

ESTIMACION DE HETEROSIS PARA DIFERENTES
CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS EN MAIZ
UTILIZANDO PROGENITORES DE VALLES
ALTOS Y SUBTROPICALES

RODOLFO GAYTAN BAUTISTA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

ENERO DE 1994

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:

R. Sathyanarayanaiah

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi.

Asesor:

Enrique Navarro Guerrero
Dr. Enrique Navarro Guerrero.

Asesor:

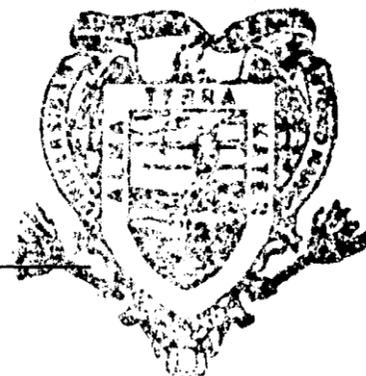
Salvador Martín del Campo V.
M.C. Salvador Martín del Campo V.

Asesor:

Luis Humberto Maciel Pérez
M.C. Luis Humberto Maciel Pérez.

José M. Fernández Brondo
Dr. José M. Fernández Brondo

Subdirector de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATI
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarios (INIFAP), por haberme apoyado para realizar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo como becario para realizar los estudios de maestría.

Al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi, por las sugerencias, dirección y revisión del presente trabajo.

Al Dr. Enrique Navarro Guerrero, por la revisión y aportaciones a este trabajo de investigación, así como por su orientación durante los estudios de maestría.

Al M.C. Salvador Martín del Campo Valle, por la revisión y asesoría del presente trabajo.

Al M.C. Luis Humberto Maciel Pérez, investigador del Campo Experimental Pabellón del INIFAP, por su valiosa y desinteresada cooperación en la asesoría de los análisis estadísticos, revisión y sugerencias para la realización del presente.

A la Señorita Teresa Delgado Lucio por su apoyo en la mecanografía del escrito.

A Chuy, Adrián y Arturo (+), ayudantes del Programa de Oleaginosas de la UAAAN, por su valiosa ayuda en los trabajos de campo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para la obtención y culminación de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Con Amor, Cariño y Respeto

A mis Padres:

Antonio Gaytán Saucedo
Y
Felipa Bautista Aguilar

A mi Esposa:

Hortensia Castañeda Muñoz

A mis Hijos:

Rodolfo, Ricardo y Randy Raudel

A mis Hermanos:

Ismael, Manuel, María
Concepción, Héctor, Antonio,
Martín, Dagoberto, María del
Rosario y María de Jesús.

COMPENDIO

**ESTIMACION DE HETEROSIS PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS
CUANTITATIVAS EN MAIZ UTILIZANDO PROGENITORES DE
VALLES ALTOS Y SUBTROPICALES**

POR

Rodolfo Gaytán Bautista

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. ENERO DE 1994

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Asesor -

Palabras Clave: Heterosis, maíz, riego, materia seca, rendimiento grano.

La estimación de heterosis es de mucha importancia en maíz, para identificar las mejores combinaciones de progenitores en la formación de híbridos potenciales y estudiar la acción de sus genes. Sin embargo existe poca información sobre estimación de heterosis en los progenitores originados con germoplasma de valles altos por germoplasma de áreas subtropicales. Los objetivos de este estudio fueron

estudiar la variabilidad genética, estimar tres diferentes formas de heterosis y calcular las correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas en maíz. El trabajo experimental se realizó el 11 de mayo de 1992 en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Se evaluaron siete y 12 progenitores de origen de valles altos y subtropicales, respectivamente; así como 40 cruzas directas y dos testigos bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, se fertilizó con la dosis 150-60-00 aplicada en dos partes. Las variables en estudio fueron: rendimiento de grano, peso de 100 semillas, materia seca, altura de planta, altura de mazorca, floración masculina, madurez fisiológica e índice de cosecha, los promedios de cada variable fueron utilizados para realizar el análisis de varianza, las diferentes formas de heterosis y las correlaciones fenotípicas para las características estudiadas. Detectando el análisis de varianza diferencia altamente significativa al uno por ciento de probabilidad para todas las variables en estudio. El coeficiente de variación varió entre 3.9 y 38.8 por ciento, el rango de producción de los progenitores hembras va de 662 a 3769 kg/ha con un promedio de 2048.8 kg y los progenitores machos alcanzaron un rango que oscila de 1093 kg a 4927 kg/ha con un promedio de 2932.6 kg/ha y las progenies tuvieron un rango de producción entre 4193 kg a 8876 kg/ha con promedio de 6741.2 kg/ha. Con los resultados obtenidos en este estudio se

encontró que no siempre en todos los casos cuando se tiene genotipos con altos rendimientos económicos y biológicos es cuando se tienen altos índices de cosecha.

Los rendimientos económicos mas altos fueron alcanzados por las progenies superando a los progenitores machos y hembras en un 129 y 229 por ciento y los machos superaron a las hembras en 43.2 por ciento. En este estudio solo se determinó heterosis a 15 de los híbridos de los cuales solo se obtuvo rendimiento de grano en campo, tomando el testigo con mayor rendimiento de grano. La heterosis para rendimiento de grano varió de 50.7 a 618.7 por ciento mientras que la heterobeltiosis y heterosis útil varió de -14.9 a 80.2 y -36 a 35.3 por ciento respectivamente.

ABSTRACT

**ESTIMATION OF HETEROSIS FOR DIFFERENT QUANTITATIVE MAIZE
CHARACTERISTICS USING HIGH VALLEY AND SUBTROPICAL
PROGENITORS**

BY

RODOLFO GAYTAN BAUTISTA

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. JANUARY OF 1994

PhD. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Adviser -

Keys Word: Heterosis, maize, irrigation, dry matter,
grain yield.

The estimation of heterosis is very important in maize, in order to identify the best combinations of progenitors in the formation of potential hibrids and study gene action. Nonetheless there is little information about heterosis estimation in the progenitors originated with high valley germplasm by subtropical germplasm. The objectives of

these investigation were to study the genetic variability, use three different methods of heterosis estimation and calculate phenotypic correlations for different agronomic characters in maize. The experimental work was established the 11 of may of 1992 in the fields of the Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Seven high valley and 12 subtropical, progenitors; were evaluated and 40 direct crosses with two controls in a randomized complete block design with three replicates, it was fertilized with the 150-60-00 formula, applied in two parts. The variables studied were: grain yield, 100 seed weight, dry matter, plant height, cob length, male flowering, physiological maturity and yield index; the means of each variable were utilized in analyses of variance and the different heterosis methods and phenotypic correlations were used. Significant highly differences were considered at the one percent probability level for the analyses of variance. The coefficient of variation ranged from 3.9 to 38.8 percent, the range in production of the female progenitos was from 662 to 3769 kg/ha with a mean of 2048.8 kg and the male progenitor reached a range from 1093 to 4927 kg/ha with a mean of 2932.6 kg/ha and the progeny had a range of production between 4193 and 8876 kg/ha with a mean of 6741.2 kg/ha. With the results obtained in this study it was found that not always in all cases when we have high economic and biologic yielding genotypes do we have high yield index.

The highest economic yields were reached by the progeny over the male and female progenitors by 129 and 229 percent and the male over the females by 43.3 percent. In this study the heterosis of 15 of the hybrids with grain yield was estimated, using as control the one with the highest grain yield. The heterosis for grain yield varied from 50.7 to 618.7 percent while the heterobeltilosis and useful heterosis varied from 14.9 to 80.2 and -36 to 35.3 percent respectively.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Indice de cuadros.....	xii
Indice de figuras.....	xiv
Introducción.....	1
Objetivos	2
Hipótesis.....	3
Revisión de literatura.....	4
Conceptos generales de heterosis.....	4
Materiales y Métodos.....	16
Ajuste por plantas faltantes.....	21
Coeficiente de correlación.....	23
Cálculo de coeficiente de variación.....	24
Resultados y Discusión.....	29
Importancia de las correlaciones en el mejoramiento genético de cultivos.....	46
Heterosis.....	50
Conclusiones.....	56
Resumen.....	59
Bibliografía.....	62
Apéndice A.....	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
3.1. Codificación de progenitores e híbridos y su origen genealógico utilizados en esta investigación.....	26
3.1a. Cuadro de progenitores de híbridos y su origen genealógico considerados para calcular tres diferentes formas de heterosis.....	28
4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para diferentes características agronómicas en maíz..	29
4.2. Promedio para diferentes características agronómicas en los progenitores hembras en maíz.....	31
4.3. Promedio para diferentes características agronómicas en los progenitores machos en maíz.....	32
4.4. Promedio para diferentes características agronómicas en híbridos de maíz.....	33
4.5. Promedio de algunas características agronómicas asociadas con el índice de cosecha en progenitores hembras en maíz.....	44
4.6. Promedio de algunas características agronómicas asociadas con el índice de cosecha en progenitores machos en maíz.....	44
4.7. Promedio para diferentes características agronómicas de índice de cosecha en híbridos de maíz..	46
4.8. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas en maíz.....	48
4.9. Heterosis (%) para diferentes características agronómicas en maíz.....	52
A.1. Información climatológica mensual promedio de 1980 a 1991 de la estación de Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	68

A.2. Análisis físico químico del suelo donde se estableció el experimento..... 68

A.3. Valores promedio de rendimiento de grano, peso de 100 semillas y materia seca en los genotipos sobresalientes en maíz..... 69

A.4. Valores promedio de altura de mazorca, altura de planta y días a floración masculina de los genotipos sobresalientes en maíz..... 70

A.5. Valores promedio de días a madurez fisiológica e índice de cosecha de los genotipos evaluados en maíz..... 70

INDICE DE FIGURAS

	Página
3.1. Localización geográfica del sitio donde se estableció el experimento de campo.....	17
3.2. Condiciones climatológicas a nivel decenal que se presentaron durante el ciclo del cultivo en la - evaluación de genotipos.....	18

INTRODUCCION

En los últimos diez años en México, se ha sembrado un promedio de ocho millones de hectáreas las cuales representan el 38 por ciento de la superficie total dedicada a la agricultura en el país con una producción media anual de 12.5 millones de toneladas. De esta superficie cerca de un millón de hectáreas se siembra bajo condiciones de riego y el resto bajo temporal. En lo correspondiente al altiplano norte de la República Mexicana esta integrado principalmente por las entidades federativas de Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes. La superficie de maíz para el área anterior oscila en aproximadamente de 120,000 y 750,000 hectáreas con rendimiento promedio de 3.1 y 0.8 toneladas por hectárea bajo condiciones de riego y temporal, respectivamente.

El déficit promedio anual en la última década fue del orden de 2.5 millones de toneladas, mismas que son importadas para satisfacer las necesidades internas del consumo.

El estudio de estimación de heterosis es muy importante en maíz para identificar las mejores combinaciones de progenitores en el desarrollo de híbridos potenciales bajo riego, y estudiar la acción de sus genes, Paccapelo 1993.

Varios investigadores (Castro *et al.* 1968) publicaron diferentes artículos sobre heterosis para diferentes características agronómicas en maíz. Sin embargo; existe poca información sobre estimación de heterosis en los cruzamientos de los progenitores originados de germoplasma de valles altos por germoplasma de zonas subtropicales. Por lo tanto en esta investigación se evaluaron siete hembras derivadas de germoplasma de valles altos y 12 machos de germoplasma de origen subtropical y 40 híbridos (cruzas directas) y dos testigos bajo condiciones de riego con los siguientes objetivos e hipótesis.

1. Estudiar la variabilidad para diferentes características agronómicas en los recursos genéticos evaluados.

2. Estimar tres diferentes formas de heterosis para diferentes características cuantitativas.

3. Determinar las correlaciones fenotípicas para diferentes pares de características agronómicas en maíz.

Hipótesis

Por su diversidad de origen geográfico y la combinación de germoplasma diferente deberá presentarse en su progenie una gran variabilidad genética para diferentes características agronómicas, por lo tanto en estas cruzas puede esperarse un mayor porcentaje de heterosis en dichas características cuantitativas.

REVISION DE LITERATURA

Conceptos generales de heterosis

Las características fundamentales de los factores o genes que intervienen en el vigor del híbrido son tres: ser muy numerosos, tender preferentemente a ser completamente dominantes sobre los alelomorfos y ser complementarios unos de otros (Allard, 1967).

El concepto de heterosis se define como el resultado de la interacción de un gran número de factores independientes, aportados por los dos progenitores y reunidos en el híbrido (De la Loma, 1963).

Sprague y Miller (1951) mencionan que la obtención del maíz híbrido está básicamente fundamentado en la utilización de líneas puras. Los fitomejoradores están concientes que es necesario un alto grado de endocría para poder fijar los caracteres de los progenitores y de esta manera transmitirlos a su progenie, teniendo una mejor evaluación de su comportamiento final.

Graffius (1959) menciona que los componentes del rendimiento tiene relación multiplicativa respecto al

rendimiento y gran parte de la variabilidad no aditiva del rendimiento puede explicarse en función de la variación aditiva de los componentes, y de los progenitores de las cruzas destinadas a capitalizar los efectos favorables no aditivos, pueden ser seleccionados en base a los efectos aditivos estimados en los componentes de rendimiento.

Bauman (1959) y Gamble (1962) hacen mención lo interesante de la interacción no alélica en heterosis, y en herencia cuantitativa que es relativamente desconocida y encontraron que la epistásis se presenta en la herencia del rendimiento y al no perfeccionar los métodos para determinarla, no adquirieron la importancia que pudiera tener.

Giesbrecht (1961) correlacionó la altura de mazorca y sus componentes. El promedio de la progenie fue superior al promedio de los progenitores, indicando dominancia para altura de mazorca. Encontrando que no todos los genes que actúan para altura de mazorca son responsables de la heterosis.

