

HETEROSIS Y APTITUD COMBINATORIA EN POBLACIONES

DE MAIZ FORRAJERO

LUIS LATOURNERIE MORENO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

EN FITOMEJORAMIENTO

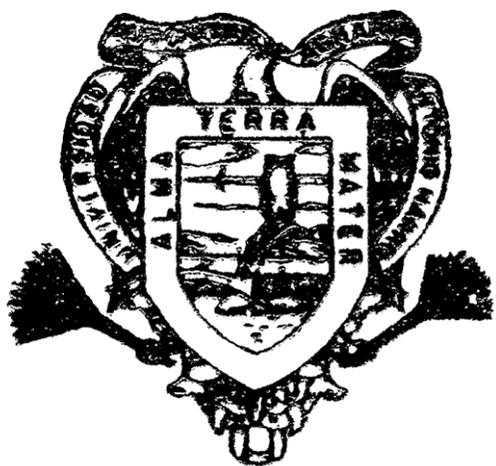
Universidad Autonoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

NOVIEMBRE DE 1994



Tesis elaborada bajo la supervisión del comité Particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:

S. Rdz. Herrera

Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera

Asesor:

[Signature]
M.C. Humberto De León Castillo

Asesor:

[Signature]
M.C. Fernando Borrego Escalante

Asesor:

[Signature]
M.C. Emilio Padrón Corral

[Signature]
Dr. Jesus Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado

BIBLIOTECA
EDUARDO G. REBONATO
SALTILO, COAH.

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Noviembre 1994.

DEDICATORIA

A mi esposa:

Ma. de los Angeles Andrade C.

A mi hijo:

Sayil Napoleón

A mis padres:

Eneida Moreno Z.

Napoleón Latournerie.

COMPENDIO

Heterosis y Aptitud Combinatoria en Poblaciones
de Maíz Forrajero

POR

LUIS LATOURNERIE MORENO

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 1994

Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera. - Asesor -

Palabras claves: Maíz forrajero, heterosis, aptitud combinatoria, patrones heteróticos.

En el presente trabajo se evaluó un dialélico de 28 cruzas y las ocho poblaciones progenitoras de maíz forrajero, con los siguientes objetivos: (i) analizar el potencial forrajero de las poblaciones y sus cruzas posibles, (ii) identificar las mejores poblaciones de acuerdo a su comportamiento heterótico. El trabajo se realizó en celaya, Gto. y

Gómez Palacio, Dgo. en 1993 bajo un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones y 5.5 m². de parcela experimental, con una densidad de siembra de 80,000 ptas/ha. Las características medidas fueron rendimiento de forraje (materia seca), altura de planta y mazorca, concentración de proteína y grasa. Los datos se analizaron con el método IV de Griffing (1956) y la heterosis se calculó en base al mejor progenitor.

De acuerdo a los resultados y discusión se observó que el mejor patrón heterótico está formado por las poblaciones Sintético Forrajero y Tuxpeño Bajío, las cuales presentaron la mayor diversidad genética para todas las características evaluadas, con excepción de porcentaje de proteína que presentó muy poca variación entre poblaciones. La cruce entre estas dos poblaciones presentó el mejor potencial forrajero con 30.85 ton/ha de materia seca con 14.6 por ciento de heterosis. Además la población Tuxpeño Bajío manifestó el mejor efecto de ACG (4.69 ton/ha) para rendimiento de forraje. Por lo que se considera a estas dos poblaciones las más adecuadas para iniciar un programa de selección recíproca recurrente. Por otro lado la correlación entre rendimiento de materia seca y concentración de proteína fue muy baja (0.06).

forage of the populations maize and their possible single crosses and (ii) identify the best populations according with heterotic behavior. It was used a randomized block design with four replications in each environment. The experiments were planted in two row plot with plot size of 5.5 m². and a density of 80,000 plants ha⁻¹. The traits evaluated in each plot were forage yield, plant and ear height. A representative sample of forage (ear + stover) was copped for silage, with these materials were determined protein and fat. All data were analyzed using Griffing's (1956) method IV, model I and the percent heterosis was calculate according with the high parent.

Sintetico Forrajero and Tuxpeño Bajio populations were the best heterotic pattern, which showed the greater genetic diversity for all traits studied, however protein had little variation between populations. The highest forage yield entry was the cross of sintético Forrajero with Tuxpeño Bajío. This cross showed 30.85 ton ha⁻¹ of yield dry matter and heterosis of 14.6 percent. In addition the highest general combining ability (4.69 ton ha⁻¹) effect by forage yield was of the Tuxpeño Bajio population. This suggests that Sintético Forrajero and Tuxpeño Bajío populations are the best option to beginning a program of recurrent reciprocal selection. The correlation between forage yield-protein was lower (0.06).

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	X
INDICE DE FIGURAS.....	Xii
INTRODUCCION	1
Objetivos	2
REVISION DE LITERATURA	3
Maíz Forrajero.....	3
Análisis Genético-Estadístico	17
Heterosis	20
MATERIALES Y METODOS	25
Material genético	25
Descripción del Area de Estudio	25
Varaibles Evaluadas	27
Análisis Genético-Estadístico	29
Análisis Bromatológico	33
RESULTADOS Y DISCUSION	35
CONCLUSIONES	65
RESUMEN	66
LITERATURA CITADA	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Descripción de las poblaciones.	26
3.2	Análisis de varianza para el método IV, modelo I de Griffing (1956).	29
3.3	Análisis de varianza combinado del método IV modelo I de Griffing (1956) de acuerdo a Singh (1973).	32
4.1	Cuadrados medios y su significancia del dialélico evaluado en Celaya, Gto. 1993.	36
4.2	Medias de las características evaluadas en Celaya, Gto. 1993.	37
4.3	Los efectos de ACG de las características evaluadas en Celaya, Gto. 1993.	40
4.4	Efectos de ACE de las características evaluadas en Celaya, Gto. 1993.	42

4.5	Cuadrados medios y su significancia para el dialélico evaluado en Gómez Palacio, Dgo. 1993.	45
4.6	Medias de las características evaluadas en Gómez Palacio, Dgo. 1993.	46
4.7	Efectos de ACG de las características evaluadas en Gómez Palacio, Dgo. 1993.	49
4.8	Efectos de ACE de las características evaluadas en Gómez Palacios Dgo. 1993.	50
4.9	Cuadrados medios y su significancia para el dialélico evaluado en dos localidades en 1993.	52
4.10	Medias de las características evaluadas en forma conjunta en dos localidades en 1993.	54
4.11	Coeficientes de correlación.	56
4.12	Efectos de ACG de las características evaluadas en forma conjunta en dos localidades en 1993.	58
4.13	Efectos de ACE de las características evaluadas en forma conjunta en dos localidades en 1993.	61

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1	Efectos de ACG para rendimiento.	59
4.2	Comportamiento medio de las poblaciones.	59
4.3	Rendimiento de forraje de las dos mejores cruzas.	63

INTRODUCCION

En nuestro país la demanda de maíz forrajero se mantiene conforme pasan los años, principalmente en algunas de las cuencas lecheras más importantes (región lagunera y el Bajío mexicano); tan sólo en la Comarca Lagunera en 1984 se sembró una superficie de 4,166 hectáreas y para 1986 esta superficie ascendió a 6,355 hectáreas, sin embargo para 1987 la superficie se redujo a 5,879 hectáreas. En 1985 se reportó que a nivel nacional se sembraron 132,114 hectáreas de maíz forrajero. Este cultivo es importante para alimentar el ganado lechero ya que se puede consumir en verde picado o ensilado.

El maíz como alimento forrajero tiene algunas ventajas como son bajos costos de producción, el cultivo establecido ocupa el terreno durante corta temporada, aprovecha el agua de riego en forma eficiente, el forraje obtenido generalmente es ensilado para utilizarse en época crítica en la cual se escasea el forraje.

Una de las alternativas de solución para el desarrollo de las cuencas lecheras es, incrementar la producción y la calidad del forraje mediante mejoramiento genético e introducción de genotipos que se adapten bien a las condiciones climáticas de las regiones, de tal forma que superen los materiales que se están explotando.

Cuando se utiliza como forraje la planta completa de maíz, como ocurre en el ensilaje, supera a todas las demás forrajeras por su rendimiento medio en materia seca y principios nutritivos digestibles por hectárea (Morrison, 1969).

Dada la importancia que ha adquirido el maíz como forraje el Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario Castro Gil" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, inició un programa de mejoramiento a largo plazo para obtener materiales forrajeros. En el presente trabajo se evaluó un dialélicos formado con ocho poblaciones y las poblaciones progenitoras.

Objetivos:

- * Analizar el potencial forrajero de las ocho poblaciones y sus cruzas posibles.
- * Identificar las poblaciones superiores en base a su comportamiento heterótico

REVISION DE LITERATURA

Maíz forrajero

Gunn (1978) menciona que el cultivo de maíz con un contenido de materia seca del 25 por ciento o más produce silo de calidad alimenticia aceptable, la cual puede ser hecho con bajas pérdidas de nutrientes en el proceso de ensilaje. El forraje de maíz es usado principalmente como fuente de energía. Este tiene un contenido de proteína suficiente para reunir la demanda nutricional de algunas clases de ganado, para otros alguna forma de nitrógeno suplementario es requerido.

Aldrich *et al.* (1975) dicen que el ensilaje de maíz de alta calidad contiene:

- Energía elevada y abundancia de grano, obtenido al cortarse a tiempo para obtener el máximo rendimiento.
- Buena palatabilidad que se obtiene al cortarse en el momento adecuado y ensilarse correctamente.
- Buena calidad de conservación, sin hongo.

Ensminger (1980) agrega que un forraje de buena calidad es el que posee las características físicas y químicas asociadas comúnmente al buen sabor y además abundancia de nutrientes. Los factores físicos más importantes de calidad que pueden ser

estimados en la práctica son: estado de madurez cuando se corta, porcentaje de hoja, color verde, flexibilidad del tallo, aroma y carencia de sustancias extrañas.

Roth *et al.* (1970) encontraron que había una significativa variabilidad genética para: digestibilidad de la materia seca *in vitro*, fibra detergente ácida, lignina detergente ácida, constituyentes de la pared celular y proteína cruda; correlacionadas todas con excepción de proteína cruda. Agregando que el maíz para uso de ensilaje se ha seleccionado en base a la producción total de materia seca y altura de mazorca/peso de la paja. El ensilaje de maíz es principalmente un alimento energético y su valor nutritivo puede ser dado como una función de digestibilidad y de los factores que la afectan.

Juscafresa (1983) menciona que desde que se logró obtener maíces híbridos forrajeros, han quedado un tanto relegado los maíces forrajeros tradicionales, por ofrecer menor cantidad de forraje, de inferior calidad biológica, y por ser reducida su área de cultivo, impuestas por las condiciones climatológicas. El maíz es una de las forrajeras más importantes para el ganadero, pues su valor nutritivo no está únicamente en el tallo, sino también en el grano, valor nutritivo que aumenta o disminuye según su estado de desarrollo en el momento de ser cortado, agregando que el maíz híbrido no pierde por el proceso de fermentación en el ensilaje ciertos principios nutritivos, como sucede con otros forrajes, y aunque su calidad biológica sea inferior que en estado verde, ésta aumenta o disminuye según sea la fase de desarrollo en el momento de ser cortado y según el método aplicado en el ensilado, por lo cual puede quedar alterada su

composición químico-bromatológica, al aumentar o disminuir el contenido de materia seca y el estado de madurez del grano, del que depende su valor energético.

Pizani (1971) encontró, que la fecha de cosecha tiene efecto en la producción de grano, forraje, por ciento de materia seca del tallo y hoja, y en el por ciento de proteína en la hoja. También la época de cosecha influye en la relación proteína-fibra tanto en el tallo como en la hoja, quedando comprobado que a medida que se hace más tardía la cosecha disminuye rápidamente el contenido de proteína de la hoja y los incrementos de fibra en el tallo como en la hoja se hace más notables. Al respecto Morrison (1969) menciona que cuando la cosecha se recoge demasiado tardía se registran grandes pérdidas de principios nutritivos. Agregando que el maíz produce el mejor ensilaje cuando se cosecha en la época en que los granos han alcanzado la maduración vítrea, pero en que todas las hojas o la mayoría de ellas están todavía verdes.

Guerrero (1987) Comparó los parámetros genéticos y características agronómicas de importancia forrajera entre los maíces de porte normal y enano; concluyó que los caracteres más relacionados con el rendimiento de forraje son altura de planta, altura de mazorca, días a floración masculina y femenina, y mazorcas por 100 plantas; estando éstos caracteres relacionados con rendimiento tanto para maíces de porte normal como de porte enano.

Rodríguez (1985) al evaluar líneas S_1 de porte normal encontró que las

características más estrechamente relacionadas con el rendimiento final del forraje fueron: altura de planta y mazorca, número de hojas y en menor escala días a floración masculina y femenina, y mazorcas por 100 plantas. Además menciona que el potencial para mejorar una población de maíz para utilizarse como cultivo forrajero es muy promisorio. No obstante, será de utilidad investigar más sobre caracteres agronómicos que pudieran influir en el rendimiento de forraje como: vigor germinativo, resistencia genética a plagas y enfermedades, etc., además de incluir en la selección los caracteres de calidad forrajera como contenido de proteína, lignina, fibras, ácidos grasos, digestibilidad de materia seca y determinar el grado de asociación con los caracteres agronómicos.

Vázquez (1989) Evaluó 26 genotipos de maíz forrajero en el campo experimental de la Laguna, Coahuila (CAELALA) con el objetivo de conocer el potencial de rendimiento y capacidad de adaptación en base a las características agronómicas y la calidad forrajera de los genotipos de maíz. Encontró que la calidad forrajera de los genotipos mostraron poca variación en cuanto a porcentaje de materia seca, fluctuando entre 92.76 y 93.52 por ciento. Además los dos genotipos de mayores alturas de planta no estuvieron entre los mejores rendimientos, mientras que la tercera mejor altura fue la de mayor rendimiento de materia verde, concluyendo que para un buen rendimiento de forraje junto con la altura de la planta de maíz intervienen otros factores.

Fairey (1982) investigando la relación entre el contenido de grano (índice de

cosecha) y la calidad del forraje de maíz (CFM), encontró que el contenido de materia seca (MS) de toda la planta de maíz fue marcadamente afectada por la madurez del híbrido y por la calidad; la más alta densidad de población (100,000 ptas/ha) no suprimió el contenido de MS de toda la planta. El estudio reveló la influencia dominante de la madurez del híbrido sobre el rendimiento y la calidad de toda la planta, y sobre los componentes de la paja del forraje de maíz. La digestibilidad de la materia seca de toda la planta de maíz fue significativa, pero no estrechamente. La digestibilidad de la paja se correlacionó universalmente con el índice de cosecha ($r=-0.45$, $n=288$), indicando que el valor nutritivo de la paja declinó al incrementar el desarrollo del grano.

