

37  
24.



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán



UNIFORMIDAD Y VIGOR HIBRIDO EN LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LAS CRUZAS SIMPLES HEMBRA Y MACHO DEL HIBRIDO DE MAIZ H-30, AL AUMENTAR DOS CICLOS MAS DE ENDOGAMIA EN SUS LINEAS BASICAS.

## Tesis Profesional

Que para obtener el título de:  
INGENIERO AGRICOLA  
P r e s e n t a :

**José Luis Montecillo Téllez**

Director de Tesis: M.C. José Luis Arellano Vázquez



V N A M

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1986



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## C O N T E N I D O

	PAG.
INDICE DE CUADROS .....	vii
RESUMEN .....	ix
I. INTRODUCCION .....	1
1.1. Objetivos .....	4
1.2. Hipótesis .....	5
II. REVISION DE LITERATURA .....	6
2.1. Endogamia .....	6
2.2. Heterosis .....	8
2.3. Aptitud Combinatoria Especifica .....	13
2.4. Componentes de Rendimiento .....	14
2.4.1 Días a floración e intervalo entre flor masculina y femenina .....	14
2.4.2 Area foliar .....	15
2.4.3 Altura de planta y altura de mazor ca.....	18
2.4.4 Días a llenado de grano .....	19
2.4.5 La mazorca y sus componentes .....	21
2.4.6 Rendimiento biológico .....	23
2.4.7 Rendimiento económico .....	24
2.4.8 Índice de cosecha .....	25
2.5. El Híbrido de Mafz H-30 .....	25
III. MATERIALES Y METODOS .....	29
3.1. Localización del sitio experimental .....	29
3.2. Clima .....	30
3.3. Suelos .....	30

	PAG.
3.4. Preparación del terreno .....	31
3.4.1 Siembra de los lotes experimentales .....	31
3.4.2 Fertilización .....	31
3.4.3 Labores de cultivo .....	32
3.5. Genotipo .....	32
3.6. Diseño y Parcela Experimental .....	32
3.7. Datos Registrados .....	32
3.7.1 Días a floración masculina .....	32
3.7.2 Días a floración femenina.....	34
3.7.3 Intervalo entre floración femenina y masculina .....	34
3.7.4 Area foliar .....	34
3.7.5 Altura de planta .....	34
3.7.6 Altura de mazorca .....	34
3.7.7 Días a madurez fisiológica .....	34
3.7.8 Período de llenado de grano .....	35
3.7.9 Longitud de mazorca .....	35
3.7.10 Diámetro de mazorca .....	35
3.7.11 Número de hileras por mazorca ....	35
3.7.12 Número de granos por hilera .....	35
3.7.13 Peso de 100 granos .....	35
3.7.14 Rendimiento biológico .....	35
3.7.15 Rendimiento económico .....	35
3.7.16 Índice de cosecha .....	35
3.8. Análisis estadístico de datos .....	35
3.8.1 Procedimiento "Stepwise Regression"	36
3.8.2 Procedimiento "Backward Elimina - tion" .....	37
3.8.3 Procedimiento "Forward Selection".	37
3.8.4 Prueba de homogeneidad de varian- zas .....	38

	PAG.
IV. RESULTADOS .....	40
4.1. Análisis de Varianza .....	40
4.2. Prueba de Medias .....	40
4.3. Análisis de Regresión .....	55
4.4. Prueba de Homogeneidad de Varianzas .....	63
V. DISCUSION .....	67
5.1. Análisis de Varianza .....	67
5.2. Comparación de Medias .....	68
5.3. Prueba de Regresión .....	75
5.4. Homogeneidad de Varianzas Poblacionales..	76
VI. CONCLUSIONES .....	82
VII. BIBLIOGRAFIA .....	85
VIII. APENDICE.....	91
Valores de las Varianzas de los 16 caracteres evaluados de cada híbrido .....	91
Ecuaciones de Regresión dada por el procedimien to Stepwise.....	94

## LISTA DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Genealogía de las cruzas simples y macho convencionales y avanzadas utilizadas en este estudio.....	33
2	Valores de F del análisis de varianza y su significancia estadística para 16 caracteres estudiados en híbridos convencionales y avanzados.....	41
3	Valores de las medias, su significancia estadística y porcentaje respecto a los híbridos convencionales, de los caracteres días a floración masculina, floración femenina, periodo entre floración masculina y femenina y área foliar para los 14 híbridos estudiados.....	42
4	Valores de las medias, su significancia estadística y porcentaje respecto a los híbridos convencionales, de los caracteres altura de planta, altura de mazorca, días a madurez y días de llenado de grano, para los 14 híbridos estudiados.....	45
5	Valores de las medias, su significancia estadística y porcentaje respecto a los híbridos convencionales de los caracteres de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera, para los 14 híbridos estudiados.....	48
6	Valores de las medias, su significancia estadística y porcentaje respecto a los híbridos convencionales de los caracteres de peso de 100 granos, rendimiento biológico, rendimiento económico e índice de cosecha para los 14 híbridos.....	52

CUADRO		PAGINA
7	Análisis de regresión: variables que --- aparecen en la ecuación de regresión --- usando el procedimiento Stepwise.....	56
8	Contraste de homogeneidad de varianza en 15 caracteres entre la craza simple hem- bra convencional y las avanzadas.....	64
9	Contraste de homogeneidad de varianzas en 15 caracteres entre la craza simple - macho convencional y las avanzadas.....	65

## R E S U M E N

Con el propósito de conocer el efecto que tiene el aumento de los niveles de endogamia de las líneas básicas en el rendimiento económico y sus componentes morfológicos en las cruzas simples que integran al maíz H-30, se realizó el presente estudio durante el ciclo primavera-verano de 1984 en el Campo Agrícola Experimental del Valle de México. El material que se utilizó fueron las cruzas simples hembra y macho convencionales del maíz H-30, así como siete y cinco -- cruzas simples exploratorias o avanzadas, hembra y macho respectivamente.

Se encontró que los efectos heteróticos no se manifestaron en forma total en los componentes de rendimiento de los híbridos avanzados. Ni todos ellos mostraron la misma magnitud del vigor híbrido en los -- mismos caracteres. Los mayores efectos heteróticos se encontraron en altura de planta , altura de mazorca, días a madurez, días de llenado de grano y peso de -- 100 granos, rendimiento biológico y rendimiento económico ; además de éstos caracteres las cruzas simples hembra lo manifestaron en los caracteres longitud -- de mazorca , diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera.

Igualmente se encontró que en las cruzas simples hembra y macho tanto avanzadas como convencionales - el rendimiento económico fué determinado por varios y diferentes componentes de rendimiento, sin embargo en todos los casos los componentes Rendimiento Biológico e Índice de Cosecha siempre intervinieron. Por otra parte se observó que la variabilidad fenotípica poblacional para los caracteres estudiados es distinta entre los híbridos evaluados convencionales y avanzados, siendo mayor en los primeros.

## I. INTRODUCCION

El maiz es sin duda uno de los cereales de mayor importancia en la alimentación de la población de México. Actualmente su producción enfrenta diversos problemas.

Como lo señala Arellano (1984) la producción de Maíz esta en función de la interacción de factores de naturaleza ecológica, económica, política, social y estructural por lo que para su mejoría es necesario establecer estrategias integrales.

En el aspecto técnico una de las opciones para tal fin es la formación de variedades de polinización libre e híbridos con rendimientos superiores a los maíces convencionalmente utilizados por el productor.

En relación a los híbridos de maíz obtenidos en México Arellano (1984) señala los siguientes aspectos; la mayoría están integrados con líneas de bajo nivel de endogamia ( $S_0$  a  $S_6$ ), hecho que es conveniente en las generaciones avanzadas de los híbridos ya que sus rendimientos no se abaten considerablemente cuando se usan nuevamente como semilla. Por otro lado, el bajo nivel de endogamia de las líneas ha permitido a los híbridos integrados con ellas concervar ma

yor grado de variabilidad genética y esto podría ser la justificación de la buena adaptabilidad que manifiestan en diferentes áreas de cultivo. Sin embargo, el bajo nivel en las líneas y para el caso específico para los híbridos de Valles Altos ha ocasionado dificultades en la caracterización fenotípica y mantenimiento de las líneas, y esto es causa de irregularidades en la producción de semilla básica, registrada y certificada de los híbridos. Esas irregularidades son algunas causa de la deficiente calidad genética de la semilla que se ofrece y que junto con la deficiente calidad básica de este, que en última instancia son causas de la confianza que tiene el productor por el maíz híbrido.

Este investigador también señala que en áreas de temporal intermedio o suficiente, los aspectos de las siembras comerciales de maíz híbrido respecto a las de maíz criollo se pueden presentar ligeras diferencias en su estructura morfológica y fenotípica, por lo que en muchas ocasiones el fenotipo del maíz híbrido es tan uniformemente variable como el del maíz criollo, lo que resulta desventajoso para el híbrido, porque el productor le asocia (al híbrido) alto potencial de producción y un tipo de planta completamente vigoroso y de estructura bien diferenciada respecto a su maíz criollo. No obstante, es factible observar en dichos lotes diferencias por acame, número de mazorcas estériles y peso de mazorca, que favorecen al híbrido. Estas ventajas en ren

dimiento son resultado de la heterosis o vigor híbrido que se consigue por efecto del cruzamiento de las líneas endogámicas progenitoras. Ahora bien, esas características observadas señalan que es conveniente disponer de híbridos que presenten una estructura fenotípica bien diferenciada de las de los criollos, ésto es, que tengan bastante uniformidad en sus caracteres y adicionalmente que ofrescan mayor heterosis o vigor híbrido en la mazorca y otros componentes de rendimiento. Sin duda estos híbridos tendrán más éxito si su cultivo se realiza en áreas agrícolas compactas bien definidas que permitan su expresión óptima en rendimiento. El primer paso para la obtención de dichos híbridos es elevar el nivel de endogamia de las líneas progenitoras hasta llegar a la estructura de la planta deseada sin menoscabo de la calidad de la semilla.

Con la intención de conocer la respuesta de las cruizas simples del maíz H-30 integrados con líneas con mayor grado de endogamia en relación a sus líneas originales, se planteo el presente trabajo con los siguientes objetivos.

## 1.1 OBJETIVOS

- 1) Detectar la uniformidad de los componentes de rendimiento, que se consigue en cruzas simples hembra y macho del maíz H-30 integradas con líneas de diferente grado de en dogamia.
- 2) Detectar el grado de heterosis o vigor híbrido de los componentes de rendimiento -- que se consigue al realizar cruzas simples hembra y macho con líneas de diferente -- grado de endogamia.
- 3) Conocer que componetes de rendimiento deter minan en mayor proporción el rendimiento de grano en cruzas simples hembra y macho de H-30 integradas con líneas de diferente -- grado de endogamia.

## 1.2 HIPOTESIS

- 1) Al aumentar el grado de endogamia en las líneas que integran las cruza simples -- hembra y macho del híbrido doble H-30, -- se aumentará la uniformidad en los caracteres morfológicos de la planta y mazorca al formar tales cruza nuevamente.
- 2) Las cruza simples hembra y macho del -- Mafz H-30 reconstituídas con sus líneas -- con mayor grado de endogamia en relación a las líneas básicas originales, presentaran un mayor grado de vigor híbrido en -- sus componentes de rendimiento.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Endogamia

La endogamia es el resultado del apareamiento entre individuos emparentados, y puede obtenerse efectuando polinizaciones - entre plantas hermanas, conciderando a la autofecundación como la forma más eficaz en maíz, la cual se realiza mediante polinización controlada. Por éste medio se tiende a la homocigosis - aproximadamente tres veces más rápido que en el apareamiento - entre hermanos (Jugenheimer,1981).

Allard (1967) resume los efectos más importantes de la endogamia de la siguiente manera: a) En las primeras generaciones autofecundadas aparece un gran número de tipos letales y subletales; b) El material se separa rápidamente en líneas -- bien definidas que cada vez son más uniformes en los diversos caracteres morfológicos y funcionales; por ejemplo: altura, longitud de mazorca y maduración ; c) El vigor y fecundidad de muchas líneas disminuye hasta el punto de que éstos no pueden conservarse ni en condiciones óptimas de cultivo; d) Las líneas que sobreviven muestran una disminución general de tamaño y vigor.

De acuerdo a Jugenheimer (1981) la endogamia lleva a la - obtención de líneas cada vez menos vigorosas, las cuales pueden ser completamente homocigotas en un período de 5 a 7 gene-

raciones. Aproximadamente la mitad de la reducción total del vigor se realiza en la primera generación y así sucesivamente, hasta que en generaciones posteriores no hay una disminución aparente. Después de la quinta generación se sepera en promedio un 98% de homocigosis.

Richey (citado por Fleming y Koselenicky, 1964) establece que después de cinco o seis generaciones de autofecundación, los individuos son endogámicos prácticamente fieles para cualquier carácter, por lo que cualquier planta descendente es igual a otra de la misma descendencia.

Fleming y Koselenicky (1964) al comparar la autofecundación con la polinización libre en el aumento de líneas -- (S - S) endogámicas, encontraron una ventaja significativa en rendimiento para la polinización libre, lo que se considera se debe a una cierta cantidad de heterocigocidad y heterogeneidad, lo que da efectos heteróticos. Los mismos autores mencionan que para mantener las líneas puras es preferible el método de autofecundación, pero para incrementar las líneas se puede usar en forma alternativa la autofecundación y la polinización libre para que el rendimiento no decaiga.

Por su parte Poey (1978) asevera que la selección en las líneas endogámicas que muestran una drástica pérdida de vigor, favorece la acción de genes que gobiernan su supervivencia y no necesariamente su rendimiento. Este autor, considera que la formación de las líneas puras derivadas de poblacio

nes previamente seleccionadas o sometidas a selección masal, deben resultar en líneas con mayor frecuencia de genes con efectos aditivos que las derivadas de poblaciones sin ninguna selección previa, y que los híbridos provenientes del primer tipo, capitalizan tanto de los efectos aditivos como los no aditivos.

## 2.2 Heterosis

La heterosis es un fenómeno general en los mundos vegetal y animal, y se ha observado en plantas autofecundadas y en las de polinización cruzada, como lo mencionan Jugenheimer (1981). Quien además, asevera que el fenómeno se muestra en un aumento de rendimiento, una mayor precocidad, aumento de resistencia a insectos y enfermedades, mayor tamaño de planta y frutos, así como un incremento de éstos últimos.

Un punto a tomar en cuenta primeramente, es en lo que se refiere al propio concepto de heterosis y vigor híbrido. Una definición clave a esto la Shull (citado por Sinha y Khanna, 1975) quien concidera al vigor híbrido como la manifestación de heterosis, y a ésta como la combinación de genotipos diferentes.

Shull (1948) concidera más apropiado hablar de heterosis que de vigor híbrido. Concidera que el término "heterosis" tiene un poco más de alcance que "vigor híbrido", esto es, que mientras que todo vigor híbrido es heterosis, no toda heterosis puede tener un significado en vigor híbrido.

La manifestación fenotípica del vigor híbrido, puede detectarse en algunos caracteres de la planta como su altura, área foliar, crecimiento, acumulación de materia seca y en rendimientos superiores a los de los progenitores consanguíneos (Hageman et al; Allard y Breubaker; citados por Sinha y Khanna, 1975).

La diferencia en la composición genética de los progenitores, es necesaria para obtener un mayor vigor en los caracteres de los individuos de una población. En maíz la obtención del vigor híbrido es por medio del cruzamiento entre individuos homocigotos (líneas) de diferente composición genética y por el -- cruzamiento entre poblaciones que tienen diferente origen geográfico (razas o variedades) (Jugenheimer, 1981).

