

Universidad Nacional Agraria La Molina

*Escuela de Post – Grado
Especialidad Mejoramiento Genético de Plantas*



Evaluación de Heterosis en Cruzas Intervarietales de Maíz

Tesis para optar el Grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Amelia Wite Huaranga Joaquín

Lima - Perú

1988

C O N T E N I D O

Pág.

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
	2.1 Historia y definición	3
	2.2 Naturaleza de la heterosis	4
	2.2.1 Hipótesis de estímulo fisiológico	4
	2.2.2 Hipótesis de denominancia	6
	2.2.3 Hipótesis de sobredominancia	9
	2.2.4 Interacciones no alélicas u epistasis	10
	2.3 Interpretación cuantitativa de la heterosis	13
	2.4 Interacción genotipo ambiente	19
	2.5 Hibridación intervarietal	26
III.	MATERIALES Y METODOS	39
	3.1 Ubicación	39
	3.2 Materiales	39
	3.3 Datos meteorológicos	46
	3.4 Análisis de suelo	46
	3.5 Diseño Experimental	47
	3.6 Ejecución del experimento	47
	3.7 Características evaluadas	48
	Rendimiento	58
	Características agronómicas	50
	3.8 Análisis estadístico	50
	3.9 Evaluación de la heterosis	53
	3.9.1 Evaluación de la heterosis en base al rendimiento medio de los progenitores.	55
	3.9.2 Evaluación de la heterosis en base al progenitor de más alto rendimiento.	55
	3.9.3 Ganancia heterótica	56
	3.10 Evaluación de la habilidad combinatoria general y específica.	56
	3.10.1 Análisis de la habilidad combinatoria general y específica individual por ambiente.	57

	Pág.
3.10.2 Análisis de la habilidad combinatoria general y específica del combinado.	60
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	63
4.1 Rendimiento	63
4.1.1 Análisis de variancia individual	72
4.1.2 Análisis de variancia combinado	77
4.2 Evaluación de la heterosis	83
4.2.1 Evaluación de la heterosis en base al rendimiento promedio de los progenito- res.	84
4.2.2 Evaluación de la heterosis en base al pro progenitor de más alto rendimiento	95
4.3 Ganancia heterótica	99
4.4 Caracteres agronomicos	101
4.5 Evaluación de la habilidad combinatoria gene- ral y específica	104
V. CONCLUSIONES	114
VI. RESUMEN	116
VII. LTERATURA CITADA	119
VIII. ANEXO	129

I. INTRODUCCION

El cultivo del maíz (Zea mays L) es uno de los cereales de gran importancia económico-social y tiene amplia capacidad de adaptación a nuestras regiones.

Según estadísticas del Ministerio de Agricultura, en 1986 se han producido 645,984 toneladas métricas de maíz amarillo duro con rendimientos promedio de 2,973 kilos por hectárea. No obstante, esta producción es insuficiente para cubrir la demanda que cada día es más creciente, recurriéndose a importaciones de 354,534 toneladas métricas de maíz grano equivalente al 35.4 por ciento del consumo nacional. De éste 708,368 toneladas métricas, es decir, el 70.8 por ciento es destinado al consumo industrial.

Esta situación irregular de déficit de producción de maíz que viene ocurriendo desde 1973 trata de solucionarse en parte mediante la siembra de este grano en condiciones de áreas tropicales o épocas de siembra diferente a las tradicionales.

La Universidad Nacional Agraria a través del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz viene trabajando desde 1953 mayoritariamente en el mejoramiento de maíces para condiciones de siembra normales, que en la Costa Central se dan en los meses de invierno.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo ha desempeñado un rol muy importante en la formación de variedades o poblaciones precoces, de porte de planta baja para siembras en áreas tropicales.

El Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz de la UNA a través del Sub-Proyecto de Maíz Tropical utiliza este germoplasma del CIMMYT conjuntamente con el germoplasma cubano en la formación de híbridos de alto rendimiento, alta precocidad y baja altura de planta.

Dentro de la metodología de formación de híbridos de alto rendimiento, está la determinación de las poblaciones que pueden ser fuentes de extracción de líneas. Esta elección puede hacerse mediante las cruzas intervarietales, con este fin, se ha planificado el siguiente trabajo cuyo principal objetivo es:

- Determinación de la heterosis en las cruzas intervarietales locales (PCIM) versus foráneos (CIMMYT).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Historia y Definición

El concepto de heterosis comenzó con los estudios reportados por Shull (1908) con el título de "La composición de un campo de maíz", según Hallauer y Miranda (36). La mayoría de los investigadores concuerdan de que la heterosis sugerido por Shull (1914) es un fenómeno complejo de herencia cuantitativa y es una característica esencial en las especies alógamas y también puede presentarse en autó-gamas.

Heterosis es un fenómeno en virtud del cual las cru- zas de dos fenotipos produce un híbrido que es superior en tamaño, rendimiento y vigor.

East (1936) y Whaley (1944) citados por Jugenheimer (42) expresaron que la heterosis se refería originalmente al estímulo fisiológico producido por la unión de gametos diferentes bajo cualquier procedimiento y el término vigor híbrido denota los efectos manifiestos de la heterosis.

La heterosis según Jones (1952) citado por Jugenheimer (42) tiene dos modos de expresión:

- 1) Hay un incremento del tamaño del número de las partes.

Generalmente este es el resultado de un gran número de

células y de una mayor rapidez de la división celular y de las actividades celulares.

2. Hay un incremento de la eficiencia biológica como la tasa reproductiva y la capacidad de sobrevivencia.

2.2 Naturaleza de la heterosis

Hace por lo menos dos siglos que se conoce el fenómeno de la heterosis muy extendido en el mundo vegetal y animal y se manifiesta tanto en plantas alógamas como autógamas. Se han propuesto varias teorías que tratan de explicar la heterosis y que a continuación se analiza:

2.2.1 Hipótesis de estímulo fisiológico

La heterosis según Shull (1909, 1914) citado por Jugenheimer R.W. (42) dio una explicación no mendeliana de estimulación fisiológica de la heterosis. Shull (1911), East y Hayes (1912) presentaron trabajos de heterosis explicándolos en términos fisiológicos. "La hibridación por si misma -la unión de gametos diferentes, el estado heterocigota- tiene un efecto estimulante sobre las actividades fisiológicas del organismo".

La misma referencia (42) señala que estudios fisiológicos de las manifestaciones de heterosis sobre

diferentes plantas cultivadas fueron realizadas en años pasados por Ashby en 1930, 1932, 1937; Sprague, 1936; Lindstron, 1935; Luckwill, 1937, etc. en las cuales concluyen sobre el comportamiento de la F_1 de los cruzamientos respecto a varios caracteres fisiológicos. Así Ashby atribuye el mayor desarrollo del híbrido al mayor capital inicial; Sprague, concluye que la relación de crecimiento de los híbridos era mayor que el de las líneas durante la primera fase y primera parte del período de plántula y no así en la segunda parte y la maduración. Por otro lado, Lindstron al eliminar la ventaja inicial de las plantas de la generación F_1 encontró que persistía la manifestación de las heterosis. Simultáneamente Engledow y Pal (1934), East (1936) mencionaron casos en los que ninguna ventaja inicial del embrión estuvo disponible y aún así la heterosis se manifestó en las plantas híbridas de la F_1 , concluyendo East que el tamaño de la semilla o el de cualquiera de sus partes, no podían ser la causa de la heterosis.

Yamasaki, et al 1957 citado por Paterniani (59) considera que el vigor del híbrido F_1 proveniente de líneas puede ser predicho tanto por índice serológico como por el número de módulos existentes en

los heterocigotos, aunque en cruzamientos interraciales estas correlaciones no fueron significativas.

Assin, H., et al (1946) citado por Jugenheimer (42) expresaron que la heterosis pueden ser evaluada por la actividad de los mitocondrias en término de contenido de nitrógeno. También señalan que posiblemente el ácido giberélico es el responsable de la respuesta heterótica.

2.2.2 Hipótesis de dominancia

Es la hipótesis que está a no dudar más ampliamente aceptada. Según Henderson (37), el vigor híbrido resulta de la acción acumulativa de muchos genes favorables completa o parcialmente dominantes que inducen vigor, y parte del cual está contribuido por cada parental del híbrido. Igualmente Crow, J.F. (20) menciona concluyentemente que todas las evidencias fortalecen esta hipótesis.

Devenporta (1908), Keeble y Pellew (1910) y Bruce (1910) citados por Paterniani (59) y Jugenheimer (42) propusieron que el vigor híbrido resultaba de la acción acumulativa de factores favorables dominantes y parcialmente dominantes. Esto supone, que

los factores dominantes aportados por cada progenitor del híbrido son deseables y los factores recesivos son nocivos. Por lo tanto, un híbrido es más vigoroso que sus progenitores, por tener más factores dominantes que recesivos. Por otro lado, East (1936) citado por Paterniani (59) expresó que el vigor de los híbridos es debido a la acción acumulativa de muchos loci de alelos no defectivos o divergentes.

Paterniani (59) revisó las teorías sobre heterosis y concluyó que de acuerdo a la teoría de factores de crecimiento dominantes el vigor híbrido es asociado sólo indirectamente con heterocigocidad y el grado máximo de expresión de vigor, ocurre en el individuo que tiene el número máximo de loci con alelos favorables dominantes. Esta condición, normalmente ocurre en la F_1 de los híbridos entre progenitores no emparentados. Iguales hallazgos fueron encontrados por Sprague et al (1959,b) y Penny et al (1962) citados por el mismo autor, quienes observaron progreso de las poblaciones obtenidas y que exhiben mayor capacidad específica de combinación para una línea probadora.

Velazco, (86) indica que la habilidad combinatoria general es el método más preciso para determinar si una variedad tiene o no una alta frecuencia

de genes favorables para determinada característica y que los factores o genes que intervienen en el vigor del híbrido son muy numerosos tendiendo a ser completamente dominante sobre sus alelomorfos y complementarios unos a otros.

Según Falconer (22) la base teórica de la heterosis se expresa mejor en términos de frecuencia génica de las dos poblaciones y la ocurrencia de la heterosis depende de la dominancia. La ausencia de la heterosis no es una prueba suficiente para concluir que los loci individuales no muestran dominancia.

Los trabajos de Gardner y Rowley (1927), Mangelsdorf (1928), Wentz y Goodsell (1929) y Wodworth (1931) citados por Jugenheimer (52) concluyeron que los genes recesivos y desfavorables secundarios que pueden aparecer en un gran número con pequeños efectos individuales son capaces de suprimir el efecto de la heterosis inhibiendo la plena actividad de los genes favorables del crecimiento.

Ante la complejidad de la herencia de caracteres cuantitativos todos los tipos de acción génica inter-intra alélica según Hallauer y Miranda

(36) podrían estar involucrados. Sin embargo, manifiestan que la heterosis en maíz puede ser utilizado sin previo conocimiento de la base genética. Así mismo, expresan que para propósitos prácticos, hay evidencia de que la heterosis resulta de una acumulación de factores de crecimiento favorables dominantes.

2.2.3 Hipótesis de sobredominancia

East y Hayes (1912) citados por Jugenheimer, (42) atribuyeron al vigor de la generación F_1 a su condición heterocigótica. Por tanto, entre mayor sea al número de genes por el cual una planta es heterocigótica mayor será la heterosis. Así ambos alelos pueden también estar en equilibrio y pueden permanecer indefinidamente en la población siempre que los coeficientes de selección permanezcan constantes, Falconer D.S. (22). (Fisher 1918 lo denomina superdominancia a la superioridad del heterocigote).

Simultáneamente Shull (1908) East (1908) citados por Jugenheimer, (42) consideran que una condición heterocigote por sí sólo confiere mayor vigor que cualquiera otra condición homocigote y además señalan que los genes que exhiben la pro-

riedad de ser más viables en la condición heterocigote se le llama sobredominantes o heteróticos.

La importancia relativa de la sobredominancia en la acción de genes responsables de la herencia de caracteres cuantitativos demostró que el método de selección recurrente propuesto por Hull 1945 citados por Robinson y Moll (66) es un método de mejoramiento eficiente.

Gowen, (30) revisó los conceptos sobre heterosis citado por algunos autores. Así, expresa que la superioridad del genotipo heterocigoto sobre el homocigoto dominante debía ser la explicación de la acción de genes responsables del rendimiento, según lo expresa Hull, 1945. Además, Hull (1945, 1946, 1948a, 1948b, 1952) definió como sobredominancia a la superioridad del heterocigoto Aa sobre cualquiera de los homocigoto AA y aa.

2.2.4 Interacciones no alélicas u epistasis

La interacción no alélica puede claramente alterar la magnitud de la heterosis causando sobredominancia o dispersión ($\{h\} > \{d\}$) en una variedad de formas. En general, sin embargo, los niveles más altos de heterosis se encontraron sólo cuando

Σh , Σl y Σi tienen el mismo signo $r_d = 0$ y $r_i = 1$ que es cuando hay completa dispersión de interacción complementaria de genes, donde:

i = Es la interacción entre los efectos aditivos de los dos loci.

j = Es la interacción entre los efectos aditivos de un locus y un efecto de dominancia de otro locus.

l = Es la interacción entre los efectos de dominancia de los dos loci.

d = Efectos aditivos de los alelos.

h = Efectos de dominancia de los alelos

La presencia de interacciones no alélicas pueden ser detectadas y sus efectos simultáneamente estimados por modelos fijados el cual incorpora sus contribuciones a las medias, variancias, etc. de las generaciones obtenibles de una cruce, según Jinks, (40). En ausencia de interacciones no alélicas un desequilibrio de ligamiento no tiene efecto en la especificación de heterosis o en los componentes de heterosis. No obstante, puede sesgar las componentes de variancia aditiva (D) y dominancia (H) usados para interpretar la causa de heterosis o una proyección el cual depende de la fuente de los estimadores de esos componentes.