Donald (1962), por primera vez, propone el índice de cosecha y su utilidad en común con los esfuerzos realizados por el fitomejorador, para incrementar el rendimiento en los cultivos.

De la Loma (1963) manifiesta que en la mayoría de las cruzas un híbrido es más notable y más vigoroso que los progenitores que lo formaron, éste fenómeno se conoce en genética como vigor híbrido o heterosis.

Allard (1967) hace mención que la heterosis o vigor híbrido puede ser considerado como el fenómeno inverso de la degradación que acompaña a la consanguinidad. Y el efecto de heterosis en algunos casos en híbridos se ve afectada de diferentes maneras: como es el aumento del tamaño de planta, madurez mas temprana, mayor productividad, resistentes a plagas y enfermedades.

Castro *et al.* (1968) concluyeron que al cruzar materiales de diferente fondo genético, al igual que de diferente origen geográfico, permite que se manifieste generalmente el fenómeno de heterosis. Razón por la cual es conveniente que se hagan convenios de trabajo e intercambio de materiales genéticos entre instituciones que se dediquen al mejoramiento de plantas y que tengan los mismos principios de servicio.

Eberhart y Hallauer (1968) en un estudio realizado en cruzas simples, dobles y triples en maíz, llegaron a la conclusión que la baja correlación entre los valores predichos y observados, es debido a la interacción genotipo

x ambiente y que este es el factor más importante en la obtención de predicciones reales.

Falconer (1970) Llegó a demostrar cuantitativamente que la heterosis se presenta al existir las siguientes condiciones: un grado de dominancia diferente a cero y diferencia en la frecuencia génica de alelos favorables en los progenitores que se combinan en el híbrido. Conociendo que con la existencia de la diversidad genética entre progenitores, hay probabilidad de que se presente la heterosis, los fitomejoradores han enfocado sus trabajos de hibridación con materiales de caracteres contrastes en sus caracteres agronómicos así como de su origen geográfico.

Francis (1971) trabajó con experimentos de análisis de crecimiento y caracteres agronómicos en Aurora, Nueva York en 1968, donde se evaluaron cuatro líneas endocriadas y nueve híbridos a dos densidades de población (38 y 76 mil plantas por hectárea) e incluyeron datos de materia seca y encontraron que los promedios de rendimiento total de materia seca y materia seca en la mazorca fueron menores en las líneas endocriadas a la población más baja 7.8 y 4.0 ton/ha, respectivamente y mayores en los híbridos a la población más alta 21.4 y 12.5 ton/ha.

Palomo (1974) menciona que los parámetros de estabilidad son de mucha importancia en el mejoramiento genético debido a que ayudan a una buena identificación de las mejores variedades por su rendimiento y su estabilidad del rendimiento cuando se cultiva en una serie de ambientes y son la mejor herramienta para seleccionar genotipos específicamente adaptados a los ambientes pobres, así como también genotipos específicamente adaptados a ambientes ricos, proporcionando una buena reeditabilidad al productor de pocos recursos, como aquel productor que cuenta con la más alta técnica de producción.

Yamaguchi (1974) comparó dos híbridos tropicales: H-125 y H-507 en varios ambientes en México y observó que las variedades de zonas templadas rinden más que las variedades tropicales de zonas bajas, y pueden estar influenciadas por varios factores tales como: a) una tasa de crecimiento de cultivo (TCC) grande y duración corta de crecimiento, b) duración del área foliar de la planta pequeña, c) la relación de grano por duración del área foliar de las plantas tropicales de maíz sea grande; d) pérdida estimada del peso total en madurez tardía; e) bajo índice de cosecha; f) bajo número de granos por unidad de superficie.

Gómez (1977) en un estudio evaluó híbridos de sorgo en 21 ambientes durante tres años con dos ciclos de siembra

por año, encontró que el método de selección por estabilidad es más eficiente y económico que la selección que se hace en base al comportamiento promedio obtenido en una localidad a través de varios años y considera la ubicación de los mismos materiales en otros ambientes de prueba, lo cual coincide con lo que menciona Juárez en 1977, o sea que el número de ambientes y principalmente la heterogeneidad de los mismos son el factor importante en la estimación de la media de rendimiento y los parámetros de estabilidad y propone un rango de 5 a 10 ambientes por evaluación.

Yarchuk (1977) realizó una serie de cruzas entre maíces de endospermo cristalino, dentado, seroso y palomero. Encontró heterosis muy marcada para el rendimiento en aquellos híbridos cuyos progenitores poseían endospermo cristalino y palomero.

Paterniani (1980) realizó investigación con cruzas intervarietales de maíz en su estudio evaluó las 15 F1 formadas en un dialélico entre variedades cristalinas y tres dentadas, observándose el fenómeno de heterosis.

De León (1981) al evaluar híbridos de maíz que fueron formados a partir de progenitores con diferentes características agronómicas originadas por un progenitor normal y por otro progenitor braquítico, confirmó que por sus

diferencias morfológicas, así como por la composición genética, la heterosis se manifiesta. Alvarez (1979) también encontró conclusiones similares.

González (1981) estudio el comportamiento de 39 cruzas formadas por líneas S_2 de los Estados Unidos y tres probadores de origen trópico seco mexicano comparados con 11 testigos donde se observó un incremento en rendimiento promedio de las cruzas de 104.3 por ciento en comparación con la media de los testigos.

Jugenheimer (1981) hace mención que la crusa de tres elementos proporciona información para hacer predicciones útiles del desempeño de híbridos de la crusa doble. Proporciona también información sobre híbridos específicos eliminando con esto la necesidad de evaluar líneas puras en cruzas radiales y simples.

Rood y Major (1981) al estudiar un diálelico entre líneas precoces de maíz, encontraron que una aparente sobredominancia para disminución de la tasa de desarrollo foliar, explicaría, como la dominancia incompleta para disminución del tiempo a flor actuaría simultáneamente e indicaría que la heterosis ocurre para el desarrollo del maíz, pues la crusa de líneas precoces y tardías dan origen a progenies que son más precoces a floración y producen más

área foliar que el promedio de los progenitores.

Zavala (1982) menciona que en base a estudios de interacción de caracteres fisiotécnicos y estimación de parámetros genéticos en sorgo llega a la conclusión que los índices de eficiencia más altamente correlacionados con alto rendimiento fueron índice de cosecha, tasa de crecimiento cultivo, desarrollo de área foliar e índice de área foliar, mismos que mostraron valores de regresión altamente significativos, y menciona que para la obtención de altos rendimientos es importante considerar a la tasa de asimilación neta, el índice de área foliar, la relación grano/paja, la longitud de panoja y el área foliar total, ya que estos mostraron valores de correlación altos y significativos con el rendimiento.

Robles (1985) menciona que la heterosis o vigor híbrido es un fenómeno opuesto a la consanguinidad o presión endogámica, misma que se manifiesta en la F1 como un incremento en el rendimiento y en los caracteres agronómicos producto de la hibridación de los progenitores que son genéticamente distintos. La expresión de estas características será mayor mientras mas grande sea la diversidad genética de los progenitores, hasta cierto punto, pues existe un óptimo en dicha diversidad genética (Moll et al. 1965).

Prassad y Singh (1986) realizaron un estudio sobre heterosis con poblaciones de diferente origen geografico, Concluyeron que la diversidad genética no es ni debe de ser el único criterio para seleccionar progenitores para hibridación. Por lo que sugieren el comportamiento per-se para estimar la heterosis.

Alvarado (1987) determinó la magnitud de los componentes de heterosis en el cultivo de maíz, así como la contribución relativa de los efectos génicos aditivos y de dominancia. Llegó a encontrar que los efectos génicos aditivos mostraron la mayor contribución a la variación total y que la heterosis promedio tuvo el efecto mas importante sobre el valor heterótico mostrado por las cruzas.

Castellanos *et al.* (1987) realizaron cruzas dialélicas y las evaluaron en dos experimentos, uno incluía ocho líneas S3 de maíz de grano amarillo y el otro con 10 líneas de grano blanco, reportan los dos experimentos diferencias altamente significativas, tanto para la aptitud combinatoria general como para la específica. En cuanto a la heterosis, encontraron hasta un 242 y 277 por ciento mayor en cada uno de los experimentos.

Crossa y Gardner (1987) evaluaron el uso del potencial de germoplasma exótico como una medida para el

mejoramiento y adaptación del maíz así como para determinar la proporción óptima del germoplasma exótico para introducirlo y hacen mención y uso de fuentes exóticas para el mejoramiento ha aumentado la variación genética en la población cruzada y que genes favorables de baja frecuencia pueden ser introducidos por cruzamiento o recombinación.

CIMMYT (1987) menciona que la hibridación, es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento de las variedades de polinización libre, debido a que se explota directamente el fenómeno del vigor híbrido conocido también como heterosis.

Beck *et al.* (1990) estudiaron el comportamiento heterotico y capacidad combinatoria en poblaciones y pooles genicos del CIMMYT de adaptación tropical de ciclo precoz e intermedio en un dialélico. Encontraron que la heterosis en rendimiento sobre el mejor progenitor fue baja en la mayoría de las progenies y niveles moderados de heterosis en la crusa de la población 23xpool 26 (9.6 por ciento).

Briceño (1990) trabajó con líneas S_2 y S_3 derivadas de las mejores familias del sintético trópico seco, utilizando las metodologías de selección recurrente: cruza

dobles crípticas (CDC), hermanos completos (HC) y hermanos completos con pedigree (HCP). Con las líneas S_2 y S_3 se formaron cuatro grupos; grupo uno: líneas derivadas de cruza dobles crípticas (S_3), grupo dos: líneas derivadas de hermanos completos (S_2) y el grupo tres y cuatro líneas (S_3) derivadas de hermanos completos con pedigree. Los resultados indicaron una amplia variabilidad en las cruza de prueba permitiendo seleccionar doce líneas, de las cuales ocho pertenecen al grupo uno (CDC), tres al dos (HC) y uno al cuatro (HCP). El mejor comportamiento medio lo manifestaron las líneas S_2 derivadas de hermanos completos (HC), seguidos por el grupo cuatro hermanos completos con pedigree (HCP) y tres (HCP).

Prihar y Stewart (1990) en estudios realizados sobre índices de cosecha observaron que el análisis de la información indica que no es el tamaño de la planta quien determina el índice de cosecha, pero si el estrés a la que es sometida.

Paccapelo (1993) al estudiar la aptitud combinatoria y heterosis para diferentes características agronómicas de líneas S_1 de maíz, encontró diferencias significativas entre tratamientos para las variables en estudio tales como: rendimiento, mazorca por planta, hileras de granos por mazorca, granos por hilera, peso de mil granos, días a flor,

altura de planta y mazorca e índice de cosecha, revelando una amplia variabilidad para toda las características en estudio.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental de Buenavista, Saltillo, Coah., México bajo dependencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante el período comprendido de Mayo a Diciembre de 1992.

Las coordenadas geográficas de la localidad donde se estableció el experimento son $25^{\circ}21'20''$ de latitud Norte y $101^{\circ}01'30''$ de longitud Oeste y altura media sobre el nivel del mar de 1743 m (Figura 3.1).

Respecto al clima que predomina en dicha localidad en referencia a la clasificación de Köppen modificada por E. García (1973) es del tipo BW hu (X') (e) que es igual a un clima muy seco semicálido, con un invierno fresco, extremoso y verano cálido, la temperatura media anual es de 16.6°C , con régimen de lluvia intermedio entre verano e invierno, con una precipitación media anual de alrededor de 443 mm y evaporación promedio de 2167 mm (Cuadro A.1 del Apéndice).

Los genotipos utilizados en este estudio fueron siete hembras con origen geográfico de valles altos y 12 machos de origen subtropical y sus 40 cruza directas de los

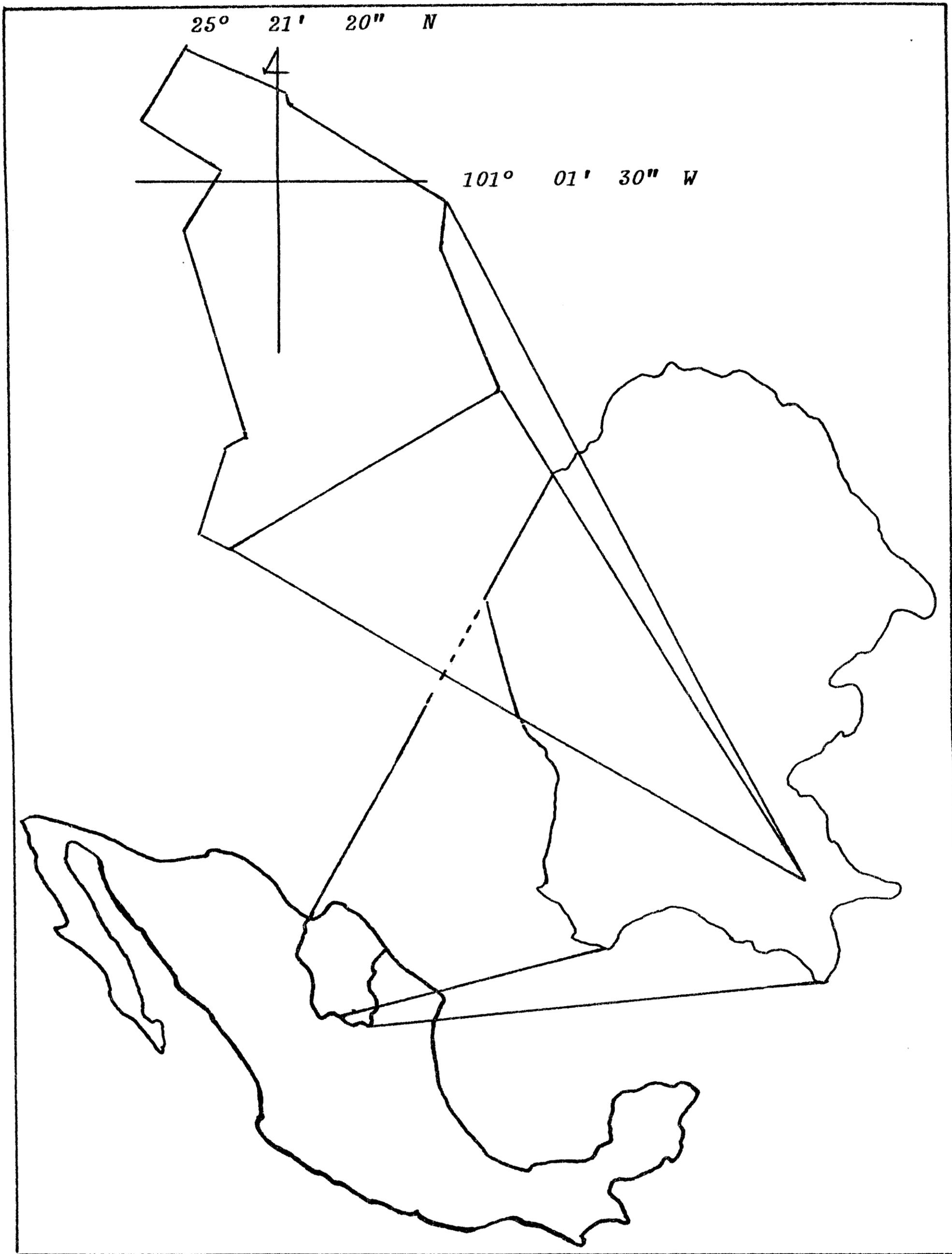


FIGURA 3.1 Localización geográfica del sitio experimental donde se realizó el experimento de campo.