Pinter *et al.* (1990) realizaron un estudio para investigar la sensibilidad a la densidad de población en híbridos, al desarrollarlo tanto para grano como para forraje. Encontraron que la sensibilidad a las densidades de población fue mayor para maíz de grano que para forraje. Sin embargo, esta sensibilidad no ha sido bien estudiada como en el caso de maíz para grano. Llegaron a las siguientes conclusiones: (i) el rendimiento máximo de forraje se puede obtener a intervalos de mayor densidad de población, no así para el rendimiento de grano; (ii) en respuesta a la densidad de poblaciones, el más alto rendimiento de materia seca coincide con la más alta energía neta y el más alto rendimiento de proteína digestible. También encontraron que el rendimiento de proteína cruda digestible fue afectado por el rendimiento de materia seca y por el contenido de proteína cruda.

White (1976). Midió los efectos de la densidad de población sobre el rendimiento y madurez en maíz forrajero durante 4 años. Las poblaciones fueron de 39,000 a 80,000 plantas/ha, presentando relativamente poco efecto sobre el rendimiento de forraje. Los rendimientos variaron de 4,887 kg/ha a 15,289 kg/ha, pero la variación fue mayormente debido a efectos de estaciones. Encontró que el porcentaje de materia seca en el grano tendió a disminuir a mayor densidad de población, pero sólo significativamente, también reporta que altas densidades de población retardó los días a floración.

Dhillon *et al.* (1990) evaluaron 66 cruzas dialélicas entre 12 líneas de maíz con el objetivo de estudiar la variación debido a la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), así como su interacción con el medio ambiente en características agronómicas y la correlación entre estas características de forraje y rendimiento de grano. Reportaron que el rendimiento de materia seca de mazorca y paja, estuvieron positiva y significativamente correlacionadas con cada una de las características ($r > 0.66^{**}$). La variación y la covarianza sugirió que el rendimiento de materia seca de mazorca y paja, puede ser manipulado para desarrollar genotipos con mayor rendimiento de materia seca y adecuado contenido de materia seca en la planta. También encontraron significativa variación para rendimiento de materia seca de mazorca y paja, esta variación fue predominantemente debido a efectos ACE y ACG respectivamente.

Gurrath *et al.* (1991) estudiaron los coeficientes de correlación (r) entre el

comportamiento de líneas per se y las medias de sus cruzas, para examinar la posibilidad de seleccionar maíz forrajero a niveles endocriados. 12 líneas y sus 66 cruzas se evaluaron para forraje y para grano en dos localidades de Alemania por dos años. dado que la meta de los mejoradores es, mejorar el rendimiento de materia seca y la digestibilidad de híbridos forrajeros, la correlación en etapas de ensilamiento es más importantes que en la etapa de grano maduro. Sin embargo, es conveniente para los mejoradores evaluar líneas a la madurez del grano. Particularmente cuando los programas de mejoramiento para grano y forraje no son diferentes. Así, la correlación entre líneas cosechadas a la madurez del grano y los híbridos cosechados en la etapa de ensilaje son también de interés. Los coeficientes de correlación obtenidos en el presente estudio indicaron la posibilidad de mejorar el rendimiento y la digestibilidad de híbridos para forraje, seleccionando entre líneas endocriadas en etapa de ensilaje. Además la selección entre líneas para planta y rendimiento de materia seca de la paja a la madurez del grano, puede ser tan efectivo como la realizada en etapas de ensilaje, mientras que la selección para digestibilidad a la madurez del grano puede ser menos efectiva.

Fairey (1980) probó la relación existente entre el desarrollo de características importantes de maíz para forraje (producción total) y la producción de grano en tres localidades, encontrando que el rendimiento del forraje estuvo linealmente relacionado al rendimiento de grano en cada localidad y la relación fue distinta para cada localidad. Sin embargo, el rendimiento de grano no fue un buen indicador de la productividad del forraje. Además en cada localidad el contenido de materia seca del forraje dependió del

contenido de materia seca de la paja y de la proporción de materia seca total como grano o en la mazorca. Agregando que en un futuro, el mayor énfasis se debe dar a las evaluaciones de variedades de maíz independientemente para forraje y para producción de grano, y para calidad y rendimiento del componente de la paja de maíz.

Bunting (1975) Comparó plantas estériles isogénicas y fértiles de maíz, para estudiar el efecto del contenido de grano en el rendimiento de forraje y la calidad de la materia seca del jilote en dos localidades de USA. Observó que la ausencia de grano tuvo poco efecto sobre el contenido de nitrógeno, ceniza y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, incrementándose el contenido de pepsina soluble y carbohidratos solubles en agua caliente. Concluyendo que es exagerada la importancia atribuida al alto contenido de grano como un requerimiento esencial para el rendimiento y calidad del maíz forrajero.

Graybill *et al.* (1991) evaluaron el comportamiento del rendimiento de materia seca y calidad del forraje en híbridos comerciales a diferentes fechas de plantaciones y diferentes densidades. Obteniéndose que la densidad de plantas tuvo poco efecto sobre la concentración de fibra detergente ácida (FDA) y la fibra detergente neutra (FDN), indicando que la calidad del forraje se puede mantener a altas densidades. Los híbridos mostraron diferente variación para concentración de FDA (186-217 g/kg), FDN (414-434 g/kg), y para la proteína cruda (PC) (72-77 g/kg).

Gunn (1978) menciona que el peso total de materia seca producido por una planta

de maíz depende del tamaño y de la eficiencia de su sistema fotosintético, a la longitud y el tiempo durante el cual la fotosíntesis efectiva continúa y a su capacidad de almacenamiento de materia seca. Relativamente es poco lo que se conoce acerca de los procesos que controlan los cambios en el contenido de materia seca en el forraje durante la vida del cultivo del maíz en el campo. Como un trabajo hipotético Gunn sugirió que la tasa de ganancia en el contenido de materia seca de un cultivo, y la longitud de tiempo que se toma para alcanzar la condición de ensilable, está determinado por tres factores: (1) la vegetación total y la capacidad reproductiva de almacenamiento, (2) la tasa de duración de la fotosíntesis efectiva (capacidad de la fuente) y (3) tasa de senescencia del tejido.

Deinum y Struick (1986) mencionan que en los niveles moleculares, histológicos y morfológicos hay una amplia variación en la digestibilidad. Sin embargo, la variación al nivel de toda la planta y al nivel de cultivo son más reducidas y son mayormente debido a la variación genética. También agregan que los factores fisiológicos limitan la posibilidad de mejoramiento para mayor contenido de proteína y minerales; además la variación genética en la digestibilidad y en el producto de la materia seca son amplios y estas características pueden ser mejoradas. También agregan que el mejor camino para mejorar la digestibilidad de toda la planta mediante el mejoramiento parece ser seleccionar para una alta digestibilidad de la pared celular de las partes vegetativas; dado que la variación en la digestibilidad de la materia orgánica de la planta de maíz está relacionada a la producción y digestibilidad de la pared celular en la paja, en la mazorca

y en la cantidad de contenido celular en toda la planta.

Por otro lado Deinum y Struick (1986) hacen referencia que si la polinización es baja o ausente, los granos no desarrollan apropiadamente por lo tanto la composición morfológica se altera, porque los carbohidratos no se acumulan normalmente en el grano sino en la paja. Por lo tanto, las diferencias en los granos y el llenado de estos tienen solamente efecto limitantes sobre la producción de materia orgánica (contenido de células y pared celular) y sobre la digestibilidad. Sin embargo, el rango de digestibilidad causado por las diferencias en la polinización es comparable con el rango que se puede obtener por variación en las prácticas culturales, elección de híbridos o condiciones climáticas.

Cox *et al.* (1994) evaluaron las diferencias de calidad de forraje entre híbridos comerciales a través de diferentes condiciones de crecimiento y la relación entre el valor del índice de cosecha (IC) y calidad de forraje en dos localidades de USA. 12 híbridos con rangos de madurez de 95 a 116 días, se evaluaron en dos experimentos de acuerdo a las diferencias de madurez. encontraron que no existió interacción de híbridos para digestibilidad verdadera *in-vitro* (DVI), lo cual sugirió una consistente relación entre híbridos para digestibilidad aun si los híbridos reciben daños por heladas entre el estado de formación de grano y el estado masoso lechoso. Además sugieren que el productor ganadero puede continuar seleccionando híbridos con alto contenido de grano si sus intereses primordiales son relativamente baja fibra y alta digestibilidad. Por otro lado no

hay que olvidar que los híbridos con alto contenido de grano, no necesariamente están asociados con altos rendimientos de materia seca. Los datos de este estudio concuerdan con los obtenidos por Graybill *et al.* (1991) lo cual sugieren que el contenido de grano es un importante factor en la concentración de fibra detergente neutra de maíces híbridos adaptados a la región noreste de EUA (Estados Unidos de Norte América). También los datos de este estudio sugieren que la concentración de lignina afecta la digestibilidad más que el contenido de grano cuando daños por heladas restringen el desarrollo del grano.

Geiger *et al.* (1992) encontraron variación genética altamente significativa para rendimiento de materia seca, contenido de materia seca, rendimiento de energía metabolizable, contenido de energía metabolizable de la paja y forraje (forraje = mazorca + paja), y la proporción de mazorca en materia seca total. Concluyeron que la selección para alto rendimiento de energía metabolizable es el mejor camino para proveer indirectamente de rendimiento de energía metabolizable en el maíz ensilado. Formando un grupo bien constituido, la proporción de mazorca en la materia seca total y el contenido de energía metabolizable de la paja son los principales caracteres de calidad y deberán ser considerados conjuntamente en la selección.

Además encontraron una fuerte correlación entre la proporción de mazorca en la materia seca total y el contenido de energía metabolizable en la materia seca del forraje, sugirieron que una alta proporción de mazorca es el atributo más importante en la alta calidad alimenticia del forraje y parece ser el principal componente de calidad.

Bosch *et al.* (1994) condujeron un estudio en el noreste de España en tres localidades, con el objetivo de (i) comprobar si los materiales semiexóticos (adaptados x tropicales) son una fuente viable de híbridos forrajeros tardíos con altos rendimientos, (ii) determinar las poblaciones exóticas más adecuadas para un programa de mejoramiento, (iii) evaluar la producción más importante y/o calidad de las características relacionadas para la selección. Las correlaciones y análisis de regresión múltiple mostró que el total de materia seca digestible depende principalmente del rendimiento de la mazorca, en menor proporción de la producción de paja y poco sobre la digestibilidad de la paja. La baja variabilidad genética entre las poblaciones para digestibilidad de la paja es probablemente responsable de la baja influencia sobre el total de materia seca digestible. También encontraron una carencia de correlación entre la digestibilidad de la pared celular y precocidad ($r=-0.07$), junto con la significativa correlación entre la digestibilidad de la pared celular y altura de planta (resultados similares habían reportado anteriormente en 1992) con híbridos comerciales tardíos, los llevó a sugerir una relación de la digestibilidad de la pared celular con la estructura de las partes vegetativas de la planta.

Agregaron que la principal característica para optimizarse en un programa de mejoramiento (ejemplo digestibilidad de la materia seca total) depende primero del rendimiento de la mazorca y en segundo del rendimiento de la paja. Las características relacionadas a la calidad nutritiva de la paja tiene poco efecto sobre la digestibilidad total de la materia seca, probablemente debido a la baja variabilidad genotípica de estas

características en comparación con los caracteres de producción. La digestibilidad de la materia seca total estuvo también positivamente correlacionada con días a floración, altura total y diámetro del tallo, excepto en 1989 cuando las características de producción de los exóticos tardíos fueron negativamente afectados por una gran sensibilidad al carbón. La correlación entre los caracteres de producción (ejemplo rendimiento de mazorca y paja) y la calidad de las características relacionadas indican que puede ser posible incrementar la digestibilidad de la paja y la producción de materia seca; Además las correlaciones y análisis de regresión múltiple muestran que la selección para rendimiento de mazorca y paja puede ser el principal objetivo para maximizar la digestibilidad de la materia seca total.

Análisis Genético Estadístico

Griffing (1956) menciona cuatro tipos de asunciones considerando variedades (genotipos) y efectos de bloques. Estas son (1) los efectos variedad y de bloques son fijos, (2) los efectos de variedad son variables aleatorias y los efectos de bloques son fijos, (3) los efectos de variedad son fijos y los efectos de bloques son variables aleatorias y (4) los efectos de variedad y bloques son variables aleatorias.

El primero juego de asunciones conducen a un modelo en el cual todos los efectos excepto el error son considerados constantes. El último juego de asunciones conducen a un modelo en el cual todos los efectos excepto uno son variables aleatorias. Esta clase de modelo se conocen como modelo I y II respectivamente, designado así por

Eisenhart (1947). El segundo y tercer juego de asunciones conducen a modelos mixtos los cuales son designados como A y B respectivamente.

Griffing (1956) dice que en el modelo I el material experimental es considerado como una población acerca de la cual las inferencias son hechas. Los objetivos son comparar la habilidad combinatoria de los progenitores cuando los progenitores son utilizados como probadores y para identificar las mejores combinaciones para rendimiento.

En cuanto al modelo II Griffing menciona que se trata de muestras aleatorias de algun progenitor de la población, y las inferencias no son hechas acerca de las líneas individuales en la muestra sino de los parámetros de la población progenitora. En particular se está interesado en estimar los componentes genéticos y ambientales de la población. Al respecto Baker (1978) agrega que aunque los análisis de varianza son muy similares para ambos modelos, los parámetros probados en los dos modelos son muy diferentes.

Baker (1978) menciona que como una alternativa a la interpretación genética, la descripción estadística obtenida del análisis dialélico se puede usar para ayudar a contestar las preguntas concernientes a la importancia de la aptitud combinatoria específica (ACE) y la predicción de híbridos usando la aptitud combinatoria general (ACG). En un análisis usando un modelo fijo de cruza simple en un dialélico, el

promedio alcanzado de cada progenie es particionada dentro de los componentes relacionados a ACG (efectos principales) y ACE (interacción). Si el cuadrado medio de la ACE no es significativo, uno puede aceptar la hipótesis de que el rendimiento de una cruce puede predecirse adecuadamente en base a la ACG. La mejor cruce puede producirse cruzando los dos progenitores que tengan la más alta ACG.

