3	137.9	Promedio	0.1	74.9	Promedio	0.0	80.6

  

Cruzas bajas (B)	$S_{ij}$	RMP $F_1$	Cruzas bajas (B)	$S_{ij}$	RMP $F_2$	Cruzas bajas (B)	$S_{ij}$	RMP $F_3$
35	-4.8	130.6	15	-3.2	73.4	39	-4.4	67.5
34	-4.9	138.9	25	-3.2	79.7	41	-4.5	86.9
7	-5.0	146.4	39	-4.2	53.7	35	-5.0	78.8

33	-6.4	159.3	27	-4.3	91.8	6	-5.1	92.8
32	-6.7	168.4	37	-5.2	58.4	11	-6.0	72.5
29	-7.9	123.6	34	-5.6	66.7	30	-6.1	72.0
41	-8.0	139.7	12	-6.1	76.9	5	-6.5	69.1
14	-10.9	154.0	22	-7.5	59.3	40	-8.7	90.2
28	-11.7	141.7	33	-7.8	69.2	19	-8.8	70.5
10	-14.1	126.7	16	-8.0	63.8	26	-9.7	65.3
16	-16.9	116.7	45	-8.6	51.7	38	-11.5	57.7
18	-21.4	117.4	14	-10.0	86.3	34	-12.1	68.9
22	-22.5	123.1	6	-11.1	82.0	9	-12.2	66.6
4	-29.9	126.8	18	-18.9	53.7	18	-14.0	59.6
39	-65.0	28.3	9	-34.2	33.7	14	-14.9	79.5
Promedio	-15.7	129.4	Promedio	-9.2	66.7	Promedio	-8.6	73.2

Cuadro 9A. Efectos de  $s_{ij}$  promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B)  $s_{ij}$  de la variable días a floración masculina DFM.

DFM			DFM			DFM		
Cruzas altas (A)	$S_{ij}$	$F_1$	Cruzas altas (A)	$S_{ij}$	$F_2$	Cruzas altas (A)	$S_{ij}$	DFM $F_3$
39	7.3	99.7	9	3.5	93.6	14	3.4	98.1
9	5.5	94.2	14	2.0	96.5	20	2.4	94.0
41	2.8	98.2	26	2.0	92.7	25	2.3	94.3
33	2.3	93.3	42	2.0	95.1	38	2.1	96.8
5	2.1	91.9	15	1.8	92.6	19	1.8	94.4
1	2.0	90.5	38	1.4	95.0	41	1.7	98.4
11	1.9	91.6	4	1.2	94.7	34	1.6	97.3
15	1.8	91.8	20	1.2	91.8	7	1.5	92.9
6	1.7	93.1	27	1.2	94.6	40	1.5	95.2
7	1.7	89.3	31	0.9	94.8	27	1.4	94.4
19	1.7	93.0	6	0.8	95.0	12	1.3	94.9
27	1.5	94.1	18	0.8	90.2	30	1.2	89.9
25	1.4	92.1	43	0.8	93.4	39	1.0	91.8
18	1.2	90.3	2	0.6	90.8	3	0.9	91.5
35	1.1	93.2	24	0.6	89.8	2	0.8	92.1
Promedio	2.4	93.1	Promedio	1.4	93.4	Promedio	1.7	94.4

  

DFM			DFM			DFM		
Cruzas intermedias	$S_{ij}$	$F_1$	Cruzas intermedias	$S_{ij}$	$F_2$	Cruzas intermedias	$S_{ij}$	DFM $F_3$
20	1.0	92.6	34	0.4	96.0	15	0.8	92.0
29	0.8	92.2	30	0.3	89.6	5	0.7	93.4
8	0.5	90.7	16	0.2	93.8	24	0.5	89.9
12	0.5	92.3	40	0.2	93.7	17	0.4	90.8
40	0.5	93.5	41	0.2	96.6	16	0.3	94.5
34	0.4	94.0	45	0.2	92.5	23	0.2	93.4
2	-0.2	87.7	11	-0.1	90.6	1	0.0	92.3
43	-0.2	91.6	33	-0.1	92.7	22	0.0	90.2
14	-0.4	93.3	36	-0.1	94.5	18	-0.1	89.4
23	-0.4	91.6	19	-0.2	92.5	44	-0.1	89.3
24	-0.5	90.0	22	-0.2	89.4	9	-0.2	90.3
21	-0.8	92.3	23	-0.2	92.2	26	-0.2	90.8
10	-1.0	89.2	35	-0.3	92.2	43	-0.5	92.8
28	-1.0	87.9	44	-0.3	89.1	33	-0.6	92.1
31	-1.0	92.2	7	-0.4	90.0	45	-0.6	91.8
Promedio	-0.1	91.4	Promedio	0.0	92.4	Promedio	0.0	91.5