Se hace evidente que la composición híbrida del material genético que se obtiene en los individuos fenotípicamente superiores, se debe a la nueva composición genética. Por lo que es necesario entender el mecanismo que lleva a una mayor expresividad en los caracteres de la planta.

Por su parte Finchman (citado por Srivastava, 1981) concide en que la heterosis se debe por un lado a que las propiedades heterocigotas son únicas e incondicionalmente superiores, y por otro, a que el heterocigote contiene dos y a veces tres tipos de producto génico, el cual, en total da un fenotipo intermedio y permite una diversidad bioquímica que resulta adaptativa en una diversidad de ambientes.

Srivastava (1981) considera que la heterosis cuando es con-

sierada como recombinación génica , se refiere a heterosis no alélica e incluye la complementación genómica e intergenómica. Agrega el mismo autor, que la heterosis epistática que a veces se usa como sinónimo de heterosis, debe considerarse como una parte de la heterosis no alélica, la cual incluye también heterosis aditiva (acumulativa) y recombinativa (complementaria).

El interés de explicar la heterosis ha estimulado la -- formulación de hipótesis y teorías , algunas con fundamentos en trabajos experimentales, que explican los cambios fenotípicos en las generaciones resultantes de los cruzamientos entre progenitores genéticamente divergentes.

En cuanto a las explicaciones , genéticas, las dos hipótesis que se consideran ,principalmente, son la hipótesis de la Dominancia y la de la Sobredominancia, la primera concidera que el vigor híbrido resulta del complemento entre genotipos al unir factores dominantes , provenientes de individuos segregantes , en un mismo individuo , permitiendo la mayor expresividad del caracter (Sinha y Khanna, 1975).

De acuerdo a Allard(1967) lo anterior no puede ser posible, en un mismo individuo, porque si así fuera se podrían obtener individuos homocigotos para todos los factores dominantes y tendrían un vigor similar a la  $F_1$  del híbrido.

Brieger (1949) al analizar esta hipótesis concidera que es difícil obtener individuos altamente heterocigotos u homocigotos, ya que el fenómeno no sucede para toda la planta y

que la expresión de cada carácter, generalmente es independiente de otro.

Por otra parte, la hipótesis de la Sobredominancia concidera que la interacción heterocigota (Aa) de los alelos de un locus, es superior a los homocigotos (AA) y (aa), lo que significa que la acción independiente de cada alelo es inferior a la acción conjunta de ambos.

Otras teorías se apoyan en la interacción génica para explicar la heterosis, como lo es la epistásis o interacción no alelica, donde un locus influye la expresión de otro hacia una superioridad del heterocigote adaptativo.

Entre otras explicaciones, se ubican la hipótesis de estímulos fisiológicos y potencial inicial. En relación a ella Shull y East (citados por Allard, 1967) suponen que la heterosis promueve un estímulo fisiológico en el desarrollo y que se incrementa al aumentar la diversidad genética de los gametos que se unen.

Ashby (citado por Sinha y Khanna, 1975) al realizar estudios en maíz y tomate, concidera que un embrión más grande -- proveniente del cruzamiento híbrido podría permitir un adelanto o avance en el crecimiento, y constituye un mayor potencial para la planta, aunque ésto no se ha confirmado más ampliamente.

Sinha y Khanna (1975) mencionan la hipótesis de la complementación celular y subcelular y concideran en ella que si los caracteres son el resultado de series o cadenas de reac-

ciones bioquímicas, algunas de ellas estarán incompletas en algunos individuos, de manera que si tales líneas presentan deficiencias en algunos pasos o reacciones, al cruzarlas una complementa a la otra en alguno o algunos pasos diferentes, - permitiendo que el híbrido presente la serie de reacciones -- completa.

Por otra parte, Poey (1978) concidera que la hibridación depende principalmente de efectos heteroticos, pero que ésto no quiere decir que no se utilicen también los efectos aditivos de genes cuantitativos, que deben ser conciderados en -- programas de hibridación. También menciona que en la formación de híbridos superiores, se depende más de una posibilidad aleatoria de recombinar los locis que contribuyen al rendimiento, que de un criterio conciente de seleccionar los genes que produzcan los mejores heterocigotos.

Brieger (1949) menciona que el fenomeno de heterosis sucede en maíz en los siguientes caracteres: peso de la planta, posición de la mazorca , tamaño de hojas, intensidad de formación de clorofila, tamaño y ramificación de la raíz , resistencia a enfermedades y plagas en condiciones desfavorables, tamaño y número de granos , ancho y largo de mazorca y ramificación de la inflorecencia y la cantidad de polen liberado.

Grogan y Francis ( 1972 ) , al determinar la variabilidad dentro de las líneas de maíz mantenidas en diferentes localidades y observando también los efectos heteróticos en cruzas simples de las mismas líneas, encontró que en el caracter -

en el que la heterosis fué mayor para todas las líneas es el rendimiento, y que los caracteres con menos evidencia de heterosis fueron: días a producción de polen y a la aparición de estigmas, diametro de mazorca y en el tamaño del grano.

### 2.3 Aptitud Combinatoria

Brauer (1973) menciona que la aptitud combinatoria se refiere al comportamiento relativo de las líneas o variedades usadas como progenitores. Tal comportamiento se evalúa por la capacidad de rendimiento del híbrido resultante de cada cruce, con respecto a variedades de polinización libre o a otras líneas. Por lo que un híbrido de mayor rendimiento será el que lo formen las líneas que poseen una mayor aptitud combinatoria.

Poehlman (1971) menciona como Aptitud Combinatoria Específica, al comportamiento de combinaciones específicas de las líneas en cruces con relación al comportamiento promedio de todas las combinaciones en que están involucradas las líneas progenitoras. Las líneas que son seleccionadas por una buena aptitud combinatoria general, se usan para realizar cruces simples entre ellas, de preferencia en todas las combinaciones posibles. Entonces una cruce simple de alto rendimiento, será la que posee la mayor Aptitud Combinatoria Específica como resultado de de efectos de heterosis.

## 2.4 Componentes de Rendimiento

El estudio de los componentes de rendimiento, esto es, de todos aquellos caracteres que participan o influyen en el rendimiento final de la planta, es necesario e importante para evaluar de una forma integral a una población de plantas mejoradas.

El rendimiento de grano es el resultado de la integración de varios caracteres de herencia poligénica; es factible determinarlo en forma indirecta mediante el uso de aquellos caracteres correlacionados con él (Smith citado por Calixto, 1975).

Existe una relación genética y fisiológica entre los caracteres de la planta y de éstos con el rendimiento final. Este será determinado por procesos fisiológicos que operan durante los estados vegetativos, reproductivos y durante el llenado de grano (Evans y Wardlaw, 1975).

A continuación se presentan algunas citas en las que se relacionan los componentes con el rendimiento.

### 2.4.1 Días a floración e intervalo entre floración masculina y femenina

La importancia de estos caracteres radica en que una disminución en la longitud de la fase vegetativa, podría permitir un periodo mayor de asimilación después de la floración y mayor posibilidad de incrementar el rendimiento.

Carr y Milbourn (1976) mencionan que tanto la inflorescencia masculina como la femenina, se forman en las etapas iniciales de

de la vida de la planta, y que los estigmas son iniciados después de la flora masculina y las flores individuales se forman todavía una semana antes de antesis.

Daynard et al (citados por Carr y Milbourn,1976) señalan -- que en Canadá, como en Europa, se enfatiza a seleccionar para -- floración temprana para incrementar el período de llenado de -- grano.

Por otra parte Carr y Milbourn (1976) mencionan que los híbridos nuevos que presentan alto rendimiento tienen una tendencia a tener una floración tardía, y mayores tasas de desarrollo de grano, componesando con ello, la reducción en el período de llenado de grano.

Cooper (Citado por Carr y Milbourn,1976) ha observado que - el rendimiento se reduce si el crecimiento es rápido de la emer- gencia a la antesis, y que un crecimiento lento en ésta etapa - permite un período mayor a la iniciación floral.

Estos caracteres son afectados por el ambiente. Allison y Daynard (1979) encontraron que al aumentar la temperatura y el fotoperíodo en maíz, hay una disminución de 3.1 días en el intervalo de floración masculina y femenina y dos días en la formación de la capa negra.

#### 2.4.2 Area Foliar

La importancia de las hojas radica en ser la fuente de producción de fotosintatos. La estructura y posición de las hojas se relacionan con la producción de materia seca y con la inter

cepción de luz.

Duncan et al y Kepland et al (citados por Gskel y Pearce, 1981) han encontrado que el área foliar tiene un efecto mayor en el rendimiento que la misma tasa de intercambio de  $CO_2$ .

Wallace et al (1972) aseveran que el área foliar, un componente fisiológico del rendimiento y de la tasa de crecimiento relativo, es por sí mismo un carácter complejo. Sus componentes inmediatos son el número de hojas y el tamaño de hoja.

Cross y Zuber (1973) mencionan que el área foliar es altamente influenciada por efectos ambientales, y señalan que en ambientes con fotoperíodos largos tienden a incrementar el número de hojas arriba de la mazorca.

Igualmente, Poneleit et al (1979) mencionan que el dosel es sin duda un elemento importante, y que el tiempo que una planta lo mantenga fotosintéticamente funcional, depende de muchos factores externos incluyendo daños por enfermedades y por plagas.

Por su parte Tollenar y Hunter (1983) concideran que pocos reportes en la literatura han mostrado que el número de hojas, en maíz, es sensible a foto y termoperíodos durante sólo una parte de la fase vegetativa. Este autor agrega que aunque el efecto del fotoperíodo en el número de hojas no está claro, en un estudio realizado indica que muchos genotipos de maíz, presentan un incremento en el número de hojas cuando se incrementa la longitud del día. Los genotipos difieren en su reacción a la longitud del día.

Tanaka y Yamaguchi (1984) al experimentar con híbridos  $F_1$  y sus progenitores, observaron una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el rendimiento de grano y el peso total de la planta a la cosecha, igualmente encontraron una correlación positiva entre el área de la hoja y el peso de la planta durante el crecimiento.

Cross y Zuber (1973) al estudiar los efectos de diferentes ambientes en la relación entre algunos caracteres de maíz, encontraron una correlación significativa entre el peso de planta y el número de hojas, en donde las plantas más altas tendieron a tener más hojas que las plantas bajas, y encontraron una ligera tendencia de las plantas con más hojas a florear más tarde que las que tenían menos.

Cantrell (1981) concidera que debido a la proximidad de las espatas a la mazorca, éstas pueden presentar más eficiencia en el desarrollo de la misma mazorca, tal eficiencia se da en términos de la cantidad de fotosintatos trasladados al grano.

Sinha y Khanna (1975) señalan que la manifestación de mayor área foliar es un rasgo importante en los híbridos heterótiicos, y que la importancia de éste factor en la acumulación de materia seca y rendimiento de grano no ha sido destacado.

En relación a la acción génica que determina el área foliar, Duarte y Adams (citados por Wallace et al, 1972) observaron al cruzar una variedad de maíz que tenía pocas hojas y -- largas con otra que tenía muchas pero pequeñas. La población

F<sub>1</sub> tenía el número de hojas igual al del primer progenitor y el tamaño de hoja intermedio entre los padres ; esto muestra según los mismos autores que la acción génica para el primer rasgo es dominante , mientras que el segundo tiene un comportamiento aditivo.

#### 2.4.3 Altura de planta y altura de mazorca

La importancia de estos rasgos estriba en el porte y vigor que puede presentar la planta, y el potencial de rendimiento que puede aportar.

Cross (1973) al estudiar los efectos de diferentes ambientes en algunos caracteres de maíz, encontró correlaciones positivas y significativas entre el peso de planta y el número de hojas. Encontrando también que plantas más altas tendieron a tener más hojas que las plantas bajas y por ello más peso.

Grogan y Francis (1972) encontraron correlaciones positivas entre tamaño de planta y altura de mazorca.

Tanaka y Munsada (citados por Tanaka y Yamaguchi, 1984), - al comparar 15 variedades comerciales de maíz a dos espaciamientos entre hileras y plantas (60 X 60 y 30 X 30), observaron que hubo una correlación entre el rendimiento de grano y la altura de planta.

Yang (citado por Arguello, 1983) en un estudio con dos líneas de maíz encontró resultados que muestran que el carácter altura de planta es controlada por muy pocos genes de herencia independiente y de efectos muy comparables en magnitud.

#### 2.4.4 Días de llenado de grano

La duración del período de formación de grano de la mazorca de maíz es un rasgo de importancia ya que de él depende en gran parte el rendimiento. Su estudio permite evaluar el potencial de rendimiento de una planta.

Tanaka y Yamaguchi (1984) concideran que más del 90% del peso de los granos se deriva de los fotosintatos producidos durante el período de llenado de grano, y son directamente llevados al mismo grano por lo que la producción de materia seca después de la emisión de los estigmas es importante para la producción de grano.

Tollenar et al (citados por Poneleit y Egli, 1979) señalan que las misma diferencias genéticas entre plants puede manifestarse en algunos aspectos del crecimiento del grano. Igualmente en una misma planta los granos de la parte superior de la mazorca tienen menos duración de llenado que los de la parte basal, pero las tasas de crecimiento es la misma para granos individuales en cualquier porción de la mazorca.

En cuanto a su explicación genética Poneleit y Egli (1979) al investigar la existencia y naturaleza de efectos recíprocos para período de llenado de grano y su tasa de crecimiento, encontraron que el primer componente esta sujeto a efectos maternos y el segundo a efectos de dominancia. Es decir, que es el resultado de la interacción y efectos de la dosis génica. En el endospermo hay una composición génica triploide , en donde al

gunos alelos o locis que controlan la tasa de crecimiento del grano, son dominantes cuando están representados dos veces en el tejido del endospermo.

Crosbie y Mock (1980), al probar poblaciones con tres ciclos de selección recurrente, encontraron que el aumento de rendimiento se asocia con un período más prolongado de llenado de grano y un retraso de la etapa de senescencia de la planta.

Poneleit y Egli (1979) encontraron que en híbridos el período de llenado de grano fué mayor que en sus líneas progenitoras, en 6.1 días. A la vez encontraron efectos heteróticos en el tamaño de grano, que puede ser atribuido al incremento del período de llenado. En otros casos el efecto heterótico se debió al aumento de la tasa de acumulación de materia seca. Hechos que se deben a que las  $F_1$  poseen las combinaciones de genes más deseables que pueden mantener los procesos fisiológicos necesarios para mayores acumulaciones de peso seco que los genotipos homocigotos específicos de las líneas.

Poneleit et al (1980) sugieren que en los programas de selección de híbridos, quizás sea benéfico el uso de líneas con períodos largos de llenado de grano.

Cross (1980) también considera que el tamaño de grano es una función directa de la tasa y duración del período de llenado de grano, aunque no es una función lineal, ya que hay un límite para el tamaño de grano determinado por el número de células en el pericarpio o debido a algunas otras limitaciones físicas.

#### 2.4.5 La mazorca y sus componentes

De acuerdo a Sinha y Khanna (1975) los principales componentes de rendimiento de grano en maíz son; a) número de mazorcas por planta; b) número de granos por mazorca; y c) peso de grano. Los mismos autores mencionan que no hay heterosis ni sobredominancia en el número de mazorcas por planta y que el segundo componente puede dividirse en número de hileras y granos por hilera.

Leng ( citado por Sinha y Khanna,1975) encontro presencia de heterosis en el número de granos por hilera, ya que él número de hileras fué dominante. Encontro también un pequeño grado de heterosis en el peso de 100 granos.

Ghildiyal (citado por Sinha y Khanna,1975) encontro - que un híbrido heredó el número potencial de granos por hilera de uno de los progenitores, sin embargo, en las líneas no se desarrollan todos los granos debido a las limitaciones de producción de fotosintatos.

El número potencial de mazorcas por planta y el número de granos por mazorca son determinados tempranamente durante la ontogenia de la planta de maíz (Hanway, citado por Fakorede y Mock, 1980).