Anderson y Kempthorne (1954) citado por Paterniani (59) compararon los valores medios de las generaciones paternas F_1 y F_2 y los retrocruzamientos a partir de dos líneas endocriadas de maíz llegando a la conclusión de que la epistasis es importante para días a floración, altura de espiga y productividad. Iguales hallazgos encontraron Sentz, Robinson y Comstock (1954) para número de espigas, altura de planta y espiga. Así mismo, Comstock, R.E.; H.F. Robinson y C.C. Cockerhan (1954, 1957); Gardner, C.U. (1963); Follak, E.; H.F. Robinson y R.E. Comstock (1957); Robinson y Cockerhan, (1967) y Sentz, J.C. observaron que la epistasis no puede ser una fuente importante de variación genética en variedades pero puede ser muy importante en condiciones híbridas. Mientras que Eberhart y Gardner en 1966 citado por Paterniani (59) investigando los efectos génicos en un grupo de seis líneas de maíz, todas las generaciones F_1 y F_2 y las 30 generaciones de retrocruzamiento, mediante modelos matemáticos, encontraron concordancia entre las medias observadas y esperadas con y sin epistasis cuyas diferencias no fueron superior a tres por ciento. Utilizando el mismo método Eberthart y Hallauer, detectaron efectos epistáticos en híbridos simples, dobles y triples.

2.3 INTERPRETACION CUANTITATIVA DE LA HETEROSIS

Una comprensión de la naturaleza fundamental de la acción del gene involucrado en el fenómeno de la heterosis y en la herencia de caracteres cuantitativos en general es muy importante para el mejorador de plantas.

Para proveer una explicación de la respuesta heterótica de cruza de líneas o poblaciones varietales, los genetistas biométricos han derivado cálculos de medias y variancias basados en modelos genéticos relativamente simples. Gardner y Lonquist (28) expresan que resultados obtenidos en maíz pueden ser explicados en términos de acción genética aditiva con dominancia, sin recurrir a sobredominancia.

En 1945, Robinson y Moll (66) mencionan que se prestó atención a los interrogantes básicos de la naturaleza de la heterosis y de la acción génica involucrada y concluyeron que el método de mejoramiento capaz de rendir máximos retornos debe basarse en el conocimiento de la naturaleza de la acción de los genes que intervienen en la herencia de caracteres como el rendimiento. Es así como se inician investigaciones de genética cuantitativa en maíz en la Estación Experimental de Carolina del Norte en 1945.

En la mayoría de las evidencias críticas de análisis genéticos biométricos, Jinks (40) concluyó que la dispersión es la causa mayor de la heterosis, por lo tanto, la tasa de dominancia pierde su rol tradicional de distinción entre dispersión y sobredominancia.

Mediante el uso de diseños experimentales, pueden dar estimados igualmente confiables y relativamente independientes de los componentes de var'ación aditiva y de dominancia. El efecto de ligamiento del nivel aparente de dominancia en las cruza heteróticas, pueden ser rápidamente demostradas, (Gardner, Diseño III).

Para determinar la performance general de una variedad en comparación con otras variedades y la performance específica de dos variedades en particular, se utilizó el diseño de apareamiento dialélico. En los dialélicos pueden incluirse, según Hallauer y Miranda (36) variedades de polinización libre, variedades sintéticas, compuestos, variedades mejoradas por selección, etc. La medida de la heterosis fue deseado entre las cruza varietales y en algunas instancias la información genética fue obtenida por autofecundar las variedades parentales o las cruza varietales.

Para determinar la capacidad combinatoria de los genotipos en una fase temprana, diversos investigadores han

propuesto algunos métodos, así Griffing (32) opinó que el análisis de cruzamientos dialélicos satisface las necesidades específicas de los mejoradores pues permite la detección de padres y cruzamientos superiores. Además ayuda al mejorador a elegir el método más eficiente de selección, permitiendo estimar la magnitud o importancia relativa de los diversos parámetros genéticos.

El concepto de habilidad combinatoria es muy útil para comprobar el comportamiento de líneas o clones en combinaciones híbridas y fue definida por Sprague y Tatum (76), Rojas y Sprague (67) como:

1. Habilidad combinatoria general (σ_g^2) HCG
2. Habilidad combinatoria específica (σ_s^2) HCE.

Habilidad combinatoria general, se designa al comportamiento promedio de un clon o línea en combinaciones híbridas. Se debe a efectos génicos aditivos. Es más importante en material no seleccionado.

Habilidad combinatoria específica, para designar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones son relativamente mejores o peores que aquellos que se esperarían en base al comportamiento promedio de los clones o líneas considerados. Se debe a efectos génicos no aditivos como dominancia, epistasis y varias clases de interacción de factores. Es de gran importancia en material

ya seleccionado por su habilidad combinatoria general.

La capacidad combinatoria general en maíz, según Rojas y Sprague (67) es relativamente más estable en localidades y años que la habilidad combinatoria específica, mientras que en material no seleccionado ocurrió lo contrario.

Al estudiar las cruzas inter e intra poblacionales con líneas del PMC-2 y PMC-3, Nakahodo, N. J. (56) encontró que en las cruzas intrapoblacionales con líneas del PCM-2, los efectos de la habilidad combinatoria general fueron más importantes que los efectos específicos. En cambio, en las cruzas interpoblacionales la habilidad combinatoria general de las líneas del PMC-2 y la habilidad combinatoria específica de ambas (PMC-2 y PMC-3) fueron importantes. La habilidad combinatoria general de las líneas del PMC-3 tanto en las cruzas intra e interpoblacionales mostraron interacción significativa con años.

Al evaluar germoplasma de la selva peruana, Sánchez, C.H. y Nakahodo, N.J. (72) encontraron que la habilidad combinatoria general que mostró mayor variación en las colecciones selva fue también mucho mayor que la habilidad combinatoria específica. Así mismo, en rendimiento el mayor valor correspondió a la habilidad combinatoria específica, como evidencia de la heterosis que fue significativa.

Al evaluar cruizas dialélicas de líneas de maíz en tres localidades y dos años, Rojas y Sprague (57) encontraron que en ensayos individuales la variancia específica fue consistentemente mayor que la variancia general ; mientras el componente de variancia para la interacción de la habilidad combinatoria específica con localidades o años fueron consistentemente mayor que los estimados correspondientes a la habilidad combinatoria general. Esto sugiere que la variancia de la habilidad combinatoria específica incluye no sólo las desviaciones de no aditividad debido a dominancia y epistasia sino también a una considerable porción de la interacción genotipo-medio ambiente. Ellos han probado que la habilidad combinatoria general es relativamente más estable en localidades y años.

Al estudiar cruizas dialélicas de diez variedades sintéticas de maíz repetidas en tres localidades y tres años , Matzinger, et al (51) observaron que los componentes genéticos de variancia para la habilidad combinatoria general fueron muy pequeños, en cambio considerablemente mayor para la habilidad específica. La variancia fue significativa en la interacción habilidad combinatoria general con años, con localidades y habilidad combinatoria específica con localidades, el último solamente en un 5 por ciento de significación. Los estimados de habilidad combinatoria general ha sido significativo.

Con cruzas dialélicas de doce variedades de maíz, Lonquist y Gardner (43) obtuvieron que los estimados de los efectos para habilidad combinatoria general (aditividad) fue mucho más importante que los estimados de los efectos de la habilidad combinatoria específica (no aditividad) y concluye que esta respuesta puede ser esperada en progenitores altamente heterogéneos. Los componentes de variancia atribuible a la interacción habilidad combinatoria general con localidades y con años fueron pequeños y no significativos, mientras que los atribuíbles a la interacción habilidad combinatoria específica con localidades y con años, fueron ambos de una considerable magnitud y en varios casos significativos.

Luchsinger y Violic (45) encontraron alta significación estadística para habilidad combinatoria general y específica para el rendimiento de grano de diez líneas endocriadas de maíz; sin embargo, la magnitud del estimado del componente de la habilidad combinatoria general fue mayor que la específica.

Al trabajar con nueve variedades de maíz de tres orígenes geográficos diferentes, Covarrubias, R. (18) halló que una de las cruzas tuvo un rendimiento muy superior a los demás. También indicó que si una variedad en una cruz es superior no implica de ninguna manera el comportamiento general de esta variedad en un aumento en forma -

general, sino es la habilidad combinatoria general la que da un índice superior de la variedad, aspecto de suma importancia en las cruzas varietales.

2.4 INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE

Johansen en 1901 diferenció genotipo y fenotipo, definiendo al fenotipo como la acción aditiva de dos factores genético-ecológico y Nilsson-Ehle y East, citados por Allard R.W. (4) comprobaron que los caracteres cuantitativos se heredan de acuerdo a las leyes de Mendel y que la variación se debía a la acción conjunta del genotipo y del medio.

La variabilidad es la materia prima con la que trabajan los fitomejoradores para aumentar los rendimientos ; Bucio A.L. (7) describió la partición de la variancia fenotípica considerando efectos genéticos, ambientales y la interacción genético-ambiental. Esto concuerda con la partición que hicieron Fisher (1918) y Mather (1949). La variabilidad correspondiente a efectos de origen ambiental y de los resultantes de la interacción genético ambiental se hace con las definiciones y modelos desarrollados antes por Bucio (1966), Bucio y Hill (1966) y Bucio, Perkins y Jinks (1969).

La variación ambiental es determinada por la medición de individuos de un mismo genotipo, líneas homocigotas o individuos heterocigotes propagados asexualmente. Ducio A.L. (7) expresa que la interacción genético ambiental está presente con más frecuencia que ausente. Además, esta interacción está correlacionada linealmente con los efectos ambientales.

Los medios ambientes están formados por cifras infinitas de componentes individuales, algunos de amplio efecto y otros de un efecto relativamente insignificante, según Compton, W.A. (16). El desarrollo de un individuo es afectado por la interacción genotipo-intra ambiente y generalmente se refleja en los términos del error de un análisis de variancia. También existe la interacción genotipo-ambiente y se reserva para lugares, años, estaciones, etc.

Las variaciones del ambiente pueden ser divididas según Allard y Bradshaw (3) en dos grupos: predecibles e impredecibles. Las predecibles incluyen las características permanentes del ambiente tan generales y distintivas del clima (inclusive aquellos que fluctúan de una manera sistemática como la longitud del día) y tipo de suelo. Así mismo, aquellos aspectos del ambiente que son determinados por el hombre y pueden ser época de siembra, densidad de siembra, métodos de cosecha y otras prácticas

agronómicas. La segunda categoría incluye fluctuaciones en clima como cantidad y distribución de lluvias y temperatura y otros factores como densidad del cultivo.

Un individuo de gran adaptación según Allard y Bradshaw (3) es aquel que responde favorablemente a ciertos ambientes y población de gran adaptación es aquella que está conformada por los individuos anteriormente mencionados y que en base a ellos responde favorablemente a un mayor rango de ambientes. Es decir, estos individuos tienen propiedades homeostáticas particulares las cuales están bajo control genético y depende directamente de la arquitectura o balance interno del material genético en los individuos proveyéndolos de estabilidad.

Una interacción genotipo ambiente apreciable favorece la obtención de variedades adaptadas a tipos especiales de ambiente, una pequeña interacción favorece la obtención de variedades que se comportan bien en un amplio espectro de ambientes, según Allard, R.W. (2) y Falconer, D.S. (22).

La interacción genotipo-ambiente es de gran importancia para el fitotecnista en el desarrollo de variedades mejoradas cuando éstas son comparados sobre una serie de ambientes en los cuales se pueden lograr resultados diferentes. Según Nevado B. M. y Manrique Ch.A. (57) la

estratificación de ambientes puede ser usado con eficiencia para reducir esta interacción y posteriormente desarrollar variedades que serían usadas en tales ambientes estratificados. Los resultados establecen que en general las poblaciones genéticamente diversas son más estables y consistentes que las poblaciones genéticamente uniformes. Como un medio para reducir la interacción genotipo ambiente sugieren el uso de genotipos de amplia base genética.

Al reanalizar los rendimientos del maíz en una prueba de híbridos dobles, simples y top-crosses repetidos en ambientes diferentes, Sprague, G.F. y W.T. Federer (77) observaron que las cruzas dobles interactúan menos con el ambiente que las cruzas simples y concluyen que a medida que la heterogeneidad del material bajo prueba aumenta, la interacción con el ambiente decrece.

Al evaluar el comportamiento de algunos híbridos en diferentes ambientes, Sprague, G.F. y L.A. Tatum (76) concluyeron que las variancias obtenidas eran todas significativas o altamente significativas, comprobando así que los diferentes híbridos, a pesar de tener un mismo material genético, responden de manera diferente al probarse en diferentes ambientes como son localidades y/o años.

Cuando comparan dos tipos de cruzas en un mismo experimento, Eberhart, S.A. et al (21) concluyeron que las interacciones híbridas x años fueron significativamente más grande para cruzas simples que para cruzas triples. Sin embargo, las primeras muestran mayor estabilidad fenotípica.

En ensayos sobre comportamiento de híbridos dobles y sintéticos, Sevilla P., R y Sánchez, C.H. (74) encontraron que la interacción genotipo medio ambiente era significativa y mayor para los híbridos dobles en relación a los sintéticos.