Baker también señala la relación que existe entre la ACG de una línea progenitora y su rendimiento per se, es decir si están correlacionadas o bien si algún progenitor es más potente al cruzarse que lo que se esperaría de acuerdo a su propio desempeño. También menciona que evidencias de esta cuestión se pueden obtener mediante la estimación de "heterogeneidad de potencia" (Gilbert, 1958). Así si las diferencias entre los estimadores de ACG y los efectos paternales correspondientes son heterogeneos, ésto quiere decir que algunos progenitores producen progenes que son en promedio mejores o peores que lo que se esperaría del desarrollo de los progenitores per se.

Baker concluye que las cruces dialélicas pueden ser usadas para medir la ACG en el desarrollo de cultivares de polinización abierta o sintético. En aplicaciones particularmente tardías pueden ser más eficientes para usarse en mestizos o progenes de policruzas.

Singh y Paroda (1984) compararon cinco métodos de análisis dialélico [Griffing

(1956) modelo I, método 2 y 4; Gardner-Eberhart (1966) análisis II y III, y Walters y Morton (1978)]. Los análisis propuestos por Gardner-Eberhart (1966) parecieron ser superiores, además los efectos de ACG, ACE y las varianzas proveen información de los efectos aditivos de variedades, sus promedios y de la contribución individual a la heterosis en las cruzas. Además agregan que el análisis dialélico es una herramienta biométrica aprovechada por los investigadores de plantas para la evaluación y caracterización genética de la variabilidad existente en una especie cultivada.

Heterosis

Gardner (1982) menciona que los efectos de heterosis sirven como indicadores de la diversidad genética entre los materiales bajo evaluación y proporcionan las bases para la elección y formación de fuentes germoplásmicas. Para formar una sola fuente germoplásmica, se puede escoger aquellos progenitores que proporcionen una media de expresión alta, gran variabilidad genética, y altas ganancias esperadas al practicar selección recurrente. Para formar dos fuentes germoplásmicas con el propósito de programas de selección recíproca recurrente es importante escoger los progenitores que exhiban las medias altas, máxima heterosis interpoblacional y altas ganancias en la selección recíproca recurrente.

Vasal *et al.* (1992). evaluaron 92 líneas de maíz blanco tardías para rendimiento de grano a nivel S_3 - S_6 derivadas de 9 poblaciones de CIMMYT y pooles, se cruzaron con 4 líneas como probadores (dos dentadas y dos cristalinos). Las 368 combinaciones

de las líneas x probador se dividieron en 4 grupos, cada grupo formados de las cruzas de 23 líneas con los 4 probadores. El objetivo del estudio fue determinar la habilidad combinatoria y patrones heteróticos de líneas de maíces tropicales desarrolladas en el CIMMYT, para identificar y formar grupos heteróticos contrastantes para los trópicos.

Encontraron que las cruzas interpoblacionales fueron usualmente superiores a las cruzas intrapoblacionales. Solamente algunas presentaron rendimientos comparables a algunas de las mejores combinaciones interpoblacionales. Basándose en los datos de cruzas de pruebas, formaron dos grupos heteróticos tropicales el THG-A y THG-B los cuales se formaron de la siguiente forma: 92 líneas fueron evaluadas para sus efectos de ACE y rendimiento, con dos probadores, probador 1 (población 21 dentada) y probador 3 (población 25 cristalino). Las líneas que mostraron ACE negativa con el probador 1 y ACE positiva con el probador 3 fueron clasificadas bajo el grupo heterótico tropical "A" (THG "A"). Este grupo quedó formado mayormente por líneas dentadas. Las líneas que mostraron ACE positiva con el probador 1 y negativa con el probador 3 fueron clasificadas bajo el segundo grupo heterótico tropical "B" (THG "B"). Este grupo se constituyó mayormente de líneas cristalinas, aunque algunas líneas fueron de dentadas a semidentadas. Las líneas de cada grupo fueron recombinadas separadamente seguidas por selección y una recombinación adicional para desarrollar dos nuevos grupos heteróticos.

Han *et al.* (1991) seleccionaron 58 líneas S_3 de diferentes poblaciones y pooles

basadas en el rendimiento de grano per se y dividida en seis grupos para hacer 6 dialélicos. El objetivo fue examinar los efectos de habilidad combinatoria de líneas derivadas de poblaciones y pooles en el CIMMYT y además comparar los resultados con los datos de las cruzas poblacionales para explicar los patrones heteróticos de germoplasma de maíz del CIMMYT. Encontraron que la heterosis fue baja para las cruzas de población, mientras que las cruzas interpoblacionales superiores fueron relativamente altas para cruzas de líneas entre las dos poblaciones. mencionando que la baja heterosis en las cruzas poblacionales puede ser debido principalmente a la insuficiente diversidad genética entre las dos poblaciones y a la mayor variabilidad genética dentro de las poblaciones y pooles incluidos en ese estudio. Mencionan que poca heterosis entre las cruzas de dos poblaciones podría ser debido a la carencia de diversidad genética entre las dos poblaciones o a efectos cancelados de diferentes loci y alelos en combinaciones entre las dos poblaciones. Cress (1966) mencionó que la diversidad genética entre dos poblaciones esta relacionado a heterosis, pero que una carencia de heterosis no necesariamente resulta de una carencia de diversidad genética. También mencionan que un camino para evitar la cancelacion de los efectos entre multiples loci y alelos es, examinar cruzas de líneas de diferentes poblaciones. Este enfoque podría proveer informacion útil en identificar patrones heteróticos entre las poblaciones, en donde las líneas endocriadas son relativamente fijas con solamente un alelo en un locus específico, no hay interacción multi-alélica en los híbridos de cruzas simples. Además agregan que si no hay diversidad genética entre las poblaciones, no habrá diferencia en promedio entre la craza interpoblacional de líneas. Por otro lado si hay diferencia en las

frecuencias de alelos entre las dos poblaciones en diferentes loci la probabilidad que los alelos sean fijados en la extracción de líneas de las dos poblaciones puede ser diferente. Por lo tanto las cruzas de diferentes poblaciones pueden expresar altas heterosis a diferencia de la que expresaría una misma población.

Mungoma y Pollak (1988) mencionan que abundante heterosis manifestada en las cruzas de dos poblaciones conducen a la conclusión que las variedades parentales son más diversas genéticamente que las variedades que manifiestan poca o nula heterosis. Anteriormente Gardner (1982) había comentado que los efectos de heterosis sirven como una guía para la diversidad genética y provee bases para la formación de pools genéticos y así como la elección de dos pools de germoplasma para ser usado en un programa de selección recíproca recurrente.

Ordás (1991) realizó un estudio para determinar la relación heterótica entre germoplasma español y germoplasma de EUA e identificar el patrón heterótico para un sistema comprensivo de mejoramiento. Concluyendo que el material español puede enriquecer la base genética de los programas de mejoramiento en corto tiempo para zonas templadas, ya que proporciona buena heterosis con el material de EUA y está probablemente bien adaptado a las condiciones climáticas de esas áreas. Un programa de mejoramiento de selección recurrente para el Sur de Europa basado en los patrones heteróticos NS x SS debe producir altas ganancias en el rendimiento. Para el maíz de EUA ésto podría ser útil para comenzar un esquema de selección con el germoplasma

del Sur de España. Además agrega que la cantidad de heterosis mostrada por un híbrido depende mayormente de la divergencia genética de las variedades parentales de las cuales han sido extraídas.

Crossa et al. (1987) evaluaron un dialélico de 13 poblaciones para rendimiento de grano y altura de planta en cinco localidades de EUA (Universidad de Nebraska). Estas poblaciones incluyen cinco adaptadas, cinco adaptadas x exótico, dos compuestos de adaptadas y exótico, y una exótica seleccionada para adaptabilidad se cruzaron en apareamiento dialélico. Encontraron que los efectos genéticos aditivos y no aditivos contribuyeron con el 60 y 40 por ciento de la variación total entre las poblaciones respectivamente para rendimiento de grano, y 86 por ciento y 14 por ciento de la variación total respectivamente, para altura de planta. Los componentes de heterosis fueron significantes en el análisis combinados para ambas características. Además sugieren que una población exótica (Tuxpeño x Antigua grupo 2) y tres poblaciones adaptadas [compuesto 307, NB(S₁)C-3 y NK(S₁)C-3] se deberán combinar para formar una población con alto rendimiento.

Sus resultados indicaron que diversas poblaciones con medias altas desarrolladas en cruza y derivadas por composición de germoplasmas que muestran considerable heterosis no se encontraron entre aquellas que tuvieron alta heterosis varietal. Los progenitores elegidos para compuestos se usarán en programas de selección recurrente (particularmente aquellos que contienen germoplasma exótico), es importante para

examinar la relación entre poblaciones y sus patrones heteróticos.

Cortez *et al.* (1985) evaluaron 10 poblaciones de maíz tropical del CIMMYT para grano y sus descendientes en siete localidades de México y una de USA. Obtuvieron los efectos acumulativos del gene y heterosis. Sus resultados mostraron que los efectos de dominancia fue el factor de mayor contribución en la expresión del rendimiento; concluyeron que existe adecuada variabilidad entre las poblaciones. Los patrones heteróticos exhibidos por cruzas de las poblaciones mostraron que había un buen nivel de divergencia genética en algunas de las poblaciones estudiadas. Argumentando que sus resultados en general parecían indicar que el sistema de selección intra-poblacional podría ser tan efectivo como el sistema de selección inter-poblacional, en desarrollar poblaciones para ser usadas en programas de hibridación.

Vasal *et al.* (1992) evaluaron 7 progenitores y sus cruzas F_1 (dos poblaciones y 5 pooles de genes y sus 21 cruzas) para rendimiento de grano en 17 ambientes templados y 5 ambientes subtropicales (16 localidades en USA, una en Canadá, cuatro en México y una en Turkía) durante 1985-1986. Observaron efectos de ACG positivos altamente significantes para rendimiento en la población 48 y pool 30 bajo condiciones templadas. Los efectos de ACE positivos significantes para rendimiento se observaron en las cruzas con la población 46 x 48 y población 46 x pool 30 en ambiente templado, y la crusa de la población 48 x pool 27 en ambiente subtropical. Sugiriendo que la población 48 y el pool 30 puede tener potencial para usarse como fuente de germoplasma para ambas

localidades en un programa de maíz.

MATERIALES Y METODOS

Material Genético

Para el presente trabajo se utilizaron ocho poblaciones de amplia base genética (Cuadro 3.1) para formar el dialélico. La evaluación se realizó de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Localidades	Celaya, Gto y Gómez P., Dgo.
Diseño	Bloques al Azar
Repeticiones	4
No. de surcos	2
Longitud-surco	3.46 m.
Distancia/surco	0.80 m.
Distancia/plantas	16.5 cm.
Area-parcela exp.	5.53 m ² .
Densidad	80,000 ptas/ha

Descripción del Area de Estudio

- Gómez Palacio, Dgo. En esta región se contempla totalmente una agricultura de riego, las unidades del suelo que presentan el sitio experimental son del tipo Xerosol háplico y Fluvisol calcáreo. La profundidad del suelo es mayor de 100 cm., cuyo horizonte A tiene un espesor de 19 cm, el

horizonte B de 19-60 cm y el horizonte C de 60-80 cm.¹

Cuadro 3.1. Descripción de las poblaciones

<i>Población</i>	<i>Descripción</i>
1.- Población Criollos del Bajío	Se formó al seleccionar 60 Colectas de 300 del Bajío evaluadas bajo riego y temporal.
2.- Across-8043	Se formó con las 10 mejores familias de hermanos completos seleccionadas de la población 43 del CIMMYT al evaluarse en 6 localidades en 1980.
3.- PPMG	Población formada por el CIMMYT.
4.- POOL 24 C.	Basado principalmente en el germoplasma Tuxpeño de México. Incluye algunos materiales de Centro América, el Caribe y el Zaire.
5.- Sintético Trópico Seco	Se formó en 1979 con nueve líneas elite, cinco del Trópico Seco (líneas S ₇) y cuatro del Trópico Húmedo (líneas S ₃ y S ₄).
6.- VAN-542	Se obtuvo de líneas S ₁ a través de un ciclo selección recurrente de V524.
7.- Tuxpeño Bajío	Se formó con 25 colectas de tuxpeño del Bajío.
8.- Sintético Forrajero	Constituido por: El Sintético de hoja erecta, una línea endocriada Oh-43 bm ₃ /bm ₃ y -Oh-43-Su ₂ /Su ₂ , una línea de la variedad Bj-1, el Sintético Forrajero enano y la línea endocriada ANH-148.

- Celaya, Gto. Se contempla mayormente una agricultura de riego, las unidades de suelo presentes en la región son Vertisol pélico y crómico. Son de suelos de origen aluvial, ligeramente salinos y de textura fina. La topografía

que presenta el terreno es plana o ligeramente ondulada con pendientes menores de 8 por ciento. En esta región existe una agricultura muy intensa, además de los cultivos tradicionales podemos encontrar otro tipo de vegetación como pastizales y matorral espinoso¹.

Ubicación y características del área de estudio (García, 1981):

<i>CARACTERISTICAS</i>	<i>GOMEZ PALACIO, Dgo.</i>	<i>CELAYA, Gto.</i>
Latitud	N 25° 33'	N 20° 31'
Longitud	W 103° 26'	W 100° 49'
Altitud (msnm)	1,137	1,754
Precipitación media anual (mm)	185.9	597.3
Temperatura media anual (°C)	22.3	19.6

Variables evaluadas

- 1) **Altura de planta:** Se midió una planta representativa de cada parcela, los datos se obtienen de medir cada planta de la base a la hoja bandera; se expresa en centímetros.
- 2) **Altura de mazorca:** Se utilizaron las mismas plantas midiéndose de la base a la inserción de la mazorca principal, se expresa en centímetro.
- 3) **Rendimiento de forraje:** Cuando el grano se encontraba en el estado masoso lechoso se pesaron 10 plantas completas por parcela con competencia completa

¹ Enciclopedias de los municipios de México. 1989.

tomadas al azar, de éstas se picaron 5 plantas, luego se guardaron en bolsas de polietileno negras, posteriormente se tomaron muestras que se mantuvieron en la estufa para obtener el peso seco por diferencia. Para obtener el rendimiento de forraje/ha se utilizaron los siguientes procedimientos:

Rendimiento de forraje en verde:

$$Rv = \frac{Ph \times Ds}{Np \times 1000}$$

En donde:

Ph = Peso húmedo de las plantas muestreadas.