Grogan et al (1972) encontró correlación positiva entre tamaño de mazorca y tamaño de grano.

En relación al efecto que surte el ambiente en los componentes de rendimiento, Poneleit y Egli (1979) al medir

los efectos de la densidad de siembra en los componentes de crecimiento de grano y observar la herencia de estos caracteres en híbridos F<sub>2</sub>, encontraron que tales híbridos tenían específicamente más granos por mazorca que las líneas. Aunque como ellos mismos lo señalan, el número de granos si es afectado por el ambiente. El número de granos fué mayor para híbridos con bajas densidades de población.

Por otra parte, el peso de grano es un importante componente del rendimiento y puede ser limitante en algunos genotipos. El peso final del grano es una función de la tasa de crecimiento de grano, así como de su duración (Jones y Simmonds, 1983). Los anteriores autores mencionan que la capacidad de almacenar esta determinada en parte por la relación fuente-demanda, y éste es un factor que puede controlar la tasa de crecimiento de grano, así como su peso final.

Boezinger y Glover (1979) al encontrar diferencias significativas entre genotipos en el peso de 100 granos, consideran que un menor peso se debe a una baja acumulación, más que a un corto período de llenado de grano.

Por su parte Sinha y Khanna (1975) señalan que el peso de grano sería dependiente, también del tamaño de embriones y del endospermo, ya que el embrión, en maíz, es de tamaño considerable, por lo que proponen un análisis adicional del peso de grano a nivel de componentes.

#### 2.4.6 Rendimiento Biológico

El rendimiento biológico de una planta se conforma por toda la producción de materia seca producida por ella, incluye la parte aérea; tallos, hojas y frutos, y la parte subterránea. Aunque en la planta de maíz por resultar un poco práctico, la raíz no es considerada.

Yoshida et al (citados por Gaskel y Pearce, 1981) mencionan que ha habido inconsistencia de la relación entre el rendimiento biológico y la tasa de fotosíntesis, aunque ésta sea un componente primario de la producción de materia seca.

Cross y Zuber (1973) no observaron correlación entre peso de planta, rendimiento biológico, y número de días de la siembra a la floración, como lo encontró Anderson, citado por los mismos autores. Lo cual quiere decir que los genotipos se comportan diferente y que hay plantas que son fisiológicamente menos eficientes.

Gaskel y Pearce (1981) concidera que existe teóricamente, una cercana asociación entre la fotosíntesis foliar y producción de materia seca, aunque a nivel de campo la productividad de las plantas y la misma fotosíntesis son afectadas por muchos factores que no pueden definirse para establecer la relación a ese nivel.

#### 2.4.7 Rendimiento Económico

El rendimiento económico es un caracter de tipo cuantitativo (Wallace, citado por Jiménez, 1979 ).

Fakorede y Mock (1980) concideran que el rendimiento de grano esta en función de numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos , que operan durante todo el ciclo de la planta.

Gaskel y Pearce (1981) concideran que el rendimiento económico, es una porción del rendimiento biológico y es - afectado por otros caracteres , tales como la eficiencia en la traslocación y magnitud de la demanda de fotosintatos o por la actividad de la demanda competitiva.

Poneleit y Egli (1979) señalan que el rendimiento de grano de una planta de maíz , puede ser descrita como una - función de la tasa y duración de la acumulación de materia seca en los granos individuales y multiplicados éstos por el número de granos por planta.

Grafius ( citado por Heinrich et al, 1983) define el rendimiento como un producto de los diversos componentes, mazorca, unidad de área, número de granos por mazorca y peso de grano.

Grogan y Francis (1972) encontraron correlaciones - positivas entre el rendimiento y peso de la planta, peso - de mazorca , longitud de mazorca , y por otra parte encon-

traron correlación negativa entre rendimiento y porcentaje de humedad a la cosecha, días a antesis y peso de 100 granos. También el rendimiento estuvo asociado con la profundidad de grano.

#### 3.4.8 Indice de Cosecha

El índice de cosecha es definido por Donald (citado por Richard et al, 1979 ) como la relación en peso seco - del grano con el peso total de la parte aérea de la planta (biomasa) de un cultivo, fisiológicamente madura, y es - uno de los índices generalmente usado para evaluar la eficiencia de traslocación de los fotosintatos en los cultivos . El mismo autor, concidera que el índice de cosecha permite predecir la capacidad de rendimiento y sirve como un medio para seleccionar a la maduración por peso de - planta y tolerancia a altas densidades de planta.

#### 2.5 Características de los componentes de rendimiento del H-30

El maíz H-30 es un híbrido de cruza doble obtenido por investigadores del Campo Agrícola Experimental del - Valle de México y distribuido comercialmente en 1973. Es un maíz para temporal de ciclo intermedio (85-90 días - a floración masculina), con una área de adaptación entre 2200 y 2400 m.s.n.m. y un rendimiento medio por héc-

tárea de 4,736 Kg.

Algunos rasgos de los componentes de rendimiento del híbrido doble y de sus líneas y cruzas simples, de acuerdo a lo que encontró Rámirez (1985) , al utilizarlas en un estudio de análisis de crecimiento, se dan a continuación.

Este autor encontro que para el caracter rendimiento las cruzas simples y las cruzas dobles fueron superiores a sus líneas progenitoras , y que en el mismo caracter las Cruzas simples (CS) y Cruzas Dobles (CD) fueron estadísticamente similares, aunque en términos de porcentaje las cruzas simples produjeron 20% más de grano que -- las cruzas dobles. En las primeras sobresalio la CS macho con un incremento respecto al promedio de sus progenitores de 224.3%. Sin embargo, encontro valores heteróticos negativos (-19.7%) en la CD. El mismo concidera que el efecto heterótico en las CS se debe a que las líneas tienen cierto grado de homocigosis lo que permite una mayor manifestación de heterosis.

Las líneas hembra de cada una de las cruzas simples fueron numericamente menores en rendimiento que las líneas macho.

En el caracter período de llenado de grano fueron - similares las cruzas simples y las cruza dobles . En tanto que la línea macho de la cruz simple hembra del H-30 fué similar a la cruz simple y cruz doble en los caracteres

Número de mazorcas, Diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca.

en lo que se refiere al Índice de Cosecha, las cruzas simples y las cruzas dobles fueron superiores a sus líneas progenitoras correspondientes a excepción de la línea macho de la craza hembra que fué estadísticamente superior a ellas.

En los caracteres flor Masculina y Flor Femenina las cruzas simples fueron más precoces que sus progenitores correspondientes, siendo mayor para flor Masculina. Lo que de acuerdo al mismo autor, el vigor híbrido acelera más los procesos metabólicos relacionados con el desarrollo de la inflorescencia masculina. La craza doble del híbrido, en tales caracteres, tuvo un comportamiento opuesto al de sus cruzas simples.

En el carácter Período de Llenado de Grano hubo superioridad sobre sus líneas progenitoras, aunque en la craza doble se redujo tal período.

Las cruzas simples mostraron efectos heteróticos en Peso Seco obtenido, superando a sus líneas progenitoras, y por otro lado la craza doble tuvo menor peso seco que sus cruzas simples progenitoras.

La misma craza doble tuvo una cantidad de área foliar menor que sus cruzas simples en una densidad baja pero a la densidad de 80,000 plantas por  $ha^{-1}$  se comportó de

manera intermedia.

En el caracter Tasa de Asimilación Neta las cruzas simples mostraron heterosis durante la etapa de pre y post antesis en dos densidades (40,000 y 80,000 plantas/ha) , a excepcion de la cruza simple hembra. Sólo la cruza simple macho mostró heterosis durante todo el ciclo en la densidad de población baja. Por su lado la cruza doble tuvo menor tasa de asimilación neta que las de sus cruzas simples progenitoras, durante el período de pre y postantesis su tasa de asimilación tendió a ser intermedia.

En forma general se puede decir que en las cruzas simples del híbrido, el fenómeno de heterosis se manifestó positivamente en los caracteres; Rendimiento de grano, Días a Flor Masculina y Femenina, Período de Llenado de Grano, Número de Hileras por Mazorca, Area Foliar. Tasa de Asimilación Neta, Diámetro de Mazorca e Índice de Cosecha.

### III., MATERIALES Y METODOS

En 1981 y 1982 se avanzó un ciclo más de autofecundación por año en las cuatro líneas básicas que constituyen al híbrido comercial de maíz H-30, por lo que en 1983 dichas líneas contaban con dos ciclos más de autofecundación. Este mismo año se reconstituyeron las cruzas simples hembra y macho de ese híbrido y se les denominó convencionalmente "cruzas simples exploratorias". En 1984 se programó la reconstitución de la craza doble H-30 con líneas de mayor grado de endogamia para lo cual se estableció dadas las limitaciones de semilla parcelas de cuatro surcos para la hembra y de dos surcos para el macho, los surcos fueron de 9 m. de largo por 0.85 m. de ancho y la distancia entre plantas fue de 0.25 m.

Las parcelas de cruzas simples hembra y macho además de utilizarse para la formación de la craza doble, se emplearon para realizar muestreos de plantas individuales y poder registrar su comportamiento respecto a la heterósis del rendimiento y sus componentes morfológicos, sujetando estos datos a un diseño experimental.

#### 3.1. Localización del sitio experimental

La parte experimental se realizó en terrenos del Campo Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX), del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central (CIA-MEC), del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

(INIA), durante el ciclo de cultivo Primavera-Verano de 1984.

El CAEVAMEX se encuentra ubicado en Chapingo, Edo. de México, hacia el kilómetro 33 de la carretera México-Texcoco y se localiza a los 19 17' de latitud norte y 98 53' de latitud Oeste; con una altitud de 2249 msnm.

### 3.2. Clima de la Localidad

De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1973), el clima de esta región corresponde al subtipo C(w) (W) b(1')g, es el subtipo más seco de los climas templados húmedos, con lluvias en verano, el cual es fresco y largo y de poca oscilación térmica mensual.

La precipitación mensual promedio es de 644.8 mm, siendo los meses más lluviosos de mayo a septiembre. La temperatura media anual varía de entre 12 y 18 grados centígrados. Existe presencia de heladas con cierta frecuencia, a fines del mes de septiembre y principios de octubre.

### 3.3. Tipo de Suelos

Son profundos, con estratos superficiales, migajones arenosos o francos, pardo amarillentos y un estrato subyacentes de textura migajón arenoso o arena, pardo amarillenta y consistencia suelta. Estos suelos tienen una capacidad de retención de humedad media, son ligeramente alcalinos y con contenidos medios de materia orgánica.

### 3.4. Preparación del Terreno

Los terrenos del Campo Experimental se barbechan y rastrean después de la cosecha, se vuelven a rastrear y se surcan antes de la siembra.

#### 3.4.1. Siembra de los lotes experimentales

La siembra se realizó depositando una semilla cada 0.25 m. por lo que no hubo necesidad de realizar aclareo de plantas posteriormente. Los surcos tuvieron una longitud de 9.0 m. y una anchura de 0.85 m.

#### Fecha de siembra y riegos

La siembra se realizó el 25 de abril de 1984 y el día 26 se aplicó el riego de nacencia, otros dos riegos se aplicaron a los 20 y 40 días después de la siembra respectivamente. La lluvia complementó el suministro de humedad durante el ciclo del cultivo.

#### 3.4.2. Fertilización

El lote experimental se fertilizó con la fórmula 150-40 00 kilogramos por ha., al momento de la siembra se aplicó la mitad de nitrógeno y todo el fósforo, 60 días después de la siembra se aplicó el complemento de nitrógeno.

### 3.4.3. Labores de Cultivo

La primera y segunda escarda se realizaron a los 40 y - 60 días después de la siembra.

### 3.5. Genotipos

Los genotipos utilizados son cruza s simples, a las cuales se les ha denominado cruza s simples hembra o macho convencionales; para identificar aquellas cruza s formadas en una época pasada y cruza s simples hembra o macho avanzados; para identificar aquellas cruza s formadas recientemente con líneas de mayor grado de endogamia. Concretamente, la diferencia entre las líneas de cruza s convencionales y avanzados es de dos ciclos de autofecundación más en estas últimas - - (ver Cuadro 1).

### 3.6. Diseño experimental y tamaño de parcela

Para este estudio se utilizó el diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, la parcela útil estuvo constituida por 10 plantas las cuales se identificaron aleatoriamente y con competencia completa dentro de cada una de las parcelas hembra y macho, el terreno ocupado por las 10 plantas representó un tamaño de parcela 2.125 m<sup>2</sup>.

### 3.7. Datos registrados

3.7.1. Días a floración masculina. Registrados como el

CUADRO 1. GENEALOGIA DE LAS CRUZAS SIMPLES HEMBRA Y MACHO CONVENCIONALES Y AVANZADAS UTILIZADAS EN ESTE ESTUDIO.

GENEALOGIA		DESCRIPCION	
1.	MICH 21-183	X	MICH 21-181-14-1 CS♀C
2.	MICH 21-183-5-2	X	MICH 21-181-14-1-3-1 CS♀A
3.	MICH 21-183-14-1	X	MICH 21-181-14-1-3-2 CS♀A
4.	MICH 21-183-14-2	X	MICH 21-181-14-1-5-1 CS♀A
5.	MICH 21-183-22-3	X	MICH 21-181-14-1-6-3 CS♀A
6.	MICH 21-183-22-4	X	MICH 21-181-14-1-6-3 CS♀A
7.	MICH 21-183-24-1	X	MICH 21-181-14-1-6-3 CS♀A
8.	MICH 21-183-20-2	X	MICH 21-181-14-1-6-3 CS♀A
9.	MICH 21-88-3-3	X	CR 439 CS♂C
10.	MICH 21-99-3-3-25-4	X	CR 439-3 CS♂A
11.	MICH 21-88-3-3-25-5	X	CR 439-4 CS♂A
12.	MICH 21-88-3-3-32-1	X	CR 439-5 CS♂A
13.	MICH 21-88-3-3-32-2	X	CR 439-2 CS♂A
14.	MICH 21-88-3-3-34-1	X	CR 439-1-1 CS♂A

CS♀ Cruza simple hembra.

CS♂ Cruza simple macho

C Convencional

A Avanzada

número de días ocurridos de la fecha del riego de nacencia a la antesis para cada una de las 30 plantas muestreadas.

3.7.2. Días a floración femenina. Se contó como el número de días transcurridos de la fecha de riego de nacencia a la aparición de los estigmas para cada una de las 30 plantas muestreadas.

3.7.3. Intervalo entre floración femenina y masculina. Se consideró como la diferencia entre los días ocurridos entre floración femenina y la masculina, en las 30 plantas muestreadas.

3.7.4. Area foliar por planta. Este dato se registró en el momento en que las plantas llegaron a antesis y para su determinación se utilizó la siguiente fórmula propuesta por Montgomery (Francis et al 1969):

Area foliar = largo máximo por ancho máximo x 0.75 en cada hoja funcional de cada una de las plantas de la muestra.

3.7.5. Altura de planta. Se cuantificó como la distancia desde el nivel del suelo a la base de la espiga.

3.7.6. Altura de mazorca. Se midió como la distancia desde el nivel del suelo a la base de la inserción de la mazorca principal.

3.7.7. Días a madurez fisiológica. Muestreando periódicamente tres mazorcas por parcela, se determinó el tiempo cuando se manifestara la capa negra en los granos de la parte media de la mazorca.

3.7.8. Período de llenado de grano. Se determinó como el intervalo ocurrido entre el tiempo de madurez fisiológica y el de floración femenina.