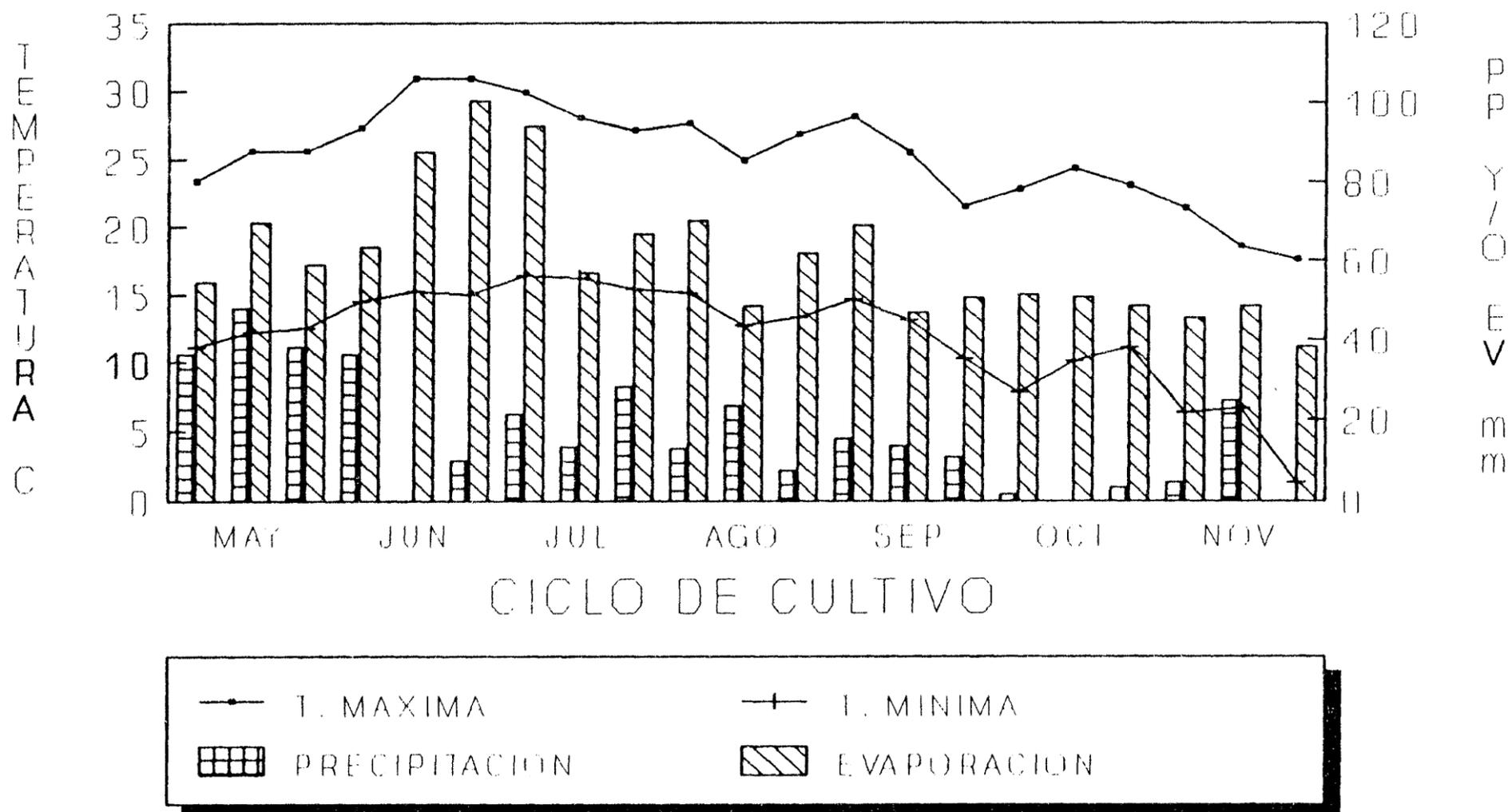


Figura 3.2. Condiciones climáticas a nivel decenal que se presentaron durante el ciclo de cultivo en la evaluación de genotipos.

progenitores de valles altos por subtropicales y dos testigos AN-444 y AN-447.

El material genético fue proporcionado por cortesía del Dr. Vasal, Fitomejorador en maíz del Centro Internacional de Mejoramiento en maíz y trigo (CIMMYT), El Batán, México. Estos genotipos poseen una diversidad genética muy amplia para diversas características agronómicas debido a que el progenitor hembra fue desarrollado en ecología de valles altos, mientras que los progenitores machos fueron desarrollados como sobresalientes en climas subtropical. El

origen genealógico de los materiales genéticos evaluados se presentan en el Cuadro 3.1.

En el Cuadro 3.1a, se muestran los progenitores hembras y machos así como sus respectivas cruzas con los cuales se determinó las tres diferentes formas de heterosis.

La fecha de siembra de este trabajo de investigación fue el 11 de mayo de 1992 en el Campo Agrícola Experimental de Buenavista, Saltillo, Coah., la distancia entre surcos fue de 80 cm y entre plantas 25 cm, cada tratamiento constó de un surco de cinco metros de largo. La siembra se efectuó manualmente tirando una semilla por golpe de siembra. Se dio un riego de presiembra con aspersion. La dosis de fertilizante que se utilizó fue la 150-60-00 aplicándose la mitad en la siembra y el resto en el segundo cultivo. El diseño experimental utilizado fue un bloques al azar con tres repeticiones. Se aplicó un total de cinco riegos de auxilio con una frecuencia de 18 días cada uno. Se aplicó el insecticida Pounce a una dosis de cinco centímetros cúbicos mezclados en 18 litros de agua por aspersor para controlar el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.).

Todas las prácticas culturales que se realizaron estuvieron en función del paquete tecnológico propuesto por el Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN con el propósito

de que los genotipos sembrados expresaran su máximo potencial de rendimiento. Antes de la floración se etiquetaron ocho plantas individuales de las 21 plantas sembradas por cada tratamiento para registrar los siguientes datos: rendimiento de grano, peso de 100 semillas, materia seca, altura de mazorca, altura de planta, floración masculina y madurez fisiológica, etc.

Los promedios de cada característica fueron utilizados para realizar el análisis de varianza, las diferentes formas de heterosis y correlaciones simples y fenotípicas para diferentes características agronómicas estudiadas.

El modelo estadístico del diseño bloques al azar para las características en estudio es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde.

Y_{ij} = Es el rendimiento en el i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

μ = Es la media general.

τ_i = Es el tratamiento i -ésimo.

β_j = Es el bloque j -ésimo.

ϵ_{ij} = Es el error experimental inherente al tratamiento i -ésimo dentro del bloque j -ésimo.

Para ajustar el peso de grano seco en ton/ha y corregirlo por plantas faltantes se recomienda efectuar el tratamiento siguiente.

Ajuste por plantas faltantes.

Al hacer la siembra, siempre se usa mayor cantidad de semilla, y después de 10 a 20 días de la emergencia de las plántulas se realiza el aclareo, para dejar el número de plantas previamente planeado, sin embargo, por múltiples causas, en el tiempo de la cosecha generalmente no se tiene, en algunas unidades experimentales, el número de plantas deseado. En tales casos, es necesario ajustar todas las unidades experimentales a igual número de plantas.

Cuando se trata de cultivos cuya siembra es "mateada" se emplean varios métodos, pero el más práctico es el uso de la fórmula de Iowa o el análisis de covarianza para este caso se utilizó la siguiente fórmula:

$$PCC = PC \times \frac{H - 0.3M}{H - M}$$

donde:

PCC = Peso de campo corregido.

PC = Peso del campo sin corregir fallas.

H = Número de plantas que debería tener la unidad experimental si no hubiera n fallas.

M = Número de plantas perdidas (fallas).

0.3 = Coeficiente para corregir la falta de competencia en las plantas existentes al tiempo de la cosecha.

El calculo de heterosis (H) en relación a la media parental se llevó a cabo en forma de porcentaje de la siguiente manera, o sea desarrollando la siguiente fórmula:

$$H = \frac{F1 - \frac{P1+P2}{2}}{\frac{P1+P2}{2}} \times 100$$

donde.

H = Heterosis.

F1 = Híbrido o cruza de ambos progenitores.

P1 = Progenitor uno.

P2 = Progenitor dos.

Para el calculo del porcentaje de heterobeltiosis (HB) en relacion al mejor progenitor se utilizo la siguiente

fórmula:

$$HB = \frac{F1 - Ps}{Ps} \times 100$$

donde:

HB = Heterobeltiosis

F1 = Cruza de ambos progenitores

Ps = Progenitor superior.

Ahora bien, para calcular la heterosis útil (HU) se realiza de la siguiente manera desarrollando la siguiente fórmula:

$$HU = \frac{F1 - VC}{VC} \times 100$$

donde:

HU = Heterosis útil

F1 = Cruza de ambos progenitores

VC = Mejor híbrido comercial

Coeficiente de Correlación

Los diagramas y tablas de correlación dan una idea de la clase de correlación existente entre dos series de

valores, o indican la no existencia de ésta, pero para medir de un modelo matemático y más preciso el grado de correlación existente, es necesario determinar un valor numérico que la exprese. Esto se consigue mediante la obtención del coeficiente de correlación, cuyo valor se calcula recurriendo a la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum (d_z \times d_y)}{n} \times \frac{1}{\sigma_z \times \sigma_y}$$

donde:

$\Sigma(d_z \times d_y)$ = Representa la suma de todos los productos

de las desviaciones conforme a las respectivas medias aritméticas de cada par de valores correspondientes de las dos series, cuya correlación se está estudiando.

n = es el número de pares de caracteres estudiados.

σ_z y σ_y = Son las desviaciones típicas de las dos series en estudio.

Calculo del Coeficiente de Variación

El coeficiente de variación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{X}} \times 100$$

donde:

C.V. = Coeficiente de variación.

S^2 = Varianza del error o cuadrado medio del error.

\bar{X} = Media general.

Se saca raíz cuadrada al valor del cuadrado medio del error y se divide entre la media general de tratamientos y el resultado se multiplica por 100 para transformarlo en porcentaje.

Cuadro 3.1. Codificación de progenitores e híbridos y su origen genealógico utilizados en esta investigación.

Progenitores	Codificación CIMMYT	Origen	valles altos o subtropicales
Hembras			
1	P ₂	BA89-2301-92	valles altos
2	P ₄	-268	"
3	P ₇	BA89-2302-7	"
4	P ₈	-2340-56	"
5	P ₁₀	-168	"
6	P ₁₅	BA88-2304-75-1	"
7	P ₁₈	BA89-2340-97	"
Machos			
8	P ₄₉	-2337-11	subtropicales
12	P ₅₃	-22	"
16	P ₆₀	-8	"
19	P ₃₄	2337-14	"
21	P ₄₀	-14	"
22	P ₄₄	-2342-24	"
23	P ₄₅	-32	"
24	P ₄₂	-49	"
25	P ₃₅	-19	"
26	P ₄₆	-35	"
27	P ₄₇	-37	"
28	P ₄₈	-40	"
Híbridos			
29	P ₂ xP ₄₉	2353-2x2354-1	
30	P ₂ xP ₅₁	" x " -3	
31	P ₂ xP ₅₂	" x " -4	
32	P ₂ xP ₅₆	" x " -10	
17	P ₄ xP ₃₄	2353-4x2336-10	
18	P ₄ xP ₅₂	" x2354-4	
35	P ₄ xP ₅₃	" x " -5	
36	P ₄ xP ₅₅	" x " -9	
37	P ₄ xP ₅₆	" x " -10	
38	P ₄ xP ₆₁	" x " -15	
39	P ₇ xP ₅₂	2353-7x2354-4	
40	P ₇ xP ₅₄	" x " -6	
41	P ₇ xP ₅₆	" x " -10	
42	P ₇ xP ₆₀	" x " -14	
43	P ₇ xP ₆₁	" x " -15	
44	P ₈ xP ₃₄	2353-9x2336-10	
45	P ₈ xP ₅₀	" x2354-2	
46	P ₈ xP ₅₁	" x " -3	
47	P ₈ xP ₅₂	" x " -4	
48	P ₈ xP ₅₉	" x " -13	
49	P ₈ xP ₆₁	" x " -15	
50	P ₁₀ xP ₅₀	2353-11x2354-2	
51	P ₁₀ xP ₅₁	" x " -3	

Cuadro 3.1.....continuación.