Ds = Densidad de siembra (80,000 ptas/ha).

Np = Número de plantas muestreadas (10).

Rendimiento de materia seca (ton/ha):

$$R = \frac{Ps \times Rv}{Phm}$$

En donde:

Ps = Peso seco de la muestra.

Phm = Peso húmedo de la muestra (500 gr.).

Análisis Genético-Estadístico

El modelo usado para el análisis de habilidad combinatoria es:

$$X_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, p$$

$$k = 1, 2, \dots, l$$

En donde:

μ = media de la población.

g_i y g_j = efecto de ACG para el i-ésimo (j-ésimo) progenitor.

s_{ij} = efecto de ACE de las cruzas entre el i-ésimo (j-ésimo) progenitor.

ε_{ij} = efecto del error.

Cuadro 3.2. Análisis de varianza para el método IV, modelo I de Griffing (1956).

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F
ACG	p-1	SCg	Mg	Mg/Mé
ACE	p(p-3)/2	SCs	Ms	Ms/Mé
Error	m	SCE	Mé	

La suma de cuadrados se calculó de la siguiente forma:

$$SCg = \frac{1}{p-2} \sum X_i^2 - \frac{4}{p(p-2)} X_{..}^2$$

$$SCs = \sum \sum x_{ij}^2 - \frac{1}{p-2} \sum X_{i.}^2 + \frac{2}{(p-1)(p-2)} X_{..}^2$$

Los efectos se estimaron como siguen:

$$g_i = \frac{1}{p(p-2)} [pX_{i.} - 2X_{..}]$$

$$S_{ij} = x_{ij} - \frac{1}{p-2} (X_{i.} + X_{.j}) + \frac{2}{(p-1)(p-2)} X_{..}$$

En donde:

g_i = Efectos de aptitud combinatoria general (ACG).

S_{ij} = Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE).

$X_{..}$ = Gran total.

$X_{i.}$ = Total del progenitor i.

$X_{.j}$ = Total del progenitor j.

X_{ij} = Total de la cruce del progenitor i con el progenitor j.

p = Número de progenitores.

Los efectos de significancia para ACG y ACE se calcularon de acuerdo a una prueba de t, tal como a continuación se describe:

$$t = \frac{X}{\sqrt{CME/n}}$$

Donde:

X = Efecto de ACG o ACE

CME = cuadrado medio del error.

n = número de cruzas.

El modelo usado para análisis combinado a través de dos localidades es:

$$X_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + l_k + (gl)_{ik} + (gl)_{jk} + (sl)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, p$$

$$k = 1, 2, \dots, l$$

En donde:

X_{ijk} = valor fenotípico observado de la craza con los progenitores i y j , en la localidad k .

μ = media

g_i y g_j = efecto de ACG del i -ésimo y j -ésimo progenitor.

s_{ij} = efecto de ACE de las cruzas entre el i -ésimo y j -ésimo progenitor.

l_k = efecto de la k -ésima localidad.

$(gl)_{ik}$ = interacción correspondiente a g_i y l_k .

$(gl)_{jk}$ = interacción correspondiente a g_j y l_k .

$(sl)_{ijk}$ = interacción correspondiente a s_{ij} y l_k .

ε_{ijk} = error experimental.

Cuadro 3.3. Análisis de varianza combinado del método IV modelo I de Griffing (1956) de acuerdo a Singh (1973).

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
ACG	p-1	SCg	Mg	Mg/Me
ACE	p(p-3)/2	SCs	Ms	Ms/Me
Localidad	l-1	SCl	Ml	Ml/Me
ACG x LOC.	(p-1)(l-1)	SCgl	Mgl	M _{gl} /Me
ACE x LOC.	p(p-3)(l-1)/2	SCsl	Msl	Msl/Me
Error	m		Me	

La suma de cuadrados se calculó de la siguiente forma:

$$SCg = \frac{\sum X_{i..}^2}{p(p-2)l} - \frac{4X_{...}^2}{p(p-2)l}$$

$$SCs = \frac{\sum \sum X_{ij.}^2}{l} - \frac{\sum X_{i..}^2}{(p-2)l} + \frac{2X_{...}^2}{(p-1)(p-2)l}$$

$$SCl = \frac{2\sum X_{..k}^2}{p(p-1)} - \frac{2X_{...}^2}{p(p-1)l}$$

$$SCgl = \frac{\sum \sum X_{i.k}^2}{p-2} - \frac{4\sum X_{..k}^2}{p(p-2)} - \frac{\sum X_{i..}^2}{(p-2)l} + \frac{4X_{...}^2}{p(p-2)l}$$

$$SCsl = \frac{\sum \sum \sum X_{ijk}^2}{p-2} - \frac{\sum \sum X_{i.k}^2}{(p-1)(p-2)} + \frac{2\sum X_{..k}^2}{l} - \frac{\sum \sum X_{ij.}^2}{(p-2)l} + \frac{\sum X_{i..}^2}{(p-1)(p-2)l} - \frac{2X_{...}^2}{(p-1)(p-2)l}$$

En donde:

l = Localidad.

p = progenitor.

$X_{...}$ = Gran total.

$X_{i..}$ = total del progenitor i.

$X_{ij.}$ = Total de la cruce del progenitor i con el progenitor j.

$X_{i.k}$ = Total del progenitor i por localidad.

$X_{..k}$ = Total de la localidad k.

X_{ijk} = Total de las cruces.

Heterosis se calculó en base al mejor progenitor de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Heterosis (\%)} = \frac{\text{Cruza - mejor progenitor}}{\text{mejor progenitor}} \times 100$$

Análisis Bromatológico

Para obtener el forraje ensilado en buenas condiciones se procedió de la siguiente manera: las muestras de las bolsas negras se trataron con CO_2 , posteriormente se depositaron en un silo y se taparon, de esta forma permanecieron un mes, luego se tomaron muestras de 500 gr. de cada una, estas se secaron en la estufa a 65°C durante una semana y luego se molieron. Procediéndose a realizar los siguientes análisis:

1) Por ciento de proteína cruda:

Primero se calculó el porcentaje de nitrógeno de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ N}_2 = \frac{(\text{ml. ácido} \times \text{N}) - (\text{ml. bco.} \times \text{N}) \times 0.014 \times 100}{\text{gramos de la muestra}}$$

Posteriormente se calculó el porcentaje de proteína cruda

utilizando la fórmula:

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ N}_2 \times 5.83$$

En donde:

N = Normalidad del ácido sulfúrico (H_2SO_4)

Blanco = testigo sin muestra (lleva todos los reactivos menos muestra).

0.014 = Es constante (meq/gr. de N_2).

5.83 = factor de conversión.

2) Por ciento de extracto etéreo o grasa:

El porcentaje de extracto etéreo se obtuvo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ E. E.} = \frac{\text{Pmg} - \text{Pcm}}{\text{gr. mtra}} \times 100$$

En donde:

Pmg = peso del matraz con la grasa.

Pcm = peso constante del matraz.

Los datos de por ciento de proteína y por ciento de extracto etéreo se transformaron para realizar su análisis utilizando la transformación \sqrt{Y} ó $\text{sen}^{-1} \sqrt{Y}$.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios y significancia del dialélico evaluado en Celaya, Gto en 1993. Para rendimiento, entradas presentó alta significancia, esta fuente de variación se particionó en cruzas, progenitores y el contraste Progenitor vs cruzas presentaron alta significancia. Cruzas se particionó en sus efectos de ACG y ACE, presentando ambos alta significancia. Aunque la mayor contribución al genotipo observado se debe a la ACG (efectos aditivos).

Para altura de planta y mazorca la fuente de variación bloques, entradas, progenitor y progenitor vs cruzas presentaron altas significancias para ambas características; mientras que para altura de planta cruzas fue altamente significativa y esto al parecer se debe en mayor grado a el efecto de ACG que presentó alta significancia. Aun cuando cruzas para altura de mazorca no fue significativo la ACG presentó significancia. Progenitor vs cruzas fue altamente significativo para ambas características. En general se observa mayor respuesta de los efectos de ACG para ambas características (efectos aditivos).

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y su significancia del dialélico evaluado en Celaya, Gto. 1993.

F.V.	G.L	Rendto ton/ha	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
Bloques	3	8.64	5064**	2131**	0.02	3.06**
Entradas	35	34.80**	870**	539**	0.92**	3.87**
Cruzas	27	19.49**	551**	325	0.99**	2.59**
ACG	7	25.78**	1417**	631*	1.20**	3.35**
ACE	20	17.29**	248	218	0.93**	2.33**
Progenitor	7	72.72**	1844**	901**	0.46	5.60**
Prog vs Cruz	1	182.6**	2646**	3795**	2.46**	26.2**
Error	105	8.82	259.07	244.33	0.349	0.742
C.V. (%)		9.72	6.28	11.22	3.64	7.82

*,** significativo y altamente significativo respectivamente.

Entradas, cruzas, ACG, ACE y progenitor vs cruzas son altamente significantes para proteína; mientras que todas las fuentes de variación para extracto etéreo (grasa) presentaron alta significancia. Ambas características presentaron alta significancia tanto para ACG como para ACE. Aun cuando los efectos de ACG son mayores, los efectos de ACE parecen tener mayor influencia en los resultados obtenidos si se toma en cuenta la alta significancia de progenitor vs cruzas para la importancia de los efectos no aditivos.

Los coeficientes de variación se localizan entre un rango de 3.64 a 11.22 por ciento, proporcionando confianza en los resultados obtenidos.

De acuerdo a la concentración de medias para la localidad de Celaya, Gto (Cuadro 4.2) los mejores rendimientos lo presentaron las siguientes cruzas, Sintético forrajero x Tuxpeño Bajío (7x8), Van-542 x Tuxpeño Bajío (6x7), PPMG x sintético Forrajero (3x8)

Cuadro 4.2. Medias de las características evaluadas en Celaya, Gto.1993.

Cruzas	Rendto ton/ha	Heterosis %	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
1x2	31.47	-3.0	280	170	16.41	11.53
1x3	30.40	-15.6	269	148	16.61	12.03
1x4	32.31	-0.4	251	144	15.66	12.39
1x5	31.49	-3.0	274	143	16.52	12.26
1x6	32.88	1.3	254	145	16.07	12.19
1x7	32.54	0.3	274	149	16.32	10.94
1x8	32.21	-0.7	256	148	15.62	11.10
2x3	30.69	-14.8	259	146	15.56	10.74
2x4	30.67	31.8	255	145	16.16	11.15
2x5	28.47	8.2	258	136	15.76	10.41
2x6	30.37	-0.8	253	133	15.41	11.18
2x7	27.97	-4.5	269	140	15.83	10.85
2x8	28.44	-11.1	250	138	15.61	8.76
3x4	30.15	-16.3	249	146	16.47	11.35
3x5	25.93	-28.0	253	139	15.32	12.63
3x6	32.39	-10.1	264	158	15.56	10.76
3x7	29.97	-16.8	269	150	15.55	11.07
3x8	33.09	-8.1	265	138	16.96	11.93
4x5	30.43	15.6	259	135	16.97	10.08
4x6	29.29	-4.3	229	126	16.91	11.26
4x7	30.79	5.2	258	133	16.19	11.30
4x8	27.32	-14.6	239	128	16.50	11.41
5x6	32.40	5.8	241	138	15.74	10.51
5x7	32.26	10.2	276	139	16.43	10.50
5x8	32.52	1.6	257	135	15.55	11.83
6x7	34.37	12.3	254	140	16.89	11.56
6x8	29.88	-6.6	259	140	15.92	10.92
7x8	36.48	14.0	271	151	16.13	11.95
Promedio	30.97		259	142	16.16	11.24
Progenitor						
P1	32.45		269	140	16.76	11.03
P2	23.26		253	144	16.70	7.69
P3	36.01		256	129	16.55	10.33
P4	22.82		209	106	16.19	9.95
P5	26.32		263	133	16.29	10.30
P6	30.61		221	109	16.58	10.00
P7	29.28		263	146	16.91	10.56
P8	32.01		254	131	15.88	11.81
Promedio	29.10		248	130	16.48	10.21

y Población Criollos del Bajío x Van-542 (1x6) con valores de 36.48, 34.36, 33.08 y 32.87 ton/ha de materia seca respectivamente. En cuanto a heterosis en base al mejor progenitor las cruzas ACROSS-8043 x POOL 24 Co. (2x4), POOL 24 Co x Sintético Trópico Seco (4x5), Sintético forrajero x Tuxpeño Bajío (7x8) y Van-542 x Tuxpeño Bajío (6x7) son las que presentaron los valores más altos de heterosis (31.8, 15.6, 14.0 y 12.3 por ciento respectivamente). Los progenitores con los mejores comportamientos medios de materia seca son PPMG (3), Población criollos del Bajío (1) y Sintético Forrajero (8) (36.02, 32.45 y 32.00 ton/ha respectivamente), estos progenitores estan presentes en la mayoría de las mejores cruzas. La crusa con el más alto rendimiento de materia seca está formada por el progenitor Sintético Forrajero que tiene el tercer mejor rendimiento per se de los ocho progenitores y al cruzarse con Tuxpeño Bajío (con rendimiento muy cercano a la media) presenta el mejor potencial de rendimiento (36.48 ton/ha), con la tercera mejor heterosis (14 por ciento) de todas las cruzas, es decir estas poblaciones presentan mayor diversidad genética entre sí. Algo similar se observa en las cruzas 2x4 y 4x5 que presentan las mejores heterosis con progenitores que tienen comportamientos medios muy inferiores a la media de los progenitores, pero en la crusa responden bien, sin embargo no superan al rendimiento medio de las cruzas.

La media más alta para altura de planta la presenta la crusa Población criollos del Bajío x Across-8043 (1x2) con 280 cm. seguida de las cruzas 5x7, 1x5 y 1x7 con alturas que van de 276 a 274 cm.; con respecto a altura de mazorca la mejor altura se debe a la crusa 1x2 con 170 cm. seguido por las cruzas 3x6 y 7x8 con 158 y 151 cm.

respectivamente. La cruza 1x2 presenta la mejor altura de planta y mazorca, sin embargo, no sucede lo mismo con las demás cruzas, se presenta cierta variación en cuanto altura de planta y mazorca. Por otro lado la cruza con mejor rendimiento medio, no presenta la mejor altura de planta y por siguiente tan poco la mejor altura de mazorca, sin embargo guardan cierta relación al conservarse entre las más altas.