3.7.9. Longitud de mazorca. Se consideró como la distancia de la base a la punta de la mazorca principal.

3.7.10. Diámetro de mazorca. Se midió en centímetros - en la parte media de la mazorca principal.

3.7.11. Número de hileras por mazorca. Se cuantificó - en la parte media de la mazorca el número de hileras presentes.

3.7.12. Número de granos por hilera. Se obtuvo mediante un promedio del número de granos presentes en cada hilera de la mazorca.

3.7.13. Peso de 100 granos. Se determinó pesando, una muestra de 100 granos de cada mazorca de la muestra.

3.7.14. Rendimiento biológico. Se consideró como el peso de la materia seca de la planta excepto el de su raíz.

3.7.15. Rendimiento económico. Se determinó como el peso seco total del grano producido por la mazorca.

3.7.16. Índice de cosecha. Se determinó como el cociente del rendimiento económico entre el rendimiento biológico multiplicado por 100.

### 3.8. Análisis estadístico de datos

Para obtener el análisis estadístico de los resultados

obtenidos, se realizan análisis de varianza y prueba de medias en base al método propuesto por Duncan para los 15 caracteres cuantificados. Otro método estadístico empleado fue el de regresión lineal múltiple por cada genotipo empleando el método Stepwise para determinar el grado de dependencia de los componentes de rendimiento con el rendimiento económico y definir los modelos más representativos de las relaciones entre el rendimiento y sus componentes para cada genotipo en estudio.

#### 3.8.1. Procedimiento "Stepwise Regression"

Este procedimiento es de hecho una versión modificada del método Forward la modificación básica que incluye este modelo es la reexaminación en cada etapa o paso de la regresión; de las variables incorporadas al modelo en etapas previas. Así una variable que pudo haber sido la mejor al entrar al modelo en una etapa temprana, pudiera ser superflua en otra etapa posterior, debido a la relación que se establece de ella con otras variables que se vayan introduciendo en la regresión. Para comprobar esto, los valores parciales de "F" para cada variable en la regresión en cualquier etapa del cálculo; son evaluados y comparados con un valor preleccionado de la distribución apropiada de "F". Esto, da un juicio sobre la contribución hecha por cada variable, como si ésta hubiera sido la más recientemente incluida, no consi

derando su punto real de entrada dentro del modelo. La variable que no tenga una contribución significativa es removida del modelo. Este proceso continúa hasta que ya no se admitan ni se rechacen variables, al nivel de significancia estadística establecido.

### 3.8.2. Procedimiento "Backward Elimination".

Este procedimiento se inicia con el uso de la ecuación más grande, que incluye todas las variables y subsecuentemente reduce el número de variables en la ecuación hasta un nivel de significancia dado. Para ello, determina la contribución de cada variable a la suma de cuadrados de la regresión como si cada una estuviera en la última posición. Usando la prueba parcial de F se escoge el valor más bajo y se compara con valores críticos de F, basados en un nivel de significancia. Si los valores son más bajos que los críticos al nivel de significancia dado, se elimina esta variable de la ecuación inicial. Esto se hace con todas las variables hasta que queden aquellas que satisfagan un nivel de significancia dado.

### 3.8.3. Procedimiento "Forward Selection"

Este procedimiento intenta en obtener un resultado similar al Backward, sólo que en otra dirección, insertando variables hasta que la ecuación de regresión sea satisfactoria.

El orden de introducir variables es determinado por el uso de coeficientes de correlación parcial, como una medida de la importancia de las variables que no están en la ecuación. Por esto calcula la correlación de todas las variables independientes con la respuesta, e incluye en la ecuación de regresión aquellas que estén más correlacionadas hasta llegar a incluir aquellas que estén dentro de un nivel de significancia dado.

#### 3.8.4. Prueba de Homogeneidad de varianzas

Para realizar esta prueba se utilizó el método de contraste de Bartlett para contrastar la hipótesis que  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ . Es decir que las varianzas de k poblaciones distribuidas normalmente son iguales. En este procedimiento las muestras son de tamaño  $n_i$ , donde  $\sum n_i = N$ . Si hay varias muestras se sigue el procedimiento de usar  $n_i$  como tamaño de muestra mejor que  $N$ . Se designa la varianza de la muestra  $i$ -ésima por  $s_i^2$ .

De esta manera:

$$M = (N - k) \ln s_p^2 - \sum [n_i - 1] \ln s_i^2$$

$$S_p^2 = \frac{\sum (n_i - 1) s_i^2}{N - k}$$

$$A = \frac{1}{3(k - 1)} \left[ \sum \left( \frac{1}{n_i - 1} \right) - \frac{1}{N - k} \right]$$

$$V_1 = k - 1$$

$$V_2 = \frac{k + 1}{A}$$

$$b = \frac{V_2}{1 - A + (2/V_2)}$$

Entonces la distribución muestral  $F = \frac{V_2 M}{V_1 (b-M)}$  es aproximadamente,  $F (V_1, V_2)$ . El valor obtenido se considera como  $F$  observada y se compara con el valor de  $F$  de la Tabla de Porcentiles de la distribución  $F (V_1, V_2)$  con  $v_1$  grados de libertad para el numerador y  $V_2$  para el denominador. Así si la  $F$  observada es mayor a la  $F$  de tablas se rechaza con el nivel de significancia del 5% la hipótesis que supone que las varianzas son iguales.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Análisis de Varianza

En el Cuadro 2 se presentan los valores de la prueba de F y su significancia estadística para todos los caracteres estudiados. Se puede observar en este cuadro que los híbridos estudiados fueron fenotípicamente diferentes para los 16 caracteres considerados como componentes de rendimiento. El valor de F para cada uno de los caracteres fue altamente significativo. Esto quiere decir que cada uno de los híbridos respondió de manera diferente entre sí en cada uno de los componentes de rendimiento registrados.

##### 4.2. Prueba de Medias

Por otro lado, en el Cuadro 3 que corresponde a la prueba de medias de los caracteres considerados, se aprecia que los híbridos simples avanzados tanto hembra como macho superaron a sus respectivos híbridos simples convencionales en días a floración masculina y femenina. Este hecho muestra que los híbridos avanzados tuvieron un período vegetativo más largo que los convencionales. Esta diferencia se hace más evidente cuando se expresa en porcentaje en relación al híbrido convencional respectivo, como se muestra en el mismo cuadro. En cuanto al carácter días entre flor masculina y femenina (DMF) se aprecia que los híbridos avanzados

CUADRO 2. VALORES DE F DEL ANALISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADISTICA PARA 16 CARACTERES ESTUDIADOS EN HIBRIDOS CONVENCIONALES Y AVANZADOS.

CARACTERES	F	VARIANZA	SIGNIFICANCIA
1. Días a Flor Masculina (DFM)	57.8	5.91	**
2. Días a Flor Femenina (DFF)	32.6	6.37	**
3. Período entre F♂ y F♀ (DMF)	8.9	5.33	**
4. Area Foliar (A.F.)	34.4	50.4	**
5. Altura de Planta (A.P)	32.1	265.23	**
6. Altura de Mazorca (A.MAZ)	10.3	611.30	**
7. días a Madurez (DM)	2563.03	0.193	**
8. Días de Llenado de Grano (DLLG)	27.9	6.15	**
9. Longitud de Mazorca (LMAZ)	10.8	2.72	**
10. Diámetro de Mazorca (DMAZ)	24.9	0.76	**
11. Hileras por Mazorca (HMAZ)	19.0	2.93	**
12. Granos por Hilera (GH)	13.6	16.49	**
13. Peso de 100 granos (P100G)	29.6	20.52	**
14. Rendimiento Biológico (R.B.)	8.3	10543.4	**
15. Rendimiento Económico (R.E.)	4.9	1807.6	**
16. Índice de Cosecha (I.C.)	6.5	30.29	**

\*\* Significancia al 0.01 de probabilidad.

CUADRO 3 VALORES DE LAS MEDIAS, SU SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y PORCIENTO RESPECTO A LOS HIBRIDOS CONVENCIONALES, DE LOS CARACTERES DIAS A FLORACION MASCULINA, FLORA - CION FEMENINA, PERIODO ENTRE FLORACION MASCULINA Y FEMENINA Y AREA FOLIAR PARA LOS 14 HIBRIDOS ESTUDIADOS.

TIPO DE HIBRIDO	VARIABLES POR PLANTA											
	V <sub>1</sub>			V <sub>2</sub>			V <sub>3</sub>			V <sub>4</sub>		
	DIAS A FLOR MASCULINA SIGNIFI CANCIA.	$\bar{X}$	%	DIAS A FLOR FEMENINA SIGNIFI CANCIA.	$\bar{X}$	%	DIAS ENTRE FM Y FF SIGNIFI CANCIA.	$\bar{X}$	%	AREA FOLIAR dm <sup>2</sup> SIGNIFI CANCIA.	$\bar{X}$	%
1. HS C	e	84.2	100	d	92.2	100	de	7.9	100	d	66.4	100
2. HS ♀ A	ab	90.0	106.6	b	97.1	105.3	d	7.1	89	c	70.4	106.0
3. HS ♀ A	ab	90.4	107.3	a	98.3	106.6	dc	7.9	100	a	76.0	114.5
4. HS ♀ A	bc	89.0	105.7	bc	96.2	104.3	d	7.1	89	a	79.0	118.9
5. HS ♀ A	ab	90.1	107	a	97.7	105.9	de	7.5	94.9	c	70.0	105.4
6. HS ♀ A	a	90.8	107.8	a	97.8	106.0	d	7.2	91.1	d	66.6	100.3
7. HS ♀ A	a	90.7	107.7	a	98.5	106.8	de	7.4	93.6	ab	75.3	113.4
8. HS ♀ A	ab	90.4	107.3	ab	97.2	105.4	d	6.8	86.0	bc	71.7	107.9
9. SH ♂ C	g	80.3	100	e	90.8	100	a	10.4	100	e	59.3	100
10. SH ♂ A	d	85.7	106.7	c	95.6	105.2	ab	9.8	94.2	e	56.7	95.6
11. HS ♂ A	f	82.7	102.9	ed	91.1	100.3	bc	8.7	83.6	e	55.9	94.2
12. HS ♂ A	ed	85.4	106.3	c	95.6	105.2	a	10.1	97.1	e	58.1	97.9
13. HS ♂ A	c	88.3	109.9	a	97.8	107.7	ab	9.8	94.2	d	65.8	110.9
14. HS ♂ A	d	86.6	107.8	c	95.3	104.9	bc	8.7	83.6	c	60.0	101.1

HS ♀ Híbrido simple hembra  
 HS ♂ Híbrido simple macho

C = Convencional o Testigo  
 A = Avanzado

Los híbridos con diferente letra son estadísticamente diferentes en base a la prueba de Duncan al 5% de significancia.

tanto hembra como macho acortaron tal periodo. Esto significa que tiende a haber más sincronización entre la dispersión de polen y la emisión de estigmas para los híbridos avanzados. Y esto, según Mock y Pearce (1975), es conveniente para mejorar el rendimiento en los maíces híbridos.

De manera general se puede señalar, en base a los resultados anteriores, para los híbridos de cruza simple hembra y macho constituidas con líneas de mayor grado de endogamia que tuvieron una mayor respuesta de heterosis para los periodos días a flor masculina (+ 7%), días a flor femenina (+ 5%); además presentaron mayor sincronización entre la emergencia de sus órganos reproductores.

En el carácter área foliar los híbridos simples avanzados hembra presentaron una respuesta favorable en efectos heteróticos que varió de 5 a 18%. Los híbridos simples avanzados macho no manifestaron efectos heteróticos en este carácter, pues prácticamente todos son inferiores en área foliar al híbrido simple convencional respectivo.

En resumen se puede decir que los híbridos simples avanzados hembra y macho considerados en este estudio prolongaron su periodo vegetativo, mejoraron significativamente su sincronización entre floración masculina y femenina, y la magnitud de área foliar, aunque solamente en los híbridos considerados como hembra. Estos resultados son la respuesta de los cruzamientos entre líneas que llevaban

dos ciclos más de endogamia respecto a las originales.

Esta situación deja ver que para los caracteres días a flor masculina, días a floración femenina, periodo entre ambas floraciones y área foliar, es factible mejorar su comportamiento y sus respuesta heteróticas en híbridos de maíz cuando se integran con líneas de mayor grado de endogamia.

En el Cuadro 4 en donde se muestran las pruebas de significancia de medias para los caracteres Altura de Planta, Altura de Mazorca, Días a Madurez y Días de Llenado de Grano, se observa que todos lo híbridos simples avanzados superaron a sus respectivos híbridos convencionales.

Para el caracter Altura de Planta se observó que todos los híbridos simple hembra avanzados superaron estadísticamente al híbrido simple convencional. El híbrido simple avanzado número cuatro mostró mayor porte entre sus respectivos híbridos avanzados. Todos los híbridos simple macho avanzados fueron superiores al convencional a excepción del híbrido simple avanzado macho número 11 que tuvo un porcentaje inferior al testigo. La respuesta heterótica para este caracter varió de 6 a 20% en los híbridos hembra avanzados y de 2 a 9% para los híbridos simple macho respectivos.

En la variable Altura de Mazorca se observa un comportamiento similar al del caracter Altura de la Planta. To-

CUADRO 4 VALORES DE LAS MEDIAS, SU SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y PORCIENTO RESPECTO A LOS HIBRIDOS CONVENCIONALES, DE LOS CARACTERES ALTURA DE PLANTA, ALTURA DE MAZORCA, DIAS A MADUREZ Y DIAS DE LLENADO DE GRANO, PARA LOS 14 HIBRIDOS ESTUDIADOS.

TIPO DE HIBRIDO	V A R I A B L E S P O R P L A N T A											
	V <sub>5</sub> ALTURA DE PLANTA SIGNIFI X % CANCIA			V <sub>6</sub> ALTURA DE MAZORCA SIGNIFI X % CANCIA			V <sub>7</sub> DIAS A MADUREZ SIGNIFI X % CANCIA			V <sub>8</sub> DIAS LLENADO GRANO SIGNIFI X % CANCIA		
1. HS y C	d	235.1	100	ccd	134.2	100	c	181.2	100	f	89.0	100
2. HS y A	c	250.8	106.6	bcd	140.5	104.6	a	192.0	105.9	bc	94.6	106.2
3. HS y A	b	272.3	115.8	a	157.3	117.2	a	192.0	105.9	dc	93.9	105.5
4. HS y A	a	284.4	120.9	a	166.2	123.8	a	192.0	105.9	ab	95.9	107.6
5. HS y A	b	265.6	112.9	a	160.3	119.4	a	192.0	105.9	c	94.2	105.8
6. HS y A	b	267.8	113.9	ab	152.0	113.2	a	192.0	105.9	c	94.1	105.7
7. HS y A	c	251.0	106.7	a	161.3	120.1	a	192.0	105.9	dc	93.8	105.3
8. HS y A	c	256.6	109.1	a	156.8	116.8	a	192.0	105.9	bc	94.7	106.4
9. HS y C	d	230.3	100	cd	126.8	100	d	179.6	100	f	88.8	100
10. HS y A	c	248.3	107.9	ccd	128.7	101.4	b	188.0	104.6	c	92.4	104.0
11. HS y A	d	228.2	99.0	c	125.1	98.6	b	188.0	104.6	o	96.9	109.1
12. HS y A	d	237.4	103.8	cd	127.1	100.2	b	188.0	104.6	c	92.4	104.0
13. HS y A	d	236.0	102.4	bc	142.2	112.1	b	188.0	104.6	f	90.1	101.4
14. HS y A	c	252.0	109.4	bc	141.7	111.7	b	188.0	104.6	cd	92.7	104.3

dos los híbridos simples avanzados hembra superaron a los convencionales, sobresaliendo también, en este caso el híbrido simple hembra avanzado 4. Por otra parte, los híbridos superiores al convencional respectivo, a excepción del híbrido número 11. La respuesta heterótica para Altura de Mazorca fue de 4 a 23% en los híbridos simple hembra y de 1 a 12% para los híbridos simple macho.