  

DFM			DFM			DFM		
Cruzas bajas (B)	$S_{ij}$	$F_1$	Cruzas bajas (B)	$S_{ij}$	$F_2$	Cruzas bajas (B)	$S_{ij}$	DFM $F_3$
16	-1.1	91.5	10	-0.5	90.0	6	-0.7	94.1
22	-1.1	88.3	25	-0.5	92.2	11	-0.9	89.6

26	-1.1	89.9	32	-0.6	96.0	8	-1.0	93.3
38	-1.1	92.8	1	-0.7	90.7	28	-1.0	88.5
32	-1.4	93.5	17	-0.7	89.7	31	-1.0	93.1
42	-1.4	92.6	12	-0.8	93.0	42	-1.1	91.8
44	-1.4	88.9	28	-0.9	88.8	35	-1.2	90.7
17	-1.5	89.6	37	-0.9	89.9	36	-1.4	93.8
45	-1.8	91.0	13	-1.1	90.7	37	-1.5	90.2
30	-1.9	88.0	3	-1.4	88.9	4	-2.0	91.8
13	-2.2	89.9	29	-1.4	91.1	13	-2.2	90.4
36	-2.4	92.7	39	-1.5	89.0	32	-2.3	93.9
3	-2.7	84.7	8	-1.7	91.6	21	-2.5	91.2
37	-2.7	88.7	5	-1.8	89.7	10	-3.2	88.0
4	-5.1	84.5	21	-2.0	91.4	29	-3.7	88.9
Promedio	-1.9	89.8	Promedio	-1.1	90.8	Promedio	-1.7	91.3

Cuadro 10 Efectos de  $s_{ij}$  promedio porcentual de 45 cruzas simples en grupos de 15 cruzas para la expresión alta (A), intermedia (I) y baja (B)  $s_{ij}$  de la variable AP.

Cruzas altas (A)	$s_{ij}$	AP $F_1$	Cruzas altas (A)	$s_{ij}$	AP $F_2$	Cruzas altas (A)	$s_{ij}$	AP $F_3$
17	0.2	2.5	2	0.2	2.3	20	0.4	2.6
5	0.1	2.3	3	0.1	2.2	7	0.1	2.1
9	0.1	2.3	11	0.1	2.2	8	0.1	2.2
13	0.1	2.4	20	0.1	2.2	12	0.1	2.1
20	0.1	2.4	24	0.1	2.2	15	0.1	2.1
26	0.1	2.3	33	0.1	2.0	16	0.1	2.2
30	0.1	2.3	40	0.1	2.2	17	0.1	2.2
36	0.1	2.5	42	0.1	2.3	25	0.1	2.1
42	0.1	2.5	45	0.1	2.1	27	0.1	2.3
45	0.1	2.2	1	0.0	2.2	1	0.0	2.1
2	0.0	2.4	4	0.0	2.1	2	0.0	2.2
3	0.0	2.4	5	0.0	2.2	3	0.0	2.1
4	0.0	2.2	7	0.0	2.1	4	0.0	2.1
6	0.0	2.5	8	0.0	2.1	6	0.0	2.3
7	0.0	2.4	10	0.0	2.2	9	0.0	2.1
Promedio	0.1	2.4	Promedio	0.1	2.2	Promedio	0.1	2.2
Cruzas Intermedias	$s_{ij}$	AP $F_1$	Cruzas Intermedias	$s_{ij}$	AP $F_2$	Cruzas Intermedias	$s_{ij}$	AP $F_3$
11	0.0	2.4	12	0.0	2.1	11	0.0	2.0
12	0.0	2.2	14	0.0	2.3	14	0.0	2.2
14	0.0	2.6	15	0.0	2.1	19	0.0	2.1
15	0.0	2.4	17	0.0	2.2	24	0.0	2.2
16	0.0	2.4	19	0.0	2.0	28	0.0	2.0
18	0.0	2.3	23	0.0	2.1	29	0.0	2.1
19	0.0	2.2	26	0.0	2.1	32	0.0	2.1
21	0.0	2.5	27	0.0	2.2	34	0.0	2.0
22	0.0	2.3	28	0.0	2.0	35	0.0	2.0
23	0.0	2.2	29	0.0	2.0	36	0.0	2.3
24	0.0	2.2	30	0.0	2.1	37	0.0	2.0
25	0.0	2.2	31	0.0	2.0	39	0.0	2.1
28	0.0	2.4	32	0.0	2.1	40	0.0	2.2
29	0.0	2.3	34	0.0	2.0	42	0.0	2.3
31	0.0	2.1	35	0.0	2.0	43	0.0	2.1
Promedio	0.0	2.3	Promedio	0.0	2.1	Promedio	0.0	2.1
Cruzas bajas (B)	$s_{ij}$	AP $F_1$	Cruzas bajas (B)	$s_{ij}$	AP $F_2$	Cruzas bajas (B)	$s_{ij}$	AP $F_3$