De acuerdo a la característica de proteína las mejores cruzas son 4x5, 3x8, 4x6, 6x7 y 1x3 con valores de 16.97, 19.96, 16.91, 16.89 y 16.61 por ciento respectivamente. El mejor progenitor en base a sus media fue el Tuxpeñ Bajío (16.91 por ciento), estando presente en la cuarta cruza que presentó el valor más altos de proteína de las 28 cruzas, y la Población criollos del Bajío (16.76 por ciento) como segundo mejor progenitor, se encontró involucrado en la quinta cruza de mejor comportamiento. Además la cruza de estos dos progenitores (1x7) se ubica con valor muy superiores a la media de proteína, pero no es la mejor, sin embargo presentan buen comportamiento, lo cual hace suponer que progenitores con buena concentración de proteína mantendrán la tendencia al cruzarse. Por otro lado el Pool 24 Co (4) con un comportamiento per se inferior a la media general de progenitores, pero con el mejor efecto de ACG (0.28*) se involucra en la mejor cruza para proteína y además en 6 de las 7 cruzas supera ampliamente el comportamiento medio de las cruzas. Este comportamiento no se observa en su misma magnitud para grasa ya que la cruza de los dos mejores progenitores (1x8) se ubica ligeramente inferior a la media general de las cruzas, sin embargo el segundo mejor progenitor (1) en base a su media, estuvo presente en cuatro de las siete mejores cruzas; mientras que el mejor progenitor 8

solemente estuvo presente en la septima cruza de las siete mejores para grasa.

En general la cruza 7x8 es la que presentó el mejor potencial de rendimiento de materia seca con una altura un poco superior a la media general pero no de las mas altas, con porcentaje de proteína ligeramente inferior a la media y muy buena concentración de grasa. Seguida de la cruza 6x7 que presenta altura de planta aun más baja que la anterior y buena concentración de proteína, otra cruza que también se comportó bastante bien es la 2x4 y 5x7.

De acuerdo a la ACG (Cuadro 4.3) para rendimiento el mejor progenitor fue el Tuxpeño Bajío (7) con significancia (1.26) seguido por el Población Criollos del Bajío (1) con efecto positivo no significativo de ACG (1.08). Para altura de planta los progenitores

Cuadro 4.3. Los efectos de ACG de las características evaluadas en Celaya, Gto, 1993.

Progenitor	Rendto ton/ha	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
P1	1.08	7.89*	8.45*	0.01	0.63**
P2	-1.45*	2.06	2.21	-0.40**	-0.67**
P3	-0.70	2.69	5.04	0.14	0.31
P4	-0.97	-11.89**	-6.33	0.28*	0.04
P5	-0.55	1.10	-5.08	-0.14	-0.07
P6	0.79	-9.60**	-2.58	0.05	-0.04
P7	1.26*	9.98**	1.17	0.19	-0.08
P8	0.52	-2.23	-2.87	-0.14	-0.14

*,** diferente de cero al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad.

7 y 1 presentan los mejores efectos con alta significancia (9.98 y 7.89 respectivamente); mientras que la población Criollos del Bajío es el progenitor con significancia (8.45) para altura de mazorca. El POOL 24 Co (4) presenta significancia para proteína (0.28) siendo el mejor, seguido por el progenitor 7 que es positivo no significativo. Para grasa el progenitor que 1 presentó mejor comportamiento de ACG con alta significancia (0.63).

En general el progenitor 1 presenta efectos de ACG positivos y significativos para altura de planta y mazorca, y altamente significativos para grasa; pero tanto para rendimiento como para proteína son positivos no significativos, con la diferencia que el efecto para proteína es muy bajo (0.01). También el progenitor 7 presentó comportamiento algo parecido al anterior, pero rendimiento es significativo y no significativo para proteína. Ambos progenitores presentan el problema de altura de planta, dado que sus valores para estas características son positivos significativos, lo cual tienen tendencias a incrementar la altura de planta. Sin embargo el progenitor 7 presenta efecto positivo no significativo para proteína, pero este valor es alto, el cual puede servir para mejorar esta característica.

Los efectos de ACE para la localidad de Celaya, Gto. (Cuadro 4.4), muestra que para rendimiento la mejor cruza es 7x8 con efecto altamente significativo (3.72)

Cuadro 4.4. Efectos de ACE de las características evaluadas en celaya, Gto. 1993.

Cruzas	Rendto ton/ha	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
1x2	0.87	11.45	17.29*	0.63*	0.33
1x3	-0.96	-0.42	-8.03	0.29	-0.15
1x4	1.22	-3.34	-0.41	-0.79**	0.47
1x5	-0.01	6.16	-2.91	0.49*	0.46
1x6	0.02	-3.13	-2.91	-0.15	0.36
1x7	-0.78	-2.71	-2.91	-0.05	-0.85*
1x8	-0.37	-8.00	-0.12	-0.41	-0.64
2x3	1.87	-4.58	-3.03	-0.34	-0.13
2x4	2.12	6.24	7.09	0.11	0.54
2x5	-0.50	-4.26	-2.91	0.14	-0.08
2x6	0.05	1.45	-9.16	-0.40	0.65
2x7	-2.81*	-1.88	-5.41	-0.13	0.36
2x8	-1.60	-8.42	-3.87	-0.01	-1.68**
3x4	0.84	-0.63	5.51	-0.12	-0.24
3x5	-3.79**	-9.88	-3.24	-0.84**	1.15**
3x6	1.32	12.08	13.00*	0.18	-0.74*
3x7	-1.56	-2.50	1.75	0.04	-0.39
3x8	2.28*	5.95	-5.95	0.79**	0.50
4x5	0.98	10.95	4.38	0.66**	-1.13**
4x6	-1.50	-8.34	-6.87	0.40	0.02
4x7	-0.47	0.83	-4.37	-0.45*	0.09
4x8	-3.20**	-5.71	-5.33	0.19	0.24
5x6	1.18	-8.84	3.13	-0.34	-0.60
5x7	0.58	6.57	0.63	0.21	-0.58
5x8	1.57	-0.71	0.92	-0.33	0.79*
6x7	1.33	-5.21	-0.62	0.46	0.44
6x8	-2.41*	11.99	3.42	-0.15	-0.14
7x8	3.72**	4.91	10.92	-0.08	0.91*

*, ** diferente de cero al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad.

estando presente el progenitor Tuxpeño Bajío (7) que tiene el mejor valor de ACG,

seguido de la cruce 3x8 (2.28). Las cruces 2x4, 2x3 y 5x8 presentan efectos de ACE positivos no significativos.

Para altura de planta las cruces 6x8, 3x6, 1x2 y 4x5 con efectos de 11.99, 12.08, 11.45 y 10.95 respectivamente, son las que presentan valores más altos de ACE positivos no significativos. De acuerdo a esta característica el mejor progenitor en base a su ACG (7) (Cuadro 4.3), no estuvo presente en ninguna de las cruces con los mejores valores de ACE, sin embargo, el segundo progenitor (1) con mejor ACG estuvo presente en la tercera mejor cruce para ACE. Las cruces 1x2 y 3x6, presentaron efectos positivos significativos de ACE (17.29 y 13.00 cm respectivamente).

En la característica proteína, las cruces 3x8 y 4x5, presentaron los mejores efectos de ACE (0.79 y 0.66 respectivamente) con alta significancia, seguidas de 1x2 y 1x5 que presentan significancia. Para grasa la mejor cruce fue 3x5 con alta significancia (1.15) seguida por 7x8, 5x8 con valores positivos significativos; aun cuando para grasa el mejor progenitor en base a su ACG (1) no estuvo presente en las mejores cruces, sí presentó de 7 cruces 4 con valores positivos de ACE.

Por otro lado, la cruce de los dos mejores progenitores (Cuadro 4.3) en cuanto a ACG, en todos los casos aparecen con valores negativos de ACE, esto al parecer no suceden con los progenitores que sobresalen despues de estos, ya que al cruzarse en algunos casos presentan buena ACE como la cruce 7x8. Las cruces 2x4, 7x8, 3x6 y 3x8

presentaron valores de ACE positivos para casi todas las características analizadas destacando 7x8 para rendimiento de materia seca y 3x8 para proteína ambas con alta significancia.

Los cuadrados medios y su significancia de las características evaluadas en la localidad de Gomez Palacio, Dgo. (Cuadro 4.5) muestra que para rendimiento bloques y entradas son altamente significativos, posteriormente se particionó entradas en cruzas, progenitor y progenitor vs cruzas. De estos progenitor es altamente significativa y cruzas vs progenitor presentó significancia, pero cruzas fue no significativo. Aun cuando ACG y ACE no son significativos se tiene una mayor influencia de ACE en el genotipo observado. Para altura de planta entradas presentó alta significancia, al particionarse se encontró que cruzas y progenitor son altamente significativos, cruzas tambien se particionó en ACG y ACE, de estos ACG presentó alta significancia, es decir para estas características hay una mayor influencia de los efectos aditivos. Altura de mazorca presenta significancia para entradas, progenitor y alta significancia para ACG, aun cuando cruzas no fue significativo.

La característica de proteína presentó alta significancia para todas las fuentes de variación con excepción de progenitor que presentó significancia; mientras que para grasa entradas, cruzas, ACG, progenitor y progenitor vs cruzas es altamente significativo.

Cuadro 4.5. Cuadrados medios y su significancia para el dialélico evaluado en -
Gómez Palacio, Dgo. 1993.

F.V.	G.L	RDTO	ALT.PTA	ALT.MAZ	PROTEINA	Grasa
Bloques	3	53.80**	253.5	79.6	6.00**	0.78
Entradas	35	25.53**	427.6**	505.3*	1.93**	2.93**
Cruzas	27	19.33	312.4**	444.0	1.81**	2.07**
ACG	7	14.86	727.0**	1064**	2.73**	5.15**
ACE	20	20.89	167.2	226.7	1.48**	0.99
Progenitor	7	40.82**	874.2**	778.4*	0.97*	4.54**
Prog vs cruz	1	86.03*	412	249.0	12.1**	14.8**
Error	105	13.757	156.109	297.657	0.389	0.823
C.V. (%)		16.23	5.60	13.21	3.43	9.03

*,** significativo y altamente significativo respectivamente.

Por otra parte los coeficientes de variación se ubicaron dentro del rango de 3.45 a 16.23 por ciento proporcionando confiabilidad en los resultados obtenidos.

La concentración de medias de las características evaluadas en Gomez Palacio, Dgo. se muestran en el Cuadro 4.6. Para rendimiento de materia seca las mejores cruzas son POOL 24 Co x Tuxpeño Bajío (4x7), PPMG x VAN-542 (3x6), Población Criollos del Bajío (1x7), ACROOS-8043 x PPMG (2x3) y Tuxpeño Bajío x Sintético forrajero (7x8) con 26.76, 26.56, 26.38, 25.75, 25.48 y 25.21 ton/ha., con un rendimiento promedio de las cruzas de 22.43 ton/ha., para esta característica los progenitores que presentan los promedios más altos son Pool 24 Co (3) y Sintético Trópico Seco (5) (32.01 y 24.28 ton/ha respectivamente). Aun cuando el progenitor Tuxpeño Bajío (7) no presenta buen rendimiento promedio per se, incluso es inferior a la media general de los

Cuadro 4.6. Medias de las características evaluadas en --
Gomez Palacio, Dgo. 1993.

Cruzas	Rendto ton/ha	Heterosis %	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteina %	Grasa %
1x2	20.56	-11.6	227	134	18.59	9.46
1x3	23.22	-0.8	239	139	17.65	9.72
1x4	21.10	-34.1	228	134	18.06	10.03
1x5	21.01	-13.5	221	125	16.94	10.65
1x6	22.57	-4.6	226	131	17.96	11.51
1x7	26.38	13.5	241	147	18.55	9.50
1x8	22.85	-1.7	224	126	17.22	10.40
2x3	25.75	10.0	225	125	18.99	8.95
2x4	19.91	-37.8	218	136	18.75	9.07
2x5	25.48	4.9	230	140	17.03	10.34
2x6	20.43	-13.6	205	124	19.26	9.46
2x7	22.31	-3.1	234	153	18.60	8.89
2x8	22.09	-4.1	230	132	16.85	10.26
3x4	22.11	-30.9	226	124	18.20	10.37
3x5	23.10	-4.9	223	114	17.56	10.81
3x6	26.56	12.3	214	123	18.61	9.17
3x7	19.87	-15.1	229	135	18.14	8.56
3x8	22.64	-3.3	234	119	18.72	10.04
4x5	20.49	-36.0	216	133	17.51	9.90
4x6	19.68	-38.5	209	105	18.86	9.81
4x7	26.76	-16.4	229	131	18.10	8.84
4x8	21.97	-31.4	213	129	17.44	10.22
5x6	20.42	-15.9	229	136	17.37	9.59
5x7	21.52	-11.4	226	140	18.21	10.08
5x8	22.47	-7.5	216	124	18.52	11.03
6x7	22.29	-5.7	224	135	18.44	9.42
6x8	19.45	-17.7	210	108	17.34	10.75
7x8	25.21	10.8	231	136	17.56	9.54
Promedio	22.43		224	130	18.04	9.87
Progenitor						
P1	23.25		239	153	18.72	12.27
P2	23.02		207	116	18.72	8.99
P3	23.40		224	132	18.58	10.60
P4	32.01		199	130	18.99	9.91
P5	24.28		225	126	19.42	11.15
P6	23.65		210	127	18.99	10.23
P7	22.76		240	156	17.70	10.17
P8	21.82		215	125	18.74	11.81
Promedio	24.27		220	133	18.73	10.64

progenitores, se encontró involucrado en tres de las cruzas que mas sobresalieron. Las cruzas más sobresalientes para heterosis son 1x7, 3x6, 7x8, 2x3 y 2x5 con 13.5, 12.3, 10.8, 10 y 4.9 por ciento respectivamente. La craza Pool 24 Co x Tuxpeño Bajío (4x7) es la que presenta el rendimiento promedio más alto, sin embargo, presenta heterosis negativa (-16.4 por ciento), esta craza está formada por el mejor progenitor en base a su comportamiento per se (4) y el progenitor 7, en la craza presentan rendimiento muy inferior al mejor progenitor 4 y superior al segundo progenitor 7, posiblemente se pueda deber a que no son del todo diferentes genéticamente. Sin embargo, en la mayoría de las cruzas no se superó al rendimiento medio del mejor progenitor.