Al evaluar la interacción genotipo medio ambiente y la estabilidad de rendimiento de cultivares de maíz amarillo duro para la Selva Central, Fukusaki, Y.G. (25) agrupó los experimentos dobles costeros y otro conformado por compuestos y sintéticos a través de dos localidades y tres años. El autor concluyó que los híbridos costeros muestran un alto grado de adaptación y para la formación de nuevos cultivares para la selva, es recomendable utilizar germoplasma de origen cubano y la raza Tuxpeño de origen mexicano. El sintético PMS-264 muestra ser el más estable y consistente para todos los ambientes y no así los compuestos que sólo lo fueron en ambientes favorables.

Al evaluar variedades experimentales provenientes del CIMMYT de granos de color amarillo en condiciones de costa central bajo dos épocas de siembra, Huaranga, J.A. (39) concluye que la época más favorable para la expresión de las características de planta fue la siembra de primavera. Además, encontró alta interacción con época de siembra. Las variedades experimentales de la población 28 y 36 tuvieron buen rendimiento, calificativos superiores para aspecto y sanidad de mazorca; sin embargo, fueron de porte alto de planta y tardías.

La sensibilidad en muchas especies cultivadas y dentro de éstas sus variaciones a los cambios de la duración del día de una latitud o estación a otra, tiene, según lo señala Francis, C.A. (24) un pronunciado efecto en el desarrollo y producción de las plantas. Esta reacción sensitiva limita también el rango de adaptación de las cru- zas y sus progenitores; aunque factores tales como temperatura, humedad, complejo insecto/enfermedad y otros también contribuyeron a la adaptación.

Griffing y Zsiros (33) apreciaron diferentes clases de heterosis influenciado por aspectos del ambiente físico y biótico en cuatro cosechas espaciadas de plantas flo- rales Arabidopsis thaliana y su híbrido sometido a tres niveles de temperatura, dos niveles nutricionales y dos niveles de densidad.

Las cruzas simples F_1 fueron cultivadas en un ambiente controlado, en el cual las temperaturas del aire y del suelo fueron independientemente regulados para simular condiciones de campo al sembrar durante primavera cálida o primavera fría. Rood, S.B. et al (68) encontraron que las tasas potenciales indicaron que el grado de dominancia promedio decreció de las condiciones calurosas a las frescas para altura de planta y peso seco. Así mismo, los autores reportan que la eliminación de la heterosis observado a bajas temperaturas es inconsistente con la teoría de que la heterosis ocurre a causa del polimorfismo bioquímico que el híbrido provee con una actividad metabólica superior en estres ambiental.

Según Nevado B.M. y Manrique Ch.A. (57) la estabilidad de rendimiento es medida por la habilidad a mostrar un valor mínimo de interacción, estableciéndose que en general las poblaciones genéticamente diversas son más estables y consistentes que las poblaciones genéticamente uniformes. Señalan también la relación entre heterocigosidad y productividad, siendo las líneas puras de menor rendimiento promedio, los híbridos simples de mayor rendimiento y estos valores se deben a la heterosis asociada con la heterocigosidad presente en las diferentes generaciones y a la respuesta de los diferentes genotipos en las diversas generaciones a la ecología de los años evaluados.

2.5 HIBRIDACION INTERVARIETAL

Resultados interesantes sobre heterosis en cruza - mientos intervarietales han sido frecuentemente referidos según Richey, F.D. 1962; Robinson et al, 1956; Lonnquist y Gardner, 1961; Moll et al 1962; Paterniani, 1963; Moll et al 1965; Gardner y Paterniani, 1967 y Castro et al 1968, citados por Hallauer y Miranda, (36).

Por otro lado, Jones (1908) citado por Paterniani , (59) expresó que mediante el uso de cruzas intervarietales se gana tiempo para la utilización práctica del - vigor híbrido; mientras que Vargas y Vanegas, (84) señalaron que con esta cruza hay la capitalización eficiente de los efectos genéticos aditivos (más parte de los e - fectos de dominancia) durante el proceso del mejoramiento poblacional.

De un total de 244 estudios de cruzas intervarietales, Richey (62) encontró que aproximadamente el 56 por - ciento de ellas superaron al progenitor más rendidor y el 82 por ciento excedían al promedio de sus progenitores; sin embargo, los híbridos producidos en esta época no lle - garon a utilizarse en escala comercial. Así mismo, ob - servó la necesidad de diversidad genética para la obten - ción de máxima heterosis.

A partir de 1950 con el desarrollo de la genética - cuantitativa y procedimientos de selección recurrente para el mejoramiento de poblaciones, Gardner y Eberhart , (27) propusieron un proceso de análisis de cruzamientos dialélicos y son aplicables para el análisis de variedades parentales en equilibrio Hardy-Weinberg y de esas cruzas excluyendo las recíprocas. Posteriormente según Gardner y Lonquist (28) en muchos investigadores hubo un renovado interés en determinar el tipo de acción génica responsable para la heterosis en cruzas de variedades de maíz.

Robinson, H.F. et al (63) en trabajos realizados en las cruzas de seis variedades de maíz obtuvieron incrementos de 20 % con respecto al promedio de progenitores y en 11.5 % con respecto al progenitor de más alto rendimiento. Así mismo, indican que el grado de heterosis puede ser tomado como la diversidad genética de una población, también expresaron la importancia de los resultados de cruzas intervarietales, interraciales, interlinajes porque ellos dan la información preliminar para la selección del material básico a ser usado en planes de mejoramiento.

Moll et al, 1960, citado por Robinson y Moll (63) observaron una mayor variabilidad genética en la generación F_4 del cruce Jarvis por Indian Chief que en las poblaciones originales, por lo que sugirieron la posibilidad de

obtener progresos apreciables seleccionando en la generación avanzada de cruces varietales.

Moll et al, 1965 (55) al evaluar seis variedades, dos de tres regiones diferentes del oeste y sur de Estados Unidos y Puerto Rico a través de dos localidades y tres años encontraron que la heterosis promedio para cruzas de variedades de la misma región fue solo 4 % comparado con 24 % de heterosis observado en cruzas de variedades de diferente origen.

Tovan et al, 1958, citado por Robinson y Moll (63) obtuvieron valores heteróticos que variaron entre 65 a 196 % en función de la media de los progenitores al evaluar 15 variedades de maíz sudafricanas en cinco regiones diferentes.

Lonnquist y Gardner (43) en trabajos realizados en 66 cruzas dialélicas y un híbrido doble comercial - encontraron cruzas superiores en 8.5 % sobre el promedio de los progenitores de más alto rendimiento.

Las cruzas formadas entre un grupo de doce razas diferentes de maíz tipo duro, harinoso y dentado de diferentes partes de Sur y Centro América, los cuales re presentan un amplio rango de diversidad genética según

Paterniani y Lonquist, (58) fueron cultivados en tres ensayos de rendimiento durante dos años y tres localidades. La respuesta heterótica promedio de las cruas interraciales fue de 33 % con respecto a la media parental, con un rango de - 11 a 101 % para las cruas individuales. Las cruas dentado por dentado alcanza - ron los más altos promedios 4,448 Kg/Ha, seguido por el dentado por harinoso (4,419 Kg/Ha.) y harinosos por harinoso (4,197 Kg/Ha.). El rendimiento de la mejor cruza interracial se aproximó a aquellos híbridos dobles usados para comparación.

En un estudio efectuado por Pollak, et al (61) - con tres variedades de maíz de polinización abierta encontraron que los cruces de ellos exhiben heterosis en la F_1 y en la F_2 . En esta última observaron que la heterosis es similar o inferior en el rendimiento de los padres hecho que lo consideran que se debe a epistasis.

Al cruzar cinco progenitores de maíz duro y cinco dentados Akhtar y Sing (1) obtuvieron una heterosis que varió de 112.5 a 173.9 por ciento con respecto al promedio de sus progenitores, alcanzando la cruza individual máxima un valor heterótico de 140.8 por ciento en relación al progenitor superior.

Evaluando en híbridos provenientes de cruzas no recíprocas de maíz de amplia base, Saha, B. C. et al (69) encontraron que las poblaciones fueron superiores a las variedades para todos los caracteres medidos; las cru - zas de población por población dieron los más altos ren - dimientos, seguidos por la población por variedad y va - riedad por cruzas varietales y; con la excepción de lon - gitud de mazorca, la crusa población por población fue - ron superiores para otros caracteres medidos. Ellos - concluyen que la superioridad de la crusa población por población podría haber resultado de una heterosis in - trapoblacional existente y la baja heterosis y perfor - mance per se en las cruzas intervarietales puede haber sido debido a la recombinación restringida de la F_1 .

Sarria (73) llegó a determinar que existe una rela - ción lineal entre performance y nivel de heterocigosi - dad para rendimiento y altura de mazorca de dos varieda - des parentales de maíz de libre polinización. También observó que la heterosis medido en promedio de los pa - rentales fue manifestada sólo para rendimiento.

Evaluando en apareamiento dialélico de doce pobla - ciones de grano blanco nueve de grano amarillo cada uno independientemente, Vargas, S. y Vanegas, A. (84), con - firman la excelente actitud combinatoria general de los dos maíces M.T. blanco - CAVN y Amarillo Crist. O_2 -CAVN.

Los maíces amarillos representaron efectos heteróticos con mayor potencial encontrándose rendimientos de hasta 6,666 Kg/Ha. (Ant. Crist. O₂-CAVN x Am. Crist. O₂-CAVN) que superó en 14 % al testigo comercial ICA H.211.

Al cruzar variedades mejoradas Colombianas con Ecuatorianas Torregroza, 1973 (80), obtuvo 123 por ciento de heterosis al cruzar variedades colombianas con amarillo de Ancash del Perú, la heterosis fue de 119 por ciento ambos con respecto al rendimiento promedio de los progenitores. La mejor cruce individual fue la harinoso Mosqueira I (NP) vI x Chillos con 127 por ciento de heterosis.

Mediante cruces dialélicas de doce poblaciones harinosas de Ecuador, Colombia y México adaptados a clima frío, Torregroza, 1975 (81), obtuvo valores heteróticos en relación al rendimiento promedio de los progenitores, al progenitor más rendidor y al progenitor constante - que varió de 91 a 140 por ciento; de 80.9 a 126.9 por ciento y de 97 a 143.6 por ciento respectivamente. Además afirma que entre las poblaciones combinadas a habido suficiente divergencia germoplásmica como para haber logrado dichos valores heteróticos.

En 1979, Córdova, H.S. y Poey, E., citado por Sánchez, C.H. (71), reportan ganancias de 12 por ciento -

sobre el mejor testigo local en cruzas de familias de poblaciones CIMMYT grano blanco y de 33 por ciento entre familias de grano amarillo, observándose una drástica disminución de la altura de planta. Además fue significativo la interacción con localidades .

En el área tropical de América las poblaciones capaces de dar buenas combinaciones presentan un ciclo biológico largo, una excesiva altura de planta y alguna dificultad para la cosecha mecánica. Hay evidencia, según expresa Manrique, Ch. y Fegan, E. (46) que se pueden obtener poblaciones de talla reducida y precoces introduciendo algunos sintéticos norteamericanos a la zona tropical de América. Más debe considerarse las fuertes susceptibilidades de parásitos locales y sobre todo la duración del día -luz las afecta considerablemente menguando su potencial agronómico.

Al cruzar líneas norteamericanas por líneas bolivianas Avila, G. (5), observó un incremento en el rendimiento en las progenies pero acompañado de una disminución del tamaño de la planta y de los días necesarios para la antésis masculina.

Evaluando germoplasma de maíz en Ecuador en base a su adaptación y heterosis entre ellos (ocho cultivares de maíz CIMMYT y 2 testigos comerciales) , mediante cruces

dialélicos intervarietales Vasco, A, (85) concluye que muchas cruzas intervarietales superaron en rendimiento al testigo local del INIAP-526 en un rango de 30 a 47 por ciento, lo que permitió suponer que se dio un aceptable grado de heterosis entre estos cultivares y que hubo buena adaptación de los mismos. Las características agronómicas *cías a* floración femenina, altura de mazorca, los porcentajes de plantas acamadas quebradas y de mazorcas con pudrición en relación con los *t* stigos comerciales fueron inferiores en la mayoría de los dialélicos y sus progenitores.

Al evaluar cruzas varietales Velazco, P.(86) encontró que el 97 por ciento de las cruzas superaron en rendimiento a la media de las variedades con una heterosis de 27 por ciento. También opina que el incremento de heterosis ha sido observado como resultado de la diversidad genética y ha sido asociado como un incremento de la heterocigosidad.

Evaluando el comportamiento de híbridos inter-racial en compuestos de maíces peruanos, Cerrate, V.A. y Sevilla, P.R. (12) observaron variación entre razas con respecto al porcentaje de heterosis y determinaron que la raza Confite Punteagudo exhibe mayor heterosis y concluyen que el vigor híbrido no se muestra cuando las condiciones ambientales son adversas. Así expresaron que la posibilidad de

usar los compuestos como poblaciones mejoradas está supe-
ditada a que la heterosis se mantenga en las generacio -
nes avanzadas.

Analizando el mejoramiento del maíz, Grobman, A. -
(34) afirmó que sólo existe información parcial sobre he-
terosis en cruzas intervarietales, por ejemplo, de un -
plan de cruzamiento entre 14 variedades conducidas en
1965 coordinadamente en varios países, que debió ser con-
tinuado y ampliado con la inclusión de más variedades y
más localidades de sierra.