En el carácter Días a Madurez (DM) se encontró que los híbridos simples avanzados hembra alargaron el periodo que va de la siembra a la madurez de la mazorca y fueron significativamente superiores al híbrido convencional. Este comportamiento fue similar para los híbridos simples avanzados macho en relación a su híbrido convencional respectivo. Esto significa un aumento en el ciclo biológico de los híbridos. La respuesta heterótica para Días de Llenado de Grano fue de 5.9% en los híbridos simples avanzados hembra y de 4.6% en los híbridos simple avanzados macho.

En el mismo Cuadro 4 se observa que los híbridos avanzados, tanto hembra como macho, tuvieron un aumento significativo en los Días de Llenado de Grano (DLLG) en relación a sus respectivos híbridos convencionales. Estos últimos presentaron el nivel de significancia más bajo. Entre los híbridos simple avanzados hembra sobresale el número 11.

La respuesta heterótica para este carácter varió de 5 a 7 en los híbridos simple avanzados macho y de 1 a 9 para

Los híbridos simple avanzados macho.

En resumen, los anteriores resultados nos permiten apreciar que hay una manifestación de mayor nivel de heterosis para Altura de Planta, Altura de Mazorca, Días a Madurez y Días de Llenado de Grano.

El significado y la importancia de este último estriba en que los híbridos simples hembra y macho integrados con líneas de mayor grado de endogamia generan plantas de mayor porte, de mayor periodo de llenado de grano y de mayor ciclo biológico. En los mismos términos los resultados obtenidos (Cuadro 1) en floración masculina y femenina también demuestran el alargamiento del ciclo biológico.

En el Cuadro 5 en donde se presentan las pruebas de medias para los caracteres Longitud de Mazorca, Diámetro de Mazorca, Número de Hileras por Mazorca y Número de Granos por Hilera, se aprecia en forma general que en los híbridos simples avanzados hembra no hubo respuesta heterótica en relación a sus híbridos simples convencionales respectivos. Por lo contrario en los cuatro caracteres considerados los híbridos simples avanzados macho sí respondieron favorablemente, en su expresión heterótica, respecto a su híbrido testigo convencional.

De esta manera se aprecia en el apartado correspondiente a la Longitud de la Mazaorca que todos los híbridos simples avanzados hembra tuvieron un menor valor promedio que

CUADRO 5 VALORES DE LAS MEDIAS, SU SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y PORCIENTO RESPECTO A LOS HIBRIDOS CONVENCIONALES DE LOS CARACTERES DE LONGITUD DE MAZORCA, DIAMETRO DE MAZORCA, NUMERO DE HILERAS POR MAZORCA Y NUMERO DE GRANOS POR HILERA, PARA LOS 14 HIBRIDOS ESTUDIADOS.

TIPO DE HIBRIDO	VARIABLES POR PLANTA											
	V <sub>9</sub>			V <sub>10</sub>			V <sub>11</sub>			V <sub>12</sub>		
	LONGITUD DE MAZORCA SIGNIFICANCIA.	$\bar{X}$	%	DIAMETRO DE MAZORCA SIGNIFICANCIA.	$\bar{X}$	%	No. HILERA POR MAZORCA SIGNIFICANCIA.	$\bar{X}$	%	No. DE GRANOS X HILERA SIGNIFICANCIA.	$\bar{X}$	%
1. HS ♀ C	bcd	17.8	100	abc	18.0	100	bc	18.2	100	bc	36.2	100
2. HS ♀ A	efd	16.9	94.9	bcd	17.8	98.8	fge	17.0	93.4	cf	31.4	86.7
3. HS ♀ A	efcd	17.2	96.6	cdc	17.63	97.9	fg	16.3	82.5	de	33.4	92.2
4. HS ♀ A	efcd	17.1	96.6	efg	17.16	95.3	g	16.2	82.0	de	33.5	92.5
5. HS ♀ A	fg	16.4	96.0	ab	18.13	100.7	cbd	19.0	98.9	def	32.4	89.5
6. HS ♀ A	fg	16.6	93.2	edf	17.4	96.6	ced	17.3	95.0	def	32.4	89.5
7. HS ♀ A	efg	16.7	93.8	gf	17.0	94.4	ced	17.7	97.2	def	33.0	91.1
8. HS ♀ A	g	15.8	88.7	a	18.4	102.2	b	18.9	103.8	f	30.7	84.8
9. HS ♂ C	bc	17.9	100	i	15.2	100	fged	17.1	100	bc	36.1	100
10. HS ♂ A	a	19.2	107.2	h	16.5	108.5	fed	17.2	100.5	a	38.7	107.2
11. HS ♂ A	ccd	17.7	98.8	hg	16.8	110.5	b	18.9	110.5	a	38.8	107.4
12. HS ♂ A	ab	18.7	104.4	gh	17.1	112.5	a	20.5	119.1	ab	37.7	104.4
13. HS ♂ A	fg	16.6	92.7	hg	16.8	110.5	bc	18.3	107.0	de	34.0	94.1
14. HS ♂ A	ab	18.6	103.9	cdf	17.4	114.4	a	20.7	121.0	ab	37.5	103.8

el híbrido simple convencional respectivo. Esta respuesta fue similar para los híbridos simple macho avanzados respecto a su híbrido convencional, a excepción de los híbridos 10 y 12, que si fueron estadísticamente superiores.

En el caracter Diámetro de Mazorca (DMZ) los híbridos avanzados hembra no tuvieron respuesta heterótica, respecto a su convencional respectivo, a excepción de los híbridos simple 5 y 8, que tuvieron una pequeña superioridad, aunque estadísticamente no son significativas las diferencias.

Por lo contrario, los híbridos simples avanzados macho son superiores estadísticamente al híbrido simple convencional macho respectivo, éste último obtuvo el más bajo nivel de significancia en este caracter. Entre los híbridos simples avanzados macho sobresalió el 14.

La respuesta heterótica fue de 2% en un sólo híbrido de los híbridos avanzados hembra y en los machos varió de 8 a 14%.

Para el caracter Hilera por Mazorca en los híbridos simples avanzados hembra sólo el número ocho se comportó superior al híbrido simple convencional hembra en términos de porcentaje, aunque estadísticamente ambos son iguales. Entre los híbridos simples avanzados macho sólo el número 10 fue estadísticamente igual al convencional respectivo para este mismo caracter. Los demás híbridos simples avan-

zados macho muestran niveles de significancia superiores al mismo híbrido convencional, sobresaliendo los híbridos 12 y 14. Por tanto la respuesta heterótica fue, en el caso de los híbridos hembra de 3 y de 7 a 21% en los híbridos simples macho.

En el mismo Cuadro 5 se observa que el carácter Granos por Hilera (GH) hubo un comportamiento similar a caracteres anteriores de la mazorca. Todos los híbridos simple avanzados hembra no superaron a su híbrido convencional. Tal diferencia expresada en porcentaje lo hace más evidente. Por lo tanto, para este carácter no hubo respuesta heterótica en los híbridos simples avanzados hembra evaluados.

Por otro lado, los híbridos simples avanzados macho fueron superiores a su híbrido simple respectivo, a excepción del número 13. Entre los híbridos avanzados macho el número 10 y 11 tuvieron niveles de significancia superior a su híbrido convencional testigo. En este caso la respuesta heterótica vario de 3 a 7%.

En resumen del Cuadro 5 se aprecia que un aumento del nivel de endogamia en las líneas que integran a las cruzas simple macho permite mayores efectos heteróticos en los componentes de la mazorca; de ahí que sea factible su mejoramiento al aumentar el número de autofecundaciones en las líneas. Por lo contrario los híbridos simple hembras muestran una limitación en la mazorca, con el aumento de endo-

gamia en las líneas que las integran. Esto puede atribuirse a que en las cruzas simples hembras las líneas originales ya tenían un nivel considerable de endogamia (3 o 4 autofecundaciones) en tanto que las cruzas simples macho, las líneas que las integran tienen un bajo nivel de endogamia, dos o ningún grado de endogamia (por ejemplo el Cr439). Al respecto se puede señalar que al aumentar el nivel de endogamia en estas líneas respecto a las originales y con ellas integrar los híbridos simples avanzados, ocurre una ausencia de respuesta heterótica para tales caracteres, cabe señalar que se está partiendo de líneas que tenían 3 ciclos de endogamia originalmente y quizás para estas líneas sea suficiente el nivel de endogamia para provocar mayor nivel de efectos heteróticos en las cruzas simples.

En el último cuadro, en donde se presentan los resultados de prueba de medias de los caracteres, Peso de 100 granos ( P 100 g); Rendimiento Biológico (R.B.); Rendimiento Económico (R.E.) e Índice de Cosecha (I.C.). Para los 14 híbridos estudiados se aprecia que en los 3 primeros caracteres los híbridos avanzados tanto hembra como macho tuvieron respuestas heteróticas, mientras que en el carácter índice de cosecha fueron estadísticamente iguales, aunque en términos de porcentaje inferiores.

En este mismo Cuadro 6, en el apartado Peso de 100 Granos, se observa que los híbridos simples avanzados hembra,

CUADRO 6 VALORES DE LAS MEDIAS, SU SIGNIFICANCIA ESTADISTICA Y PORCIENTO RESPECTO A LOS HIBRIDOS CONVENCIONALES DE LOS CARACTERES DE PESO DE 100 GRANOS, RENDIMIENTO - BIOLÓGICO, RENDIMIENTO ECONOMICO E INDICE DE COSECHA PARA LOS 14 HIBRIDOS ESTUDIADOS.

TIPO DE HIBRIDO	VARIABLES POR PLANTA											
	PESO DE 100 GRANOS $V_{14}$			RENDIMIENTO BIOLÓGICO $V_{14}$			RENDIMIENTO ECONOMICO $V_{15}$			INDICE DE COSECHA $V_{16}$		
	SIGNIFICANCIA			SIGNIFICANCIA		SIGNIFICANCIA		SIGNIFICANCIA		SIGNIFICANCIA		
1. HS $\varphi$ C	ed	38.1	100	ef	551.8	100	bc	219.6	100	bcde	39.0	100
2. HS $\varphi$ A	ab	42.7	112.0	abdee	580.5	105.2	bcd	223.2	101.6	feg	38.1	95.4
3. HS $\varphi$ A	a	43.7	114.6	ab	640	115.9	ab	241.3	109.8	efg	37.8	94.7
4. HS $\varphi$ A	bcd	40.5	106.2	a	647	117.2	abc	233.5	106.3	fg	36.2	90.7
5. HS $\varphi$ A	abc	41.4	108.6	abcd	616.8	111.7	bc	229.3	104.4	feg	37.5	93.9
6. HS $\varphi$ A	cde	39.9	104.7	cdef	573.3	103.8	bcd	226.6	103.1	cdef	39.3	96.4
7. HS $\varphi$ A	e	37.8	99.2	abcde	608.3	110.2	dc	215.3	98.0	g	35.4	88.7
8. HS $\varphi$ A	bc	41.0	107.6	bcde	581.9	105.4	bc	229.8	104.6	edf	38.9	97.4
9. HS $\varphi$ C	g	28.2	100	g	439.8	100	e	184.2	100	ab	42.6	100
10. HS $\varphi$ A	f	34.8	123.4	ef	548.8	124.7	bc	228.73	123.8	abc	42.13	98.8
11. HS $\varphi$ A	f	33.13	117.4	f	519.0	118.0	bcd	222.3	120.6	a	43.2	101.4
12. HS $\varphi$ A	f	33.7	119.5	abc	624.23	141.9	a	255	138.4	abcd	41.4	97.1
13. HS $\varphi$ A	f	34.8	123.4	edf	559.5	127.2	ed	203.0	110.2	fg	36.4	85.4
14. HS $\varphi$ A	f	33.3	118	cde	580.3	131.9	ab	241.4	131.0	abc	42.10	98.8

a excepción del 7, superaron al híbrido hembra convencional siendo los híbridos avanzados 2, 3, 5 y 8 estadísticamente superiores al híbrido convencional. En lo que se refiere a los híbridos simple avanzados macho la superioridad estadística de éstos en relación a su testigo respectivo, es mas elocuente. Esto es así quizás por que las líneas de los híbridos simples convencionales tenían el más bajo nivel de endogamia (ver genealogía de los híbridos). La respuesta heterótica para estos caracteres es de 4 a 14% en los híbridos simple hembra y de 17 a 23% en los machos.

Para el caracter Rendimiento Biológico, el híbrido simple convencional hembra tuvo la menor producción de materia seca total. En términos de porcentaje fue superado por todos los híbridos avanzados respectivos, aunque estadísticamente sólo por los híbridos 3, 4, 5 y 7. La respuesta heterótica de estos híbridos fue de 3 a 17%.

En lo que se refiere al híbrido simple convencional macho obtuvo también, un nivel de significancia menor que cualquiera de los híbridos simple avanzados macho. También presentó el valor medio más bajo de producción de materia seca total de todos lo híbridos estudiados. La respuesta heterótica de sus híbridos avanzados fue de 18 a 41%.

En el caracter Rendimiento Económico (RE), en el apartado correspondiente en el mismo cuadro 6 se observa que los híbridos simple avanzados hembra obtuvieron un rendimi-

ento medio estadísticamente superior al convencional respectivo, en términos de porcentaje se aprecia más claro a excepción del híbrido número 7, que tuvo un 2% menos en su rendimiento medio que el testigo.

Los híbridos simple avanzados macho tuvieron rendimientos medios superiores estadísticamente al híbrido testigo, a excepción del número 13, el cual tuvo el mismo nivel de significancia que el híbrido convencional, pero en términos de porcentaje también fue superior al testigo. El híbrido avanzado macho número 12 presenta el mayor nivel de significancia. La respuesta heterótica para estos híbridos varió de 10 a 38%.

Siguiendo en este mismo Cuadro 6 en el apartado del Índice de Cosecha (IC) los híbridos simples avanzados hembra no lograron superar al híbrido simple convencional, aunque algunos son estadísticamente iguales a él (híbridos 2, 3, 5, 6 y 7). Aunque al expresar el valor promedio del índice de cosecha en porcentaje, ninguno igualó al híbrido convencional.

Por otra parte los híbridos simples avanzados macho fueron estadísticamente iguales al convencional, a excepción del número 13, quien obtuvo el nivel de significancia más bajo. En términos de porcentaje el híbrido simple avanzado macho número 11 superó ligeramente al convencional, aunque estadísticamente fueron iguales.

#### 4.3. Análisis de Regresión

De los tres procedimientos empleados Backward, Forward y Stepwise, se consideró utilizar los resultados arrojados por el último procedimiento, ya que combina secuencialmente y en forma simultánea a todas las variables para determinar aquellas que tengan valores más altos de correlación con el rendimiento.

En lo que se refiere al análisis de regresión realizado por el método Stepwise, se presenta en el Cuadro 7 a las variables que, de acuerdo al procedimiento de regresión múltiple empleado, integran a las mejores ecuaciones de regresión determinada por su coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y por un nivel de significancia al 0.01% para cada uno de los híbridos. Las variables que aparecen son las que mantienen una correlación estadísticamente significativa con el rendimiento.

De esta manera al observar el Cuadro 7 el híbrido convencional hembra presenta tres variables correlacionadas con el rendimiento; ellas son rendimiento biológico, índice de cosecha y días a flor masculina, esta última variable con efectos marginales negativos sobre el rendimiento. Por su parte los valores positivos del rendimiento biológico e índice de cosecha significan que con aumentos en ellos deberá haber aumentos en el rendimiento. Un mayor índice

CUADRO 7 ANALISIS DE REGRESION: VARIABLES QUE APARECEN EN LA ECUACION DE REGRESION USANDO EL PROCEDIMIENTO STEPWISE.