Para altura de planta la craza Población criollos del Bajío x Tuxpenó Bajío (1x7) presenta la mejor altura con 241 cm, esta craza esta constituida por los progenitores que presentaron en promedio las mejores alturas, el progenitor 1 con 239 cm y 7 con 240 cm lo cual en la craza presentan alturas ligeramente superior al progenitor más alto (7), seguidos por las cruzas 1x3, 2x7, 3x8 y 7x8 con 239, 234, 234 y 231 cm. En cuanto altura de mazorca las cruzas con mayor altura son 2x7, 1x7, 2x5, 5x7 y 1x3 con 153, 147, 140, 140 y 139 cm, los progenitores más altos (7 y 1) estuvieron presentes en la mayoría de estas cruzas.

Las cruzas que más sobresalieron para proteína son 2x6, 2x3, 4x6, 2x4 y 3x8 con 19.26, 18.99, 18.86, 18.75 y 18.72 por ciento. Puede observarse la tendencia de que no existe relación entre proteína y grasa (-0.131 ns) sin embargo, se dejan ver materiales que

en promedio tienen buen comportamiento para ambas características como 5x8, 3x8, 3x4 y 1x4, pero estas cruzas en su mayoría tienen rendimientos un poco bajos, muy cercanos a la media general de las cruzas e incluso inferiores a esta.

Las cruzas que mejor se comportaron para grasa son 1x6, 5x8, 3x5, 6x8 y 1x5 con 11.51, 11.03, 10.81, 10.75 y 10.65 por ciento de grasa. En general es posible obtener algunas cruzas [Across-8043 x PPMG (2x3) y PPMG x VAN-542 (3x6)] con excelente rendimiento, altura de planta media, la cual puede ser favorable para no incrementar altura, con buen porcentaje proteína y aceptable porcentaje de grasa y en algunos casos bajos porcentajes de grasa y alta concentración de proteína.

Los efectos de ACG de la localidad de Gómez Palacio, Dgo. se presentan en el Cuadro 4.7. Para rendimiento los progenitores que mejor se comportaron son 7 y 3, aunque estos no son significativos (1.22 y 1.03 respectivamente). Para altura de planta y mazorca el progenitor 7 presentó alta significancia para ambas características (7.57 y 11.36 respectivamente), seguido por el 1 con significancia para altura de planta y no significativo para altura de mazorca (6.07 y 4.32 cm respectivamente). Los progenitores 2, 3 y 6 presentan valores positivos significativos para proteína (0.30, 0.26 y 0.26 respectivamente), mientras que 5, 8 y 1 son positivos altamente significativos para grasa.

En general los progenitores PPMG (3) y Tuxpeño Bajío (7) son los que mejor se comportaron, aunque el progenitor 7 podría tener problemas con altura de planta y

mazorca, dado que presenta efectos positivo altamente significativo; ambos progenitores presentan los mejores efectos de ACG para rendimiento y buenos efectos de proteína, lo cual es alentador en un programa de mejoramiento para producción y calidad del forraje de maíz.

Cuadro 4.7 Efectos de ACG de las características evaluadas en Gomez Palacio, Dgo. 1993.

Progenitor	Rendto ton/ha	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
P1	0.11	6.07*	4.32	-0.21	0.36**
P2	-0.09	-0.09	5.70	0.30*	-0.44**
P3	1.03	3.36	-5.26	0.26*	-0.24
P4	-0.84	-5.09	-2.93	0.10	-0.14
P5	-0.43	-1.18	0.36	-0.52**	0.55**
P6	-0.94	-8.68**	-7.76*	0.26*	0.10
P7	1.22	7.57**	11.36**	0.22	-0.71**
P8	-0.06	-1.97	-5.80	-0.43**	0.52**

*,** diferente de cero al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad.

Los efectos de ACE para la localidad de Gomez palacio, Dgo. se presentan en el Cuadro 4.8. De acuerdo a las ACE para rendimiento, las cruzas que mejor se comportaron fueron 3x6 y 4x7 con efectos altamente significativos (4.03 y 3.94), seguidas por 2x5 que presenta significancia. En las ruzas con mejor comportamiento al menos un progenitor con buen efecto de ACG está presente. Para altura de planta la craza que mejor se comportó es 5x6 con ACE altamente significativa (14.63) seguida de la craza 3x8 con valor positivo no significativo; mientras que para altura de mazorca la mejor craza es 5x6.

Cuadro 4.8 Efectos de ACE de las características evaluadas en Gomez Palacio, Dgo. 1993.

Cruzas	Rendto ton/ha	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
1x2	-1.89	-2.95	-6.17	0.46	-0.26
1x3	-0.36	5.09	9.53	-0.44	-0.26
1x4	-0.60	2.55	2.45	0.12	-0.06
1x5	-1.11	-7.62	-9.59	-0.36	-0.13
1x6	0.97	4.38	4.78	-0.12	1.17**
1x7	2.62	2.88	1.16	0.50*	-0.02
1x8	0.37	-4.33	-2.17	-0.16	-0.35
2x3	2.37	-2.24	-5.34	0.38	-0.23
2x4	-1.60	-1.03	3.58	0.29	-0.21
2x5	3.56*	7.05	4.03	-0.79**	0.36
2x6	-0.98	-10.70*	-4.09	0.66**	-0.07
2x7	-1.25	2.30	6.03	0.04	0.17
2x8	-0.20	7.59	1.95	-1.05**	0.30
3x4	-0.52	3.50	2.28	-0.21	0.88**
3x5	0.05	-3.16	-11.50	-0.22	0.62**
3x6	4.03**	-4.91	5.87	0.04	-0.55*
3x7	-4.81**	-6.41	-1.00	-0.38	-0.35
3x8	-0.77	8.13	0.16	0.84**	-0.11
4x5	-0.68	-1.45	5.16	-0.11	-0.37
4x6	-0.97	-1.45	-13.96*	0.44	-0.02
4x7	3.94**	2.30	-7.09	-0.27	-0.17
4x8	0.44	-4.41	7.58	-0.26	-0.02
5x6	-0.64	14.63**	13.74**	-0.40	-0.93**
5x7	-1.70	-4.12	-1.63	0.46	0.37
5x8	0.52	-5.33	-0.21	1.43**	0.08
6x7	-0.42	1.38	1.74	-0.08	0.15
6x8	-1.98	-3.33	-8.09	-0.53*	0.24
7x8	1.62	1.67	0.78	-0.26	-0.14

*,** diferente de cero al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad.

Tanto para altura de planta como para altura de mazorca, en las dos mejores cruzas no

estuvo ninguno de los progenitores que presentaron mejor ACG para ambos casos.

Para proteína las cruzas que más sobresalieron son 5x8, 3x8 y 2x6 con efectos altamente significativos de ACE (1.43, 0.84 y 0.66 respectivamente), mientras que para grasa las mejores cruzas son 1x6, 3x4 y 3x5 con efectos altamente significativos (1.17, 0.88 y 0.62 respectivamente).

El análisis combinado (Cuadro 4.9) muestra que en rendimiento las fuentes de variación localidad, estradas, entradas x localidad, cruzas, progenitor vs cruzas, progenitor x loc. y ACE son altamente significativos ($P < 0.01$). Existe una contribución ligeramente mayor para rendimiento de la fuente de variación ACG, es decir, el genotipo observado en las cruzas se debe en mayor parte a efectos aditivos. Sin embargo, también los efectos de ACE tienen fuerte influencia en estos genotipos observados, esto se hace más notable si se toma en cuenta la variación significativa ($P < 0.05$) de progenitores vs cruzas como una prueba de heterosis (además de la ACE), la cual es debido a efectos genéticos no aditivos de acuerdo a Hallauer y Miranda (1988).

Al parecer la variación que presentan los materiales en las localidades se debe en mayor grado a efectos de los progenitores, ya que no se detectó significancia para cruzas x localidad.

Cuadro 4.9 Cuadrados medios y sus significancia para el dialélico evaluado en dos localidades en 1993.

F.V.	G.L	RDTO	ALT.PTA	ALT.MAZ	PROTEINA	Grasa
Localidades	1	4276**	79501**	5434**	275**	67.1**
Entradas	35	23.72**	1036**	627**	1.65**	4.15**
Cruzas	27	22.99**	632**	480*	1.58**	2.92**
ACG	7	24.87*	2030**	1154**	2.47**	5.59**
ACE	20	22.33**	143	244	1.27**	1.99**
Progenitor	7	29.92*	2375**	1135**	0.33	9.37**
Prog vs cruz	1	60.20*	7015**	2069**	12.8**	0.80
Ent x Loc.	35	36.61**	261	417*	1.21**	2.65**
Cruz x Loc.	27	15.84	231	289	1.22**	1.75**
ACG x loc	7	15.78	114	541	1.48**	2.91**
ACE x loc	20	15.86	272	200	1.13**	1.34*
Prog x Loc	7	97.40**	244	545	1.06**	0.77
P vs C x L	1	171.7**	484	2993**	1.96	40.2**
Error	210	11.28	207.56	270.99	0.369	0.788
C.V. (%)		12.58	6.01	12.19	3.53	8.43

*,** significativo y altamente significativo respectivamente

El análisis combinado para altura de planta y mazorca mostró alta significancia para localidad, entradas, cruzas, ACG, progenitores, prog. vs cruzas; mientras que para las interacciones con localidad la mayoría fue no significativa con excepción de entradas x loc. que fue significativo y progenitor vs cruzas x loc. que presenta alta significancia, para altura de mazorca. Aún cuando se encontró alta significancia para progenitores vs cruzas para ambos caracteres, se observa una mayor contribución de los efectos de ACG altamente significativo para cruzas. Estos resultados indican claramente la importancia de los efectos aditivos en controlar altura de planta y mazorca de los materiales.

Para proteína todas las fuentes de variación presentaron alta significancia, con excepción de progenitores y Prg. vs Cruzas x loc. que no presentó significancia. También grasa o extracto etéreo muestra alta significancia para todas las fuentes de variación con excepción de ACE x loc. que fue significativa, prog vs cruzas y prog. x loc. que no presentó significancia. Tanto para grasa como para proteína, se encontró que el comportamiento de las cruzas es influenciado por efectos del medio ambiente, esto también se observa en los efectos de ACG y ACE. Por otro lado los coeficientes de variación se distribuyen entre un rango 6.01 a 12.58 por ciento.

La concentración de medias en forma combinada (Cuadro 4.10) de las características evaluadas muestran que la craza Tuxpeño Bajío x Sintético Forrajero (7x8) presentó el mejor rendimiento medio de materia seca (30.85 ton/ha) con la tercera mejor altura de planta y la cuarta mejor altura de mazorca, manifestándose la estrecha relación que existe entre estas características para un buen rendimiento de forraje, tal como fue reportado por Rodríguez-Herrera (1985).

Esta misma craza presentó el mejor valor de heterosis (14.6 por ciento); por otro lado 4 de las 7 cruzas con Tuxpeño Bajío (7) presentaron heterosis positiva, aun cuando este progenitor presentó un comportamiento medio per se ligeramente inferior a la media de los progenitores, pero presentó el mejor efecto de ACG para rendimiento. El Sintético Forrajero (8) tiene un rendimiento medio de materia seca ligeramente superior a la media; sin embargo, estas poblaciones (7 y 8) al cruzarse presentan rendimientos muy superiores

Cuadro 4.10. Medias de las características evaluadas en forma conjunta en dos localidades en 1993.

Cruzas	Rendto ton/ha	Heterosis %	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
1x2	26.02	-6.6	254	152	17.50	10.49
1x3	26.81	-9.7	254	143	17.13	10.88
1x4	26.70	-4.1	239	139	16.86	11.21
1x5	26.25	-5.7	248	134	16.73	11.45
1x6	27.72	-0.5	240	138	17.02	11.85
1x7	29.46	5.8	257	148	17.43	10.22
1x8	27.53	-1.1	240	137	16.42	10.75
2x3	28.22	-5.0	242	136	17.28	9.85
2x4	25.29	-7.7	236	141	17.45	10.11
2x5	26.97	6.6	244	138	16.40	10.37
2x6	25.40	-6.4	229	128	17.34	10.32
2x7	25.14	-3.4	251	147	17.21	9.87
2x8	25.27	-6.1	240	135	16.23	9.51
3x4	26.13	-12.0	237	135	17.33	10.86
3x5	24.51	-17.5	238	126	16.44	11.72
3x6	29.47	-0.8	239	140	17.58	9.97
3x7	24.92	-16.1	249	143	17.35	9.82
3x8	27.86	-6.2	249	129	17.84	10.98
4x5	25.46	-7.1	238	134	17.24	9.99
4x6	24.40	-10.7	219	116	17.88	10.54
4x7	28.77	4.9	243	132	17.14	10.07
4x8	24.65	-10.1	226	128	16.97	10.82
5x6	26.41	-2.6	235	137	16.55	10.05
5x7	26.89	3.3	251	139	17.32	10.29
5x8	27.49	2.2	236	130	17.03	11.43
6x7	28.33	4.4	239	138	17.66	10.49
6x8	24.67	-9.1	234	124	16.63	10.84
7x8	30.85	14.6	251	144	16.85	10.74
promedio	26.70		241	136	17.10	10.55
Progenitor						
P1	27.85		254	146	17.74	11.63
P2	23.14		230	130	17.71	8.34
P3	29.71		240	130	17.56	10.47
P4	27.42		204	118	17.59	9.93
P5	25.30		244	129	17.86	10.05
P6	27.13		216	118	17.78	10.11
P7	26.02		251	151	17.30	10.36
P8	26.91		234	128	17.31	11.81
Promedio	26.68		234	131	17.61	10.43

al de los padres per se. la heterosis manifestada en la cruce de estas dos poblaciones conducen a la conclusión de que las variedades parentales son genéticamente diferentes comparadas con las variedades que manifiestan poca o nula heterosis (Ordás, 1991; Mungona y Pollak, 1988 y Moll *et al.* 1962). por lo cual estas poblaciones debido a su potencial forrajero son las más indicadas en un programa de selección recíproca recurrente. Las cruces que también presentaron heterosis aceptables son 2x5 con 6.6 por ciento, 1x7 con 5.8 por ciento y 4x7 con 4.9 por ciento de heterosis.

La cruce 3x6 tuvo el segundo mejor rendimiento medio (29.47 ton/ha) con heterosis negativa (-0.8 por ciento) seguido de la cruce 1x7 con 29.46 ton/ha., esta última con la mejor altura de planta (257 cm). El progenitor PPMG (3) presentó la mejor media (29.71 ton/ha) con altura de planta intermedia, sin embargo, en cruces presentó heterosis en su totalidad negativas que van de -17.5 a -0.85 por ciento. En general se obtuvieron datos de heterosis muy bajos; 7 de las 28 cruces solamente registraron heterosis positivas de las cuales 6 estuvieron con valores inferiores al 10 por ciento de heterosis.