Progenitores	Codificación CIMMYT	Origen	Valles Altos o subtropicales
Híbridos			
52	P ₁₀ XP ₅₉	" x " -13	
53	P ₁₀ XP ₅₂	2353-12x2354-4	
54	P ₁₀ XP ₅₅	" x " -9	
55	P ₁₀ XP ₅₆	" x " -10	
56	P ₁₀ XP ₅₉	" x " -13	
57	P ₁₅ XP ₃₅	2353-16x2336-11	
58	P ₁₅ XP ₃₈	" x2337-15	
59	P ₁₅ XP ₄₀	" x2338-5	
60	P ₁₅ XP ₄₄	" x2340-4	
61	P ₁₅ XP ₄₅	" x " -6	
62	P ₁₈ XP ₃₅	2353-21x2336-11	
63	P ₁₈ XP ₃₈	" x2337-15	
64	P ₁₈ XP ₄₂	" x2338-7	
65	P ₁₈ XP ₄₅	2353-21x2340-6	
66	P ₁₈ XP ₄₆	" x " -7	
67	P ₁₈ XP ₄₇	" x " -8	
68	P ₁₈ XP ₄₈	" x " -9	

Cuadro 3.1a. Progenitores e híbridos y su origen genealógico considerados para calcular tres diferentes formas de heterosis.

Progenitores hembras	Codificación CIMMYT	Origen	valles altos o subtropicales
1	P ₂	BA89-2301-92	Valles Altos
2	P ₄	-268	"
3	P ₇	BA89-2302-7	"
4	P ₈	-2340-56	"
5	P ₁₀	-168	"
6	P ₁₅	BA88-2304-75-1	"
7	P ₁₈	BA89-2340-97	"
Machos			
8	P ₄₉	-2337-11	subtropicales
12	P ₅₃	-22	"
16	P ₆₀	-2346-8	"
19	P ₃₄	2337-14	"
21	P ₄₀	-2339-14	"
22	P ₄₄	-2342-24	"
23	P ₄₅	" -32	"
24	P ₄₂	-2339-49	"
25	P ₃₅	-2337-19	"
26	P ₄₆	-2342-35	"
27	P ₄₇	" -37	"
28	P ₄₈	" -40	"
Híbridos			
	P ₂ xP ₄₉	2353-2x2354-1	
	P ₄ xP ₃₄	" -4x2336-10	
	P ₄ xP ₅₃	" x2354-5	
	P ₇ xP ₆₀	2353-7x " -14	
	P ₈ xP ₃₄	" -9x2336-10	
	P ₁₅ xP ₃₅	" -16x " -11	
	P ₁₅ xP ₄₀	" x2338 -5	
	P ₁₅ xP ₄₀	" x2340 -4	
	P ₁₅ xP ₄₅	" x " -6	
	P ₁₈ xP ₃₅	" -21x2336-11	
	P ₁₈ xP ₄₂	" x2338 -7	
	P ₁₈ xP ₄₅	" x2340 -6	
	P ₁₈ xP ₄₆	" x " -7	
	P ₁₈ xP ₄₇	" x " -8	
	P ₁₈ xP ₄₈	" x " -9	

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza para las diferentes características agronómicas de maíz son presentadas en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para diferentes características agronómicas en maíz.

Fuente de variación	g.l.	Rdto. de grano	Peso 100 semillas	Materia seca	Días a floración M	Días a mad. fis.	Altura mazorca	Altura planta	Indice cosecha
Bloques	2	4.970 NS	7.679 NS	76.050**	80.350 **	400.934 **	295.498NS	945.852*	0.056*
Genotipos	60	15.266 **	65.379 **	55.885**	51.061 **	59.123 **	1221.317**	2797.783**	0.037**
Error	120	2.367	19.398	8.804	10.466	23.040	166.187	241.886	0.012
C.V. (%)		28.32	14.26	38.85	3.98	4.02	16.33	8.84	26.09

** Significancia al 1%

* Significancia al 5%

NS No significativo

El cual indica diferencias altamente significativas para todas las características estudiadas tales como rendimiento de grano, peso de 100 semillas, materia seca, días a floración masculina, altura de mazorca y planta, días a madurez fisiológica e índice de cosecha. Revelando que existe una gran gama de variabilidad para todas las características estudiadas (sin embargo, mayor énfasis del comportamiento genético tanto de hembras, machos, así como de los híbridos es considerado mas adelante) De León (1981) y Alvarez (1979) también evaluaron progenitores e híbridos para diferentes características agronómicas y se encontraron

diferencias significativas para diferentes características.

En este estudio el coeficiente de variación varió entre 3.9 a 38.8 por ciento y los coeficientes de variación para cada una de las características antes mencionadas es de 28.32, 14.26, 38.85, 3.98, 4.02, 16.33, 8.84 y 26.09 por ciento, respectivamente. Considerándose algunas de ellos altos lo cual se le atribuye a las siguientes razones. En nueve de los progenitores machos de origen subtropical no hubo emergencia de plántulas debido a que la semilla era muy pequeña y deforme, el tamaño de la parcela útil y de la muestra fue muy pequeña, ésto debido a que era poca la disponibilidad de semilla de dichos progenitores y otra de las razones probables es la falta de vigor de la semilla.

Los promedios para diferentes características agronómicas en los progenitores hembras y machos e híbridos se presentan en los Cuadros 4.2, 4.3 y 4.4.

Desde el punto de vista económico el rendimiento de grano en cualquier especie es de mucha importancia, pues en gran parte de él dependen las grandes o pequeñas superficies que se siembran en países en pleno desarrollo agrícola.

Rendimiento de grano

En cuanto a los progenitores hembras de valles altos registraron una producción con un rango que va de 662 a 3769 con un promedio de 2048.8 kg/ha, observándose como mejores genotipos a los progenitores P₇ con 3769 kg, P₁₈ con 2727 kg, P₁₅ con 2559 kg, siguiéndole P₈, P₁₀ y P₄ que fue el peor.

Cuadro 4.2. Promedio para diferentes características agronómicas en los progenitores hembras en maíz.

Hembras	Rdto. grano Kg/ha	Peso 100 semillas g	Materia seca kg/ha	Altura mazorca cm	Altura planta cm	Días a floración M	Días a Mad. Fis.
P ₂	1334	24.0	2469	50.0	179.0	79.0	120.0
P ₄	662	20.4	2103	45.0	184.0	87.0	119.0
P ₇	3769	27.4	5090	69.7	173.7	89.0	122.0
P ₈	1924	25.9	5418	60.7	200.3	80.0	119.0
P ₁₀	1367	27.0	3814	65.7	214.0	80.0	117.0
P ₁₅	2559	24.3	4909	77.7	201.7	79.0	115.0
P ₁₈	2727	31.0	2582	43.0	178.7	79.0	117.0
Promedio	2048.8	25.7	3769.3	58.8	190.2	82.0	118.0

Por otro lado referente a los progenitores machos se observó un rango de producción que oscila desde 1093 kg a 4927 kg/ha y un promedio de 2932.6 kg/ha resultando como mejores progenitores los siguientes P₆₀ con 4927 kg, P₄₀ con 4037 kg, P₃₄ con 4031 kg, P₄₄ con 3321 kg y P₄₉ con 3145 kg/ha respectivamente y el de menos rendimiento fue P₅₃ con 1093 kg/ha (Cuadro 4.3).

En el cuadro 4.4 se pueden ver los híbridos para diferentes características, en el cual para rendimiento de grano se encontró un rango de producción que va de 4193 kg a

8876 kg/ha con promedio de 6741.2 kg/ha así como los mejores híbridos son las cruzas P₁₅ x P₃₅ con 8876 kg/ha, P₇ x P₅₄ con 8648 kg/ha, P₄ x P₆₁ con 8561 kg/ha, P₂ x P₅₂ con 8434 kg/ha y P₄ x P₃₄ con 7927 kg/ha. Ahora bien, cabe señalar que la mejor crusa que resultó fue P₁₅ x P₃₅ con 8876 kg/ha.

Cuadro 4.3. Promedio para diferentes características agronómicas en los progenitores machos en maíz.

Machos	Rdto. grano kg/ha	Peso 100 semillas g	Materia seca kg/ha	Altura mazorca cm	Altura planta cm	Días a floración M	Días a Mad. Fis.
P ₄₉	3145	20.2	1225	48.3	208.3	80.0	118.0
P ₅₃	1093	26.5	491	39.3	193.0	79.0	100.0
P ₆₀	4927	35.4	2781	64.7	202.3	85.0	124.0
P ₃₄	4031	32.5	5308	70.7	189.0	89.0	117.0
P ₄₀	4037	29.0	3394	70.0	194.3	87.0	117.0
P ₄₄	3321	28.8	3403	41.7	187.3	84.0	122.0
P ₄₅	1372	23.3	1394	43.7	181.3	89.0	113.0
P ₄₂	1571	20.4	912	44.3	187.7	88.0	117.0
P ₃₅	3032	26.2	4780	51.3	191.0	89.0	115.0
P ₄₆	1621	26.4	1085	41.0	204.0	82.0	114.0
P ₄₇	2251	31.5	2115	56.0	202.3	91.0	120.0
P ₄₈	4790	28.8	2496	64.7	221.3	90.0	122.0
Promedio	2932.6	27.4	2448.7	52.3	196.8	86.0	116.5

Por otro lado, el mejor testigo fue AN-447 con rendimiento de 6559 kg/ha mismo que fue superado por el mejor híbrido con un excedente en rendimiento de 2317 kg/ha el cual resulta algo atractivo dentro del medio agronómico y comercial. Los resultados de los progenitores e híbridos pueden ser explicados en base a las fuentes de germoplasma originales y a las diferencias de grados de divergencia genética entre progenitores, Sánchez (1977).

Una de las principales causas por las que los progenitores hembras y machos produjeron menos rendimiento

que los híbridos es debido a que los progenitores son líneas de origen de autofecundación y las líneas de autofecundación en los cultivos de alógamas son débiles y expresan

Cuadro 4.4. Promedio para diferentes características agronómicas en híbridos de maíz.

Híbridos	Rdto. grano kg/ha	Peso 100 semillas g	Materia seca kg/ha	Altura mazorca cm	Altura planta cm	Días a floración M	Días a Mad. fis.
P ₂ x P ₄₉	6499	31.4	11874	84.3	182.0	81.0	121.0
x P ₅₁	6934	31.4	11204	85.3	188.0	81.0	121.0
x P ₅₂	8434	34.0	17809	86.7	204.3	83.0	126.0
x P ₅₆	4488	29.8	11294	86.7	191.0	78.0	118.0
P ₄ x P ₃₄	7927	33.3	8586	80.0	188.0	79.0	117.0
x P ₅₂	5371	32.6	9012	95.7	191.7	80.0	118.0
x P ₅₃	6306	29.7	8264	81.0	176.0	81.0	119.0
x P ₅₅	6693	31.8	8313	78.7	194.3	79.0	123.0
x P ₅₆	7007	29.8	8329	89.0	187.0	84.0	126.0
x P ₆₁	8561	29.1	10409	92.0	194.0	78.0	123.0
P ₇ x P ₅₂	7524	31.3	11710	97.0	110.0	80.0	124.0
x P ₅₄	8648	30.8	12744	112.0	113.0	81.0	125.0
x P ₅₆	7612	33.3	12337	107.0	146.7	82.0	120.0
x P ₆₀	6553	27.8	11175	98.3	141.7	80.0	121.0
x P ₆₁	7747	32.7	11171	99.0	150.0	80.0	117.0
P ₈ x P ₃₄	7057	29.7	13785	93.3	141.3	79.0	121.0
x P ₅₀	7624	37.7	13785	93.3	141.3	79.0	121.0
x P ₅₁	7331	35.4	5180	71.7	104.0	79.0	120.0
x P ₅₂	7531	34.1	10456	95.3	118.3	78.0	120.0
x P ₅₉	6045	29.8	9676	93.7	159.3	77.0	122.0
x P ₆₁	6102	32.7	8927	86.0	158.7	78.0	122.0
P ₁₀ x P ₅₀	5951	28.3	7631	94.7	147.3	79.0	120.0
x P ₅₁	6156	32.8	9341	91.7	124.0	79.0	120.0
x P ₅₉	7844	27.3	10740	93.0	125.3	79.0	117.0
x P ₅₂	6071	29.5	5807	104.7	126.7	80.0	117.0
x P ₅₅	7641	29.8	13616	110.7	140.7	84.0	128.0
x P ₅₆	6416	28.1	7039	80.7	130.7	80.0	124.0
x P ₅₉	6457	31.6	12538	93.0	156.0	80.0	121.0
P ₁₅ x P ₃₅	8876	34.9	6530	90.7	142.0	80.0	118.0
x P ₃₈	4872	30.3	7312	86.0	181.3	76.0	116.0
x P ₄₀	5363	34.3	6390	78.7	175.7	79.0	115.0
x P ₄₄	5745	30.4	7707	79.7	183.7	79.0	115.0
x P ₄₅	4323	28.7	6000	77.7	177.0	77.0	116.0
P ₁₈ x P ₃₅	7860	36.8	6016	87.7	186.0	78.0	122.0
x P ₃₈	6898	37.2	10078	74.3	193.7	78.0	124.0
x P ₄₂	6050	38.6	5623	79.0	183.7	78.0	120.0
x P ₄₅	6047	40.5	6019	87.0	204.7	76.0	114.0
x P ₄₅	4193	35.6	6482	66.3	188.7	76.0	115.0
x P ₄₇	7494	41.6	8191	94.0	217.0	77.0	117.0
x P ₄₈	7397	38.4	7251	100.0	204.0	77.0	116.0
T.AN-444	5627	35.7	15918	107.3	222.3	86.0	125.0
T.AN-447	6559	36.6	20688	118.7	231.7	92.0	130.0
Promedio	6741.2	32.7	10162.7	88.5	164.7	80.0	126.0
LSD	2.5	7.1	4.8	20.8	25.1	5.2	7.8

características recesivas y desfavorables, razón por la que producen mazorcas pequeñas, pocos granos por mazorca, así

como el peso de 100 semillas fue muy bajo.