Al efectuar cruzamiento dialélicos en los compues -
tos PMC-1 (duro peruano), PMC-2 (duro centroamericano) ,
PMC-3 (dentado norteamericano), PMC-4 (compuesto formado
con los tres anteriores), Manrique Ch. A. y Robles (47)
encontraron que los mayores incrementos heteróticos fue-
ron 25.6 y 21.8 porciento mostrados por las cruzas PMC-1
x PMC-3 y PMC-2 x PMC-3, respectivamente. Estos resulta-
dos demuestran la mayor divergencia entre ambos compues-
tos duro peruano x dentado norteamericano; en cambio, las
cruzas que tienen menor porcentaje de heterosis tienen
mayor grado de similitud genética mostrándose como empa-
rentadas. Es decir, que habrá mayor producción en la me-
dida en que mayor sea la diversidad genética de las va-
riedades usadas.

Al evaluar germoplasma CIMMYT x Perla Peruano, en verano Sánchez, C.H. (71) encontró que el promedio de las cruzas de Pob. 24 x (P₁₃ x P₁₆) tuvieron mayor rendimiento (3.420 TM/Ha) y de mayor porcentaje heterótico 149 por ciento en promedio de sus progenitores, superando a los mejores testigos locales, híbridos dobles. También las cruzas de (Ant. x Veracruz 181) x Material Selva tuvieron un rendimiento promedio de 3.73 TM/ha. y una heterosis en promedio de sus progenitores de 137 por ciento.

Así mismo, concluye que entre las mejores cruzas para las siembras de verano destaca la primera crusa con rendimiento de 4.78 TM/ha., que mostró una heterosis específica de 126 por ciento sobre el padre de mayor rendimiento y el mayor porcentaje sobre el mejor testigo el PM-211 cuyo rendimiento fue de 3.82 TM/ha. Así mismo, esta crusa mostró uno de los más bajos porte de planta (222 cm) y una heterosis específica de 110 por ciento para este carácter.

Al evaluarse el rendimiento y heterosis de las cruzas de germoplasma CIMMYT x germoplasma de Selva en promedio de tres localidades (Satipo, San Ramón y Motupe) , Sánchez, C.H. (71) encontró que el rendimiento promedio de las cruzas fue superior a los testigos PMC-747, PMS - 264 y PMC-2. La heterosis media para rendimiento en promedio de ambientes tuvo un valor máximo de 127 % en las

cruzas Tuxpeño 1, aunque en las cruzas de PMS-264 alcanzó hasta 140% respuesta que viene a corroborar la buena aptitud combinatoria de este sintético. En estas mismas cruzas no se observó efectos heteróticos para altura y días a floración masculina, lo que permite sugerir sólo acción génica aditiva para el carácter altura de planta. En las localidades de Motupe y San Ramón las respuestas observadas en rendimiento y valor heterótico fueron superiores en magnitud.

Al estudiar las respuestas heteróticas en cruzas interpoblacionales del material genético proveniente del CIMMYT y material local bajo dos épocas de siembra en costa central, Sánchez, C.H. (71) encontró que la heterosis en cruzas CIMMYT x Perla fue en general y en promedio mayor para siembras de verano (32 %) que para siembras de invierno (14 %) alcanzando valores máximos individuales de 70 y 28 % en verano e invierno, respectivamente.

Evaluando 13 variedades de maíz de distinta procedencia: CIMMYT, local y cubano y dos testigos bajo un diseño dialélico Manrique, Ch. y Nakahedo, N. (49) encontraron en promedio una baja respuesta heterótica en el grupo CIMMYT, en cambio, en las poblaciones peruanas y cubanas se destacaron los más altos porcentajes de heterosis con un promedio general de 117 y 124 por ciento respectivamente, indicando que éstas son menos emparentados y su diversidad genética se manifiesta mejor.

Mediante cruzas dialélicas de cinco variedades de raza perla, Cortez, F.J. (17) obtuvo la más alta heterosis en la craza Lim.48 x N 554 con 129 por ciento, referente al rendimiento medio de los progenitores, esto debido a la divergencia genética entre ambos y, concluye que hay cruces intervarietales de buen rendimiento y que muestran estabilidad genética entre la F₂ y F₃ no mostrando diferencias significativas entre ellas, lo cual es muy prometedor para el uso de estos cruces intervarietales.

Estudiando el efecto de la heterosis entre poblaciones tropicales y foráneas, Manrique, Ch. y Nakahodo, N (44) expresaron que las poblaciones proporcionadas por el CIMMYT presentaron los promedios más bajos en relación a la altura de mazorca y a su vez son las más precoces con 0.92 metros de altura y 21.6 por ciento de humedad en grano de la cosecha, respectivamente.

Al evaluar el comportamiento de cuatro compuestos y sus cruzas posibles, en varios ambientes, Camarena, M.F. (9) encontró que en cada ambiente, las cruzas PMC-1 x PMC-2, PMC-1 x PMC-3 y PMC2 x PMC-3 tuvieron los mayores rendimientos y los mayores efectos heteróticos. Así el PMC-1 x PMC-2 en los ambientes I, III y IV tienen 111 por ciento, 116 por ciento y 122 por ciento de heterosis; el PMC-1 x PMC-3 en los ambientes V, X y XI tienen 102 por -

ciento, 130 por ciento y 105 por ciento de heterosis y el PMC-2 x PMC-3 en los ambientes VII, VIII y XII tienen 117 por ciento, 125 por ciento y 105 por ciento de heterosis, mostrando que estos progenitores tienen mayor diversidad genética. Así mismo, concluye que para un mayor rendimiento de las cruzas es necesario una mayor diversidad genética de los progenitores y determinados ambientes específicos que le permitan una mayor expresión heterótica del rendimiento debido a que los compuestos y cruzas con multihíbridos.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACION

El presente estudio se llevó a cabo en dos localidades . En el campo experimental del Fundo San Germán, Cañete y en los campos de la Cooperativa San Nicolás, Supe Pueblo, durante las campañas 1983/1984 y 1984/1985. Ambas localidades se encuentran ubicadas en el Departamento de Lima a 350 Km. de distancia entre ellas.

3.2 MATERIALES

El material genético comprende 36 cruzas intervarietales, cuatro variedades mejoradas por el Proyecto de Mejoramiento de Maíces Tropicales del Programa Cooperativo de Investigaciones en maíz del Complejo Centroamericano; cuatro variedades foráneas mejoradas provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, y cinco híbridos comerciales como testigos. En el Cuadro N° 1 se presentan los materiales en estudio.

Las 36 cruzas se originaron al cruzar nueve variedades experimentales provenientes del CIMMYT con cuatro variedades locales. Las variedades experimentales CIMMYT originadas a partir de las poblaciones básicas: tres de

CUADRO Nº 1. HIBRIDOS INTERVARIETALES, PARENTIALES Y TESTIGOS EVALUADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO.

Nº	Genotipos			
1	PMC-861	A	x	PMS-264
2	PMC-861	B	x	PMS-264
3	PMC-861	C	x	PMS-264
4	PMC-863	A	x	PMS-264
5	PMC-863	B	x	PMS-264
6	PMC-862	A	x	PMS-264
7	PMC-862	B	x	PMS-264
8	PMC-864	A	x	PMS-264
9	PMC-864	B	x	PMS-264
10.	PMC-861	A	x	PMS-263
11	PMC-861	B	x	PMS-263
12	PMC-861	C	x	PMS 263
13	PMC-863	A	x	PMS 263
14	PMC-863	B	x	PMS 263
15	PMC-862	A	x	PMS-263
16	PMC-862	B	x	PMS-263
17	PMC-864	A	x	PMS-263
18	PMC-864	B	x	PMS-263
19	PMC-861	A	x	PMC-5
20	PMC-861	B	x	PMC-5
21	PMC-861	C	x	PMC-5
22	PMC-863	A	x	PMC-5
23	PMC-863	B	x	PMC-5
24	PMC-862	A	x	PMC-5
25	PMC-862	B	x	PMC-5
26	PMC-864	A	x	PMC-5
27	PMC-864	B	x	PMC-5
28	PMC-861	A	x	PMC-7
29	PMC-861	B	x	PMC-7
30	PMC-861	C	x	PMC-7
31	PMC-863	A	x	PMC-7
32	PMC-863	B	x	PMC-7
33	PMC-862	A	x	PMC-7
34	PMC-862	B	x	PMC-7
35	PMC-864	A	x	PMC-7
36	PMC-864	B	x	PMC-7
37	PMS-263			
38	PMS-264			
39	PMC-5			
40	PMC-7			
41	PMC-861			
42	PMC-862			
43	PMC-863			
44	PMC-864			
45	PM -701			
46	PM -204			
47	PM -205			
48	PM -210			
49	PM- 212			

PMC-861	PMC-862	PMC-863	PMC-864
A :	A :	A :	A :
B :	B :	B :	B :
C :			

Antigua x Veracruz 181 (Población 24); dos de la población Amarillo Cristalino (Población 27); dos de la población Amarillo Dentado-1 (Población 28) y dos de la población Gogollero-1 (Población 36); siendo ~~las variedades~~ locales los sintéticos PMS-263 y PMS-264 y los compuestos - PMC-5 y PMC-7

Los compuestos PMC-681; PMC-862; PMC-863 Y PMC-864 - se formaron en el Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, mezclando proporciones iguales de semilla en la siguiente forma:

PMC-861

Mezcla balanceada de granos de tres selecciones de la población 24 (Antigua x Veracruz. 181). Maíz de grano amarillo semidentado de zonas tropicales bajas. Su madurez y altura de planta son intermedias. Con aceptable tolerancia a las enfermedades foliares comunes a zonas bajas, CIMMYT (14).

PMC-862

Mezcla balanceada de granos de dos selecciones de la población 27 (Amarillo Cristalino). Según CIMMYT (14) - maíz amarillo y cristalino basado en germoplasma ETO, Cubano y Tuxpeño, de zonas tropicales bajas. Su altura de

planta es intermedia y su madurez medianamente tardía. Es tolerante a la mayoría de las enfermedades foliares comunes.

PMC-863

Mezcla balanceada de granos de dos selecciones de la población 28 (Amarillo Dentado-1). Maíz de grano amarillo dentado y conformada según CIMMYT (14) por una mezcla genética de germoplasma Caribeño, Mexicano, Centroamericano y Brasileño. Consecuentemente tiene una amplia base genética y alto potencial de rendimiento con buen comportamiento probado en regiones tropicales bajas de México, Centroamérica, Sudáfrica y partes del Asia. Madurez medianamente tardía y plantas de altura intermedia. Tolerante a la mayoría de enfermedades foliares, resistencia al Milidiu (Sclerospora spp.).

PMC-864

Mezcla proporcional de granos de dos selecciones de la población 36 (Cogollero-1). Maíz de grano amarillo rojizo semicristalino y semidentado, para áreas tropicales y subtropicales bajas. De acuerdo al CIMMYT (14) es una población de base genética amplia derivada del Compuesto Caribeño. Tiene aceptable tolerancia a las enfermedades foliares comunes y un bajo grado de resistencia al gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), tiene un buen potencial de rendimiento.

Las variedades nacionales PCIM están representadas por:

PMS-263

Variedad sintética mejorada, formada por 22 líneas autofecundadas obtenidas de colecciones Perla seleccionadas, tiene mazorcas cilíndricas de granos amarillentos y 80 por ciento de desgrane. Su período vegetativo es de 144 días y 94 días a la floración, con altura de planta de 2.8 m. y 1.8 m. de altura de mazorca. Produce rendimientos estables hasta los 2,500 m.s.n.m., su rendimiento promedio es de 6,455 kg/ha.

PMS-264

Variedad sintética mejorada, formada por 22 líneas autofecundadas, obtenidas de colecciones cubanas seleccionadas, tiene mazorcas cilíndricas con granos semidentados de color amarillo y una ligera capa harinosa; 80 por ciento de desgrane. Su período vegetativo es de 142 días y 92 días a la floración, con altura de planta de 2.5 m. y de mazorca 1.5 m. Adaptada a zonas bajas de la sierra, - su rendimiento promedio es de 6,969 kg/ha.

PMC-5

Este cultivar está formado por la mezcla de las variedades: Tuxpeño, Sintético de Harland, Mix-1 y Tuxpeño bráquico. Su período vegetativo es de 145 días y 95 días

a la floración, con altura de planta de 2.8 m. y 1.8 m. - de altura de mazorca. Rendimiento promedio de 7,509 kg/ha.

PMC-7

Variedad compuesta formada por la mezcla balanceada de 11 colecciones típicas de la Raza Perla. Maíz de grano amarillo duro, con 80 por ciento de desgrane. Su período vegetativo es de 142 días y 92 días a la floración, altura de planta 2.8 m. y de mazorca 1.8 metros. Rendimiento promedio 7,580 kg/ha.

Testigos

PM-701

Es un híbrido doble tropical para siembras de primavera o verano, y para localidades donde la temperatura es alta, tiene un período vegetativo de 135 días, altura de planta 2.3 m. y 1.6 m. de altura de mazorca y un promedio de 1.5 mazorcas por planta. Las mazorcas colgan - tes a la madurez, grano de color amarillo naranja, con buena cobertura que protege del daño de insectos y pájaros. Rendimiento promedio potencial de 7,500 kg/ha.

PM-204

Pedigree : $(C_1 \times C_4) \times (P_3 \times P_4)$. Híbrido doble de invierno, con mazorcas largas y cilíndricas. Granos -

amarillos duros con capa harinosa blanca, 83 por ciento de desgrane. Plantas vigorosas con una altura de planta mayor de 2.8 m. y hasta dos mazorcas por planta y 1.7 m. de altura de mazorca. El ciclo vegetativo es de 125 a 180 días, según época de siembra. Rendimiento promedio potencial de 7,000 kg/ha.