32	0.0	2.3	36	0.0	2.2	44	0.0	2.1
33	0.0	2.2	37	0.0	2.0	45	0.0	2.1
34	0.0	2.2	38	0.0	2.1	5	-0.1	2.0
35	0.0	2.1	39	0.0	2.0	10	-0.1	2.1
37	0.0	2.2	41	0.0	2.2	13	-0.1	2.1
38	0.0	2.2	43	0.0	2.0	18	-0.1	2.0
40	0.0	2.5	44	0.0	2.0	21	-0.1	2.2
41	0.0	2.4	6	-0.1	2.2	22	-0.1	2.0
43	0.0	2.3	13	-0.1	2.1	23	-0.1	2.1
44	0.0	2.2	16	-0.1	2.1	26	-0.1	2.0
1	-0.1	2.3	18	-0.1	2.0	30	-0.1	2.0
8	-0.1	2.2	21	-0.1	2.1	31	-0.1	1.9
10	-0.1	2.3	25	-0.1	1.9	33	-0.1	1.9
27	-0.1	2.4	9	-0.2	1.9	38	-0.1	2.0
39	-0.4	1.7	22	-0.2	1.9	41	-0.1	2.2
Promedio	-0.1	2.2	Promedio	-0.1	2.0	Promedio	-0.1	2.0

Cuadro 11A. Estructura genética de 45 cruza simples en las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> para RMP.