La principal razón de que los híbridos que rindieran más que los progenitores, es porque cada híbrido presenta alelos en forma heterocigótica y la mayoría de los caracteres son dominantes, vigorosos y más favorables al genotipo. (CIMMYT 1987) menciona que el mejor método de mejoramiento genético, con mayor eficiencia en la producción de maíz es la hibridación.

Peso de 100 semillas

El carácter peso de cien semillas está considerado como uno de los componentes principales del rendimiento económico en todas las especies vegetales que producen granos y semillas y su importancia radica en que el peso es proporcional al rendimiento o sea que a mayor peso por unidad de grano mayor será el rendimiento total de producción por hectárea. (Graffius, 1959) menciona que los componentes del rendimiento tienen relación multiplicativa respecto al rendimiento y gran parte de la variabilidad no aditiva del rendimiento puede explicarse en función de la variación aditiva de los componentes y progenitores de las cruas destinadas a capitalizar los efectos favorables no aditivos.

Por lo que respecta a peso de 100 semillas, en los progenitores hembras se encontró un rango que oscila de 20.4 a 31 gr con un promedio de 25.7 gr y los progenitores con más alto peso de 100 semillas fueron P₁₈, P₇, P₁₀, P₈ y P₁₅ con 31, 27.4, 27, 25.9 y 24.3 gr respectivamente y el progenitor de menos peso de 100 semillas fue P₄ con 20.4 gr lo cual se refleja en su rendimiento (Cuadro 4.2). De la misma manera para los progenitores machos el de mas peso de semilla fue el P₆₀ con 35.4 gr y el de menor peso es P₄₉ con 20.2 gr con un promedio de 27.4 entre ellos y los progenitores más sobresalientes en esta característica son P₆₀, P₃₄, P₄₇, P₄₀, P₄₄ y P₄₈ con un peso de semilla de 35.4, 32.5, 31.5, 29 y 28.8 gr, respectivamente (Cuadro 4.3).

En relacion a los híbridos se observó que el de menor y mayor peso de semilla son las cruzas P₁₀ x P₅₉ y P₁₈ x P₄₇ con 27.3 gr con 41.6 gr de peso de 100 semillas con un promedio de 32.7 gr resultando como mejores híbridos o cruzas con mayor peso de semilla las siguientes cruzas P₁₈ x P₄₇, P₁₈ x P₄₅, P₁₈ x P₄₂, P₁₈ x P₄₈ y P₈ x P₅₀ con pesos que oscilan desde 40.6, 40.5, 38.6, 38.4 y 37.7 gramos de semilla, respectivamente (Cuadro 4.4).

Materia seca

Por otra parte la variable materia seca, es una característica que está relacionada con el índice de área foliar debido a que a mayor o menor sea el índice de área foliar mayor o menor será el contenido de materia seca por unidad de superficie, misma que en materia verde (área foliar) tiene como función principal contribuir en los procesos fotosintéticos que realiza la planta, reflejándose en una mayor producción por planta.

Bajo esta consideración, la característica materia seca probablemente se debe a la altura y área foliar que para ciertos materiales fue muy alta y en otros muy baja así como también es probable que se haya debido al tamaño de muestra que se utilizó en los progenitores hembras y machos y las progenies. Resultados de Francis, 1971 en experimentos de análisis de crecimiento y caracteres agronómicos se desprende que los promedios de rendimiento total de materia seca y materia seca en la mazorca fueron menores en líneas endocriadas en poblaciones bajas y mayores en híbridos en poblaciones altas.

Al observar los progenitores hembras se encontró que el progenitor con mayor contenido de materia seca fue el P₈ con 5418 kg/ha y el que menos materia seca alcanzó fue el P₄

con 2103 kg/ha con un promedio de 3769.3 kg/ha y los mejores progenitores resultaron ser P₈, P₇, P₁₅, P₁₀ y P₁₈ con 5418, 5090, 4909, 3814 y 2589 kg/ha, respectivamente (Cuadro 4.2).

En los progenitores machos se observó un alto rendimiento de materia seca el progenitor P₃₄ con 5308 kg/ha así como el mas bajo en contenido de materia seca a P₅₃ con 491 kg/ha, teniendo un promedio de 2448.7 kg/ha sobresalieron por su mayor contenido de materia seca los progenitores P₃₄, P₃₅, P₄₀, P₄₄ y P₆₀ con 5308, 4780, 3394, 3403 kg y 2781 kg/ha, respectivamente (Cuadro 4.3). En cuanto a los híbridos se tiene que los de mayor contenido de materia seca fueron las cruzas P₂ x P₅₂ con 17809 kg/ha y el que fue más bajo es el P₈ x P₅₁ con 5180 kg/ha y el promedio fue de 10166.7 kg/ha. Los híbridos más sobresalientes fueron P₂ x P₅₂, P₈ x P₅₀, P₇ x P₅₄, P₁₀ x P₅₉ y P₇ x P₅₆ con 17809, 13785, 12744, 12538 y 12337 kg/ha, respectivamente (Cuadro 4.4). Estos resultados observados en los progenitores hembras, machos e híbridos coinciden con lo encontrado por Prihar y Stewart (1990).

Altura de planta

La característica de altura de planta es importante desde el punto de vista en que a mayor o menor altura, mayor o menor será el contenido de materia seca. En esta investigación solo algunos resultados coinciden con lo

antes mencionado.

Dentro de los progenitores hembras el de mayor altura fue el P₁₀ con 214 cm así como el de menor altura fue P₇ con 174 cm, observándose un promedio de 190.2 cm. Donde los progenitores con mayor altura fueron P₁₀, P₁₅, P₈, P₄ y P₂ con 214, 201.7, 200.3, 184 y 179 cm de altura, respectivamente (Cuadro 4.2). Así como también los progenitores machos con mayor altura fueron P₄₈ con 221.3 cm y el de menor altura es P₄₅ con 181.3 cm, con un promedio de 196.8 cm y los progenitores con mayor altura fueron P₄₈, P₄₉, P₄₆, P₆₀ y P₄₈ con 221.3 cm, 208.3 cm, 204 cm, 202.3 cm y 194.3 cm, respectivamente (Cuadro 4.3).

La razón probable por la que existe diferencias altamentes significativas en altura de planta tanto en progenitores hembras como en machos es su origen genético y geográfico debido a que las hembras son de valles altos y los machos de origen subtropical lo cual tiene que ver mucho en su altura. Esto se refleja en las cruzas de ambos progenitores donde la progenie con mayor altura fue P₁₈ x P₄₇ con 217 cm y con menor altura a P₈ x P₅₁ con 104 cm y el promedio de altura en las progenies fue de 164.7, siendo menor en comparación a sus progenitores.

Sobresalieron por su mayor altura de planta las progenies $P_{18} \times P_{47}$, $P_{18} \times P_{45}$, $P_2 \times P_{52}$, $P_{18} \times P_{48}$ y $P_4 \times P_{61}$ mismas que registraron alturas de 217 cm, 204 cm y 204.3 cm, 204 cm y 194.3 cm, respectivamente (Cuadro 4.4).

Al observar la altura máxima y mínima de los progenitores hembras y compararla con la altura máxima y mínima de los progenitores machos se observa que son más altos los progenitores machos y que la altura máxima de las progenies no llega a ser mayor que la altura máxima de las hembras y machos.

Altura de mazorca

La altura de mazorca, es un carácter importante al final del ciclo del cultivo debido a que puede facilitar la cosecha según sea su altura.

Para el caso de tratamientos se explica que tanto progenitores hembras como machos tienen diferente altura de mazorca y que las primeras al cruzarse con diferente progenitor se refleja en cada una de sus progenies, por tal razón se cree que es probable la diferencia que existe en altura de mazorca. Así pues la divergencia genética provoca mayor grado de heterosis a medida que las áreas de adaptación y las relaciones ancestrales de los componentes de cada

progenitor son más diferentes (Johnson y Hayes 1949, Moll et al. 1965 y Griffing y Lindstrom, 1954).

En cuanto a los progenitores hembras el que mayor altura de mazorca alcanzó fue P₁₅ con 77.7 cm y el de menor es P₁₈ con 43 cm. El promedio de los progenitores fue de 58.8 cm. Los de mayor altura de mazorca en orden decreciente fueron P₁₅, P₇, P₁₀, P₈ y P₂ con 77.7, 69.7, 65.7, 60.1 y 50 cm de altura respectivamente (Cuadro 4.2). En lo referente a los progenitores machos el de mayor altura fue P₃₄ con 70.7 cm y el de menos altura fue P₅₃ con 39.3 cm siendo el promedio de 52.3 cm y los cinco progenitores con mayor altura de mazorca fueron P₃₄, P₄₀, P₆₀, P₄₈ y P₄₇ con 70.7, 70, 64.7, 64.7 y 56 cm, respectivamente (Cuadro 4.3).

En relación a la progenie que mayor altura de mazorca alcanzó fue la cruce P₇ x P₅₄ con 112 cm y la de menor altura es P₈ x P₃₄ con 60 cm y el promedio de las progenies es 88.5 cm y los genotipos con mayor altura son P₇ x P₅₄, P₁₀ x P₅₅, P₇ x P₅₆, P₁₀ x P₅₂ y P₁₈ x P₄₈ con 112 cm, 110 cm, 107 cm, 104.7 cm y 100 cm, respectivamente (Cuadro 4.4).

Días a floración Masculina

La característica floración masculina es importante porque influye en el ciclo de vida de la planta, por tal

razón es un parámetro que en estudios efectuados por investigadores debe tomarse en cuenta, Sánchez (1977) encontró que en casos de precocidad y caracteres vegetativos, se determinó que a medida que se incrementó la dosis de germoplasma de materiales tardíos también se incrementó el número de días a floración y la expresión de los caracteres vegetativos, ya que la respuesta se describió por medio de una función lineal.

En el cuadro 4.2 se observa que el progenitor hembra con mayor días a floración masculina fue P_7 con 88.7 días y el de menos días es P_{15} con 78.7 y el promedio es de 81.8 días. Los progenitores hembras con un mayor número de floración masculina resultaron ser P_7 , P_4 , P_8 , P_{10} y P_2 con 88.7, 87.3, 79.7, 79.7 y 79.3 días, respectivamente. De los progenitores machos el que mayor días a floración masculina presentó fue P_{47} con 91.3 días y el de menor días fue P_{53} con 79 días, con un promedio de 86 días. Los progenitores más tardíos fueron P_{47} , P_{48} , P_{53} , P_{34} y P_{42} con 91.3, 90.3, 89.3, 89.3 y 87.7 días, respectivamente (Cuadro 4.3). La progenie más tardía fue $P_{10} \times P_{55}$ con 84 días y la más precoz es $P_{15} \times P_{38}$ con 76.3 días a floración masculina con un promedio de 83.7 días. Las progenies que resultaron ser más tardías a la floración masculina fueron $P_{10} \times P_{55}$, $P_4 \times P_{56}$, $P_2 \times P_{52}$, $P_7 \times P_{56}$ y $P_2 \times P_{49}$ con 84, 83.7, 83, 82 y 81.3 días respectivamente (Cuadro 4.4).

Madurez fisiologica

Las diferencias que se observaron entre los progenitores hembras y machos así como sus progenies es que poseen diferente ciclo de vida vegetativo, lo cual se puede comprobar al observar los promedios de cada uno de los genotipos utilizados. Dentro del grupo de las hembras el progenitor con mayor número de días a madurez fisiológica fue el P₇ con 122.3 días y con menor días fue P₁₅ con 115.3 días con un promedio de 118.7 días y los progenitores que mayor número de días alcanzaron fueron P₇, P₂, P₈, P₄ y P₁₀ con 122.3, 120.3, 119.3, 118.7 y 117.3 días a la madurez fisiológica, respectivamente (Cuadro 4.2). Por otro lado los progenitores machos el de mayor número de días es P₆₀ con 124.3 días y el de menos días fue P₄₄ con 122.3 días teniendo este grupo un rango menor en relación al de las hembras. El promedio fue de 116.6 días y de estos progenitores machos con mayor días a madurez fisiológica resultaron ser P₆₀, P₄₄, P₄₈, P₄₇ y P₄₉ con 124.3, 122.3, 121.7, 120.3 y 118.3 días, respectivamente (Cuadro 4.3).

Las progenies o híbridos se pueden observar en el Cuadro 4.4, y sobresale por su mayor madurez fisiológica la cruce P₁₀ x P₅₅ con 127.7 días y con un menor número de días a P₁₈ x P₅₅ con 114.3 días con un promedio de 119.8 días así como los híbridos con un mayor número de días fueron P₁₀ x

P₅₅, P₄ x P₅₆, P₂ x P₅₂, P₇ x P₅₄ y P₂ x P₄₉ con 127.7, 125.7, 125.7, 125, y 124.3 días, respectivamente (Cuadro 4.4)

Índice de Cosecha

El índice de cosecha es un parámetro que nos indica la eficiencia de la planta en el rendimiento económico y que ayuda a seleccionar genotipos altamente sobresalientes, por esta razón no se debe descuidar este parámetro (Donald, 1962).