PM-205

Pedigree: (C₁₁ x C₁₂) x (P₃ x P₄). Híbrido doble - de invierno con mazorcas largas y cilíndricas; granos semi dentados de color amarillo con capa harinosa, 84 por ciento de desgrane. Su período vegetativo es de 143 días y 92 días a la floración, altura de planta 2.8 m. y de mazorca 1.6 m. Rendimiento promedio 8,185 Kg/ha.

PM-210

Pedigree (C₁₁ x C₁₃) x (P₁₃ x P₁₆). Híbrido doble - de invierno con mazorcas largas y cilíndricas, granos amarillos duros con ligera capa blanca, 84 por ciento de desgrane. Plantas vigorosas con dos mazorcas por planta. El ciclo vegetativo fluctúa entre 125 y 180 días según época de siembra y 92 días a la floración. Altura de planta 2.8 m. y de mazorca 1.7 m. El rendimiento promedio potencial de 8,400 kilos por hectárea.

PM-212

Híbrido doble del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. El período vegetativo es de 165 a 180 días. Altura de mazorca de 1.70 m. Altura de planta - 2.85 m. número de mazorcas por planta 1.35. Mazorcas - grandes con 80 por ciento de desgrane, granos de color amarillo. En condiciones normales de buen cultivo puede producir hasta 1.7 mazorcas por planta. El rendimiento potencial es de 12,000 kg/ha. y el promedio es de 8,108 kg/ha. Está adaptada a la siembra de invierno de costa central.

3.3 DATOS METEOROLOGICOS

En el Cuadro N^o 2 del anexo, se presentan los promedios mensuales de los factores climáticos: horas de sol, temperatura máxima, mínima y promedio, humedad relativa y precipitación de las localidades y años de evaluación.

3.4 ANALISIS DE SUELO

Los análisis de suelo de los campos se muestran en el anexo el Cuadro N^o 2a. Se presentan datos de conductividad eléctrica, textura, pH, materia orgánica, total de nitrógeno, total de carbonato de calcio, fósforo y potasio.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

En cada localidad y año, el diseño estadístico empleado fue el de látice simple 7 x 7 con cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de dos surcos de 6 metros de largo distanciados a 0.90 m. y a 0.60 m. entre golpes; colocándose cinco semillas por golpe para desahijar a tres plantas por golpe, teniéndose una densidad equivalente a 55,555 plantas por hectárea.

3.6 EJECUCION DEL EXPERIMENTO

3.6.1 Siembra

1) Cañete

La primera siembra fue realizada el 21 de junio de 1983 y corresponde a siembra de invierno con temperaturas promedio de 19.6 °C.

La segunda siembra en esta localidad se realizó el 4 de julio de 1984, también correspondiente a siembra de invierno, siendo la temperatura promedio de 18.0 °C.

2) Supe

La siembra fue realizada el 1° de agosto de 1983 correspondiente a la siembra temprana de primavera con temperaturas promedio de 20.9 °C.

La segunda siembra en esta localidad se efectuó el 11 de julio de 1984, el cual corresponde a una siembra tardía, siendo la temperatura promedio de 17.7 °C.

3.6.2 Manejo

En la conducción del ensayo de todas las pruebas realizadas las labores agronómicas como preparación del suelo, desahije, control de malezas, abonamientos, aporque, riegos y control sanitario fueron los adecuados y normales para este cultivo.

3.6.3 Cosecha

En Cañete, la cosecha del primer año de evaluación se realizó el 9 de diciembre de 1983 y la del 2do. año, el 16 de enero de 1985.

En Supe, la primera cosecha se hizo el 18 de enero de 1984, mientras que la segunda el 10 de enero de 1985.

3.7 CARACTERISTICAS A EVALUAR

El carácter a ser evaluado es el rendimiento en grano, para ello se determinó, además del peso de parcela, datos adicionales como número de fallas y porcentaje de humedad de manera que nos permitan corregir el rendimiento.

Número de fallas

Mediante el número de fallas se corrige el rendimiento por parcela a un número constante de plantas. Para ello se usó la siguiente fórmula de Jenkins.

$$\frac{Pcf = Ph \times \frac{H - 0.3 M}{H - M}}{\quad} \quad \circ \quad \frac{Pcf = Ph \times f}{\quad}$$

donde:

- Pcf : Peso corregido por fallas
- Ph : Peso húmedo (peso registrado en el campo)
- H : Número de golpes por parcela
- M : Número de fallas
- f : Factor de corrección.

Humedad al 14 por ciento

Para referir el peso corregido de los rendimientos de cada parcela al 14 por ciento de humedad se usa un factor de ajuste que se determina de la siguiente fórmula:

$$\frac{F = \frac{100 - \% \text{ humedad}}{86}}{\quad}$$

El valor F multiplicado por el peso corregido por fallas da lugar al peso corregido al 14 por ciento de humedad.

$$\underline{P \text{ c } 14 \% \text{ hd} = F \times Pcf}$$

Rendimiento

Con el fin de expresar los rendimientos en kilos por hectárea de maíz grano se multiplicó el rendimiento de parcela por el factor de conversión.

$$\underline{FP = \frac{10,000}{A} \times 0.971 \times \% D}$$

Luego:

$$\underline{Rdto/ha = FP \times R}$$

Donde:

- FP : Factor de conversión
- A : Area de parcela
- 0.971 : Coeficiente de contorno
- % D : Porcentaje de desgrane
- R : Rendimiento en kilos por parcela

Caracteres Agronómicos

Se registró la altura de planta, altura de mazorca y contenido de humedad del grano promedio en los materiales evaluados.

3.8 ANALISIS ESTADISTICOS

En cada uno de los ensayos se realizó el análisis estadístico para rendimiento en grano expresado en - TM/ha. de acuerdo al diseño utilizado. El modelo aditivo lineal correspondiente a cualquier observación es:

$$Y_{ijq} = U + \tau_i + \beta_{ij} + \gamma_q + \epsilon_{ijq}$$

donde:

- Y_{ijq} : Resultado de la i - j - q ésima observación
- U : Efecto de la medida general
- τ_i : Efecto de la repetición
- β_{ij} : Efecto del bloque incompleto
- γ_q : Efecto del tratamiento
- ϵ_{ijq} : Residuo intrabloque o error

y donde:

$$i = 1, 2, 3, \text{ y } 4$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7$$

$$q = 1, 2, 3, \dots, 47, 48 \text{ y } 49$$

El esquema del análisis de variancia correspondiente, véase Cuadro N^o 2.

CUADRO N^o 2. FUENTES DE VARIACION Y GRADOS DE LIBERTAD DEL DISEÑO LATICE SIMPLE 7 x 7 UTILIZADO.

Fuente de variación	G.L.
Repeticiones	$r - 1$
Tratamientos (sin ajuste)	$k^2 - 1$
Bloques dentro de repeticiones (ajustado)	$r(k-1)$
Componente a	$n(p-1) (k-1)$
Componente b	$n(k-1)$
Error intrabloque	$(k-1)(rk-k-1)$
Total	$rk^2 - 1$

donde:

- r : Número de repeticiones 1, 2, 3, 4.
- k : Número de tratamientos 1, 2, ..., 48, 49.
- n : Número de arreglos X y Y (2)
- p : Cantidad de veces que se repite cada arreglo (2).

Antes de efectuar el análisis combinado se aplicó la prueba de homogeneidad de variancias del error, mediante la prueba de Snedecor y Stevens, con los análisis de variancia individuales.

Análisis combinado

Para realizar el análisis de variancia combinado se utilizó un modelo mixto, considerando los tratamientos como variable fija y las localidades, años y repeticiones al azar. Véase Cuadro N° 3.

Modelo aditivo lineal para el análisis combinado

$$Y_{ijkl} = U + \beta_n + L_i + A_j + (LA)_{ij} + \gamma_k(ij) + \tau_d + (L\tau)_{id} + (A\tau)_{jd} + (LA\tau)_{ijd} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

- U : Efecto de la media
- β_n : Efecto del bloque incompleto
- L_i : Efecto de la i-ésima localidad

CUADRO N° 3. ESQUEMA DEL ANALISIS DE VARIANCIA COMBINADO DE RENDIMIENTO BAJO DISEÑO
LATICES SIMPLE 7 x 7

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	ESTIMADOS DE LOS ESPERADOS CUADRADOS MEDIOS
Repeticiones/localidades x año	la (r-1)	$\hat{\sigma}_e^2 + t \sigma_{(r/la)}^2$
Años	(a-1)	$\hat{\sigma}_e^2 + t \sigma_{(r/la)}^2 + r\sigma_{al}^2 + r t l \sigma_a^2$
Localidades	(l-1)	$\hat{\sigma}_e^2 + t \sigma_{(r/la)}^2 + r\sigma_{al}^2 + r t a \sigma_l^2$
Año x Localidad	(a-1)(l-1)	$\hat{\sigma}_e^2 + t \sigma_{(r/la)}^2 + r\sigma_{al}^2$
Genotipos	(t-1)	$\hat{\sigma}_e^2 + r \sigma_{tal}^2 + r a \sigma_{tl}^2 + r l \sigma_{ta}^2 + r l a t \sigma_i^2 / t - 1$
Genotipos x Años	(t-1)(a-1)	$\hat{\sigma}_e^2 + r \sigma_{tal}^2 + r l \sigma_{ta}^2$
Genotipos x Localidades	(t-1)(l-1)	$\hat{\sigma}_e^2 + r \sigma_{tal}^2 + r a \sigma_{tl}^2$
Genotipos x Años x Localidades	(t-1)(a-1)(l-1)	$\hat{\sigma}_e^2 + r \sigma_{tal}^2$
Bloques Incompletos	rla (n-1)	
Comp. (a)/loc./año		
Comp. (b)/loc./año		
Error intrabloque/loc./año		$\hat{\sigma}_e^2$
TOTAL		

l : localidad 1, 2 t : tratamientos 1, 2, 3, ..., 49

a : año 1, 2 r : repeticiones 1, 2, 3, 4

n : número de bloques incompletos.

- A_j : Efecto del j-ésimo año
- $(LA)_{ij}$: Efecto de la i-ésima localidad en el j-ésimo año.
- $\gamma_{k(ij)}$: Efecto de la k-ésima repetición en la i-ésima localidad y j-ésimo año.
- τ_d : Efecto del d-ésimo tratamiento
- $(L\tau)_{id}$: Efecto de la i-ésima localidad en el d-ésimo tratamiento.
- $(A\tau)_{jd}$: Efecto del j-ésimo año en el d-ésimo tratamiento.
- $(LA\tau)_{ijd}$: Efecto de la i-ésima localidad en el j-ésimo año y d-ésimo tratamiento.
- ϵ_{ijkd} : Efecto del error intrabloque

y donde:

$$i = 1, 2$$

$$k = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2$$

$$d = 1, 2, 3, \dots, 48, 49$$

3.9 EVALUACION DE LA HETEROSIS

La heterosis se ha expresado como la relación, en porcentaje entre el rendimiento de los híbridos intervarietales, con el rendimiento per se de las variedades progenitoras.

En nuestro caso, con el fin de evaluar la heterosis se sumaron los valores de las cruzas hechas por localidad

y con el promedio de las F_1 , de determinará la heterosis tanto para el promedio de los progenitores como con relación al progenitor de mayor rendimiento, según Bruce A.B. (1910) citado por Falconer, D.S. (22).

1. Evaluación de la heterosis en base al rendimiento promedio de los progenitores.

En este caso, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{F_1}{\frac{P_1 + P_2}{2}} \times 100$$

Donde:

$\% H$ = Porcentaje de heterosis
 F_1 = Híbrido intervarietal
 P_1P_2 = Progenitores

2. Evaluación de la heterosis en base al progenitor de más alto rendimiento.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{F_1}{P_m} \times 100$$

Donde:

$\%H$ = Porcentaje de heterosis
 F_1 = Híbrido intervarietal
 P_m = Progenitor de mayor rendimiento.

3. Ganancia heterótica

La expresión que se utilizó para obtener la ganancia heterótica fue:

$$Gh = F_1 - \frac{P_1 + P_2}{2}$$

Donde:

F_1 = Rendimiento de la cruza (híbrido)

P_1 y P_2 = Rendimiento de las variedades parentales.

3.10 EVALUACION DE LA HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA.

Para evaluar la habilidad combinatoria general y la habilidad combinatoria específica se tomó como base el modelo propuesto por Beil y Atkins (9) en su trabajo presentado sobre sorgo granífero. La habilidad combinatoria de las cuatro variedades locales han sido determinadas en base al comportamiento promedio de todas las posibles combinaciones híbridas con las nueve variedades foráneas. Igualmente la habilidad combinatoria general de las nueve variedades foráneas han sido determinadas en base al comportamiento promedio de todas las posibles combinaciones híbridas con las cuatro variedades locales.

Analizando los datos obtenidos de esta manera es comparable para los análisis de habilidad combinatoria de los genotipos evaluados.

1. Análisis de la habilidad combinatoria general y específica.

Para el análisis de la habilidad combinatoria general y específica sólo se tomaron en cuenta el comportamiento en rendimiento de las cruzas intervarietales, excluyendo de dichos análisis a las variedades progenitores per se y a los testigos.