TIPO DE HIBRIDO	VARIABLES	R <sup>2</sup>	SIGNIFICANCIA PARA EL MEJOR MODELO DE REGRESION
1. HS ♀ C	V <sub>1</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	97.6	**
2. HS ♀ A	V <sub>3</sub> , V <sub>5</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	98.5	**
3. HS ♀ A	V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	98.2	**
4. HS ♀ A	V <sub>4</sub> , V <sub>5</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	99.0	**
5. HS ♀ A	V <sub>3</sub> , V <sub>12</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	92.2	**
6. HS ♀ A	V <sub>12</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	98.3	**
7. HS ♀ A	V <sub>2</sub> , V <sub>8</sub> , V <sub>11</sub> , V <sub>12</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	99.6	**
8. HS ♀ A	V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	83.7	**
9. HS ♂ C	V <sub>11</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	98.5	**
10. HS ♂ A	V <sub>8</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	98.5	**
11. HS ♂ A	V <sub>9</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	96.6	**
12. HS ♂ A	V <sub>3</sub> , V <sub>4</sub> , V <sub>5</sub> , V <sub>10</sub> , V <sub>12</sub> , V <sub>13</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	99.5	**
13. HS ♂ A	V <sub>3</sub> , V <sub>4</sub> , V <sub>9</sub> , V <sub>10</sub> , V <sub>11</sub> , V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	99.4	**
14. HS ♂ A	V <sub>14</sub> , V <sub>16</sub>	98.2	**

\*\* Estadísticamente significativos al 0.01 de probabilidad.

R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación

de cosecha significa mas porcentaje del rendimiento biológico convertido a grano. El comportamiento adverso de días a flor masculina se debe a una prolongación del periodo vegetativo que puede implicar menor periodo de llenado de grano.

En el primer híbrido avanzado hembra, la ecuación de regresión contiene, además de las variables rendimiento biológico e índice de cosecha que presentan, también, efectos marginales positivos sobre el rendimiento, a las variables días a flor femenina y altura de planta con efectos marginales adversos al rendimiento. El primero de estos dos últimos caracteres tiene un efecto similar el híbrido convencional, mientras que en altura de planta, la explicación se da porque al aumento de altura se desvían asimilados para las partes vegetativas, disminuyéndolos para el grano.

En el segundo híbrido hembra avanzado presenta en su ecuación de regresión solo a las variables rendimiento biológico e índice de cosecha. Lo mismo sucede para el híbrido número 8. Solo las variables mencionadas tuvieron una significancia estadística que les permite aparecer en la ecuación.

Por su parte la ecuación del híbrido avanzado hembra número 4 contiene también a las variables rendimiento biológico e índice de cosecha con efectos marginales positivos; y a las variables área foliar y altura de planta. La primera de estas dos últimas mantiene un efecto marginal adverso

hacia el rendimiento económico. Hay que mencionar que esta variedad obtuvo el mayor aumento en área foliar, pero presentó también el más bajo índice de cosecha. Esto quizás pueda explicarse porque aumentos en la magnitud del área foliar disminuye su eficiencia en el sentido de aportar menos asimilados hacia el grano. Por otro lado el carácter Altura de Planta afecta positivamente el rendimiento económico, lo que puede mostrar que los aumentos en el porte de planta incluyen un aumento en el tamaño de mazorca.

En la ecuación del híbrido hembra avanzado número 5, al igual que en las ecuaciones anteriores se presentan los caracteres rendimiento biológico e índice de cosecha con efectos marginales positivos; igualmente aparece la variable días a flor masculina, con efectos marginales negativos. Una disminución en el número de hileras por mazorca o menor peso de grano. Pero contrariamente a esto, éste híbrido presentó aumentos en el peso de grano y aunque si tuvo menor número de hileras por mazorca fue estadísticamente igual al testigo (ver Cuadro de Medias). La explicación de lo anterior sería que con el aumento de granos disminuye el número de hileras y aunque aumenta el peso de grano, no permite una compensación que deje que el aumento de granos por hilera tenga efectos positivos sobre el rendimiento.

En la ecuación correspondiente al híbrido número 6, también se presenta a la variable granos por hilera con el

mismo comportamiento que en la ecuación anterior. A la vez que presenta a las variables rendimiento biológico e índice de cosecha con efectos marginales positivos. A diferencia del híbrido anterior en el híbrido 6 sí disminuye el número de hileras por mazorca, y hubo aumentos en el peso de 100 granos, de acuerdo al cuadro de prueba de medias.

El 7º híbrido avanzado hembra presenta en su ecuación de regresión un mayor número de variables, incluye a las variables rendimiento biológico e índice de cosecha que también presentan un comportamiento positivo hacia el rendimiento. En esta ecuación aparecen las variables días a flor femenina, días de llenado de grano, hileras de grano por mazorca y granos por hilera, todas ellas con efectos marginales negativos.

La primera de ellas se entiende porque sus aumentos disminuyen las probabilidades de fecundación y acorta el periodo de llenado de grano. Sin embargo de acuerdo a la ecuación aumentos en el periodo de llenado de grano afecta adversamente al rendimiento; la explicación de esta situación es que si bien el aumento del periodo de llenado de grano implica más posibilidades de almacenamiento de asimilados en el grano, que de hecho debe haber ya que este híbrido presenta aumentos significativos en el área foliar; entonces debe haber una disminución en la tasa de asimilación, lo que hace los bajos índices de cosecha de estos

híbridos muestran una menor eficiencia.

Por otra parte los efectos adversos en hileras por mazorca y granos por hilera deberfan repercutir en aumentos en la producción de grano total y por ello afectar positivamente al rendimiento económico.

Revisando el Cuadro 6 observamos que éste híbrido presenta el menor peso de grano, que incluso es menor al híbrido convencional. Lo que muestra que puede haber una descompensación con el aumento de grano, ya que al aumentar el número de granos estos disminuyen de peso.

En lo que se refiere a las cruzas simples consideradas como macho se encontró lo siguiente.

En el híbrido convencional macho presenta una ecuación de regresión que incluye a las variables rendimiento biológico e índice de cosecha con efectos marginales positivos. Incluye también a la variable hileras por mazorca con un efecto adverso al rendimiento. Los aumentos en esta variable, quizás repercuten en menor peso de grano. Este híbrido convencional presenta el más bajo peso de grano entre los híbridos evaluados.

El primer híbrido avanzado macho que corresponde al número 10 los caracteres rendimiento biológico e índice de cosecha vuelven a presentarse con un comportamiento positivo; en la misma ecuación aparece también el carácter días de llenado de grano con un efecto marginal adverso al ren-

dimiento. De manera lógica aumentos en este periodo debe conducir a más asimilación de fotosintatos en la mazorca o en el grano. Observando los cuadros de pruebas de medias, se aprecia que este híbrido obtuvo valores superiores en los caracteres peso de grano, diámetro de mazorca, granos por hilera, y obtuvo el valor más bajo para el carácter hileras por mazorca. Por lo que tendría que haber un aumento de rendimiento al aumentar estos caracteres igual que con aumentos en el periodo de llenado de grano. El aumento de tal periodo y la disminución del rendimiento de grano se debe a que disminuye la tasa de asimilación hacia el grano; sin embargo este híbrido presenta altos pesos de grano. Quizás la explicación no pueda darse solo con estos resultados y requiera de otro trabajo más detallado.

Para el híbrido avanzado macho, con el número 11 la ecuación incluye, además de las variables, rendimiento biológico e índice de cosecha con efectos similares a los casos anteriores, a la variable longitud de mazorca con efectos también positivos. Es decir, que para este híbrido el rendimiento económico está en función parcialmente de aumentos en la magnitud de mazorca; esto último, para que tenga tales efectos, debe presentar mayor tamaño de grano o más granos por hilera. Este híbrido, al igual que el número 10, presenta el porcentaje de ganancia más alto en el número de granos por hilera.

La ecuación del híbrido avanzado macho número 12 incluye 8 variables; el rendimiento biológico e índice de cosecha con efectos positivos y a las variables días a flor masculina, área foliar, altura de planta, diámetro de mazorca, granos por hilera y peso de 100 granos con efectos negativos sobre el rendimiento. Para el carácter días a flor masculina su comportamiento se debe a que se prolonga el periodo vegetativo. Esta variedad obtuvo uno de los periodos más cortos de llenado de grano. De la misma forma aumentos en área foliar y altura de planta por ser caracteres vegetativos el efecto se da por disminuir la cantidad de asimilados hacia el grano, aunque el presente híbrido presentó una área foliar menor que el testigo. Por otro lado la explicación del efecto negativo de los aumentos en diámetro de mazorca, puede ser que tales aumentos estén dados solo por el aumento del olote, lo que hace disminuir el porcentaje de grano por mazorca.

Los efectos adversos de granos por hilera se deben dar por disminución en el número de hileras o disminución del peso de grano. Por su parte en el carácter peso de 100 granos no podría concebirse que aumentos en el grano disminuya el rendimiento a no ser que disminuya el número de granos por mazorca.

El híbrido número 13 presenta en su ecuación las variables días a flor masculina y área foliar con efectos negati

vos y longitud de mazorca, hileras por mazorca, rendimiento biológico e índice de cosecha con efectos marginales positivos. El comportamiento de los dos primeros caracteres, se entiende que se aumenta el periodo vegetativo y hay una disminución de asimilados de grano, el área foliar disminuye su eficiencia fisiológica. Por otro lado los caracteres longitud, diámetro de mazorca e hileras por mazorca son caracteres cuyos aumentos repercuten en aumentos de producción de grano. Este híbrido presenta un comportamiento en el componente de mazorca, fisiológicamente más lógica, ya que aumentos en los caracteres de mazorca se aumenta el rendimiento. Los últimos caracteres rendimiento económico e índice de cosecha siguen el mismo patrón que en los demás híbridos.

El último híbrido avanzado macho solo contiene en su ecuación a las variables rendimiento biológico o índice de cosecha, caracteres que en todos los híbridos tuvieron comportamientos marginales sobre el rendimiento.

#### 4.4. Prueba de Homogeneidad de Varianzas

Mediante este procedimiento estadístico se encontró, como se aprecia en el Cuadro 8 que los ocho híbridos hembra presentan varianzas fenotípicas poblacionales estadísticamente iguales en caracteres días a flor masculina, periodo de llenado de grano, longitud de mazorca, diámetro de ma-

CUADRO 8 CONTRASTE DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS EN 15 CARACTERES ENTRE LA CRUZA SIMPLE HEMBRA CONVENCIONAL Y - LAS AVANZADAS.

CARACTER	$F_c$	$F_{0.05}$	$F_{.01}$	SIGNIFICANCIA
Días a Flor Masculina	1.70	2.01	3.47	N.S.
Días a Flor Femenina	2.39	2.01	3.47	*
Perfodo entre Flor♂ y Flor♀	3.60	2.01	3.47	**
Area Foliar	2.76	2.01	3.47	*
Altura de Planta	4.48	2.01	3.47	**
Altura de Mazorca	3.15	2.01	3.47	*
Perfodo de Llenado de grano	1.19	2.01	3.47	N.S.
Longitud de Mazorca	0.46	2.01	3.47	N.S.
Diámetro de Mazorca	1.58	2.01	3.47	N.S.
Hileras por Mazorca	3.84	2.01	3.47	N.S.
Granos por Hilera	1.66	2.01	3.47	**
Peso de 100 granos	1.99	2.01	3.47	N.S.
Rendimiento Biológico	0.94	2.01	3.47	N.S.
Rendimiento Económico	6.22	2.01	3.47	**
Indice de Cosecha	4.19	2.01	3.47	**

\* Significativo al 0.05 de probabilidad

\*\* Altamente significativo al 0.01 de probabilidad

N.S. Estadísticamente no significativo.

CUADRO 9 CONTRASTE DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS EN 15 CARACTERES ENTRE LA CRUZA SIMPLE MACHO CONVENCIONAL Y LAS AVANZADAS.

CARACTER	F <sub>c</sub>	F <sub>0.05</sub>	F <sub>.01</sub>	SIGNIFICANCIA
Días a Flor Masculina	1.17	2.21	4.10	N.S.
Días a Flor Femenina	1.28	2.21	4.10	N.S.
Período entre Flor ♂ y Flor ♀	1.18	2.21	4.10	N.S.
Area Foliar	2.11	2.21	4.10	N.S.
Altura de Planta	1.4	2.21	4.10	N.S.
Altura de Mazorca	1.77	2.21	4.10	N.S.
Días de Llenado de Grano	0.93	2.21	4.10	N.S.
Longitud de Mazorca	2.19	2.21	4.10	N.S.
Diámetro de Mazorca	1.62	2.21	4.10	N.S.
Hileras por Mazorca	3.08	2.21	4.10	*
Granos por Hilera	2.04	2.21	4.10	N.S.
Peso de 100 granos	1.23	2.21	4.10	N.S.
Rendimiento Biológico	0.77	2.21	4.10	N.S.
Rendimiento Económico	3.09	2.21	4.10	*
Indice de Cosecha	2.22	2.21	4.10	*

\* Significativo al 0.05 de probabilidad

\*\* Altamente significativo al 0.01 de probabilidad

N.S. Estadísticamente no significativo.

zorca, granos por hilera, peso de 100 granos y rendimiento biológico. Lo que significa que existe la misma variabilidad fenotípica o nivel de población para tales caracteres. Mientras que las varianzas para los caracteres días a flor femenina, área foliar, altura de mazorca son estadísticamente diferentes al 0.05 de probabilidad. En los caracteres periodo entre flor masculina y femenina, altura de planta, hilera por mazorca, rendimiento económico e índice de cosecha las poblaciones contras todas tienen varianzas con una diferencia estadística altamente significativa. Lo que representa que para los rasgos en los cuales hubo significancia existen poblaciones entre los híbridos evaluados, con mayor uniformidad fenotípica.

Por otro lado, observando el Cuadro 9 parece que los híbridos simple macho tuvieron un comportamiento diferente a los híbridos hembra, ya que sólo en los caracteres hileras por mazorca, rendimiento económico e índice de cosecha las poblaciones de los primeros tuvieron varianzas significativamente diferentes. En los demás rasgos los 6 híbridos simples macho presentan varianzas estadísticamente iguales lo que significa que existe una variabilidad poblacional semejante para tales caracteres.

## V. DISCUSION

Como se mencionó en la introducción, el tema de este trabajo es heterosis, y por ello sería conveniente antes de iniciar este apartado correspondiente a la discusión de resultados, es necesario mencionar que el material evaluado bajo este tópico quizás no permita abarcar cabalmente el fenómeno de heterosis ya que solo se usaron poblaciones o individuos de cruzas simples, conformadas por líneas con diferente nivel de homocigosis, y no se consideró, ni se evaluó a las mismas líneas que las integran. Se consideró que al contrastar las poblaciones de los híbridos simples convencionales y los híbridos simples avanzados, considerados así porque sus líneas tienen mayor nivel de endogamia, es posible apreciar el efecto que tiene el aumento en el número de autofecundaciones de las líneas en las cruzas simples, es decir, es posible detectar efectos heteróticos, aunque no se evalúen a las mismas líneas endogámicas en sí, como lo indican los métodos para evaluar efectos de heterosis.

### 5.1. Análisis de Varianza

De esta manera, para conocer la similitud o diferencia de tales poblaciones de híbridos simples evaluados se realizó el análisis de varianza para los dieciseis caracteres considerados. Como se vió en el apartado de resultados los

## 5.2. Comparación de Medias

Ahora bien, dicha diferencia entre los maíces evaluados se hace más clara al realizar la prueba de medias. Este estadístico además de mostrar lo anterior permite conocer la superioridad o desventaja entre las mismas cruzas en los 16 caracteres evaluados. Esto permite conocer la magnitud del efecto heterótico logrado con estos nuevos cruzamientos.