El índice de cosecha más alto para los progenitores hembras es de 47.9 por ciento y corresponde a P₁₈, con un rendimiento económico de 2727 kg y un rendimiento biológico de 5309 kg/ha respectivamente, mientras que el progenitor con un índice de cosecha mas bajo fue P₄ con 21.7 por ciento con rendimiento de grano de 662 kg y rendimiento biológico de 2765 kg. El promedio del índice de cosecha fue de 32.7 por ciento. Los índices de cosecha mas altos correspondieron a P₁₈, P₇, P₁₅, P₂ y P₁₀ con 47.9, 42.2, 37.1, 32.5 y 23.9 por ciento, respectivamente (Cuadro 4.5).

En cuanto a los índices de cosecha de los progenitores machos el mas alto corresponde a P₆₀ con 70.3 por ciento con rendimiento de grano de 4927 kg y un rendimiento biológico de 7708 kg/ha y el índice de cosecha

Cuadro 4.5. Promedio de algunas características agronómicas asociadas con el índice de cosecha en progenitores hembras en maíz.

Hembras	Rendimiento económico kg/ha	Rendimiento biológico kg/ha	Índice de cosecha %	Altura de planta cm	Días a 100% floración M
P ₂	1334	3803	32.5	179.0	79.0
P ₄	662	2765	21.7	184.0	87.0
P ₇	3769	8859	42.2	173.7	89.0
P ₈	1924	7342	23.5	200.3	80.0
P ₁₀	1367	5181	23.9	214.0	80.0
P ₁₅	2559	7468	37.1	201.7	79.0
P ₁₈	2727	5309	47.9	178.7	79.0
Promedio	2048.8	5818.1	32.7	190.2	81.8

mas bajo fue para P₃₄ con 35.1 por ciento con rendimiento de grano de 4031 kg y un rendimiento biologico de 9339 kg/ha sobresaliendo los progenitores por su indice de cosecha P₆₀, P₄₉, P₅₃, P₄₂ y P₄₆ con 70.3, 69.7, 67.5, 60.9 y 59.1 por ciento, respectivamente. Los cuales en comparación con los obtenidos en los progenitores hembras se observa que los machos rindieron un 43.2 por ciento mas que las hembras (Cuadro 4.5 y 4.6).

Cuadro 4.6. Promedio de algunas características agronómicas asociadas con el índice de cosecha en progenitores machos en maíz.

Machos	Rendimiento económico kg/ha	Rendimiento biológico kg/ha	Índice de cosecha %	Altura de planta cm	Días a 100% floración M
P ₄₉	3145	4370	69.7	208.33	80.00
P ₅₃	1093	1584	67.5	193.00	79.00
P ₆₀	4927	7708	70.3	202.33	85.00
P ₃₄	4031	9339	35.1	189.00	89.00
P ₄₀	4037	7431	53.3	194.33	87.00
P ₄₄	3321	6724	45.6	187.33	84.00
P ₄₅	1372	2766	48.1	181.33	89.00
P ₄₂	1571	2483	60.9	187.67	88.00
P ₃₅	3032	7812	36.3	191.00	89.00
P ₄₆	1621	2706	59.1	204.00	82.00
P ₄₇	2251	4366	53.2	202.33	91.00
P ₄₈	4790	7286	58.1	221.33	90.00
Promedio	2932.6	5381.2	54.7	196.8	86.00

De la misma manera con las progenies que son resultado de la cruce de ambos progenitores, al observar en el Cuadro 4.7 se encuentran los promedios para los diferentes híbridos generados sobresaliendo la cruce $P_8 \times P_{51}$ con 60.6 por ciento con rendimiento de grano 7331 kg y un rendimiento biológico 12511 kg/ha, por otro lado la progenie con el índice de cosecha mas bajo fue $P_2 \times P_{56}$ con 26.4 por ciento con rendimiento de grano de 4488 kg y un rendimiento biológico de 15782 kg/ha. Ahora bien, las progenies que resultaron con mayor índice de cosecha fueron $P_{18} \times P_{51}$, $P_{18} \times P_{35}$, $P_{15} \times P_{35}$, $P_{18} \times P_{42}$ Y $P_{10} \times P_{52}$ con 60.6, 54.5, 54.3, 50.5 y 47.3 por ciento, respectivamente.

En los Cuadros 4.5, 4.6 y 4.7 se puede observar que los genotipos con altos rendimientos económicos y biológicos no corresponden necesariamente a altos índices de cosecha, pues esto coincide con lo dicho por Prihar y Stewart (1990).

Ahora bien considerando lo anterior los rendimientos mas altos se observaron en las progenies, híbridas, las mismas que en rendimientos de grano superaron a los progenitores machos en un 129 por ciento y a los progenitores hembras en un 229 por ciento.

Cuadro 4.7. Promedio para diferentes características agronómicas de índice de cosecha en híbridos de maíz.

Híbridos	Rdto. económico kg/ha	Rdto. biológico kg/ha	Índice cosecha %	Altura planta cm	Días a floración M.	Días a Mad. fis.
P ₂ x P ₄₉	6499	18.373	32.5	182.0	81.0	121.0
x P ₅₁	6934	18.138	34.8	188.0	81.0	121.0
x P ₅₂	8434	26.243	29.7	204.3	83.0	126.0
x P ₅₆	4488	15.782	26.4	191.0	78.0	118.0
P ₄ x P ₃₄	7927	16.513	45.5	188.0	79.0	117.0
x P ₅₂	5371	14.381	34.6	191.7	80.0	118.0
x P ₅₃	6306	14.570	40.6	176.0	81.0	119.0
x P ₅₅	6693	15.006	42.3	194.0	79.0	123.0
x P ₅₆	7007	15.336	44.7	187.0	84.0	126.0
x P ₆₁	8561	18.970	42.9	194.3	78.0	123.0
P ₇ x P ₅₂	7524	19.234	41.8	110.0	80.0	124.0
x P ₅₄	8648	21.392	38.2	113.0	81.0	125.0
x P ₅₆	7612	19.949	35.2	146.7	82.0	120.0
x P ₆₀	6553	17.728	35.4	141.7	80.0	120.0
x P ₆₁	7747	18.918	39.7	150.0	80.0	117.0
P ₈ x P ₃₄	7057	17.200	37.8	141.3	79.0	121.0
x P ₅₀	7624	21.409	33.7	141.3	79.0	121.0
x P ₅₁	7331	12.511	60.6	104.0	79.0	120.0
x P ₅₂	7531	17.987	38.7	118.3	78.0	120.0
x P ₅₉	6045	15.721	37.1	159.3	77.0	122.0
x P ₆₁	6102	15.029	37.8	158.7	78.0	122.0
P ₁₀ x P ₅₀	5951	13.582	38.4	147.3	79.0	120.0
x P ₅₁	6156	15.497	36.4	124.0	79.0	120.0
x P ₅₉	7844	18.584	39.1	125.3	79.0	117.0
x P ₅₂	6071	11.878	47.3	126.7	80.0	117.0
x P ₅₅	7641	21.257	33.0	140.7	84.0	128.0
x P ₅₆	6416	13.455	44.5	130.7	81.0	124.0
x P ₅₉	6457	18.995	31.4	156.0	80.0	121.0
P ₁₅ x P ₃₅	8876	15.406	54.3	142.0	79.0	118.0
x P ₃₈	4872	12.184	34.4	181.3	76.0	116.0
x P ₄₀	5363	11.753	43.0	175.7	79.0	115.0
x P ₄₄	5745	13.452	39.4	183.7	79.0	115.0
x P ₄₅	4323	10.323	40.0	177.0	77.0	116.0
P ₁₈ x P ₃₅	7860	13.876	54.5	186.0	78.0	122.0
x P ₃₈	6898	16.976	38.5	193.7	78.0	124.0
x P ₄₂	6050	11.673	50.5	183.7	78.0	120.0
x P ₄₅	6047	12.066	47.3	204.7	76.0	114.0
x P ₄₅	4193	10.675	35.8	188.7	76.0	115.0
x P ₄₇	7494	16.485	43.0	217.0	77.0	117.0
x P ₄₈	7397	14.648	47.7	204.0	77.0	116.0
T.AN-444	5627	21.545	26.7	222.3	86.0	125.0
T.AN-447	6559	27.247	22.8	231.7	92.0	130.0
Promedio	6741.2	10.163	41.7	164.7	79.0	120.0

Importancia de las Correlaciones en el Mejoramiento Genético de Cultivos.

Las correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas se presentan en el Cuadro 4.8.

Se encontraron correlaciones positivas y altamente significativas para rendimiento con peso de cien semillas ($r = 0.638$), materia seca ($r = 0.598$), altura de mazorca ($r = 0.802$) y días a madurez fisiológica ($r = 0.445$) y correlaciones negativas altamente significativas con altura de planta ($r = -0.431$) y floración masculina ($r = -0.345$) e índice de cosecha ($r = -0.103$) aunque para esta última no fue significativo.

El rendimiento total de los genotipos no se puede observar en el campo. Por lo tanto, el rendimiento hay que seleccionarlo utilizando algunas características de planta indirectamente. En este estudio la importancia de las correlaciones indica que una selección para mayor peso de 100 semillas o mayor número de días a madurez fisiológica o mayor altura de mazorca, es probable que se incremente el rendimiento. Así como también la menor altura de planta y un ciclo corto en días a floración masculina e índice de cosecha bajo pueden bajar el rendimiento, lo cual concuerda con lo dicho por Zavala (1982).

También se encontró correlaciones positivas y altamente significativas entre peso de cien semillas con materia seca ($r = 0.376$) y altura de mazorca ($r = 0.538$) y correlación negativa significativa con floración masculina ($r = -0.280$) y no significativas con altura de planta ($r = -$

Cuadro 4.8. Correlaciones fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas en maíz.

Características	Rdto. grano	Peso 100 semilla	Materia seca	Altura mazorca	Altura planta	Días a floración M	Días a mad. fis.	Índice cosecha
Rendimiento	1.000	0.638**	0.598**	0.802**	-0.431**	-0.345**	0.445**	-0.103NS
Peso 100 semillas			0.376**	0.538**	-0.001NS	-0.280*	0.213NS	-0.045NS
Materia seca				0.621**	-0.173*	-0.056NS	0.338**	-0.598**
Altura mazorca					-0.348**	-0.244NS	0.473**	-0.405**
Altura de planta						-0.302*	-0.115NS	0.018NS
Floración M.							0.228NS	0.013NS
Mad. fisiológica								-0.315**

** Altamente significativa al 0.01%

* Significativa al 0.05%

NS No significativo

0.001), días a madurez fisiológica ($r = -0.213$) e índice de cosecha ($r = -0.045$). Estos resultados explican que al seleccionar para mayor contenido de materia seca y mayor altura de mazorca es posible que se pueda incrementar el peso de 100 semillas y al seleccionar para plantas con ciclo corto en días a floración masculina, altura de planta, madurez fisiológica e índice de cosecha, se puede reducir el peso de 100 semillas.

Al continuar con la descripción de características, también se encontraron correlaciones positivas altamente significativas para materia seca con altura de mazorca ($r = 0.621$), días a madurez fisiológica ($r = 0.338$); al igual que correlaciones negativas con altura de planta ($r = -0.173$) y correlaciones negativas no significativas con floración masculina ($r = -0.056$) e índice de cosecha con correlación negativa altamente significativa ($r = 0.598$). Lo cual quiere decir que al seleccionar genotipos para alto contenido de materia seca se deben tomar en cuenta los genotipos con mayor

altura de mazorca así como aquellos genotipos con un mayor número de días a madurez fisiológica y no seleccionar aquellos con menor altura de planta, ni los que tengan un ciclo corto en cuanto a días a floración masculina, así como tampoco los que tengan un bajo índice de cosecha.

Al correlacionar altura de mazorca con días a madurez fisiológica se encontró que esta fue positiva y altamente significativa y correlación negativa altamente significativa con altura de planta, índice de cosecha y para días a floración masculina la correlación fue negativa no significativa. Lo cual indica que los genotipos con mayor altura de mazorca son los que tuvieron un ciclo largo en días a madurez fisiológica y los genotipos que manifestaron una menor altura de planta, presentan menos días a floración masculina y un bajo índice de cosecha son los que tuvieron una menor altura de mazorca, o sea que la importancia de las correlaciones oscila en determinar el grado de asociación que tuvieron los pares de características y hacer la selección según sean los objetivos del estudio, lo cual tiene cierta relación con lo encontrado por Eberhart y Hallauer (1968).

En lo referente a la correlación con la característica días a floración masculina, se observó que existe correlación positiva y significativa con días a madurez fisiológica y con el índice de cosecha, lo que se

explica de estos resultados es que a mayor días a madurez fisiológica también se incrementan los días a floración masculina y que al aumentarse los días a floración masculina y madurez fisiológica el índice de cosecha tiende a incrementarse.

Al correlacionar la característica de días a madurez fisiológica con el índice de cosecha se encontró que dicha correlación fue negativa altamente significativa. Esto explica que a menor índice de cosecha menor es el número de días a madurez fisiológica.

Heterosis

La estimación de heterosis es muy importante para identificar combinaciones de progenitores superiores dentro de un programa de hibridaciones, así como para desarrollar híbridos comerciales en maíz (Paccapelo, 1993). En esta investigación se evaluaron 40 híbridos para rendimiento y otras características agronómicas pero deasfortunadamente la semilla de algunos progenitores subtropicales de estos híbridos no emergieron después de la siembra.

La semilla recibida de los progenitores de CIMMYT fue muy pequeña y no se desarrolló el embrión y el endospermo por lo tanto el porcentaje de emergencia fue nulo en ciertos

progenitores. Por consiguiente en este estudio se determinó la heterosis sólo en 15 híbridos resultado de la cruce de ambos progenitores de los cuales se obtuvo rendimiento de grano en el campo.

En este estudio se estimó heterosis en tres formas: comparación del valor de F_1 de cualquier carácter con el promedio de ambos progenitores (heterosis); comparación de F_1 en cualquier característica con el progenitor superior (Heterobeltiosis) y comparación de la F_1 en la característica interesada con la variedad o híbrido comercial (heterosis útil, De la Loma, 1963; Allard, 1967).