A. Análisis de la habilidad combinatoria general y específica individual por ambiente.

Para el análisis de la habilidad combinatoria general y específica, el efecto genotípico atribuido a una crusa simple fue dividida en un efecto referido a la habilidad combinatoria general y en un efecto referido a la habilidad combinatoria específica de las variedades progenitoras.

El efecto genético de la crusa se puede representar de la siguiente manera:

$$\tau_{ij} = g_i + g_j + s_{ij}$$

donde : g_i y g_j son los efectos de la habilidad combinatoria general de las variedades foráneas i y de las variedades locales j respectivamente, mientras que s_{ij} es el efecto referido a la habilidad combinatoria específica.

En el Cuadro N^o 4 se presenta el esquema del análisis de variancia en el diseño Bloque Completo al Azar por ambiente.

Como las variedades progenitoras constituyeron un set fijo de genotipos en el análisis de la habilidad combinatoria el mayor interés estuvo centrado en la estimación de la habilidad combinatoria general y específica.

Los efectos de la habilidad combinatoria general, g_i , g_j y de la habilidad combinatoria específica s_{ij} , se estimaron de acuerdo al método propuesto por Beil y Atkins (9) de la siguiente manera:

$$g_i = (\bar{x}_{i..} - \bar{x}_{...}) = \frac{\sum_i x_{i..}}{rl} - \frac{x_{...}}{rlf}$$

$$g_j = (\bar{x}_{.j.} - \bar{x}_{...}) = \frac{\sum_j x_{.j.}}{rl} - \frac{x_{...}}{rlf}$$

$$s_{ij} = (\bar{x}_{ij.} - \bar{x}_{i..} - \bar{x}_{.j.} + \bar{x}_{...})$$

$$s_{ij} = \frac{\sum_{ij} x_{ij.}}{r} - \left(\frac{\sum_i x_{i..}}{rl} - \frac{x_{...}}{rlf} \right) - \left(\frac{\sum_j x_{.j.}}{rl} - \frac{x_{...}}{rlf} \right) + \frac{x_{...}}{rlf}$$

g_i = Es el efecto de la habilidad combinatoria general de las variedades foráneas.

g_j = Es el efecto de la habilidad combinatoria general de las variedades locales.

CUADRO Nº 4. ESQUEMA DEL ANALISIS DE VARIANCIA INDIVIDUAL DE LA HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA EN DISEÑO BLOQUE COMPLETO AL AZAR.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.
HCG de var. locales	(l-1)	$\frac{\sum_i X_{i..}^2}{rl} - \frac{X^2...}{rlf}$	M ₁
HCG de var. foráneas	(f-1)	$\frac{\sum_j X^2.j.}{rf} - \frac{X^2...}{rlf}$	M ₂
HCE	(l-1) (1-1)	Por diferencia	M ₃
CRUZAS	(lf-1)	$\sum_i \sum_j X_{ij}^2 - \frac{X^2...}{rlf}$	

- l : Variedades locales
- f : Variedades foráneas
- r : repeticiones

$g_i + g_j$ = Es el efecto de la habilidad combinatoria general.

s_{ij} = Es el efecto de la habilidad combinatoria específica.

Donde:

$x_{i..}$ = Es el total de r repeticiones de las cruzas donde la variedad foránea i es el progenitor común.

$x_{.j.}$ = Es el total de r repeticiones de las cruzas donde la variedad local j es el progenitor común.

$x_{ij.}$ = Es el total de r repeticiones de la crusa intervarietal entre la variedad foránea i y la variedad local j .

$x_{...}$ = Es el total de r repeticiones de todas las cruzas intervarietales de las variedades, foráneas i con las variedades locales j .

r = Número de repeticiones

f = Variedades foráneas

l = Variedades locales.

B. Análisis de la habilidad combinatoria general y específica del combinado.

El análisis nos permitirá apreciar los efectos de la habilidad combinatoria general y de la habilidad combinatoria específica de las variedades ~~en promedio~~

de ambientes así también como la interacción de estos efectos con ambientes.

Obsérvese en el Cuadro N^o 5 el esquema del análisis de variancia de la habilidad combinatoria general y específica del combinado.

El análisis de variancia del combinado fue efectuado bajo el diseño de Bloque Completo al Azar, cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijka} = U + g_i + g_j + s_{ij} + \beta_k + (\theta\beta)_{ka} + (g\theta)_{ia} + (g\theta)_{ja} + (s\theta)_{ija} + \epsilon_{ijka}$$

Donde:

$i, j = 1, 2, 3, \dots, 13$ variedades

$k = 1, 2, 3, 4$ repeticiones

$a = 1, 2, 3, 4$ ambientes.

Siendo:

x_{ijka} = Una observación del k -ésimo bloque, a -ésimo ambiente de la progenie resultante de la cruce de la i -ésima variedad foránea y de la j -ésima variedad local.

U = Es la media general

g_i, g_j = Es el efecto de la habilidad combinatoria general de la i -ésima variedad foránea, y la j -ésima variedad local.

CUADRO Nº 5. ESQUEMA DEL ANALISIS DE VARIANCIA DE LA HCG y HCE
DEL COMBINADO Y LA DESCOMPOSICION DE LAS CRUZAS

Fuente de Variación	G.L.	C.M.	E.C.M.
Ambiente	(a-1)	M_1	$\hat{\sigma}_e^2 + ta\hat{\sigma}_r^2 + tr\hat{\sigma}_a^2$
Repetición/Ambiente	a (r-1)	M_2	$\hat{\sigma}_e^2 + ta\hat{\sigma}_r^2$
Cruzas	(lf-1)	M_3	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{ta}^2 + ra\hat{\sigma}_t^2$
HCG	(f-1)+(l-1)	M_4	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{g_i a}^2 + ravn\hat{\sigma}_{g_i}^2$
HCE	(f-1)(l-1)	M_5	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{s_{ij} a}^2 + ra\hat{\sigma}_{s_{ij}}^2$
Cruzas x Ambiente	(a-1)(lf-1)	M_6	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{ta}^2$
HCG x Ambiente	(f-1)+(l-1)(a-1)	M_7	$\hat{\sigma}_e^2 + rv\hat{\sigma}_{g_i a}^2$
HCE x Ambiente	(f-1)(l-1)(a-1)	M_8	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{s_{ij} a}^2$
Error	a(t-1)(r-1)	M_9	$\hat{\sigma}_e^2$

Donde : V : Variedades \hat{g}_i : Efecto de la HCG
a : Ambientes \hat{s}_{ij} : Efecto de la HCE.
r : Repeticiones/ambientes $\hat{\sigma}_e^2$: Es el e.c.m. del error experimental.

s_{ij} = Es el efecto de la habilidad combinatoria específica en la cruce de la i-ésima variedad foránea y la j-ésima variedad local.

β_k = Es el efecto del k-ésimo bloque

a = Es el efecto del a-ésimo ambiente

ϵ_{ijka} = Es el efecto del error experimental asociado con la ijka-ésima observación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RENDIMIENTO

El rendimiento en grano es expresado en kilos por hectárea, y el promedio de los cuatro ambientes se aprecia en el Cuadro N° 6.

Los rendimientos individuales de las cruzas en promedio de ambientes presentan un rango de 6,241 a 7,602 kilos por hectárea con una media de 6,949 kilos por hectárea, en contrándose que la craza PMC-861-B x PMS-263 ha ocupado - los primeros lugares en las dos localidades del primer año de evaluación con un rendimiento promedio de 9,382; en promedio de los cuatro ambientes, esa craza rindió 7,602 kilos por hectárea, no superando a los testigos PM-204 y PM-212, cuyos rendimientos promedios fueron de 7,709 y 8,108 kilos por hectárea respectivamente; pero sí superó a los tes tigos PM-701, PM-205 y PM-210 que alcanzaron rendimientos de 6,510; 7,300 y 7,571 kilos/hectárea, respectivamente.

Las cruzas que le siguen en orden de mérito por rendimiento fueron: PMC-863-B x PMS-263 y la PMC-862-A x PMC-5 con 7,431 y 7,424 kilos por hectárea cada uno.

Así mismo, el rendimiento individual de los diferentes grupos de las cruzas intervarietales y el rendimiento

CUADRO Nº 6. RENDIMIENTO PROMEDIO DE MAIZ GRANO EN KG/HA DE LAS CRUZAS Y SUS PROGENITORES EN LOS AMBIENTES EVALUADOS Y SU PROMEDIO, 1983-84 y 1984-85.

Nº	Cruzas	Intervarietales	C A M E T E		G O P E		\bar{X}
			1983	1984	1983	1984	
1	PMC-861	A x PMS-264	8,261	4,452	7,826	6,674	6,803
2	PMC-861	B x PMS-264	8,834	4,643	8,546	6,904	7,232
3	PMC-861	C x PMS-264	8,192	744	7,739	6,108	6,696
4	PMC-863	A x PMS-264	8,258	4,603	8,039	6,826	6,932
5	PMC-863	B x PMS-264	8,035	5,217	7,527	6,616	6,849
6	PMC-862	A x PMS-264	8,220	5,095	8,315	6,715	7,086
7	PMC-862	B x PMS-264	8,460	4,786	7,376	6,335	6,739
8	PMC-864	A x PMS-264	8,020	5,124	8,573	6,250	6,992
9	PMC-864	B x PMS-264	7,944	4,800	8,175	5,340	6,565
10	PMC-861	A x PMS-263	8,935	4,405	8,339	6,802	7,120
11	PMC-861	B x PMS-263	9,465	5,247	9,299	6,399	7,602
12	PMC-861	C x PMS-263	8,314	5,381	8,080	7,498	7,318
13	PMC-863	A x PMS-263	7,470	5,398	7,908	6,985	6,940
14	PMC-863	B x PMS-263	8,832	5,302	8,238	7,352	7,431
15	PMC-862	A x PMS-263	8,795	5,015	8,101	7,036	7,237
16	PMC-862	B x PMS-263	8,548	5,094	8,464	6,766	7,218
17	PMC-864	A x PMS-263	8,058	5,003	7,310	6,047	6,604
18	PMC-864	B x PMS-263	8,663	4,829	8,061	6,879	7,108
19	PMC-861	A x PMC-5	8,066	4,706	7,338	6,947	6,764
20	PMC-861	B x PMC-5	8,207	5,419	7,786	6,322	6,933
21	PMC-861	C x PMC-5	7,590	4,552	8,188	6,135	6,616
22	PMC-863	A x PMC-5	8,003	4,919	7,689	6,615	6,806
23	PMC-863	B x PMC-5	7,790	4,988	8,106	5,717	6,650
24	PMC-862	A x PMC-5	8,137	5,598	9,239	6,723	7,424
25	PMC-862	B x PMC-5	8,578	5,137	7,529	6,747	6,998
26	PMC-864	A x PMC-5	7,608	4,633	7,554	6,256	6,513
27	PMC-864	B x PMC-5	7,839	4,157	6,992	5,978	6,241
28	PMC-861	A x PMC-7	7,913	4,763	7,588	6,807	6,768
29	PMC-861	B x PMC-7	8,686	4,678	7,874	6,378	6,904
30	PMC-861	C x PMC-7	8,231	4,885	8,094	6,853	7,016
31	PMC-863	A x PMC-7	8,069	5,078	7,709	6,713	6,892
32	PMC-863	B x PMC-7	8,175	5,403	7,579	6,649	6,951
33	PMC-862	A x PMC-7	9,137	5,420	7,784	6,859	7,300
34	PMC-862	B x PMC-7	8,725	4,856	7,672	5,934	6,797
35	PMC-864	A x PMC-7	8,487	4,984	8,111	6,089	6,918
36	PMC-864	B x PMC-7	8,666	4,975	8,052	7,151	7,211
37	PMS-263		7,187	4,984	7,153	6,497	6,455
38	PMS-264		8,209	4,903	8,290	6,475	6,969
39	PMC-5		7,796	4,238	9,848	6,795	7,169
40	PMC-7		7,689	5,029	9,010	8,679	7,602
41	PMC-861		6,227	4,172	6,386	5,005	5,447
42	PMC-862		6,662	4,028	6,713	5,910	5,828
43	PMC-863		7,260	4,459	6,658	4,960	5,834
44	PMC-864		6,998	4,005	5,984	5,291	5,569
Promedio de cruzas			8,311	4,952	7,967	6,567	6,949
Promedio de progenitores			7,528	4,365	7,505	6,201	5,753

per se de los progenitores en promedio de los cuatro ambientes se presentan en el Cuadro N^o 7.

Los rendimientos promedios en las variedades foráneas variaron de 6,757 kilos por hectárea a 7,262 kilos por hectárea, correspondientes a los grupos cuyo progenitor común es la variedad PMC-864-A y el PMC-862-A, respectivamente. Por otro lado, el comportamiento de las variedades locales muestran estrecho rango de variación en promedio de los diferentes grupos de las cruzas varietales y oscila entre 6,772 a 7,175 kilos por hectárea correspondiente al progenitor común PMC-5 y PMS-263.

Los rendimientos per se de las variedades locales y foráneas en promedio de ambientes de evaluación varían de 6,455 a 7,602 kilos por hectárea con una media de 7,049 kilos por hectárea en el caso de las locales, mientras que en las foráneas variaron de 5,447 a 5,834 kilos por hectárea respectivamente.

Los más altos rendimientos alcanzados por las cruzas individuales puede explicarse por la diferencia en la frecuencia génica y/o a la diversidad genética existente entre los progenitores; mientras que, las cruzas de bajo rendimiento puede deberse a que sus progenitores poseen similitud genética. Obsérvase en los Cuadros N^o 7a, 7b, y 7c, la superioridad de las cruzas evaluadas en este estudio.