Los progenitores PPMG (3) y VAN-542 (6) tienen rendimiento medios muy superiores a la media, incluso el 3 es el mejor en cuanto a rendimiento; sin embargo, al cruzarse estas dos poblaciones no superan el comportamiento medio del 3, pero en forma general tienen buen rendimiento con buena altura de planta y buen porcentaje de proteína (17.84 por ciento) aunque presenta heterosis negativa. Al respecto Han *et al.* (1991) menciona que baja heterosis entre las cruces de dos poblaciones puede ser debido

principalmente a la insuficiente diversidad genética entre las poblaciones y a la mayor variabilidad genética dentro de las poblaciones o a efectos cancelados de diferentes loci y alelos en combinaciones entre las dos poblaciones. Anteriormente Cress (1966) mencionó que la diversidad genética entre dos poblaciones está relacionado a heterosis, pero una carencia de heterosis no necesariamente resulta de una carencia de diversidad genética.

El rendimiento medio para los progenitores y cruzas evaluadas fue de 26.68 y 26.70 ton/ha. respectivamente.

La mejor altura de mazorca no se registró en el material más alto, ni tan poco presenta el mejor rendimiento tal como lo muestra la cruz (1x2), al contrario su rendimiento es inferior a la media general de las cruzas; es decir materiales altos no garantizan del todo buen rendimiento. Sin embargo, hay buena relación ($r=0.418^*$) entre estas características para el producto final (Cuadro 4.11). Indicando que es posible mejorar el rendimiento de la materia seca del forraje y altura de planta.

Cuadro 4.11. Coeficientes de correlación.

	Alt. Pta	Alt. Maz	Proteína	Grasa
Rendto	0.41*	0.33*	0.06	0.46**
Alt.Pta		0.78**	-0.004	0.25
Alt.Maz			-0.14	0.24
Proteína				-0.13

*, ** correlación significativa (0.05) y altamente significativa (0.01) respectivamente.

Las cruzas que más sobresalen para proteína son 4x6, 3x8, 6x7, 3x6 y 1x2 con efectos de 17.88, 17.84, 17.66, 17.58 y 17.50 por ciento de proteína. Estas cruzas no concuerdan con los mejores efectos para grasa, sino al contrario en su totalidad estas cruzas presentan comportamientos inferiores a la media general de grasa. Es decir no existe relación entre estas características (-0.13ns) (Cuadro 4.11). Las poblaciones en general presentan poca variación entre sí para proteína, sus comportamientos se distribuyen entre un rango de 17.30 a 17.86 por ciento, resultados similar fue reportado por Te Velde (1986).

Para grasa las mejores cruzas son 1x6, 3x5 y 1x5 con 11.85, 11.72 y 11.45 por ciento de grasa y los progenitores que presentaron los mejores comportamientos medios son el 8(11.81 por ciento) y 1(11.63 por ciento), en cruzas estos dos progenitores se les observó un comportamiento inferior a la media general de las cruzas.

Como se observa en el Cuadro 4.11 proteína con rendimiento presentan correlación positiva no significativa muy cercana a cero (0.06ns), conduciendo a que en un programa de mejoramiento para producción y calidad de forraje se mejore por separado estas características, es decir que al mejorar el potencial forrajero de algún material no se estará mejorando simultáneamente proteína, para esto talvez sea necesario realizar selección aparte. Por otro lado rendimiento y grasa presentan correlación positiva altamente significativa (0.46**). Los genes que definen estas dos características (rendimiento y grasa) están relacionados, al alterar una característica es posible que la otra

poblaciones 7 y 8 son las más adecuadas para seleccionarse, ya que en cruza manifestaron el mejor potencial forrajero y la 7 presentó el mejor efecto de ACG para rendimiento de forraje.

La población Tuxpeño Bajío presentó (P7) el mejor efecto de ACG (Figura 4.1) para rendimiento de forraje en las dos localidades y en forma combinada, mostrando su buena aptitud combinatoria general (ACG). También la población Ciollos del Bajío (P1) presentó buen comportamiento de ACG.

Cuadro 4.12 Efectos de ACG de las características evaluadas en forma conjunta en dos localidades en 1993.

Progenitor	Rendto ton/ha	alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
P1	2.38**	27.94**	25.56**	-0.41	1.99**
P2	-3.08**	3.94	15.81**	-0.20	-2.22**
P3	0.67	12.10**	-0.44	0.84**	0.13
P4	-3.62**	-33.98**	-18.52**	0.79**	-0.18
P5	-1.96**	-0.14	-9.44**	-1.33**	0.95**
P6	-0.29	-36.56**	-20.69**	0.63**	0.12
P7	4.96**	35.10**	25.06**	0.84**	-1.58**
P8	0.93*	-8.39**	-17.35**	-1.16**	0.79**

*,** diferente de cero al .05 y .01 nivel de probabilidad.

Como se indica en el Cuadro 4.12 los efectos de ACG para la Población criollos del Bajío (1) fue positivo altamente significativo para rendimiento, altura de planta y mazorca, y para grasa (2.38**, 27.94**, 25.56** y 1.99** respectivamente), pero exhibe efectos negativos no significativo para proteína. Además sus efectos significativos de ACG

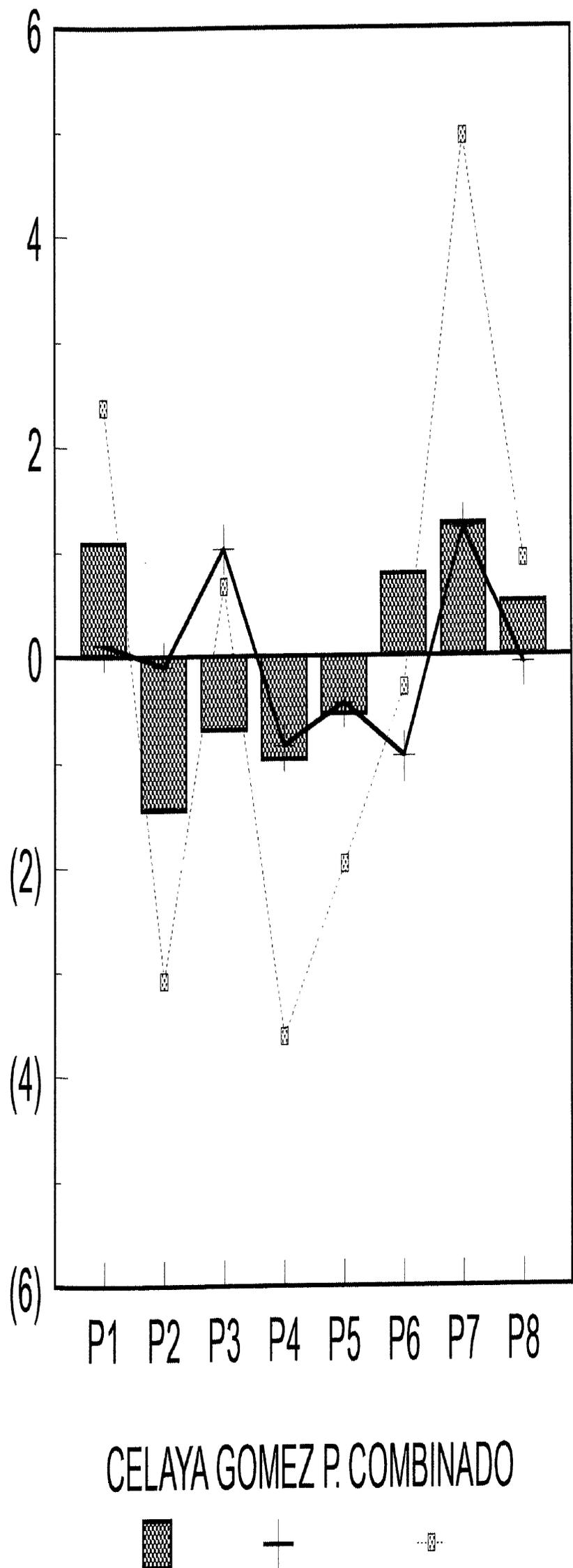


Figura 4.1 Efectos de ACG para rendimiento

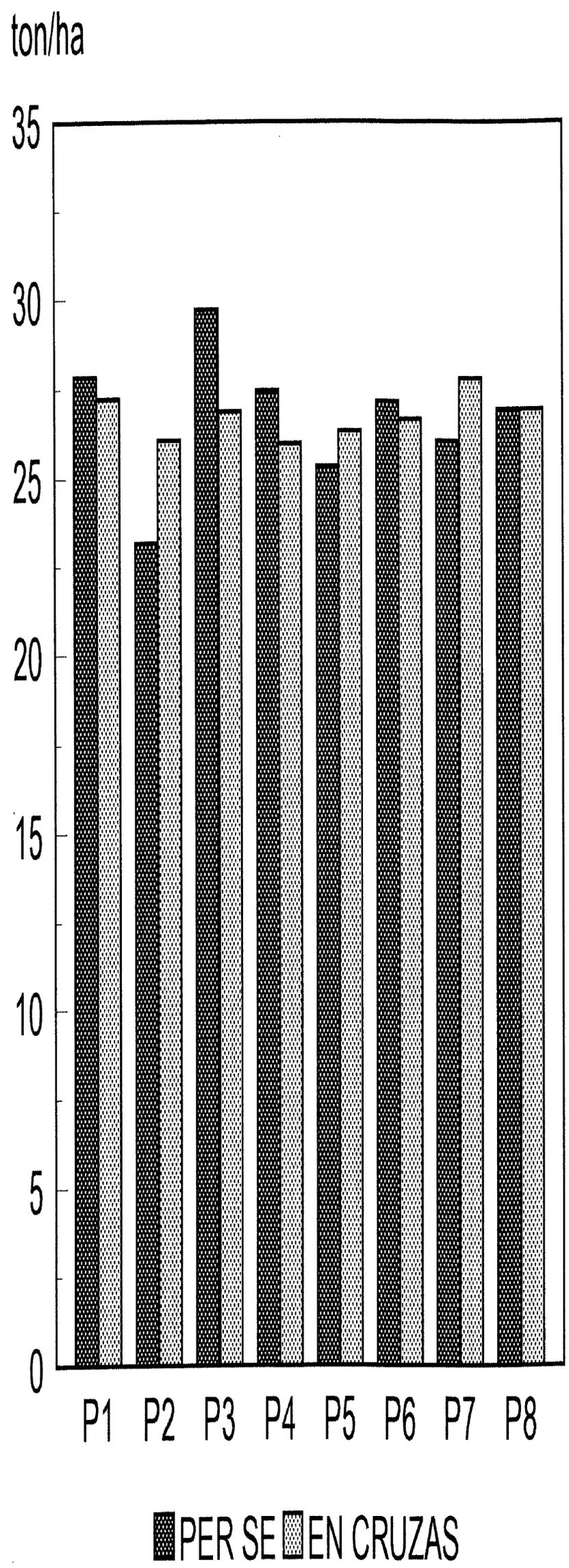


Figura 4.2 Comportamiento medio-poblaciones

para altura de planta y mazorca, el cual se entiende como una tendencia a incrementar altura de planta. También el Tuxpeño Bajío (7) presenta el mismo comportamiento con excepción que presenta efectos positivo significativo para proteína y negativo significativo para grasa. Aún cuando ambas poblaciones tienen buen efecto de ACG para rendimiento de materia seca, es importante también el aspecto de calidad del forraje. Aún cuando el valor nutritivo del forraje de maíz es principalmente asociado con fibras y factores de digestibilidad, la concentración de proteína o N₂ en la planta pueden influenciar la calidad del forraje de maíz (Allen *et al.* 1990, Carter *et al.* 1992) mencionado por Cox *et al.* (1994).

La población PPMG (Figura 4.2) presentó el mejor rendimiento de forraje per se (29.71 ton/ha), pero su rendimiento promedio en cruzas fue relativamente bajo (26.85 ton/ha). Un comportamiento similar se observa con la población Criollos del Bajío, sin embargo, en cruzas presentó el segundo mejor rendimiento de forraje sin superar al rendimiento per se del progenitor. Por otro lado la población Tuxpeño Bajío con el mejor rendimiento de forraje en cruzas (27.77 ton/ha) su comportamiento per se fue bajo (26.02 ton/ha). Estos resultados indican que poblaciones con buen comportamiento per se para forraje no necesariamente tienen buen comportamiento en cruzas.

Cuadro 4.13 Efectos de ACE de las características evaluadas en forma conjunta en dos localidades en 1993.

cruzas	Rendto ton/ha	Alt.Pta Cm.	Alt.Maz Cm.	Proteína %	Grasa %
1x2	-2.05	17.00**	22.25**	2.19**	0.00
1x3	-2.62*	9.33	3.00	-0.31	-0.83**
1x4	1.24	-1.58	4.08	-1.34**	0.82**
1x5	-2.24	-2.92	-25.00**	0.26	0.65*
1x6	1.98	2.50	3.75	-0.56*	3.08**
1x7	3.69**	0.33	-3.50	0.90**	-1.75**
1x8	0.00	-24.67**	-4.58	-1.15**	-1.98**
2x3	8.48**	-13.67*	-16.75*	0.07	-0.72*
2x4	1.04	10.42	21.33**	0.81**	0.65*
2x5	6.10**	5.58	2.25	-1.29**	0.55
2x6	-1.85	-18.50**	-26.50**	0.52*	1.17**
2x7	-8.12**	0.83	1.25	-0.18	1.08**
2x8	-3.60**	-1.67	-3.83	-2.12**	-2.75**
3x4	0.64	5.75	15.58*	-0.62*	1.28**
3x5	-7.47**	-26.08**	-29.50**	-2.15**	3.57**
3x6	10.70**	14.33*	37.75**	0.45	-2.59**
3x7	-12.76**	-17.83**	1.50	-0.70**	-1.49**
3x8	3.03*	28.17**	-11.58	3.26**	0.79*
4x5	0.61	19.00**	19.08**	1.08**	-3.03**
4x6	-4.95**	-19.58**	-41.67**	1.69**	0.00
4x7	6.94**	6.25	-22.92**	-1.46**	-0.17
4x8	-5.53**	-20.25**	4.50	-0.16	0.44
5x6	1.07	11.58*	33.75**	-1.49**	-3.08**
5x7	-2.26	4.92	-2.00	1.36**	-0.42
5x8	4.19**	-12.08*	1.42	2.22**	1.74**
6x7	1.83	-7.67	2.25	0.76**	1.20**
6x8	-8.78**	17.33**	-9.33	-1.36**	0.21
7x8	10.68**	13.16*	23.42**	-0.69**	1.54**

*,** diferente de cero al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad.