C.A	RMP F <sub>1</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	C.A	RMP F <sub>2</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	C.A	RMP F <sub>3</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
25	175.9	138.4	4.0	16.3	20.3	17.1	32	113.4	74.5	4.4	17.7	22.1	16.8	32	114.4	80.9	5.8	16.2	22.0	11.5
12	170.0	138.4	6.1	16.3	22.4	9.2	42	94.6	74.5	17.7	-7.6	10.1	10.0	36	104.6	80.9	-6.1	16.2	10.1	13.6
21	169.6	138.4	-3.7	20.3	16.6	14.6	3	94.2	74.5	0.9	3.9	4.8	14.9	42	101.5	80.9	16.2	-3.0	13.2	7.3
32	168.4	138.4	16.3	20.3	36.6	-6.7	27	91.8	74.5	3.9	17.7	21.6	-4.3	27	97.7	80.9	0.2	16.2	16.4	0.4
40	167.7	138.4	20.3	11.0	31.3	-2.0	11	89.9	74.5	4.1	3.9	8.0	7.4	3	97.6	80.9	0.8	0.2	1.0	15.7
6	166.0	138.4	2.0	20.3	22.3	5.3	40	88.7	74.5	17.7	-1.9	15.8	-1.6	25	95.4	80.9	0.2	5.8	6.0	8.6
27	164.6	138.4	4.0	20.3	24.3	1.8	41	87.8	74.5	17.7	-6.7	11.0	2.3	6	92.8	80.9	0.8	16.2	17.0	-5.1
33	159.3	138.4	16.3	11.0	27.3	-6.4	14	86.3	74.5	4.1	17.7	21.8	-10.0	40	90.2	80.9	16.2	1.8	18.0	-8.7
15	157.6	138.4	6.1	11.0	17.1	2.1	17	84.3	74.5	4.1	-7.6	-3.5	13.3	21	90.1	80.9	-7.4	16.2	8.8	0.5
19	156.2	138.4	-3.7	16.3	12.6	5.2	21	83.9	74.5	-5.8	17.7	11.9	-2.5	31	88.6	80.9	5.8	-6.1	-0.3	8.0
14	154.0	138.4	6.1	20.3	26.4	-10.9	36	83.7	74.5	-9.0	17.7	8.7	0.5	43	88.6	80.9	1.8	-5.7	-3.9	11.5
2	153.2	138.4	2.0	-3.7	-1.7	16.6	4	83.5	74.5	0.9	4.4	5.3	3.7	4	87.5	80.9	16.2	-5.7	10.5	0.0
43	151.6	138.4	11.0	-11.0	0.0	13.2	7	83.4	74.5	0.9	-1.9	-1.0	9.9	41	86.9	80.9	16.2	-5.7	10.5	-4.5
31	150.1	138.4	16.3	-25.8	-9.5	21.1	6	82.0	74.5	0.9	17.7	18.6	-11.1	28	86.4	80.9	0.2	1.8	2.0	3.5
11	149.9	138.4	6.1	4.0	10.1	1.4	1	79.7	74.5	0.9	4.1	5.0	0.2	12	85.7	80.9	-2.7	5.8	3.1	1.6
x	160.9	138.4	7.3	9.8	17.1	5.4	x	88.5	74.5	4.2	6.5	10.7	3.3	x	93.9	80.9	3.3	5.4	8.7	4.3
CI	RMP F <sub>1</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CI	RMP F <sub>2</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CI	RMP F <sub>3</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
42	147.9	138.4	20.3	-19.3	1.0	8.5	25	79.7	74.5	3.9	4.4	8.3	-3.2	7	85.1	80.9	0.8	1.8	2.6	1.6
7	146.4	138.4	2.0	11.0	13.0	-5.0	43	77.7	74.5	-1.9	-6.7	-8.6	11.9	33	84.7	80.9	5.8	1.8	7.6	-3.8
30	146.4	138.4	4.0	-19.3	-15.3	23.3	10	77.1	74.5	4.1	-5.8	-1.7	4.3	17	84.1	80.9	-2.7	-3.0	-5.7	8.8
44	145.1	138.4	11.0	-19.3	-8.3	15.0	12	76.9	74.5	4.1	4.4	8.5	-6.1	1	84.0	80.9	0.8	-2.7	-1.9	5.0
1	142.9	138.4	2.0	6.1	8.1	-3.6	2	76.8	74.5	0.9	-5.8	-4.9	7.3	29	83.1	80.9	0.2	-5.7	-5.5	7.7
3	142.2	138.4	2.0	4.0	6.0	-2.2	30	76.7	74.5	3.9	-7.6	-3.7	5.8	24	81.9	80.9	-7.4	-3.0	-10.4	11.4
28	141.7	138.4	4.0	11.0	15.0	-11.7	31	74.9	74.5	4.4	-9.0	-4.6	5.0	15	81.8	80.9	-2.7	1.8	-0.9	1.7
17	141.0	138.4	6.1	-19.3	-13.2	15.8	8	74.7	74.5	0.9	-6.7	-5.8	6.0	14	79.5	80.9	-2.7	16.2	13.5	-14.9
37	140.8	138.4	-25.8	11.0	-14.8	17.2	24	74.6	74.5	-5.8	-7.6	-13.4	13.5	35	78.8	80.9	5.8	-3.0	2.8	-5.0
41	139.7	138.4	20.3	-11.0	9.3	-8.0	28	74.5	74.5	3.9	-1.9	2.0	-2.0	37	76.8	80.9	-6.1	1.8	-4.3	0.2
34	138.9	138.4	16.3	-11.0	5.3	-4.9	15	73.4	74.5	4.1	-1.9	2.2	-3.2	2	76.6	80.9	0.8	-7.4	-6.6	2.3
8	138.5	138.4	2.0	-11.0	-9.0	9.1	29	71.9	74.5	3.9	-6.7	-2.8	0.2	13	76.4	80.9	-2.7	-6.1	-8.8	4.2
23	137.2	138.4	-3.7	-11.0	-14.7	13.5	13	71.6	74.5	4.1	-9.0	-4.9	2.0	44	76.4	80.9	1.8	-3.0	-1.2	-3.4
13	135.7	138.4	6.1	-25.8	-19.7	16.9	19	71.5	74.5	-5.8	4.4	-1.4	-1.6	45	75.8	80.9	-5.7	-3.0	-8.7	3.5
35	130.6	138.4	16.3	-19.3	-3.0	-4.8	44	70.7	74.5	-1.9	-7.6	-9.5	5.6	8	75.1	80.9	0.8	-5.7	-4.9	-0.9
x	141.0	138.4	5.5	-8.2	-2.7	5.3	x	74.8	74.5	1.5	-4.2	-2.7	3.0	x	80.0	80.9	-0.9	-1.3	-2.2	1.2
CB	RMP F <sub>1</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CB	RMP F <sub>2</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CB	RMP F <sub>3</sub>	Ū	Ĝ <sub>i</sub>	Ĝ <sub>j</sub>	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>