CUADRO N° 7. RENDIMIENTO PROMEDIO (kg/ha) DE LAS CRUZAS INTERVARIETALES DE LAS VARIEDADES FORANEAS POR LAS VARIEDADES LOCALES Y RENDIMIENTO PER-SE DE LAS VARIEDADES, PROMEDIO DE CUATRO AMBIENTES, CAÑETE 1983-1984 y SUPE 1983 - 1984.

VARIEDADES FORANEAS	VARIEDADES LOCALES				PROMEDIO
	PMS-264	PMS-263	PMC-5	PMC-7	
	6,969	6,455	7,169	7,602	
PMC-861 A 5,447	6,003	7,120	6,764	6,768	6,364
B	7,232	7,602	6,933	6,904	7,168
C	6,696	7,318	6,616	7,016	6,911
PMC-863 A 5,804	6,932	6,940	6,806	6,892	6,892
B	6,849	7,431	6,650	6,951	6,970
PMC-862 A 5,828	7,086	7,237	7,424	7,300	7,262
B	6,739	7,218	6,998	7,797	6,938
PMC-864 A 5,569	6,992	6,604	6,513	6,918	6,757
B	6,565	7,108	6,241	7,211	6,781
PROMEDIO	6,877	7,175	6,772	6,973	6,949

CUADRO N° 7a. RENDIMIENTO EN KG/HA SEGUN ORDEN DE MERITO DE LAS CRUZAS INTERVARIETALES EVALUADAS EN:

A) CAÑETE 1983 y 1984 B) SUPE 1983 y 1984 C) EN PROMEDIO DE LAS LOCALIDADES Y AÑOS.

A):

1 9 8 3		Rendimien	1 9 8 4		
Cruza		to (kg/ha)	Cruza	Rendimien	
				to (kg/ha)	
1.	PMC-862 x PMC-7	8,931	1.	PMC-862 x PMC-5	5,367
2.	PMC-861 x PMS-263	6,905	2.	PMC-863 x PMS-263	5,350
3.	PMC-862 x PMS-263	8,671	3.	PM -863 x PMC-7	5,240
4.	PMC-864 x PMC-7	8,576	4.	PMC-862 x PMC-7	5,138
5.	PMC-861 x PMS-264	8,429	5.	PMC-862 x PMS-263	5,054
6.	PMC-864 x PMS-263	8,360	6.	PMC-861 x PMS-263	5,011
7.	PMC-862 x PMC-5	8,354	7.	PMC-864 x PMC-7	4,979
8.	PMC-862 x PMS-264	8,340	8.	PMC-864 x PMS-264	4,962
9.	PMC-861 x PMC-7	8,277	9.	PMC-863 x PMC-5	4,953
10.	PMC-863 x PMS-263	8,151	10.	PMC-862 x PMS-264	4,940
11.	PMC-863 x PMS-264	8,146	11.	PMC-864 x PMS-263	4,916
12.	PMC-863 x PMC-7	8,122	12.	PMC-863 x PMS-264	4,910
13.	PMC-864 x PMS-264	7,982	13.	PMC-861 x PMC-5	4,892
14.	PMC-861 x PMC-5	7,954	14.	PMC-861 x PMC-7	4,775
15.	PMC-863 x PMC-5	7,896	15.	PMC-861 x PMS-264	4,613
16.	PMC-864 x PMC-5	7,723	16.	PMC-864 x PMC-5	4,395

CUADRO N° 7a. (Continuación...)

B)

1983		Rendimien to (kg/ha)	1984		
Cruza:			Cruza:	Rendimien to (kg/ha)	
1.	PMC-861 x PMS-263	8,573	1.	PMC-863 x PMS-263	7,168
2.	PMC-862 x PMC-5	8,384	2.	PMC-862 x PMS-263	6,901
3.	PMC-864 x PMS-264	8,374	3.	PMC-861 x PMS-263	6,900
4.	PMC-862 x PMS-263	8,282	4.	PMC-862 x PMC-5	6,735
5.	PMC-864 x PMC-7	8,081	5.	PMC-863 x PMS-264	6,721
6.	PMC-863 x PMS-263	8,073	6.	PMC-863 x PMC-7	6,681
7.	PMC-861 x PMS-264	8,037	7.	PMC-861 x PMC-7	6,679
8.	PMC-863 x PMC-5	7,897	8.	PMC-864 x PMC-7	6,620
9.	PMC-861 x PMC-7	7,852	9.	PMC-861 x PMS-264	6,562
10.	PMC-862 x PMS-264	7,845	10.	PMC-862 x PMS-264	6,525
11.	PMC-863 x PMS-264	7,783	11.	PMC-861 x PMC-5	6,468
12.	PMC-861 x PMC-5	7,771	12.	PMC-864 x PMS-263	6,463
13.	PMC-862 x PMC-7	7,728	13.	PMC-862 x PMC-7	6,396
14.	PMC-864 x PMS-263	7,685	14.	PMC-863 x PMC-5	6,166
15.	PMC-863 x PMC-7	7,644	15.	PMC-864 x PMC-5	6,117
16.	PMC-864 x PMC-5	7,273	16.	PMC-864 x PMS-264	5,795

CUADRO 7a. (Continuación ...)

C:

Cruzas	Rendimiento (Kg/Ha)
1. PMC-861 x PMS-263	7,347
2. PMC-862 x PMS-263	7,227
3. PMC-862 x PMC-5	7,211
4. PMC-863 x PMS-263	7,185
5. PMC-864 x PMC-7	7,064
6. PMC-862 x PMC-7	7,048
7. PMC-863 x PMC-7	6,921
8. PMC-862 x PMS-264	6,912
9. PMC-861 x PMS-264	6,910
10. PMC-861 x PMC-7	6,896
11. PMC-863 x PMS-264	6,890
12. PMC-864 x PMS-263	6,856
13. PMC-864 x PMS-264	6,778
14. PMC-861 x PMC-5	6,771
15. PMC-863 x PMC-5	6,728
16. PMC-864 x PMC-5	6,377

El comportamiento de las cruces individuales en la primera localidad y año 1983 fue superior al rendimiento promedio de sus progenitoras en 100 por ciento y sólo el 80.8 por ciento de las cruces superaron al rendimiento del progenitor superior. En 1984, los rendimientos de las cruces superan en 91.7 por ciento al rendimiento medio de los progenitores y el 58.3 por ciento superan al progenitor de más alto rendimiento.

En la segunda localidad, en el primer año 1983 el rendimiento de las cruces intervarietales superan en 63.9 por ciento al rendimiento promedio de los progenitores y sólo lo 32.3 por ciento de éstas superan al progenitor de mayor rendimiento. En el año 1984, se encontró que las cruces individualmente superaron en 72.2 por ciento a la media de los progenitores mientras que el 63.9 por ciento de las cruces superaron al progenitor de más alto rendimiento.

Analizando el comportamiento obtenido por las cruces intervarietales a través de dos localidades y dos años de evaluación, el rendimiento promedio de las mismas superó en 97.2 por ciento al rendimiento medio de los progenitores y únicamente 36,1 por ciento de las cruces intervarietales superaron al progenitor superior.

El mayor rendimiento observado en las cruces intervarietales PMC-861-B x PMS-263, PMC-863-B x PMS-263 y PMC-862-A x PMC-5 podría ser debido al máximo número de loci -

con alelos favorables dominantes que tendrían los híbridos y la mayor probabilidad de contribuir con diferentes alelos resultando en mayor heterocigosidad del híbrido y por tanto mayor vigor coincidiendo con lo mencionado por Paterniani (59), Cress (19), Falconer (22) y Moll et al (55).

Las cruzas cuyo progenitor común es la variedad PMC - 861 muestran un mayor potencial de rendimiento en grano con respecto a las otras variedades oráneas, mientras que en las variedades locales los sintéticos manifiestan un mejor comportamiento.

El comportamiento de los híbridos intervarietales fue altamente influenciado por las condiciones ambientales, coincidiendo con los resultados obtenidos por Griffing y Zsiros (33) y Camarena (9).

Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con los hallazgos de Beal citado por Hallawer y Miranda (36) y Velazco (86) cuyos rendimientos de las cruzas superan en 51 y 97 por ciento a los rendimientos medios de las variedades originales y Richey (62) donde el 56 por ciento de las cruzas superaron al progenitor más rendidor y el 82 por ciento excedían al promedio de sus progenitores. No sucediendo así con los resultados presentados por Robinson et al (63) en el cual los rendimientos de las cruzas intervarietales sólo excedían 20 por ciento al rendimiento promedio de los padres y en 11.5 por ciento al progenitor de más

alto rendimiento, Lonquist y Gardner (42) quienes encontraron que sólo el 8.6 por ciento de las cruzas superan al promedio de sus progenitores y 2.8 por ciento respecto al progenitor de más alto rendimiento.

Los materiales CIMMYT, sobre todo las variedades experimentales Antigua x Veracruz 181-A, B y C provenientes de la población 24 poseen amplia adaptación lo que viene a corroborar lo manifestado por Sánchez (71), Manrique y Nakahodo (49) y Huarings (88).

4.1.1 Análisis de variancia individual

De acuerdo al diseño estadístico empleado, los ensayos individuales para rendimiento fueron analizados como Látice Simple 7 x 7; al encontrarse baja eficiencia relativa de este diseño (véase Cuadro N° 3 del Anexo) se optó por presentar los resultados de los análisis de variancia individuales bajo el Diseño de Bloque Completo al Azar, los cuales se muestran en el Cuadro N° 6, según las localidades y años evaluados.

Puede observarse que la fuente tratamientos alcanzó alta significación estadística al 1 por ciento de probabilidad en Cañete 1983 y Supe 1983 y 1984 y, sólo significación estadística al 5 por ciento de probabilidad en Cañete 1984.

CUADRO Nº 8. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANCIA PARA RENDIMIENTO PROMEDIO DE ~~GRANJO~~ DE MAIZ AL 14 PORCIENTO DE HUMEDAD EXPRESADO EN KILOS POR HECTAREA - EN DOS LOCALIDADES Y DOS AÑOS DE EVALUACION EN COSTA CENTRAL.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	C A Ñ E T E		S U P E	
		1983	1984	1983	1984
Bloques	3	7.961 XX	2.136	1.665	7.206 XX
Tratamientos	48	4.761 XX	1.644	5.970 XX	4.641 XX
Error	114	1,293	1.154	1,346	1,357
Total	195				
Coeficiente de Variación (%)		9.1	14.5	9.5	11.6

Los bloques mostraron alta significación estadística al 1 por ciento de probabilidad únicamente en Cafete 1983 y Supa 1984 .

Los coeficientes de variabilidad del experimento fueron de: 9.1, 14.5, 9.5 y 11.6 por ciento respectivamente, valores que según Calzada B, (8) dan una buena precisión de los análisis.

Al descomponer la fuente de tratamientos en cruza, progenitoras, testigos, cruza y progenitoras versus testigos y cruza versus progenitoras de cada análisis individual, según se observa en el Cuadro Nº 9, puede decirse lo siguiente:

Cafete 1983

La alta significación estadística para la fuente tratamientos se debe a las diferencias en el rendimiento entre los progenitoras y ello debido al contraste entre las variedades locales y foráneas. También a las diferencias en el rendimiento entre los testigos, los contrastes entre cruza y progenitoras versus testigos y las cruza versus progenitoras. Concluyéndose que la diferencia entre el rendimiento de los progenitoras influye decisivamente en la significación al 1 % de probabilidad de la fuente de tratamientos.

CUADRO Nº 9. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANCIA PARA RENDIMIENTO DE GRANOS DE MAIZ DE LA FUENTE TRATAMIENTOS DESCOMPUESTA EN CRUZAS, PROGENITORES, TESTIGOS, CONTRASTE ENTRE CRUZAS Y PROGENITORES VS TESTIGOS Y CRUZAS VS PROGENITORES EN DOS LOCALIDADES Y DOS AÑOS DE EVALUACION EN COSTA CENTRAL.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	CAÑETE		SUPE	
		1983	1984	1983	1984
Repeticiones	3	7.961 ^{XX}	2.136	1.665	7.206 ^{XX}
Tratamientos	48	4.761 ^{XX}	1.644 ^X	5.970 ^{XX}	4.641 ^{XX}
Cruzas	35	1.895	1.017	2.201 ^X	1.959
Progenitores	7	3.837 ^{XX}	1.762	17.917 ^{XX}	14.090 ^{XX}
PCIM	3	1.653	1.284	12.201 ^{XX}	10.426 ^{XX}
CIMMYT	3	1.682	0.408	1.037	1.791
PCIM vs CIMMYT	1	16.316 ^{XX}	7.259 ^X	85.707 ^{XX}	61.983 ^{XX}
Testigos	4	8.127 ^{XX}	4.010 ^{XX}	4.821 ^{XX}	3.883 ^{XX}
Cruzas y Progenitores vs Testigos	1	35.509 ^{XX}	1.134	51.768	11.863 ^{XX}
Cruzas vs Progenitores	1	67.420 ^{XX}	13.824 ^{XX}	13.042 ^{XX}	8.175 ^X
Error	144	1.293	1.154	1.346	1.357
Total	195				

X Significación al nivel de 5 % de probabilidad

XX Significación al nivel de 1 % de probabilidad

Cañete 1984

En esta localidad se observa que la fuente tratamientos sólo fue significativo al 5 % de probabilidad y es debido a la significación de los contrastes cruzas vs. progenitores, testigos al 1 % de probabilidad y a la significación del contraste PCIM vs. CIMMYT - al 5 % de probabilidad.