En esta investigación se utilizó como testigos los híbridos AN-444 y AN-447 mismos que se siembran en una amplia superficie a nivel nacional razón por la cual en este estudio se estimó la heterosis útil comparando con el mejor testigo AN-447.

La heterosis para rendimiento varió de 50.7 a 618.7 por ciento mientras que la heterobeltiosis y heterosis útil varió de -14.9 a 80.2 por ciento y de -36 a 35.3 por ciento respectivamente para el rendimiento. Entre 15 cruces evaluadas se encontró heterosis positiva para rendimiento en todos los 15 híbridos (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9. Heterosis (%) para diferentes características agronómicas en maíz.

Híbridos	Rendimiento			Peso 100 semillas			Materia seca			Días 100% flor. Masculina		
	H	HB	HU	H	HB	HU	H	HB	HU	H	HB	HU
P2 x P49	190.2	31.9	-0.9	42.0	1.2	-14.2	452.9	119.1	-42.5	2.3	-10.9	-11.9
P4 x P34	237.8	60.9	20.8	26.0	7.4	-8.9	131.7	58.5	-58.4	-10.2	-13.2	-14.0
x P53	618.6	28.0	-3.8	26.8	-4.1	-18.7	537.1	52.5	-60.0	-2.6	-11.3	-12.3
x P60	50.7	33.0	-0.1	-11.3	-10.2	-23.9	183.9	106.2	-45.9	-7.7	-12.4	-13.3
x P34	137.0	43.2	7.6	1.9	-4.1	-18.7	89.1	87.2	-50.9	-6.5	-13.5	-14.4
P15x P35	303.5	80.1	35.3	38.5	12.7	-4.5	34.8	20.5	68.4	-6.3	-13.9	-14.8
x P40	98.5	8.9	-18.2	28.7	10.5	-6.3	53.9	17.9	-69.1	-4.4	-13.5	-14.4
x P44	145.1	16.6	-12.4	14.8	-1.8	-16.8	85.4	42.2	-62.7	-2.9	-13.5	-14.4
x P45	215.7	-12.2	-34.1	20.3	-7.6	-21.7	90.4	10.7	-70.9	-7.6	-15.3	-16.2
P18x P35	217.2	59.5	19.8	28.9	18.8	0.7	63.4	11.0	-70.9	-7.3	-14.6	-15.5
x P42	246.2	22.8	-7.8	50.1	24.5	5.6	221.9	3.8	-72.8	-6.4	-14.6	-15.5
x P45	266.9	22.7	-7.8	49.2	30.7	10.8	202.8	11.1	-70.9	-8.9	-16.4	-17.3
x P46	136.5	-14.9	-36.0	24.1	14.9	-2.5	253.5	19.6	-68.6	-5.2	-16.4	-17.3
x P47	259.0	52.1	-14.2	33.1	34.2	13.8	282.8	65.9	-56.5	-9.6	-15.7	-16.6
x P48	120.3	50.1	12.8	28.5	23.9	5.0	185.6	33.8	-64.9	-8.7	-15.3	-16.2

H = Heterosis, HB = Heterobeltiosis, HU = Heterosis útil

El híbrido $P_4 \times P_{53}$ expresó la máxima heterosis de 618.7 por ciento, siguiéndole $P_{15} \times P_{35}$ con 303.5 por ciento, $P_{18} \times P_{45}$ con 266.9 por ciento y los de menor porcentaje de heterosis fueron los híbridos $P_7 \times P_{60}$ con 50.1 por ciento, seguidos de $P_{18} \times P_{47}$ con 120.3 por ciento respectivamente. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Sprague y Miller (1951).

De los 15 híbridos que se les calculó la heterobeltiosis en 13 de ellos fue positiva y los híbridos con mayor porcentaje resultaron ser $P_{15} \times P_{35}$ con 80.2 por ciento, $P_4 \times P_{34}$ con 60.9 por ciento y $P_{18} \times P_{35}$ con 59.5 por ciento y los híbridos con un porcentaje bajo son $P_{18} \times P_{46}$ con -14.9 y $P_{15} \times P_{45}$ con -12.3 por ciento. De igual manera cinco híbridos resultaron tener heterosis útil positiva y los que presentaron el más alto porcentaje fueron $P_{15} \times P_{35}$ con 35.2 por ciento y $P_4 \times P_{34}$ con 20.8 por ciento y $P_{18} \times P_{35}$ con 19.8 por ciento. Así como los híbridos que tuvieron el más bajo

porcentaje fueron $P_{18} \times P_{45}$ con -36 por ciento y $P_{15} \times P_{45}$ con -34 por ciento. Estos híbridos con alto porcentaje de heterosis para rendimiento tienen que explorarse en estudios futuros.

En esta investigación de acuerdo a los genotipos evaluados se encontraron altos porcentajes de heterosis positiva para el rendimiento y algunas de las causas son: diversidades genéticas y morfológicas entre los progenitores involucrados en las cruzas, lo que coincide con lo propuesto por Moll *et al.* 1965, pues cada craza posee un progenitor originado de valles altos, o sea las hembras, mientras que el otro progenitor o sea el macho fueron seleccionados como sobresalientes en climas subtropicales, por tal razón existe mayor diversidad genética misma que es la causa para que en este estudio el porcentaje de heterosis sea alto. Estos resultados tienen mucha similitud con lo encontrado por Castro *et al.* 1968.

Respecto a la heterosis para peso de 100 semillas ésta varió de 50.1 a -11.3 por ciento y para la heterobeltiosis fue de 34.2 a -10.2 por ciento así como para heterosis útil fue de 13.8 a 23.9 por ciento respectivamente.

Dentro de las 15 cruzas que se evaluaron se observó heterosis positiva para el peso de 100 semillas a 14 de ellas. Ahora bien, el híbrido o craza que expresó la máxima

heterosis fue $P_{18} \times P_{42}$ con 50.1 por ciento y lo siguieron los híbridos $P_{18} \times P_{45}$ con 49.2 por ciento, $P_2 \times P_{49}$ con 42 por ciento y los de un porcentaje bajo de heterosis son los híbridos $P_7 \times P_{60}$ con -11.3 por ciento seguido de $P_8 \times P_{34}$ con 1.9 por ciento. En lo referente a la heterobeltiosis 10 de los híbridos tuvieron heterobeltiosis positiva y los más altos fueron $P_{18} \times P_{47}$ con 34.2 por ciento, $P_{18} \times P_{45}$ con 30.7 por ciento y $P_{18} \times P_{42}$ con 24.5 por ciento y los que presentaron el menor porcentaje son $P_7 \times P_{60}$ con -10.2 por ciento y $P_{15} \times P_{45}$ con -7.6 por ciento y en lo que respecta a la heterosis útil resultó positiva sólo en cinco híbridos y los de mayor porcentaje son $P_{18} \times P_{47}$ con 13.8 por ciento, $P_{18} \times P_{45}$ con 10.8 por ciento y $P_{18} \times P_{42}$ con 5.5 por ciento, así mismo los que presentaron el menor porcentaje son $P_7 \times P_{60}$ con -23.9 por ciento y $P_{15} \times P_{45}$ con -21.7 por ciento.

Por otra parte en lo que se refiere a la heterosis para materia seca de los 15 híbridos que se les calculó, todos resultaron con heterosis positiva y el rango entre el híbrido con el más alto porcentaje al más bajo varió de 34.8 a 542.9 por ciento y los híbridos de heterosis más alta son $P_2 \times P_{49}$ con 542.9 por ciento, $P_4 \times P_{53}$ con 537.2 por ciento y $P_{18} \times P_{47}$ con 282.8 por ciento mismos que deben de ser estudiados en futuras investigaciones Castro *et al.* 1968. De igual forma los de menor porcentaje son los híbridos $P_{15} \times P_{35}$ con 34.8 por ciento y $P_{15} \times P_{40}$ con 54 por ciento. De acuerdo

al cálculo de heterobeltiosis de los 15 híbridos todos estos resultaron con heterobeltiosis positiva para materia seca y hubo una variación de 3.8 a 119.2 por ciento, variación que se debe al origen y diversidad genética de los progenitores estudiados. En esta estimación de heterobeltiosis los híbridos con un mayor porcentaje son $P_2 \times P_{49}$ con 119.2 por ciento, $P_7 \times P_{60}$ con 106.2 por ciento y $P_8 \times P_{34}$ con 87.2 por ciento, así como los de menos porcentaje son $P_{18} \times P_{42}$ con 3.8 por ciento y $P_{15} \times P_{45}$ con 10.7 por ciento. La heterosis útil calculada para materia seca indica que varió de -72.8 a -42.5 por ciento y todas las heterosis útil resultaron ser negativas lo cual quiere decir que el testigo resultó ser superior a todos los progenitores, dichos resultados concuerdan con lo mencionado por Giesbrecht (1961).

Respecto a la heterosis de días a 100 por ciento de floración masculina se encontró que sólo en heterosis el híbrido $P_2 \times P_{49}$ resultó positivo y todos los demás tanto en heterobeltiosis como en heterosis útil se encontró que fueron negativos. La explicación que cabe mencionar es que para el caso de días a floración masculina y en este estudio no funciona la determinación de dichas heterosis debido a que tanto el promedio de los progenitores como el promedio del progenitor superior y el promedio de el testigo es el que hace que los resultados sean negativos, resultados que coinciden con lo mencionado por Falconer (1970).

CONCLUSIONES

Se presentó amplia variabilidad genética entre los genotipos estudiados para todas las características evaluadas.

La hembra P_7 fue la que mayor rendimiento de grano alcanzó con 3769 kg/ha y en el caso de los progenitores machos el que más alto rendimiento tuvo fue P_{60} con 4927 kg/ha y el híbrido que mayor rendimiento alcanzó fue la cruce $P_{15} \times P_{35}$ con 8876 kg/ha.

El peso de 100 semillas es una característica que en ciertos genotipos resultó ser muy importante de él dependió el alto o bajo rendimiento de grano en los progenitores e híbridos estudiados.

El progenitor hembra con mayor índice de cosecha fue P_{18} con 47.9 por ciento y en los progenitores machos fue P_{60} con 70.3 por ciento y en el caso de los híbridos resultó ser la cruce $P_8 \times P_{51}$ con 60.6 por ciento.

El progenitor hembra mas tardío fue P_{10} con 117 días a madurez fisiológica y en cuanto a los progenitores machos, fue P_{60} con 124 días así como en el caso de los híbridos o

cruzas mas tardías, es $P_{10} \times P_{55}$ con 127 días y los mas precoces para hembras, machos y progenies fueron P_{10} con 115 días, P_{53} con 99 días y $P_{18} \times P_{45}$ con 114 días a madurez, respectivamente.

El progenitor hembra P_{18} se identificó como combinador superior para rendimiento de grano, peso de 100 semillas, contenido de materia seca, para días a floración masculina, seguido de $P_{15} \times P_4$.

El progenitor macho identificado como superior para rendimiento de grano, peso de 100 semillas, índice de cosecha fue P_{60} Y , para mayor contenido de materia seca fue P_{34} Y P_{48} para altura de planta.

Las cruzas o progenies identificadas como alto rendidoras, son $P_{15} \times P_{35}$, $P_7 \times P_{54}$ Y $P_4 \times P_{61}$, $P_2 \times P_{52}$ Y $P_4 \times P_{34}$ y para peso de 100 semillas $P_{18} \times P_{47}$, $P_{18} \times P_{45}$ Y $P_{18} \times P_{42}$ para mayor contenido de materia seca $P_2 \times P_{52}$, $P_8 \times P_{50}$ y $P_7 \times P_{54}$ para mayor altura de mazorca, $P_7 \times P_{54}$, para mayor altura de planta $P_{18} \times P_{47}$, $P_{18} \times P_{45}$ Y $P_2 \times P_{52}$, para menor días a floración masculina $P_{15} \times P_{35}$, $P_{18} \times P_{45}$ Y $P_{18} \times P_{46}$, para un menor número de días a madurez fisiológica $P_{18} \times P_{45}$, $P_{18} \times P_{46}$ Y para mayor índice de cosecha $P_8 \times P_{15}$, $P_{18} \times P_{35}$ Y $P_{15} \times P_{35}$.

Existe correlación positiva y altamente significativa entre rendimiento, peso de 100 semillas, contenido de materia seca, altura de mazorca y días a madurez fisiológica, al igual para peso de 100 semillas con el contenido de materia seca y altura de planta, así como para materia seca con altura de mazorca y días a madurez fisiológica.

Para la característica rendimiento de grano, todas las heterosis calculadas en este estudio fueron positivas y oscilaron entre 50.7 a 618.6 por ciento para peso de 100 semillas, 14 de las 15 heterosis calculadas fueron positivas. En lo referente a la heterobeltiosis, 10 de las 15 calculadas fueron positivas.

La heterosis para materia seca fue alta y positiva y varió de 131.7 a 537.1 por ciento los cuales corresponden a $P_4 \times P_{34}$ y $P_4 \times P_{53}$, así como la heterobeltiosis también resultó ser positivas con un rango entre 3.8 a 119.1 por ciento, mismas que corresponde a $P_{18} \times P_{42}$ y $P_2 \times P_{49}$ y la heterosis útil resultó ser todas negativas.