36	130.5	138.4	25.8	20.3	-5.5	-2.5	35	70.2	74.5	4.4	-7.6	-3.2	-1.2	23	73.7	80.9	-7.4	-5.7	13.1	5.9
4	126.8	138.4	2.0	16.3	18.3	29.9	5	69.7	74.5	0.9	-9.0	-8.1	3.3	20	73.5	80.9	-7.4	-6.1	13.5	6.1
10	126.7	138.4	6.1	-3.7	2.4	14.1	26	69.5	74.5	3.9	-9.0	-5.1	0.0	16	72.9	80.9	-2.7	-5.7	-8.4	0.3
9	126.5	138.4	2.0	19.3	-17.3	5.5	33	69.2	74.5	4.4	-1.9	2.5	-7.8	22	72.7	80.9	-7.4	1.8	-5.6	-2.6
29	123.6	138.4	4.0	11.0	-7.0	-7.9	34	66.7	74.5	4.4	-6.7	-2.3	-5.6	11	72.5	80.9	-2.7	0.2	-2.5	-6.0
22	123.1	138.4	-3.7	11.0	7.3	22.5	23	66.4	74.5	-5.8	-6.7	12.5	4.4	30	72.0	80.9	0.2	-3.0	-2.8	-6.1
5	119.0	138.4	2.0	25.8	-23.8	4.4	16	63.8	74.5	4.1	-6.7	-2.6	-8.0	19	70.5	80.9	-7.4	5.8	-1.6	-8.8
24	117.7	138.4	-3.7	19.3	-23.0	2.3	20	60.8	74.5	-5.8	-9.0	14.8	1.1	10	70.1	80.9	-2.7	-7.4	10.1	-0.7
18	117.4	138.4	-3.7	4.0	0.3	21.4	22	59.3	74.5	-5.8	-1.9	-7.7	-7.5	5	69.1	80.9	0.8	-6.1	-5.3	-6.5
16	116.7	138.4	6.1	11.0	-4.9	16.9	37	58.4	74.5	-9.0	-1.9	10.9	-5.2	34	68.9	80.9	5.8	-5.7	0.1	12.1
26	116.2	138.4	4.0	25.8	-21.8	-0.5	38	56.3	74.5	-9.0	-6.7	15.7	-2.5	39	67.5	80.9	-6.1	-3.0	-9.1	-4.4
20	114.7	138.4	-3.7	25.8	-29.5	5.8	18	53.7	74.5	-5.8	3.9	-1.9	18.9	9	66.6	80.9	0.8	-3.0	-2.2	12.2
45	107.5	138.4	11.0	19.3	-30.3	-0.6	39	53.7	74.5	-9.0	-7.6	16.6	-4.2	26	65.3	80.9	0.2	-6.1	-5.9	-9.7
38	104.3	138.4	25.8	11.0	-36.8	2.6	45	51.7	74.5	-6.7	-7.6	14.3	-8.6	18	59.6	80.9	-7.4	0.2	-7.2	14.0
39	28.3	138.4	25.8	19.3	-45.1	65.0	9	33.7	74.5	0.9	-7.6	-6.7	34.2	38	57.7	80.9	-6.1	-5.7	11.8	11.5
x	113.3	138.4	-5.1	-9.3	-14.4	10.7	x	60.2	74.5	-2.3	-5.7	-8.0	-6.3	x	68.8	80.9	-3.3	-3.3	-6.6	-5.5

Cuadro 12A. Estructura genética de 45 cruza simples en las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> para DFM.