En términos generales los híbridos simples convencionales fueron inferiores en la magnitud de los caracteres evaluados. Los híbridos simples que están integrados con líneas más avanzadas muestran un mayor tamaño de los primeros 15 caracteres considerados. Entre los rasgos fenotípicos en donde se hace más visible este hecho fue en área foliar, altura de planta, altura de mazorca, días a madurez, días de llenado de grano, peso de 100 granos, rendimiento económico y rendimiento biológico. Sin embargo en los rasgos o caracteres inherentes a la mazorca como diámetro de mazorca, hileras por mazorca y número de granos por hilera, los híbridos hembra avanzados fueron inferiores a los híbridos convencionales. De este modo se puede decir que se consiguió incrementar el vigor híbrido en las cruzas simples avanzadas para la mayoría de los caracteres y esto permite comprobar la segunda hipótesis y lograr el segundo objetivo.

14 híbridos son diferentes estadísticamente en los 16 caracteres.

Fenotípicamente se encontraron diferencias, lo que quizás implica que los nuevos híbridos contengan arreglos genéticos también diferentes.

La diferencia en el número de autofecundaciones y por ello en el nivel de endogamia entre las líneas de los híbridos convencionales y avanzados debe ser la causa del resultado de la prueba de F.

Los híbridos simples hembras convencionales estaban constituidos por el cruzamiento  $S_1 \times S_3$ ; los machos convencionales  $S_3 \times S_0$  y los híbridos simples hembras avanzados  $S_5 \times S_1$  y  $S_5 \times S_2$ . La diferencia en el número de autofecundaciones son 2 generaciones lo que significa mayor nivel de endogamia en las líneas de los híbridos avanzados.

Por otro lado se puede pensar que en el proceso de las autofecundaciones adicionales sucedieron segregaciones de las cuales se escogieron las plantas más vigorosas. Esto permitió que se obtuviesen algunos genotipos con cierta diferencia entre sí. Además de la diferencia entre los mismos híbridos avanzados y los híbridos convencionales. Con las nuevas composiciones genéticas en las líneas con las 2 autofecundaciones adicionales, se obtuvieron nuevos arreglos genéticos al realizar los cruzamientos simples nuevamente.

La mayor identidad genética que se logra por el aumento del nivel de endogamia y con los cruzamientos respectivos permitió por un lado mayor expresividad de algunos caracteres y por otro que los híbridos reintegrados fueron diferentes entre sí.

Por otra parte observando los híbridos simples avanzados tampoco muestran un comportamiento semejante entre sí. En la prueba de medias se aprecia que algunos de estos híbridos son similares a los híbridos convencionales mientras que otros los superan.

En forma particular en el carácter área foliar no todos los híbridos avanzados hembras superan a su testigo correspondiente; los híbridos 3 y 4 lo superan cabalmente, mientras que otros son estadísticamente iguales a él, como sucede con el híbrido número 6. Esto mismo ocurre con los híbridos avanzados macho para este mismo carácter al compararlo con su respectivo testigo. Sin embargo se considera que sí hubo efectos heteróticos en los nuevos cruzamientos, mostrando a la vez que las líneas básicas poseen, todavía, una cierta cantidad de variabilidad genética, por lo que aumenta la homocigosis en ellas. La importancia de esto es que se pueden aprovechar las nuevas plantas segregantes y más homocigóticas para obtener nuevas combinaciones y fenotipos superiores al realizar los cruzamientos simples nuevamente

Desde del punto de vista del mejoramiento, los aumentos logrados se consideran benéficos porque se obtuvieron aumentos en el rendimiento económico, y esto constituye el primer objetivo del mejoramiento genético.

Si bien los rasgos de la mazorca no tuvieron incrementos en el caso de los híbridos avanzados hembras, el peso de grano tuvo un aumento tal que permitió aumentar el rendimiento de grano. En el caso de los híbridos avanzados macho el incremento en el rendimiento económico en comparación a su testigo también se debe a aumentos en los rasgos de la mazorca, como diámetro, longitud, número de granos por hilera y número de hileras por mazorca.

La superioridad fenotípica de los nuevos híbridos es posible entenderlo como hechos que confirman una mayor expresión del vigor híbrido. Sin embargo la menor eficiencia fisiológica de los híbridos avanzados mostrada por los bajos índices de cosecha, en relación a los convencionales, hace pensar que existen algunas limitaciones fisiológicas en ellos o bien que mayor vigor híbrido no necesariamente está asociado con mayores niveles de eficiencia para convertir materia seca a rendimiento.

La presencia de una mayor área foliar en los híbridos avanzados permitiría la elaboración de más cantidad de fotosintatos que con una mayor eficiencia fisiológica, los traslocaría hacia el grano, parece que ésto no ocurrió en tales

híbridos, también puede pensarse que se produjo mayor cantidad de fotosintatos que la mazorca no puede capitalizar completamente porque su longitud, diámetro, número de hilera y granos por hilera no incrementan su nivel de efectos heteróticos. Al menos esto ocurrió en las cruzas simples hembra avanzadas (Cuadro 5).

Con el aumento de peso de grano deja ver que sí hubo más fotosintatos hacia este órgano. Quizás el aumento del periodo de llenado de grano de los híbridos avanzados originó un aumento en el peso de grano; no así la magnitud de los componentes de la mazorca.

Lo anterior hace pensar que el aumento en las estructuras vegetativas, teóricamente tendría que repercutir en mayor proporción de asimilados hacia la mazorca, de manera tal que si se hubiera mantenido la misma eficiencia fisiológica presentada por los híbridos convencionales, hubiera aumentado en mayor proporción el rendimiento de grano en los híbridos avanzados.

Algunas de las causas que llevan a la menor eficiencia fisiológica de los híbridos, quizás sea una disminución de la tasa de asimilación, ya que a pesar que se aumenta el periodo de llenado de grano la eficiencia fisiológica no aumenta, el rendimiento económico no aumenta en la misma proporción que el rendimiento biológico.

Por otro lado la situación anterior se podría atribuir

a que la planta emplea los fotosintatos adicionales para el crecimiento y sostenimiento de las partes vegetativas, como hojas y tallo.

Otra causa de la inferioridad en el índice de cosecha, más en particular de los híbridos avanzados hembra son las limitaciones en el tamaño de mazorca. Lo que hace disminuir un equilibrio entre el aumento de la fuente y una disminución de la demanda. Estos mismos híbridos presentaron los efectos heteróticos más bajos o no los presentaron en los rasgos de la mazorca. En este caso el tamaño de mazorca se presenta como limitante y se puede pensar que con el número de autofecundaciones realizadas en las líneas será difícil superar la expresividad lograda, al menos para estas cruza simples observadas en este estudio.

Por otro lado, a pesar de que los híbridos simples avanzados macho sí presentaron efectos heteróticos en los rasgos de la mazorca, no llegaron a un nivel que permitiera aprovechar el aumento de los fotosintatos producidos, considerando esto por el aumento del área foliar. Por ello siguen manteniendo un índice de cosecha inferior a sus híbridos convencionales respectivos. Se podría pensar que también en estos genotipo, los componentes de rendimiento de la mazorca son limitantes para la cantidad de fotosintatos producidos.

La explicación de la manifestación de efectos heteró-

ticos en los rasgos de la mazorca en los híbridos simples avanzados macho puede deberse a que uno de los maíces que integran a la cruce simple convencional macho es una variedad y no propiamente una línea, de manera tal que al autofecundarla, disminuyó su variabilidad y se llevó a niveles de homocigosis que al cruzarla con la otra línea permitió manifestaciones heteróticas en el fenotipo, particularmente en los rasgos de la mazorca.

En resumen de lo anterior se puede decir que con el aumento de los niveles de endogamia de las líneas básicas y con la integración nuevamente de los híbridos simples se conformaron nuevos genotipos, los cuales presentaron mayores efectos heteróticos que los híbridos convencionales, manifestándose en una superioridad fenotípica, principalmente en aquellos caracteres considerados como vegetativos como altura de planta y área foliar que llevó a incrementar el peso seco por planta; y por otro lado, con aumentos menores en los caracteres inherentes a la mazorca. De ahí que los híbridos considerados en el estudio como avanzados presentaron un índice de cosecha menor que los híbridos convencionales, hecho que se debe a limitaciones en el aprovechamiento de asimilados producidos por el aumento de aquellos rasgos que constituyen la fuente de fotosintatos. Sin embargo en el carácter rendimiento económico, que es el de mayor importancia, sí hubo una superioridad de los híbridos avanzados

sobre los híbridos convencionales.

### 5.3. Prueba de Regresion

Por otro lado, con el análisis de regresión se detectó que el comportamiento que guardan los componentes de rendimiento con el rendimiento mismo es diferente entre los 14 híbridos evaluados.

Como se mencionó en el apartado de resultados, los híbridos tienen diferente número de variables en sus ecuaciones de regresión. Por ejemplo el híbrido simple convencional hembra presenta tres variables ( $V_{13}$ ,  $V_{14}$  y  $V_{16}$ ), mientras que ninguno de sus híbridos avanzados presenta el mismo número de variables que el híbrido convencional mencionado. Aunque todas contienen a las variables Rendimiento Biológico ( $V_{14}$ ) e Índice de Cosecha ( $V_{16}$ ).

Entre los anteriores híbridos el número 7 presenta el mayor número de variables correlacionadas con el rendimiento; ya que contiene a las variables  $V_2$ ,  $V_8$ ,  $V_{11}$ ,  $V_{12}$ ,  $V_{14}$  y  $V_{16}$ . Mientras que el híbrido avanzado hembra número 8 presenta sólo a las variables Rendimiento Biológico e Índice de Cosecha.

Por otro lado, en los híbridos avanzados macho sucedió algo similar; ninguno de ellos presenta el mismo número de variables, ni el mismo nivel del coeficiente de determinación. El híbrido número 14 presenta el menor número de va-

riables (sólo la  $V_{14}$  y  $V_{16}$ ) con un coeficiente de determinación 98.2%; y el híbrido 12 presenta en su ecuación el mayor número de variables ( $V_3$ ,  $V_4$ ,  $V_5$ ,  $V_{10}$ ,  $V_{12}$ ,  $V_{13}$ ,  $V_{14}$  y  $V_{16}$ ) con un coeficiente de determinación de 99.5%.

Con lo anterior se aprecia que en cada híbrido los componentes de rendimiento guardan una relación diferente entre sí, así como con el rendimiento mismo. Hecho que puede atribuirse a las nuevas composiciones génicas que los constituyen. El comportamiento de las variables en cada uno de los híbridos se describe en el aparatado de resultados. En el que también se determina cuales variables determinan el rendimiento en los mismos híbridos, por lo que se considera que ello se cumple con el tercer objetivo del trabajo.

#### 5.4. Homogeneidad de Varianzas Poblacionales

Por otra parte, para responder a la inquietud que se tenía de la diferencia en la variabilidad o uniformidad fenotípica entre los híbridos estudiados se realizó la prueba de contraste de varianzas.

Se esperaba que las poblaciones conformadas con líneas más endogámicas presentaran un fenotipo, a nivel de población, más uniforme; es decir que la variabilidad fenotípica disminuyera en los híbridos simples avanzados, ya que sus líneas poseen un mayor nivel de endogamia. Ya que teóricamente ésto debe conducir a una mayor uniformidad en los

caracteres de las plantas a nivel de población.

Con la prueba de homogeneidad de varianzas se encontró que para algunos caracteres sus varianzas son estadísticamente diferentes y menores, mientras que en otros son iguales. Entre los híbridos simples hembra se encontró una diferencia altamente significativa en los caracteres Días a Flor Femenina, Periodo entre Flor Masculina y Femenina, Área Foliar, Altura de Planta, Altura de Mazorca, Hileras por Mazorca, Rendimiento Económico e Índice de Cosecha.

Esto mostró que el fenotipo total de la planta no se hace homogéneo, a nivel poblacional, de una manera total con el aumento de endogamia de las líneas básicas. Sino que algunos híbridos presentan más uniformidad que otros en algunos caracteres, y son más variables en otros.

Esto se puede apreciar al observar la varianzas mismas. Entre los caracteres para los cuales las varianzas son estadísticamente diferentes; y observando las varianzas poblacionales, en el carácter Días a Flor Femenina, sólo los híbridos 6 y 7 son más variables para este carácter. En el segundo carácter, Periodo entre Flor Masculina y Femenina los híbridos avanzados tienen una mayor uniformidad que el híbrido convencional. Para este carácter resulta ventajoso este comportamiento ya que permite mayor sincronización entre las dos floraciones.

Observando las varianzas del caracter Area Foliar se aprecia que sólo el híbrido 6 se muestra como el híbrido más heterogéneo, incluso que el testigo; los demás por presentar varianzas menores en sus poblaciones deben ser más homogéneas. Este mismo comportamiento sucede para el caracter Altura de Planta. En el rasgo Altura de Mazorca el híbrido avanzado 3, comparando también las varianzas, se presenta como el menos uniforme. Los demás tuvieron varianzas menores que el testigo.

En el caracter Hileras por Mazorca, se observa claramente que el híbrido convencional hembra tuvo la varianza mayor por lo que la variabilidad fenotípica poblacional es mayor para tal híbrido.

Sin embargo, bajos los mismos términos de considerar a las varianzas diferentes y observar las varianzas de los 8 híbridos hembra se aprecia que el híbrido testigo se muestra más uniforme para el caracter Rendimiento Económico. La mayor variabilidad de los híbridos avanzados, quizás, reside en que en las líneas básicas todavía exista variabilidad, a pesar de las dos autofecundaciones adicionales. Con los cruzamientos hubo recombinaciones, por lo que se obtuvo nuevos arreglos genotípicos, combinaciones diferentes. El efecto heterótico, como se vió en la prueba de medias, se manifestó en mayor vigor, pero a nivel de población hubo mayor variabilidad para este caracter entre los híbridos avan

zados que en el testigo.

Un comportamiento similar tuvo el caracter Indice de Cosecha, a excepción del híbrido simple hembra número 7 que presentó una varianza menor que el testigo, los demás presentan mayor variabilidad poblacional para este caracter que el híbrido convencional hembra.

En lo que se refiere a los híbridos avanzados macho, con la prueba de contraste de varianzas sólo se encontró diferencia significativa en los caracteres Hileras por Mazorca, Rendimiento Económico e Indice de Cosecha. Los híbridos simples macho tienen la misma variabilidad fenotípica que el testigo en los demás caracteres. En el caracter Hileras por Mazorca a diferencia de los híbridos hembra, el híbrido convencional macho presentó la menor varianza poblacional, a excepción del híbrido simple 10 que fue ligeramente inferior.

De la misma manera en los caracteres Rendimiento Económico e Indice de Cosecha, los híbridos simples avanzados presentan varianza menores que el testigo en el caracter Indice de Cosecha.

Por lo anterior es posible decir que si bien los efectos heteróticos esperados se manifestaron en los híbridos simples avanzados en una mayor magnitud, para algunos caracteres principalmente para los de interés económico; a nivel poblacional los híbridos avanzados no mostraron ventajas

elocuentes en lo que se refiere a presentar menos variabilidad fenotípica a nivel de población que los híbridos convencionales.

Con las autofecundaciones adicionales, se entiende que se aumenta el nivel de homocigosis en las líneas básicas, lo que llevaría al reconstituir las cruzas simples, a conformar poblaciones que serían menos heterogéneas que las poblaciones de las cruzas simples convencionales.

La homogeneidad fenotípica a nivel de población es un interés que se tiene en el mejoramiento de las plantas, por ello el avance que se logró en este aspecto en los rasgos antes mencionados en los híbridos avanzados represente un mejoramiento de tales poblaciones. Esta menor heterogeneidad poblacional, principalmente en los híbridos simples avanzados hembra representa también una mayor estabilidad poblacional, de manera que al realizarse los cruzamientos dobles, las poblaciones resultantes serán más uniformes también, ya que se reduce la heterogeneidad genética.