RESUMEN

La estimación de heterosis es muy importante en maíz para identificar las mejores combinaciones de progenitores en el desarrollo de híbridos potenciales bajo riego y estudiar la acción de genes. Sin embargo existe poca información sobre estimación de heterosis en los cruzamientos de los progenitores originados de valles altos por subtropicales. Los objetivos de este estudio fueron: estudiar la variabilidad genética para diferentes características agronómicas en los recursos genéticos evaluados; estimar tres diferentes formas de heterosis para diferentes características cuantitativas; calcular las correlaciones fenotípicas para diferentes pares de características agronómicas en maíz. El trabajo experimental se realizó en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", la siembra fue manual el 11 de mayo de 1992 y el material genético utilizado fueron siete progenitores hembras de origen de valles altos, 12 progenitores machos de origen subtropical y 40 cruza simples resultado de ambos progenitores y dos testigos. El tratamiento de fertilización que se aplicó fue 150-60-00, el diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones, se aplicó un total de cinco riegos de auxilio con una frecuencia de 18 días cada

uno, cada tratamiento constó de un surco de cinco m. de largo. Todas las prácticas culturales que se realizaron estuvieron en función del paquete tecnológico propuesto por el Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano, peso de 100 semillas, materia seca, altura de mazorca y planta, floración masculina, madurez fisiológica e índice de cosecha. Los promedios de cada característica fueron utilizados para realizar el análisis de varianza, las diferentes formas de heterosis y correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas estudiadas. El análisis de variación detectó diferencias altamente significativas al uno por ciento de probabilidad para todas las variables estudiadas, revelando que existe una gran gama de variabilidad genética y que pueden mejorar el rendimiento a través de selección en estos materiales. El coeficiente de variación varió entre 3.9 y 38.8 por ciento, el rango de producción registrado por los progenitores hembras es de 662 a 3769 kg/ha con un promedio de 2048.8 kg y los progenitores machos alcanzaron un rango que oscila entre 1093 kg a 4927 kg/ha con un promedio de 2932.6 kg y las progenies tuvieron un rango de producción que va 4193 kg a 8876 kg/ha con promedio de 6741.2 kg/ha. En este estudio se observó que no en todos los casos cuando se tienen genotipos con altos rendimientos económicos y biológicos es cuando se tienen altos índices de cosecha. También los rendimientos

económicos mas altos fueron alcanzados por las progenies mismas que en rendimientos económicos superaron a los progenitores machos en un 129 por ciento y a los progenitorres hembras en un 229 por ciento y los progenitores machos rindieron 43.2 por ciento mas que los progenitores hembras. En este estudio solo se determinó heterosis a 15 híbridos resultado de la cruza de ambos progenitores de los cuales se obtuvo rendimiento de grano en el campo así como también se utilizó a dos testigos tomándose el de mayor rendimiento de grano para la estimación de heterosis. La heterosis para rendimiento de grano varió de 50.7 a 618.7 por ciento mientras que la heterobeltiosis y heterosis útil varió de -14.9 a 80.2 y de -36 a 35.3 por ciento respectivamente. En esta investigación de acuerdo a los genotipos evaluados se encontró altos porcentajes de heterosis positiva para el rendimiento siendo algunas de las causas las diversidades genéticas y morfológicas entre los progenitores involucrados en las cruzas, pues cada cruza posee un progenitor originado de valles altos, o sea las hembras mientras que el otro progenitor macho fueron seleccionados como sobresalientes en climas subtropicales, por tal razón existe mayor diversidad genética misma que es la causa para que en este estudio el porcentaje de heterosis sea alto.

BIBLIOGRAFIA

Allard, R. W. 1967. Principios de mejoramiento genético de las plantas. Ed. Omega. Trad. del inglés. Barcelona, España.

✓ Alvarado, L. (1987). Efectos génicos y heterosis en cultivares tropicales de maíz. Trabajo presentado en la XXXIII reunión anual del PCCMCA. Guatemala. Pág. 81-110.

Alvarez, G.I. 1979. Obtención de híbridos de maíz criollo con alto potencial de rendimiento para explotarse tanto en el Bajío como en el Trópico Seco y/o Bajío Mexicano. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.

Bauman, L.F. 1959. Evidence of non-allelic gene interaction in determining yield, ear height and kernel-row number in corn. Agron. J. 51:531-534.

Beck, D.L., S.K. Vasal, and J. Crossa. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYT'S tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.). Germplasm. Maydica. 35:279-285.

Briceño B, J.I. 1990. Evaluación de cruzas de prueba de líneas de maíz (*Zea mays* L.) derivadas del sintético trópico seco por diferentes metodologías de selección recurrente. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

Castellanos, J.S., H.S. Córdoba, J.L. Quemé, L. Larios y C., Pérez. 1987. Aptitud combinatoria y predicción de híbridos de cruzas dialélicas entre líneas S3 evaluadas en cuatro localidades de Guatemala. Trabajo presentado en la XXXIII reunión anual del PCCMCA. Guatemala. Pág. 58-73.

for yield. Canadian J. Plant Sci. 42:339-348.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen. Adaptado a las condiciones climáticas de la República Mexicana. Instituto de Geografía - UNAM. México. 264 p.
- Giesbrecht, J. 1961. The inheritance of ear height in *Zea mays*. Can. J. Genet. Cytol. 3:26-33.
- Gómez, M.N. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de área del cultivo de sorgo para grano en México. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. E.N.A., Chapingo, México. 139 p.
- González, C.F. 1981. Evaluación de mestizos de líneas de maíz con germoplasma de Estados Unidos y de México con tres probadores de trópico seco mexicano. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Graffius, J. 1959. Heterosis in barley. Agron. J. 51:551-554.
- Griffing, B. and E. W. Lindstrom. 1954. A Study of the combining abilities of corn inbreds having varying proportions of corn belt and non-corn belt germplasm. Agron. Jour. 46:545-556.
- Juárez, E.R. 1977. Interacción genotipo-medio ambiente en la selección y recomendación de híbridos de sorgo para grano. Tesis Maestría. Colegios de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, México, 120 p.
- Johnson, I.J. and H.K. Hayes. 1949. The value in hybrid combinations of inbred lines of corn selected from crosses by the pedigree method of breeding. Jour. Amer. Soc. Agron. 41:479-485.
- Jugenheimer, R.W. 1981. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Ed. LIMUSA. México. p 148-152 y 522-528.

- Moll, J.H., Lonquist, J.H., J. Vélez F. and E.C. Johnson 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52:139-144.
- Paccapelo, L.H. 1993. Estudio de aptitud combinatoria y heterosis para diferentes características agronómicas de maíz bajo riego. Tesis Doctoral. UAAAN. Saltillo, Coah. México. Pag. 59.
- Palomo, G.A. 1974. Interacción genotipo-medio ambiente y parámetros de estabilidad en variedades de algodónero (*G. hirsutum* L.) para la Comarca Lagunera. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo. E.N.A. Chapingo, México. 117 p.
- Paterniani, E. 1980. Heterosis in varietal crosses of maize (*Zea mays* L.) and their advanced generations. *Plant Breeding Abstracts*. 51:7-12.
- Prasad, S.K. and T.P. Singh. 1986. Heterosis in relation to genetic divergence in maize (*Zea mays* L.) *Euphytica* 35 (3) 919-924.
- Prihar, S.S., and B.A. Stewart. 1990. Using upper-bound slope through origin to estimate genetic harvest index. *Agron. J.* 82:361-405.
- Robles, S.R. 1985. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa México.
- Rood, S.B., and D.J. Major. 1981. Diallel analysis of early maturing maize. *Crop Sci.* 21:867-873.
- Sánchez, G.J.J. 1977. Efecto de niveles de divergencia y factores ambientales en la expresión fenotípica de variedades sintéticas de maíz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 175.
- Sprague, G.F., and G.F. P.A. Miller. 1951. The influence of visual selection during inbreeding on combining ability in corn. *Agron. J.* 44:258-262.

Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. I. Growth patterns as affected by altitude and season. Soil Sci. Plant Nutr. 20:69-78.

Yarchuk, J.A. 1977. Intersubspecific hybridization in maize. Plant breeding Abstract. Vol. 47.

Zavala, G.F. 1982. Interrelación entre los caracteres fisiotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos en sorgo para grano (*Sorghum bicolor* (L) Moench). Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Apéndice A

Cuadro A.1. Información climatológica mensual promedio de 1980 a 1991 de la estación de Buenavista, Saltillo, Coah.

MES	Temperatura (°C)			Lluvia (mm)	Evaporación (mm)
	Máxima	Mínima	Media		
ENERO	17.29	3.70	10.50	28.14	148.75
FEBRERO	19.43	4.48	11.96	16.96	133.33
MARZO	22.42	7.21	14.81	4.40	220.96
ABRIL	24.56	10.73	17.64	31.06	230.23
MAYO	27.10	13.57	20.34	40.13	242.62
JUNIO	27.29	14.92	21.11	53.55	217.86
JULIO	26.46	15.32	20.89	71.67	191.69
AGOSTO	26.26	14.80	20.53	70.86	184.59
SEPTIEMBRE	24.36	12.80	18.58	62.56	153.65
OCTUBRE	22.72	10.17	16.44	32.68	151.05
NOVIEMBRE	21.04	6.91	13.97	14.53	151.55
DICIEMBRE	18.81	5.17	11.99	15.99	140.62
ANUAL	23.14	9.98	16.56	442.53	2166.91

Fuente: Departamento de Agrometeorología UAAAN 1992.

Cuadro A.2. Análisis físico químico del suelo donde se estableció el experimento.

Características físico-químicas	Estratos del perfil (cm)				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Materia orgánica (%)	5.20	5.30	4.90	5.80	5.90
Nitrógeno Aprov. (%)	0.26	0.26	0.24	0.29	0.29
Fósforo Aprov. kg/ha	64.50	67.00	38.00	48.10	48.10
Potasio Inter. kg/ha	337.00	382.00	81.00	13.00	81.00
pH	8.68	8.62	8.12	8.27	8.54
Carb. tot. (meq/lt)	23.80	23.20	26.40	37.30	23.20
C.E. (mmhos/cm)	0.75	0.87	0.55	0.61	0.61
PSI (%)	2.10	1.44	1.50	1.60	1.54
CC (%)	31.93	32.27	35.60	37.97	38.97
PMP (%)	18.79	19.35	21.97	21.56	24.04
Da (gr/cm ³)	0.98	1.06	1.17	1.38	1.01
Arena (%)	28.00	30.00	26.00	34.00	14.00
Limo (%)	34.80	30.80	32.80	36.80	48.80
Arcilla (%)	37.20	39.20	41.20	29.20	37.20
Textura	Mig. arcillosa	Mig. Arcillosa	Mig. Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa

Cuadro A.3. Valores promedio de rendimiento de grano, peso de 100 semillas y materia seca en los genotipos sobresalientes en maíz.

Genotipo	Rendimiento grano (kg/ha)	Genotipo	Peso de 100 semillas (g)	Genotipo	Materia seca (ton/ha)
P15x P35	8876 A	P18 x P47	41.6 A	AN-447	20.7 A
P7 x P54	8648 AB	P18 x P45	40.5 AB	P2 x P52	17.8 AB
P4 x P61	8561 AB	P18 x P42	38.6 ABC	AN-444	15.9 ABC
P2 x P52	8434 ABC	P18 x P48	38.4 ABCD	P8 x P50	13.8 BCD
P4 x P34	7927 ABCD	P8 x P50	37.7 ABCDE	P10 x P55	13.6 BCDE
P18x P35	7860 ABCD	P18 x P38	37.2 ABCDEF	P7 x P54	12.7 BCDEF
P10x P59	7844 ABCD	P18 x P35	36.8 ABCDEFG	P10 x P59	12.5 BCDEFG
P7 x P61	7747 ABCD	AN-447	36.6 ABCDEFG	P7 x P56	12.3 BCDEFGH
P10x P55	7641 ABCDE	P18 x P46	35.6 ABCDEFGH	P2 x P49	11.8 CDEFGHI
P8 x P50	7624 ABCDE	AN-444	35.6 ABCDEFGH	P7 x P52	11.7 CDEFGHIJ
LSD	2487		7.2		4.8

Cuadro A.4. Valores promedio de altura de mazorca, altura de planta y días a floración masculina de los genotipos sobresalientes en maíz.

Genotipo	Altura de Mazorca (cm)	Genotipo	Altura de Planta (cm)	Genotipo	Días a Flor Masculina
AN-447	118.7 A	AN-447	231.7 A	AN-447	92.3 A
P7xP54	112.0 AB	AN-444	222.3 AB	P47	91.3 AB
P10xP55	110.7 ABC	P48	221.3 ABC	P48	90.3 ABC
AN-444	107.3 ABCD	P18 x P47	217.0 ABCD	P35	89.3 ABCD
P7xP56	107.0 ABCDE	P10	214.0 ABCDE	P34	89.3 ABCD
P10xP52	104.7 ABCDEF	P4	208.3 ABCDEF	P7	88.7 ABCDE
P18xP48	100.0 ABCDEFG	P18 x P47	204.7 ABCDEFG	P45	88.7 ABCDE
P7xP61	99.0 ABCDEFG	P2xP52	204.3 ABCDEFG	P42	87.7 ABCDEF
P7xP60	98.3 ABCDEFG	P46	204.0 ABCDEFG	P4	87.3 ABCDEFG
P7xP52	97.0 ABCDEFGH	P18xP48	204.0 ABCDEFG	P40	86.7 ABCDEFGH
LSD	20.48		25.14		5.23

Cuadro A.5. Valores promedio de días a madurez fisiológica e índice de cosecha de los genotipos evaluados en maíz.

Genotipo	Días a madurez Fisiológica	Genotipo	Indice Cosecha
AN-447	129.7 A	P60	0.703 A
P10xP55	127.7 AB	P49	0.697 A
P4xP56	125.7 ABC	P53	0.675 AB
P2xP52	125.7 ABC	P42	0.609 ABC
P7xP54	125.0 ABCD	P8xP51	0.606 ABCD
AN-444	125.0 ABCD	P46	0.591 ABCDE
P10xP56	124.3 ABCDE	P48	0.581 ABCDEF
P60	124.3 ABCDE	P18xP35	0.545 ABCDEFG
P18xP38	124.0 ABCDEF	P15xP35	0.543 ABCDEFG
P7xP52	123.7 ABCDEFG	P40	0.533 ABCDEFGH
LSD	7.76		0.177