Las cruzas 3x6 y 7x8 son las que presentaron los mejores efectos de ACE (Cuadro

4.13) para rendimiento con alta significancia (10.70 y 10.68 ton/ha respectivamente), encontrándose involucrado solamente en estas cruzas el 7 que presenta el mejor efecto de ACE. Las cruzas 2x3, 2x5, 4x7, 5x8 y 1x7 también presentaron efectos de ACE altamente significativos para rendimiento, aunque para rendimiento hubo el mismo número de cruzas con ACE positivos y negativos, con diferencias significativas y altamente significativas.

Para altura de planta las cruzas 3x8, 4x5 y 6x8 presentaron los mejores efectos de ACE altamente significativos (28.17, 19.00 y 17.33 respectivamente), no correspondiendo estos precisamente a los progenitores que presentaron mejor rendimiento per se. Las cruzas 3x6 y 5x6 son las que presentan los mejores efectos de ACE altamente significativos (37.75 y 33.75 cm. respectivamente) para altura de planta.

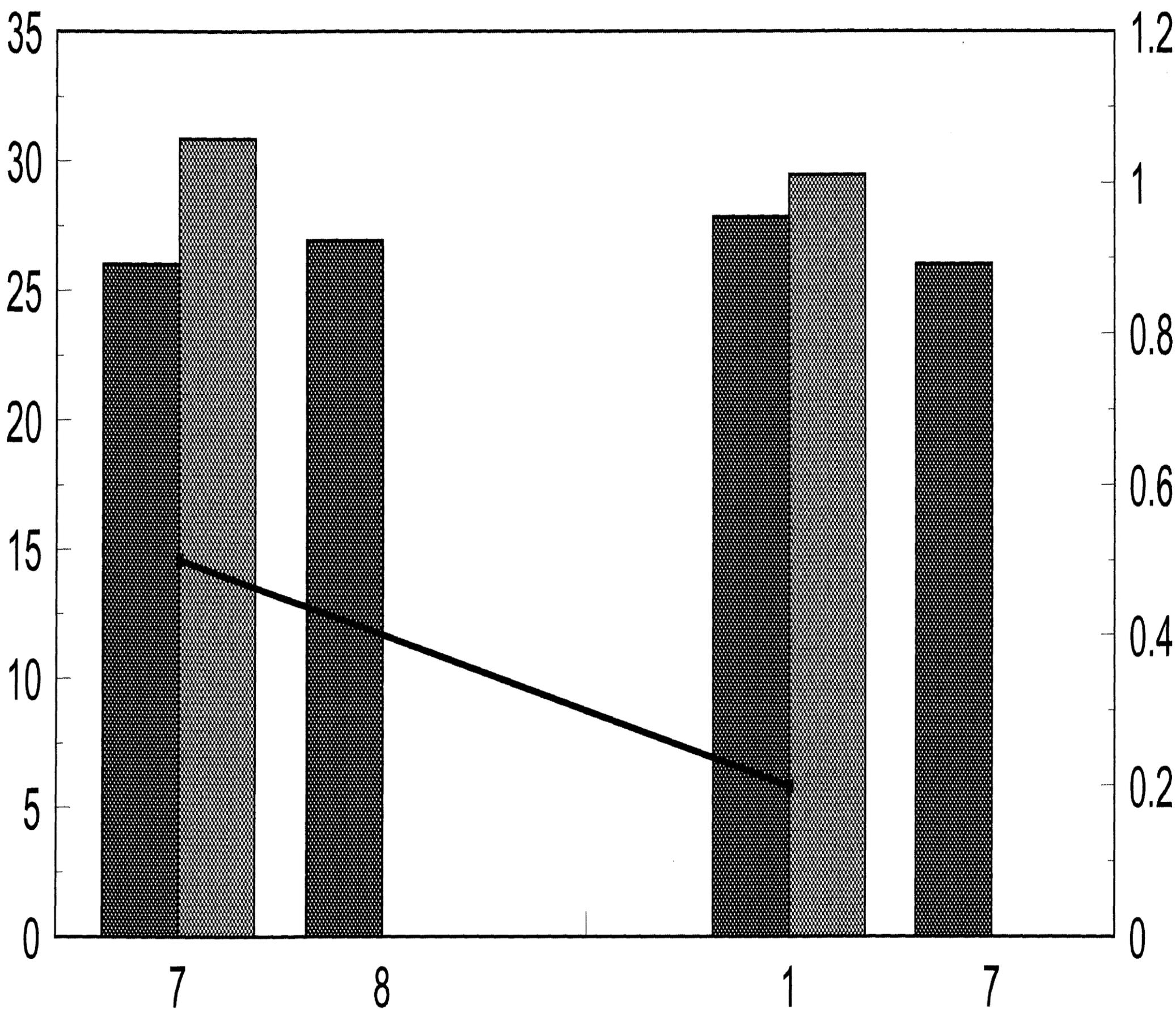
Para proteína las cruzas que presentaron mejor comportamiento son 3x8, 5x8 y 1x2 con efectos altamente significativos (3.26, 2.22 y 2.19 por ciento respectivamente) y las cruzas que más destacaron para grasa son 3x5 y 1x6 (3.57 y 3.08 por ciento respectivamente).

En general la población Tuxpeño Bajío y Sintético Forrajero (Figura 4.3) tuvieron un buen comportamiento medio per se, pero al cruzarse estas dos poblaciones presentaron el mejor comportamiento para forraje (30.48 ton/ha) y el mejor efecto de heterosis (14.6 por ciento), indicando la diversidad genética entre estas poblaciones. La cruce 1x7 es la

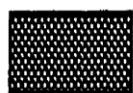
RENDIMIENTO DE FORRAJE DE LAS DOS MEJORES CRUZAS

TON/HA

%



PER SE CRUZAS HETEROSIS



segunda mejor cruza con 29.46 ton/ha y 5.8 por ciento de heterosis. Estando involucrado en ambas cruzas el progenitor Tuxpeño Bajío que presenta el mejor efecto de ACg.

CONCLUSIONES

En base a los resultados y discusión realizados en el presente trabajo se concluye:

- * La cruce Tuxpeño Bajío x Sintético Forrajero (7x8) presentó el mejor potencial forrajero con rendimiento de materia seca de 30.85 ton/ha con 14.6 por ciento de heterosis y efectos de ACE altamente significativo (10.6).
- * La población Tuxpeño Bajío presentó la mejor aptitud combinatoria general (ACG) para rendimiento de forraje.
- * Se sugiere que las poblaciones Tuxpeño Bajío y Sintético forrajero son las más adecuadas para iniciar un programa de mejoramiento con selección recíproca recurrente.
- * En el programa de selección recíproca recurrente se le dará énfasis al rendimiento de forraje incluyendo alto contenido de proteína y grasa.

RESUMEN

Se evaluaron 28 cruzas dialélicas y las ocho poblaciones progenitoras de maíz forrajero en Celaya, Gto. y Gómez Palacio, Dgo. en 1993, con el objetivo de conocer el potencial forrajero de las poblaciones y sus cruzas e identificar las mejores poblaciones de acuerdo a su comportamiento heterótico. Se utilizó un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones y se analizó con el método IV de Griffing (1956). Los efectos de heterosis se calcularon en base al mejor progenitor. De acuerdo a los resultados la población Tuxpeño Bajío presentó el mejor efecto de ACG (4.96) para rendimiento de materia seca. Esta población al cruzarse con la población Sintético Forrajero manifestó el mejor potencial forrajero con 30.85 ton/ha de materia seca y 14.6 por ciento de heterosis; por lo que son las más adecuadas para iniciar un programa de selección recíproca recurrente. Por otro lado se obtuvo una correlación muy baja (0.06) entre rendimiento de materia seca y proteína. También se observó muy poca variación para proteína entre las poblaciones.

LITERATURA CITADA

- Aldrich, S.R., W.O. Scott y E.R. Leng. 1975. Modern corn production. 2a. Ed. EUA. p. 303-309.
- Baker, R.J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Sci.* 18(4):533-53
- Bosch, L., F. Casañas, A. Ferret, A. Sánchez y F. Nuez. 1994. Screening Tropical maize population to obtain semiexotic forage hybrids. *Crop Sci.* 34:1089-1096.
- Cox, W.J., J.H. Cherney, D.J.R. Cherney y W.D. Pardee. 1994. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agon. J.* 86:277-282.
- Bunting, E.S. 1975. The question of grain content and forage quality in maize: comparisons between isogenic fertile and sterile plants. *J. Agric. Sci. Camb.* 85:455-463.
- Cortez, M., H., A. Rodríguez C., M. Gutiérrez G., J. Durón I., R. Girón C. y M. Oyervides G. 1985. Evaluation of broad-base improved populations of maize (*Zea mays* L.). 1. Cumulative gene effects and heterosis. UAAAN, Saltillo, Coah., México. 143 p.
- Cress, C.E. 1966. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations. *Genetic.* 53:269-274.
- Crossa, J., C.O. Gardner y R.F. Mumm. 1987. Heterosis among populations of maize (*Zae mays* L.) with different levels of exotic germoplasm. *Theor. Appl. Genet.* 73:445-450.
- Deinum, B. y P.C. Struick. 1986. Improving the nutritive value of forage maize. *In* Breeding of silage maize. 13th Congreso de Maíz y Sorgo sección EUCARPIA. Netherlands. 1985. p. 77-89.
- Dhillon, B.S., P.A. Gurrath, E. Zimmer, M. Wermke, W.G. Pollmer y D. Klein. 1990. Analysis of diallel crosses of maize for variation and covariation in agronomic traits at silage and grain harvests. *Maydica* 35:297-302.

- Ensminger. 1980. Zootecnia general. 3ra. Ed. en español. Ed. Argentina. p. 396-397.
- Fairey, N.A. 1982. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. *Can. J. Plant. Sci.* 62:427-434.
- Fairey, N.A. 1980. Hybrid maturity and the relative importance of grain and stover for the assessment of the forage potential of maize genotypes grown in marginal and non-marginal environments. *Can. J. Plant. Sci.* 60:539-545.
- García, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía. UNAM. p. 88, 109, 148.
- Gardner, C.O. 1982. Genetic information from the Gardner-Eberhart model for generation means. SOMEFI Saltillo, Coah. México.
- Geiger, G. Seitz, A.E. Melchinger y G.A. Schimidt. 1992. Genotypic correlations in forage maize I. relationships among yield and quality traits in hybrids.
- Graybill, W.S. Cox y D.J. Otis. 1991. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agrn. J.* 83:559-564.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:436-493.
- Guerrero Madriles, H.A. 1987. Comparación de genotipos de maíz de altura normal con genotipos de porte enano para producción de forraje. Tesis Lic. UAAAN. Saltillo, Coah. México. 82 p.
- Gunn, R.E. 1978. Forage maize breeding and seed production. *In* Forage maize. E.S. Bunting, B.F. Pain, R.H. Phipps, J.M. Wilkinson y R.E. Gunn. Ed. Agricultural research. Council, London.
- Gurrath, P.A., B.S. Dhillon, W.G. Pollmer, D. Klein y E. Zimmer. 1991. Utility of inbred line evaluation in hybrid breeding for yield and stover digestibility in forage maize. *Maydica* 36:65-68.
- Hallauer, A.R. y J.B. Miranda. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Segunda edición. Iowa State University Pree/Ames. p. 52-64.
- Han, G.C., S.K. Vasal, D.L. Beck y E. Elias. 1991. Combining ability of inbred lines derived from CIMMYT maize (*Zea mays* L.) Germplasm. *Maydica* 36:57-64.
- Juscafresa, B. 1983. Forrajes fertilizantes y valor nutritivo. Ed. AEDOS. España. p. 85-88.

- Moll, R.H., W.S. Salhuana y H.F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Sci.* 2:197-198.
- Morrison, F.B. 1969. Alimentos y alimentación del ganado. (trad. J. L. de la Loma) UTHA. México. tomo I. p. 418-430.
- Mungoma, C. y L.M. Pollak. 1988. Heterotic patterns among ten corn belt and exotic maize populations. *Crop Sci.* 28:500-504.
- Ordás, A. 1991. Heterosis in crosses between american and spanish populations of maize. *Crop Sci.* 31(4):931-935.
- Pinter, L., J. Schmidt, S. Jozsa, J. Szabo y G. Kelemen. 1990. effect of plant density on the feed value of forage maize. *Maydica* 35:73-79.
- ↪ Pizani Araujo, J.J. 1971. Efectos de cinco fechas de cosecha en la calidad del forraje y producción de mazorca en tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) en Apodaca, Nuevo León durante el verano de 1970. Tesis Lic. ITESM, N.L. México. 74 p.
- Rodríguez Herrera, S. 1985. Estimación de parámetros genéticos de caracteres relacionados con producción de forraje en maíz (*Zea mays* L.). Tesis M.C. UAAAN. Saltillo, Coah. 79 p.
- Roth, L.S., G.C. Marten, W.A. Comptom y D.D. Stuthman. 1970. Genetic variation of quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. *Crop Sci.* 10(4):365-367.
- Singh, D. 1973. Daillel analysis for combining ability over several environments-II. *Indian Journal of Genetics Plant breeding.* 33(3):169-481.
- Singh, O. y R.S. Paroda. 1984. A comparison of different diallel analyses. *Theor. Appl. Genet.* 67:541-545
- Te Velde, H.A. 1986. Maize for silage in the Netherlands. *In: Proceeding of the 14th Congress of the Maize and Sorghum section of EUCARPIA.* Netherlands. 1985. p. 1-15.
- Vasal, S.K., G. Srinivasan, J. crossa y D.L. Beck. 1992. Heterosis and combining of CIMMYT's subtropical and temperate early-maturity maize germoplasm. *Crop ACE positivos no significativos. Sci.* 32:884-890.
- Vasal, S.K., G. Srinivasan, S. Pandey, H.S. Cordova, G.C. Han y F. González C. 1992. Heterotic patterns of ninety-two whitw tropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37:259-270.

Vazquez Anett., M. 1988. Respuesta agronómica de 30 genotipos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en base a su potencial de rendimiento en la región lagunera. Tesis Lic. UAAAN-UL. Torreón, Coah. México.41p

White, R.P. 1976. Effects of plant population on forage corn yields and maturity on Prince Edward Island. Can. J. Plant Csi. 56:71-77.