CA	DFM F <sub>1</sub>	$\hat{\mu}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CA	DFM F <sub>2</sub>	$\hat{\mu}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CA	DFM F <sub>3</sub>	$\hat{\mu}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
39	99.7	91.3	1.1	0.0	1.1	7.3	41	96.6	92.1	2.6	1.7	4.3	0.2	41	98.4	92.4	2.4	1.9	4.3	1.7
41	98.2	91.3	2.7	1.5	4.2	2.8	14	96.5	92.1	-0.2	2.6	2.4	2.0	14	98.1	92.4	-0.1	2.4	2.3	3.4
9	94.2	91.3	-2.6	0.0	-2.6	5.5	32	96.0	92.1	1.9	2.6	4.5	-0.6	34	97.3	92.4	1.4	1.9	3.3	1.6
27	94.1	91.3	-1.4	2.7	1.3	1.5	34	96.0	92.1	1.9	1.7	3.6	0.4	38	96.8	92.4	0.3	1.9	2.2	2.1
34	94.0	91.3	0.8	1.5	2.3	0.4	42	95.1	92.1	2.6	-1.5	1.1	2.0	40	95.2	92.4	2.4	-1.1	1.3	1.5
32	93.5	91.3	0.8	2.7	3.5	-1.4	6	95.0	92.1	-0.5	2.6	2.1	0.8	12	94.9	92.4	-0.1	1.4	1.3	1.3
40	93.5	91.3	2.7	-1.1	1.6	0.5	38	95.0	92.1	-0.1	1.7	1.6	1.4	16	94.5	92.4	-0.1	1.9	1.8	0.3
14	93.3	91.3	-0.3	2.7	2.4	-0.4	31	94.8	92.1	1.9	-0.1	1.8	0.9	19	94.4	92.4	-1.1	1.4	0.3	1.8
33	93.3	91.3	0.8	-1.1	-0.3	2.3	4	94.7	92.1	-0.5	1.9	1.4	1.2	27	94.4	92.4	-1.8	2.4	0.6	1.4
35	93.2	91.3	0.8	0.0	0.8	1.1	27	94.6	92.1	-1.3	2.6	1.3	1.2	25	94.3	92.4	-1.8	1.4	-0.4	2.3
6	93.1	91.3	-2.6	2.7	0.1	1.7	36	94.5	92.1	-0.1	2.6	2.5	-0.1	6	94.1	92.4	0.0	2.4	2.4	-0.7
19	93.0	91.3	-0.8	0.8	0.0	1.7	16	93.8	92.1	-0.2	1.7	1.5	0.2	20	94.0	92.4	-1.1	0.3	-0.8	2.4
38	92.8	91.3	1.1	1.5	2.6	-1.1	40	93.7	92.1	2.6	-1.2	1.4	0.2	32	93.9	92.4	1.4	2.4	3.8	-2.3
36	92.7	91.3	1.1	2.7	3.8	-2.4	9	93.6	92.1	-0.5	-1.5	-2.0	3.5	36	93.8	92.4	0.3	2.4	2.7	-1.4
20	92.6	91.3	-0.8	1.1	0.3	1.0	43	93.4	92.1	-1.2	1.7	0.5	0.8	5	93.4	92.4	0.0	0.3	0.3	0.7
x	94.1	91.3	0.2	1.2	1.4	1.4	x	94.9	92.1	0.6	1.3	1.9	0.9	x	95.2	92.4	0.1	1.6	1.7	1.1
Cl	DFM F <sub>1</sub>	$\hat{\mu}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	Cl	DFM F <sub>2</sub>	$\hat{\mu}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	Cl	DFM F <sub>3</sub>	$\hat{\mu}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
42	92.6	91.3	2.7	0.0	2.7	-1.4	12	93.0	92.1	-0.2	1.9	1.7	-0.8	23	93.4	92.4	-1.1	1.9	0.8	0.2
12	92.3	91.3	-0.3	0.8	0.5	0.5	26	92.7	92.1	-1.3	-0.1	-1.4	2.0	8	93.3	92.4	0.0	1.9	1.9	-1.0
21	92.3	91.3	-0.8	2.7	1.9	-0.8	33	92.7	92.1	1.9	-1.2	0.7	-0.1	31	93.1	92.4	1.4	0.3	1.7	-1.0
29	92.2	91.3	-1.4	1.5	0.1	0.8	15	92.6	92.1	-0.2	-1.2	-1.4	1.8	7	92.9	92.4	0.0	-1.1	-1.1	1.5
31	92.2	91.3	0.8	1.1	1.9	-1.0	19	92.5	92.1	-1.4	1.9	0.5	-0.2	43	92.8	92.4	-1.1	1.9	0.8	-0.5
25	92.1	91.3	-1.4	0.8	-0.6	1.4	45	92.5	92.1	1.7	-1.5	0.2	0.2	1	92.3	92.4	0.0	-0.1	-0.1	0.0
5	91.9	91.3	-2.6	1.1	-1.5	2.1	23	92.2	92.1	-1.4	1.7	0.3	-0.2	2	92.1	92.4	0.0	-1.1	-1.1	0.8
15	91.8	91.3	-0.3	-1.1	-1.4	1.8	25	92.2	92.1	-1.3	1.9	0.6	-0.5	33	92.1	92.4	1.4	-1.1	0.3	-0.6
11	91.6	91.3	-0.3	-1.4	-1.7	1.9	35	92.2	92.1	1.9	-1.5	0.4	-0.3	15	92.0	92.4	-0.1	-1.1	-1.2	0.8
23	91.6	91.3	-0.8	1.5	0.7	-0.4	20	91.8	92.1	-1.4	-0.1	-1.5	1.2	4	91.8	92.4	0.0	1.4	1.4	-2.0
43	91.6	91.3	-1.1	1.5	0.4	-0.2	8	91.6	92.1	-0.5	1.7	1.2	-1.7	39	91.8	92.4	0.3	-1.9	-1.6	1.0
16	91.5	91.3	-0.3	1.5	1.2	-1.1	21	91.4	92.1	-1.4	2.6	1.2	-2.0	42	91.8	92.4	2.4	-1.9	0.5	-1.1
45	91.0	91.3	1.5	0.0	1.5	-1.8	29	91.1	92.1	-1.3	1.7	0.4	-1.4	45	91.8	92.4	1.9	-1.9	0.0	-0.6
8	90.7	91.3	-2.6	1.5	-1.1	0.5	2	90.8	92.1	-0.5	-1.4	-1.9	0.6	3	91.5	92.4	0.0	-1.8	-1.8	0.9
1	90.5	91.3	-2.6	-0.3	-2.9	2.0	1	90.7	92.1	-0.5	-0.2	-0.7	-0.7	21	91.2	92.4	-1.1	2.4	1.3	-2.5
x	91.7	91.3	-0.6	0.7	0.1	0.3	x	92.0	92.1	-0.4	0.4	0.0	-0.1	x	92.3	92.4	0.3	-0.1	0.1	-0.3