Los anteriores resultados sugieren que mayor nivel de endogamia en las líneas que integran a las cruzas simples hembra y macho H tienen un efecto posible en la reducción de variabilidad para la mitad de los caracteres cuantificados en este estudio, resulta de especial interés lo que ocurre en los caracteres Días a Floración y el periodo entre ambas floraciones, pues de haber mayor uniformidad en ellos

el llenado de mazorca dependerá principalmente de los factores ambientales disponibles no tanto del genotipo.

De lo anterior se puede decir que la primera hipótesis se comprobó solamente para la mitad de los caracteres cuantificados, no obstante se consiguió el primer objetivo planteado en este estudio.

## VI. CONCLUSIONES

1. Los efectos heteróticos no se manifestaron en forma total en los componentes de rendimiento de los híbridos avanzados. Ni todos ellos mostraron la misma magnitud del vigor híbrido en los mismos caracteres. Lo que significa que al cruzarse nuevamente las líneas con mayor nivel de endogamia se conforman nuevas combinaciones genéticas, por lo que los híbridos avanzados también difieren fenotípicamente entre sí.

2. Estas combinaciones distintas quizás sean originadas porque las líneas originales todavía están en condiciones de segregación por lo que al autofecundarse se obtienen plantas diferentes, de manera que al cruzarse se combinan también de manera distinta, lo que ocasiona la heterogeneidad entre los híbridos avanzados.

3. Las cruces simples hembra y macho integradas con líneas de mayor grado de endogamia exhibieron estadísticamente mayores efectos heteróticos en la expresión de los componentes altura de planta, altura de mazorca, días a madurez, días de llenado de grano, peso de 100 granos, rendimien

to biológico y económico, además de éstos caracteres las cruzas simples hembras lo manifestaron en los caracteres longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera.

4. Las cruzas simples tanto hembra como macho integradas con líneas con mayor grado de endogamia presentaron estadísticamente menor variabilidad fenotípica en los componentes días a flor femenina, período entre flor masculina y flor femenina, área foliar, altura de planta, altura de mazorca, hileras de grano por mazorca, rendimiento económico e índice de cosecha, esto no ocurrió para los otros siete componentes.

5. En las cruzas simples hembra y macho tanto avanzadas como convencionales el rendimiento económico fué determinado por varios y diferentes componentes de rendimiento, sin embargo en todos los casos los componentes Rendimiento -- Biológico e Índice de Cosecha siempre intervinieron.

6. No obstante la mayor expresión en vigor híbrido para Rendimiento Biológico y Económico --

en los híbridos simples tanto hembra como macho - exploratorias, la expresión en su índice de cosecha fué estadísticamente menor a auel de los híbridos simples convencionales.

7. Con la prueba de homogeneidad de varianzas se encontró que la variabilidad fenotfpica - poblacional para los caracteres estudiados es distinta entre los híbridos evaluados convencionales y avanzados, siendo mayor en los primeros.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, P.W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. de la primera edición - en inglés por J.L. Montoya. 1a. Ed. Barcelona, Omega. 496 p.
- ALLISON, J.C.S. y T.B. DAYNARD. 1979. Effect of change in time flowering, induced by altering photoperiod or temperature, on attributes related to yield in maize. *Crop Sci.* 19:1-4.
- ARELLANO, V.J.L. 1984. Problemática de la producción de maíz y logros en su mejoramiento genético en la mesa central de México. *Chapingo* 43-44: 19-30. Universidad Autónoma Chapingo.
- ARGUELLO, R.J.C. 1983. Evaluación de cruzas intervarietales de maíz, precoz del bajío con tropico húmedo en Apodaca, N.L. Primavera de 1981. ITESM. Monterrey, N.L.
- BAEZINGER, P.S. y D.V. GLOVER. 1979. Dry matter accumulation in maize hybrids near isogenic - for endosperm mutants conditioning protein quality. *Crop Sci.* 19: 345-348.
- BRAUER, O. 1974. *Fitogenética Aplicada*. Limusa. México.
- BRIEGER, F.G. 1949. The genetical basis of heterosis in maize. *Genetics.* 35:420-445.
- CALIXTO, C., N. 1975. Detección de caracteres determinantes del rendimiento de grano de trigo mediante índices de selección, coeficiente de sendero y regresión lineal múltiple. - Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

- CANTRELL, R.G. 1981. Contribution of husk leaves to maize grain yield. *Crop Sci.* 21:541-546.
- CARR, M.K.V. y G.M. MILBAURN. 1976. Maize Climates and physiological factors limiting yield. -- Spain. 19:65-67.
- CROSBIE, T.M. y J.J. MOCK. 1980. Effects of recurrent selection for grain yield on plant and ear traits of 5 maizes (*Zea mays*) populations. *Euphytica.* 29:57-64.
- CROSS, H.Z. 1980. Yield responses to selection for R-nj expression in early maize. *Crop Sci.* 20:411-412.
- CROSS, H.Z. y M.S. ZUBER. 1973. Interrelationships among plant height, number of leaves and flowering dates in maize. *Agron. J.* 65: 71-74.
- DIXON, W.J. y F.J. MASSEY. 1979. Introducción al análisis estadístico. Mc Graw-Hill -- Book. México.
- DRAPER, N.R.J. y H. SMITH. 1966. Applied Regression Analysis. John Wiley Sons Inc.
- EVANS, L.T. e I.F. WARDLAW. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. in Agron.* 28:301-359.
- FAKOREDE, M.A. y J.J. MOCK. 1980. Growth analysis of maize variety hybrids obtained from two recurrent selection programs for grain yield. *New Phytol.* 85: 393-408
- FLWMING, A.A. y G.M. KOZELENICKY. 1964. Sibbin versus selfing in the maintenance of inbred lines of corn and the attainment of homozygosity. *Crop Sci.* 4: 303-304.

- FRANCIS, C.A., J.N. RUTGER y A.F.E. PALMED. 1979. A rapid method of leaf area estimation in maize (*Zea mays* L). *Crop Sci.* 9:537-539.
- FREY, N.M. 1981. Dry matter accumulation in kernel of maize. *Crop Sci.* 21:118-122.
- GASKEL, M.L. y R.B. PEARCE. 1981. Growth analysis of maize hybrids differing photosynthetic capacity. *Agron. J.* 73: 817-821.
- GROGAN, C.O. y C.A. FRANCIS. 1972. Heterosis in inbred source crosses of maize (*Zea mays* L). *Crop Sci.* 12:729-730.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. UNAM. México.
- HEINRICH, C.M., C.A. FRANCIS y J.D. EASTIN. 1983. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. *Crop Sci.* 23: 209-212.
- JONES, R.J. y S.R. SIMMONS. 1983. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. *Crop Sci.* 23:129-134.
- JUGENHEIMER, R.W. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Limusa. México.
- JIMENEZ, C.A.A. 1979. Estabilidad del rendimiento y de algunos componentes fisiotécnicos en sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- MOCK, J.J. y R.B. PEARCE. 1975. Un ideotipo de maíz. -- (mimeografiado, Trad. J.L. Arellano V. 1982) *Euphytica* 24:613-623.
- PONELEIT, C.G., D.B. EGLI., P.C. CORNELIUS y D.A. REICOSKY. 1980. Variation and associations of kernel growth characteristics in maize populations. *Crop Sci.* 20:766-770.

- PONELEIT, C.G. y D.B. EGLI. 1979. Kernel growth rate du-  
 ration in maize as affected by plant  
 density and genotype. *Crop Sci* 19:385 -  
 388.
- POEHLMAN, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las co-  
 sechas. Limusa Wiley . México.
- POEY, D.F.R. 1978. El mejoramiento integral del maíz,  
 valor nutritivo y rendimiento; hipóte-  
 sis y métodos. Colegio de Postgraduados,  
 Chapingo México.
- RAMIREZ, D.J.L. 1985. Análisis de crecimiento y compo-  
 nentes de rendimiento de los híbridos de  
 maíz H-30 y H-31 y de sus progenitores.  
 Colegio de Postgraduados. Tesis M.C Cha-  
 pingo . México.
- RICHARD, L.D. y R.K. CRASTON. 1979. Harvest index of  
 corn affected by population density, ma-  
 turity rating and environment. *Agron.J.*  
 71: 577-580.
- SHULL, G.H. 1948. What is "Heterosis" ? *Genetics* 33:  
 439-446.
- SINHA, S.K. y R. KHANNA. 1975. Physiological, bio-  
 chemical and Genetical basis of hetero-  
 sis. *Adv. in Agron.* 27: 123-171.
- SNEDECOR, G.W. y W.G. COCHRAN. 1979. Métodos estadísti-  
 cos. 6a. ed. Ed. Continental. México.
- SRIVASTAVA, H.K. 1981. Intergenomic interaction, hetero-  
 sis, and improvement of crop yield. *Adv.*  
*in Agron.* 34:117-195.
- TOLLENAR, M y R.B. HUNTER. 1983. A photoperiod and tem-  
 perature sensitive period for leaf number  
 of maize. *Crop Sci.* 23:457-460.

- TANAKA, A y J. YAMAGUCHI. 1984. Producción de materia seca, componentes de rendimiento de grano en maíz. Colegio de Postgraduados de Chapingo. México.
- WALLACE, D.H., J.L. OZBUN y H.M. MUNGER. 1972. Physiological genetic of crop yield. Adv. in Agron. 24: 97-146.

## VIII APENDICE

VALORES DE LAS VARIANZAS DE LOS 16 CARACTERES EVALUADOS DE CADA HIBRIDO

DFM		DFF		PMF		A.F.		A.P.		AMAZ	
HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>
1.	6.63	1.	7.54	1.	8.30	1.	80.25	1.	321.17	1.	255.16
2.	6.58	2.	4.64	2.	5.26	2.	20.94	2.	296.23	2.	179.56
3.	3.01	3.	2.99	3.	4.17	3.	45.93	3.	165.18	3.	290.86
4.	5.37	4.	3.06	4.	1.84	4.	43.79	4.	72.11	4.	205.16
5.	6.00	5.	7.02	5.	2.80	5.	70.64	5.	290.64	5.	143.60
6.	6.23	6.	7.59	6.	2.66	6.	93.96	6.	517.91	6.	203.24
7.	5.71	7.	8.87	7.	2.32	7.	51.12	7.	171.06	7.	577.70
8.	2.46	8.	5.09	8.	4.48	8.	59.80	8.	211.14	8.	172.00
9.	5.95	9.	9.82	9.	11.36	9.	40.64	9.	245.59	9.	195.08
10.	8.73	10.	5.35	10.	5.10	10.	32.11	10.	192.76	10.	247.52
11.	6.49	11.	9.88	11.	7.30	11.	32.44	11.	293.77	11.	228.71
12.	9.22	12.	6.45	12.	6.67	12.	49.63	12.	344.60	12.	279.72
13.	4.09	13.	5.52	13.	5.70	13.	41.17	13.	404.79	13.	196.59
14.	7.28	14.	5.38	14.	6.63	14.	44.13	14.	186.30	14.	192.52

D.M.		DLLG		LMAZ		DMAZ		HMAZ		GH	
HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>								
1.	1.76	1.	9.44	1.	2.23	1.	1.37	1.	6.16	1.	20.11
2.	0.00	2.	5.06	2.	1.71	2.	0.78	2.	2.13	2.	19.04
3.	0.00	3.	3.67	3.	2.16	3.	0.58	3.	1.52	3.	19.15
4.	0.00	4.	3.06	4.	1.54	4.	0.55	4.	1.75	4.	11.08
5.	0.00	5.	6.92	5.	1.55	5.	1.01	5.	1.78	5.	8.31
6.	0.00	6.	7.59	6.	2.11	6.	0.80	6.	1.96	6.	11.01
7.	0.00	7.	6.35	7.	1.70	7.	0.55	7.	1.77	7.	21.34
8.	0.00	8.	5.09	8.	2.41	8.	0.73	8.	3.51	8.	15.78
9.	0.91	9.	6.74	9.	4.10	9.	0.75	9.	1.84	9.	24.09
10.	0.00	10.	5.35	10.	3.23	10.	0.94	10.	1.54	10.	9.01
11.	0.00	11.	9.88	11.	1.59	11.	0.78	11.	4.44	11.	11.52
12.	0.00	12.	6.45	12.	3.87	12.	0.50	12.	4.60	12.	19.04
13.	0.00	13.	5.12	13.	4.66	13.	0.90	13.	4.16	13.	18.89
14.	0.00	14.	5.38	14.	5.20	14.	0.39	14.	4.27	14.	22.53

P 100 g		R. B.		R. E.		I. C.	
HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>	HS	S <sup>2</sup>
1.	25.36	1.	8060	1.	550.78	1.	13.89
2.	24.04	2.	2707.7	2.	646.61	2.	19.38
3.	39.04	3.	14168.7	3.	3945.59	3.	56.85
4.	16.32	4.	8110.48	4.	2150.73	4.	30.30
5.	28.66	5.	11753.49	5.	1423.12	5.	42.74
6.	18.75	6.	14620.37	6.	3090.43	6.	18.52
7.	13.68	7.	9947.59	7.	1637.8	7.	12.60
8.	14.30	8.	10630.06	8.	2291.29	8.	30.78
9.	19.21	9.	9889.33	9.	819.23	9.	32.79
10.	24.74	10.	13118.35	10.	1717.56	10.	28.25
11.	11.70	11.	6773.10	11.	1017.56	11.	41.56
12.	20.76	12.	11619.35	12.	3023.7	12.	52.59
13.	19.15	13.	9287.35	13.	1645.48	13.	27.70
14.	11.52	14.	11891.32	14.	1347.77	14.	16.09

## ECUACIONES DE REGRESION DADA POR EL PROCEDIMIENTO STEPWISE

HIBRIDO	R	E C U A C I O N
1.	97.67	$Y = -145.03 - 0.64X_1 + 0.37X_{14} + 5.34X_{16}$
2.	98.5	$Y = -177.34 - 0.56X_1 - 0.06X_5 + 0.036X_{14} + 5.42X_{16}$
3.	98.28	$Y = -257.9 + 0.59X_{14} + 6.49X_{16}$
4.	99.0	$Y = -302.47 - 0.51X_4 + 0.26X_5 + 0.41X_{14} + 6.49X_{16}$
5.	92.2	$Y = -214.53 - 2.32X_3 - 1.22X_{12} + 0.34X_{14} + 5.58X_{16}$
6.	98.37	$Y = -221.48 - 1.59X_{12} + 0.44X_{14} + 6.17X_{16}$
7.	99.66	$Y = -3.191 - 1.02X_2 - 1.37X_8 - 0.79X_{11} - 0.54X_{12}$ $+ 0.39X_{14} + 6.5X_{16}$
8.	83.75	$Y = -159.79 + 0.30X_{14} + 5.51X_{16}$
9.	97.6	$Y = -150.9 - 1.51X_{11} + 0.38X_{14} + 4.64X_{16}$
10.	98.59	$Y = -191.2 - 0.67X_6 + 0.42X_{14} + 5.86X_{16}$
11.	96.6	$Y = -238.6 + 2.24X_9 + 0.38X_{14} + 5.16X_{16}$
12.	99.45	$Y = -137.2 - 0.66X_3 - 0.96X_4 - 0.17X_5 - 2.37X_{10}$ $- 0.98X_{12} - 0.86X_{13} + 0.49X_{14} + 7.11X_{16}$
13.	99.48	$Y = -195.78 - 0.80X_3 - 0.44X_4 + 1.01X_9 + 2.20X_{10}$ $+ 0.75X_{11} + 0.34X_{14} + 4.76X_{16}$
14.	98.26	$Y = -255.41 + 0.42X_{14} + 5.89X_{16}$