CB	DFM F <sub>1</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CB	DFM F <sub>2</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CB	DFM F <sub>3</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
18	90.3	91.3	-0.8	-1.4	-2.2	1.2	13	90.7	92.1	-0.2	-0.1	-0.3	-1.1	17	90.8	92.4	-0.1	-1.9	-2.0	0.4
24	90.0	91.3	-0.8	0.0	-0.8	-0.5	11	90.6	92.1	-0.2	-1.3	-1.5	-0.1	26	90.8	92.4	-1.8	0.3	-1.5	-0.2
13	89.9	91.3	-0.3	1.1	0.8	-2.2	18	90.2	92.1	-1.4	-1.3	-2.7	0.8	35	90.7	92.4	1.4	-1.9	-0.5	-1.2
26	89.9	91.3	-1.4	1.1	-0.3	-1.1	7	90.0	92.1	-0.5	-1.2	-1.7	-0.4	13	90.4	92.4	-0.1	0.3	0.2	-2.2
17	89.6	91.3	-0.3	0.0	-0.3	-1.5	10	90.0	92.1	-0.2	-1.4	-1.6	-0.5	9	90.3	92.4	0.0	-1.9	-1.9	-0.2
7	89.3	91.3	-2.6	-1.1	-3.7	1.7	37	89.9	92.1	-0.1	-1.2	-1.3	-0.9	22	90.2	92.4	-1.1	-1.1	-2.2	0.0
10	89.2	91.3	-0.3	-0.8	-1.1	-1.0	24	89.8	92.1	-1.4	-1.5	-2.9	0.6	37	90.2	92.4	0.3	-1.1	-0.8	-1.5
44	88.9	91.3	-1.1	0.0	-1.1	-1.4	5	89.7	92.1	-0.5	-0.1	-0.6	-1.8	24	89.9	92.4	-1.1	-1.9	-3.0	0.5
37	88.7	91.3	1.1	-1.1	0.0	-2.7	17	89.7	92.1	-0.2	-1.5	-1.7	-0.7	30	89.9	92.4	-1.8	-1.9	-3.7	1.2
22	88.3	91.3	-0.8	-1.1	-1.9	-1.1	30	89.6	92.1	-1.3	-1.5	-2.8	0.3	11	89.6	92.4	-0.1	-1.8	-1.9	-0.9
30	88.0	91.3	-1.4	0.0	-1.4	-1.9	22	89.4	92.1	-1.4	-1.2	-2.6	-0.2	18	89.4	92.4	-1.1	-1.8	-2.9	-0.1
28	87.9	91.3	-1.4	-1.1	-2.5	-1.0	44	89.1	92.1	-1.2	-1.5	-2.7	-0.3	44	89.3	92.4	-1.1	-1.9	-3.0	-0.1
2	87.7	91.3	-2.6	-0.8	-3.4	-0.2	39	89.0	92.1	-0.1	-1.5	-1.6	-1.5	29	88.9	92.4	-1.8	1.9	0.1	-3.7
3	84.7	91.3	-2.6	-1.4	-4.0	-2.7	3	88.9	92.1	-0.5	-1.3	-1.8	-1.4	28	88.5	92.4	-1.8	-1.1	-2.9	-1.0
4	84.5	91.3	-2.6	0.8	-1.8	-5.1	28	88.8	92.1	-1.3	-1.2	-2.5	-0.9	10	88.0	92.4	-0.1	-1.1	-1.2	-3.2
x	88.5	91.3	-1.2	-0.4	-1.6	-1.3	x	89.7	92.1	-0.7	-1.2	-1.9	-0.5	x	89.8	92.4	-0.7	-1.1	-1.8	-0.8

Cuadro 13A. Estructura genética de 45 cruas simples en las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> para AP.

CA	AP F <sub>1</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CA	AP F <sub>2</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CA	AP F <sub>3</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
14	2.6	2.3	0.1	0.2	0.3	0.0	2	2.3	2.1	0.1	0.0	0.1	0.2	20	2.6	2.1	0.1	0.0	0.1	0.4
6	2.5	2.3	0.0	0.2	0.2	0.0	14	2.3	2.1	0.1	0.1	0.2	0.0	6	2.3	2.1	0.0	0.1	0.1	0.0
17	2.5	2.3	0.1	-0.1	0.0	0.2	42	2.3	2.1	0.1	0.0	0.1	0.1	27	2.3	2.1	-0.1	0.1	0.0	0.1
21	2.5	2.3	0.0	0.2	0.2	0.0	1	2.2	2.1	0.1	0.1	0.2	0.0	36	2.3	2.1	0.0	0.1	0.1	0.0
36	2.5	2.3	-0.1	0.2	0.1	0.1	3	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.1	42	2.3	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0
40	2.5	2.3	0.2	0.0	0.2	0.0	5	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0	2	2.2	2.1	0.0	0.1	0.1	0.0
42	2.5	2.3	0.2	-0.1	0.1	0.1	6	2.2	2.1	0.1	0.1	0.2	-0.1	8	2.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.1
2	2.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	10	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0	14	2.2	2.1	0.0	0.1	0.1	0.0
3	2.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	11	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.1	16	2.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.1
7	2.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	17	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0	17	2.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.1
11	2.4	2.3	0.1	0.0	0.1	0.0	20	2.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.1	21	2.2	2.1	0.1	0.1	0.2	-0.1
13	2.4	2.3	0.1	-0.1	0.0	0.1	24	2.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.1	24	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0
15	2.4	2.3	0.1	0.0	0.1	0.0	27	2.2	2.1	0.0	0.1	0.1	0.0	40	2.2	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.0
16	2.4	2.3	0.1	0.0	0.1	0.0	36	2.2	2.1	0.0	0.1	0.1	0.0	41	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.1
20	2.4	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	40	2.2	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.1	1	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
x	2.5	2.3	0.1	0.0	0.1	0.0	x	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0	x	2.2	2.1	0.0	0.0	0.1	0.0
Cl	AP F <sub>1</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	Cl	AP F <sub>2</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	Cl	AP F <sub>3</sub>	$\hat{u}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
27	2.4	2.3	0.0	0.2	0.2	-0.1	41	2.2	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0	3	2.1	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0
28	2.4	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4	2.1	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	4	2.1	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0
41	2.4	2.3	0.2	0.0	0.2	0.0	7	2.1	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	7	2.1	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.1
1	2.3	2.3	0.0	0.1	0.1	-0.1	8	2.1	2.1	0.1	0.0	0.1	0.0	9	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
5	2.3	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	12	2.1	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	10	2.1	2.1	0.0	0.1	0.1	-0.1
9	2.3	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	13	2.1	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	12	2.1	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.1
10	2.3	2.3	0.1	0.0	0.1	-0.1	15	2.1	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	13	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	-0.1
18	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	16	2.1	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	15	2.1	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.1
22	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	21	2.1	2.1	0.0	0.1	0.1	-0.1	19	2.1	2.1	0.1	-0.1	0.0	0.0
26	2.3	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	23	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	23	2.1	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.1
29	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	26	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	25	2.1	2.1	-0.1	-0.1	-0.2	0.1
30	2.3	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	30	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	29	2.1	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0
32	2.3	2.3	-0.1	0.2	0.1	0.0	32	2.1	2.1	-0.1	0.1	0.0	0.0	32	2.1	2.1	-0.1	0.1	0.0	0.0
43	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	38	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	39	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	45	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.1	43	2.1	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0
x	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	x	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	x	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0

CB	AP F <sub>1</sub>	$\hat{U}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CB	AP F <sub>2</sub>	$\hat{U}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>	CB	AP F <sub>3</sub>	$\hat{U}$	$\hat{g}_i$	$\hat{g}_j$	g+g <sub>j</sub>	S <sub>ij</sub>
8	2.2	2.3	0.0	0.0	0.0	-0.1	18	2.0	2.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	44	2.1	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0
12	2.2	2.3	0.1	-0.1	0.0	0.0	19	2.0	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	45	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
19	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	28	2.0	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	5	2.0	2.1	0.0	0.0	0.0	-0.1
23	2.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	29	2.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	11	2.0	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0
24	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	31	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	18	2.0	2.1	0.1	-0.1	0.0	-0.1
25	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	33	2.0	2.1	-0.1	-0.1	-0.2	0.1	22	2.0	2.1	0.1	-0.1	0.0	-0.1
33	2.2	2.3	-0.1	0.0	-0.1	0.0	34	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	26	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
34	2.2	2.3	-0.1	0.0	-0.1	0.0	35	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	28	2.0	2.1	-0.1	-0.1	-0.2	0.0
37	2.2	2.3	-0.1	0.0	-0.1	0.0	37	2.0	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	30	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
38	2.2	2.3	-0.1	0.0	-0.1	0.0	39	2.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	34	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0
44	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	43	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	35	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0
45	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.1	44	2.0	2.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	37	2.0	2.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0
31	2.1	2.3	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	9	1.9	2.1	0.1	0.0	0.1	-0.2	38	2.0	2.1	0.0	0.0	0.0	-0.1
35	2.1	2.3	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	22	1.9	2.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	31	1.9	2.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
39	1.7	2.3	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	25	1.9	2.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	33	1.9	2.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
x	2.2	2.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	x	2.0	2.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	x	2.0	2.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1