Supé 1983

La significación estadística para tratamientos se debe más a las diferencias en el comportamiento de los progenitores y dentro de ello a las variedades locales y los testigos, seguidos por los contrastes entre PCIM vs. CIMMYT, cruzas y progenitores vs. testigos y cruzas vs. progenitores y finalmente por el comportamiento de las cruzas que sólo alcanzó significación estadística al 5 % de probabilidad

Supé 1984

El comportamiento de los diferentes componentes de - la fuente tratamientos para esta localidad y año de evaluación fue muy similar a la de Supé 1983, con excepción de que las cruzas no tuvieron significación estadística. Puede concluirse que en todas las evaluaciones la variación en rendimiento de los trata -

mientos fue debido al comportamiento de los progenitores locales y los testigos así como a el contraste de las cruzas vs. progenitores.

4.2 ANALISIS DE VARIANCIA COMBINADO

Previo al análisis combinado para rendimiento se aplicó a los análisis de variancia individuales la prueba de homogeneidad de variancias propuesta por Stevens y Snedecor, encontrándose que existe homogeneidad de variancia. Al cumplir los experimentos con este requisito se procedió a efectuar el análisis de variancia combinado, el mismo que se presenta en el Cuadro N^o 10.

De las fuentes de variación existente se observa que las fuentes repetición/loc/año; años x localidades y genotipos han mostrado significación estadística al nivel del 1 por ciento de probabilidad y en las fuentes años, localidad y genotipo x año solo fueron significativos.

La significación encontrada para genotipos implica que el comportamiento de las cruzas intervarietales, progenitores y testigos difieren para el rendimiento en grano. Igualmente, la variación dentro de los años y la variación dentro de las localidades y la diferencia entre localidades la cual varía a través de años influyen significativamente en el rendimiento.

CUADRO N^o 10. ANALISIS COMBINADO PARA RENDIMIENTO EN GRANO DE MAIZ EN DOS LOCALIDADES Y DOS AÑOS EXPRESADOS EN KILOS POR PARCELA.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS
Repetición/loc./año	12	4.742 XX
Años	1	2638.492 X
Localidad	1	256.242 X
Años x Localidad	1	420.292 XX
Genotipo	48	10.012 XX
Genotipo x Años	48	2.900 X
Genotipo x Localidades	48	2.342 --
Genotipo x Localidad x Año	48	1.763 --
Error	576	1.287
TOTAL	783	

X Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

XX Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

Así mismo, puede decirse que la significación estadística de la fuente de variación genotipo x año nos indica que el comportamiento de los genotipos interactúan con los años de prueba y no así con las localidades donde fueron evaluados para la expresión de rendimiento.

Si la interacción genética ambiental está correlacionada linealmente con los efectos ambientales, la significación estadística y valores encontrados para las interacciones años x localidad y genotipo x año pueden haber afectado el comportamiento de los genotipos evaluados, corroborando lo mencionado por Bucio (7), Compton (16) y Jinks (40).

Las características de precocidad y menor altura de planta son convenientes para la formación de materiales para condiciones de verano y el trópico en nuestro país. El comportamiento de las variedades experimentales viene a corroborar las apreciaciones de Manrique, Ch. y Fegan, E. (46) quienes señalaron los atributos que debe reunir los materiales para estas condiciones de siembra, no descuidándose el aspecto sanitario.

En el año 1983 se aprecia mayor capacidad de rendimiento de los genotipos evaluados quizás debido a las mejores condiciones ambientales favorables como temperatura y humedad, lo cual concuerda lo manifestado por Griffing y

Zsiros (33), Camarena M. (9) y Cerrate, V. y Sevilla, P. - (12).

Por otro lado, hay gran variación debido a los cambios en la duración del día de una estación a otra afectando el desarrollo y producción de la planta, limitando también la adaptabilidad de las cruzas y los progenitores lo cual coincide con lo señalado por Manrique, Ch. y Fegan, E. (46) y Francis, (24).

Principalmente, los aspectos del ambiente que son determinados por el hombre, por ejemplo, la época de siembra y en ésta se incluye las fluctuaciones del clima, destacando la distribución de lluvias y temperatura, también influye en el rendimiento lo cual fue observado en los genotipos evaluados corroborando lo manifestado por Allard y Bradshaw (3).

Al tener una alta interacción años x localidad, genotipo x año debería considerarse las condiciones ambientales favorables para reducir esta interacción en el comportamiento del carácter rendimiento en grano de los genotipos evaluados tal como lo señala Nevado, B. y Manrique Ch. (57).

La falta de significación estadística para la doble interacción genotipo x localidades x años nos indica que -

los genotipos se comportan independientemente de los años y localidades. Es decir, no se ha podido probar que exista interacción entre estos tres factores.

Al descomponer el análisis combinado para rendimiento de grano, véase el Cuadro N^o 11, se aprecia que la alta significación estadística encontrada para la fuente genotipos se debe exclusivamente al comportamiento de las cruzas intervarietales las cuales obtuvieron significación estadística al nivel de 1 por ciento de probabilidad.

Por otro lado, la significación estadística al 5 por ciento de probabilidad de la interacción genotipo x año se manifiesta por la alta significación de la interacción (PCIM versus CIMMYT) x año, lo cual quiere decir que la variación del rendimiento debido a la diferencia entre progenitores PCIM versus CIMMYT depende del año.

Así mismo, se aprecia que a pesar de no existir significación estadística para la fuente genotipo x localidad al descomponer en sus fuentes se observó que hay significación estadística al 1 por ciento de probabilidad para la interacción progenitores x localidades y ésta a su vez es causada por la alta significación de la interacción (PCIM versus CIMMYT) x localidades, es decir, que en promedio el rendimiento de los progenitores foráneos y locales tuvieron un comportamiento diferente en cada una de las localidades.

CUADRO N° 11. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DEL RENDIMIEN
TO EN GRANO DE MAIZ EXPRESADO EN KG/PARCELA
DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS A TRAVES DE
LOCALIDADES Y AÑOS.

FUENTE DE VARIACION		
Repet./loc./año	12	4.742 **
Años	1	2638.492*
Localidades	1	256.241*
Años x localidades	1	420.292 **
Genotipos	48	10.012 **
Cruzas	35	3.158 **
Progenitores	7	24.566 -
PCIM	3	8.471
CIMMYT	3	1.392 -
(PCIM vs. CIMMYT)	1	142.376 -
Testigos	4	13.280 -
((Cruzas y Progenitores) vs Testigo	1	60.321 -
Cruzas vs Progenitores	1	34.636 -
Genotipo x año	48	2.900 *
Cruzas x año	35	1.567 -
Progenitores x año	7	3.793 -
PCIM x año	3	7.614 -
CIMMYT x año	3	0.592 -
(PCIM vs CIMMYT) x año	1	1.363 **
Testigo x año	4	5.495 -
((Cruza y Progenit.) vs Testigo x año	1	29.023 -
(Cruza vs Progenit.) x año	1	6.873 -
Genotipo x localidades	48	2.342 -
Cruzas x localidades	35	0.892 -
Progenitores x localidades	7	3.166 **
PCIM x localidades	3	3.170 -
CIMMYT x localidades	3	1.875 -
(PCIM vs CIMMYT) x localidades	1	27.025 **
Testigos x localidades	4	2.079 -
(Cruzas y Progenit.) vs Testigo x loc.	1	3.252 -
(Cruzas vs Progenit) x localidades	1	7.449 -
Genotipo x año x localidades	48	1.763 -
Cruzas x año x localidades	35	1.456 -
Progenitores x año x localidades	7	1.092 -
PCIM x localidades x año	3	1.309 -
CIMMYT x año x localidades x año	3	1.239 -
(PCIM vs CIMMYT) x año x localidades	1	0.0004 -
Testigo x año x localidades	4	4.966 **
(Cruzas y Progen.) vs Test. x año x loc.	1	2.673 -
(Cruzas vs Progen.) x año x localidades	1	3.493 -
Error	576	1.287
Total	793	

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

- No significativo.

Cuando se evalúan compuestos y sintéticos como progenitores y sus cruizas derivadas de ellos éstas presentan menor o no interacción con localidades y años y esto viene a reafirmar lo expuesto por Sevilla y Sánchez, C. (74).

El comportamiento de los progenitores sintéticos ha demostrado ser más estable y consistente en los ambientes evaluados que los progenitores compuestos locales los cuales prosperan bien sólo en ambientes favorables, este comportamiento confirma lo manifestado por Fukusaki, G. (25), puesto que las componentes de los compuestos no son evaluados por su habilidad combinatoria.

El comportamiento de las cruizas, a pesar de tener un mismo material genético han respondido de manera diferente en los ambientes de evaluación coincidiendo con lo observado por Sprague y Tatum (76).

Con respecto a las variedades foráneas utilizadas éstas se comportaron mejor en condiciones de mayor temperatura, es decir, en épocas primaverales presentándose estas condiciones en Cañete y Supe durante 1983, coincidiendo con lo manifestado por Huaríngá, J. (39).

4.2 EVALUACION DE LA HETEROSIS

La heterosis se ha expresado en porcentaje como la relación entre rendimiento de los híbridos intervarietales

con el rendimiento per-sé de las variedades progenitoras en kilos por hectárea en cada una de las localidades y años de evaluación y del combinado de éstos.

4.2.1 Evaluación de la heterosis en base al rendimiento medio de los progenitores.

El porcentaje de heterosis con respecto al rendimiento medio de los progenitores se calculó en base al promedio de las cruzas por localidades y años y son mostrados en el Cuadro N° 12 y en el Cuadro N° 13 a, b, c y d para cada una de las localidades y su significación estadística.

El mayor valor heterótico mostrado por la crusa intervarietal con respecto al rendimiento promedio de los progenitores fue el grupo de cruzas PMC-861 x PMS-263 con un promedio de 123.4 por ciento, lo cual nos indica que estas variedades difieren en su frecuencia génica y por tanto tienen mayor diversidad genética. Mientras que el grupo de cruzas PMC-864 x PMC-5 tuvieron el menor valor heterótico con un promedio de 100.1 por ciento indicándonos que en estas variedades no habría suficiente diversidad genética o que el rendimiento per se de los progenitores es favorecido por las condiciones ambientales y no así el de las cruzas.

CUADRO N^o 12. RENDIMIENTO EN KG/HA Y HETEROSIS EN PORCENTAJE CON RESPECTO AL RENDIMIENTO MEDIO DE LOS PROGENITORES DE LAS CRUZAS INTERVARIETALES DE LAS VARIETADES FORANEAS CON LAS VARIETADES LOCALES, EL PROMEDIO DE LOCALIDADES Y AÑOS.

VARIETADES FORANEAS	VARIETADES LOCALES				PROMEDIO	
	PMS-264	PMS-263	PMC-5	PMC-7	Kg/ha % H	
	(6,969)	(6,455)	(7,169)	(7,602)		
	Kg/ha % H	kg/ha % H	kg/ha % H	kg/ha % H	kg/ha % H	kg/ha % H
PMC-861 (5,447)	6,910 111.3*	7,847 123.4**	6,771 107.3	6,896 105.7	6,981 111.9	
PMC-862 (5,828)	6,913 108.0	7,228 117.7**	7,211 110.9	7,048 104.9	7,100 110.4	
PMC-863 (5,834)	6,891 107.6	7,186 117.0**	6,728 103.5	6,921 103.0	6,931 107.8	
PMC-864 (5,569)	6,778 108.1	6,856 114.0*	6,377 100.1	7,064 107.2	6,769 107.3	
Promedio heterosis	6,670 108.7	7,154 118.0	6,772 105.4	6,982 105.2	6,895 109.3	

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

CEBALRO Nº 18 A. RENDIMIENTO DE LOS PARENTALES Y P₁ EN KG/HA Y PORCENTAJE DE HETEROSIS EN CAÑETE 1983

Var. Locales		PMS-264	PMS-263	PMC-5	PMC-7	Promedio
Var. Foráneas		8.209	7.107	7.796	7.889	
PMC-861 (6.331)	Kg/ha	8,420	8,506	7,964	8,277	8,391
	% H	116.000	120.120*	110.000	118.000	120.5
PMC-862 (6.802)	Kg/ha	8,940	8,071	8,857	8,661	8,578
	% H	112.2*	126.300*	110.000	124.500	120.4
PMC-863 (7.240)	Kg/ha	8,446	8,151	7,896	8,122	8,379
	% H	106.7	110.00	104.0	108.7	107.9
PMC-864 (8.996)	Kg/ha	7,962	8,380	7,711	8,576	8,160
	% H	104.0	117.000	104.0	117.000	111.0
Promedio	Kg/ha	8,220	8,122	7,802	8,676	8,302
	% H	100.0	122.2	100.0	117.3	114.7

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

CUADRO 13b. RENDIMIENTO DE LOS PARENTALES Y F_1 EN KG/HA Y PORCENTAJE DE HETEROSIS EN CAÑETE 1984.

Var. Locales		PMS-264	PMS-263	PMC-5	PMC-7	PROMEDIO
Var. Foráneas		4,903	4,984	4,238	5,029	
PMC-861 (4.172)	(Kg/ha)	4,613	5,011	4,892	4,775	4,823
	% H	101.7	109.4	116.3*	103.8	107.8
PMC-862 (4.028)	Kg/ha	4,940	5,054	5,367	5,138	5,125
	% H	110.6	112.2	129.8**	113.5	116.5
PMC-863 (4.459)	Kg/ha	4,910	5,350	4,953	5,240	5,113
	% H	104.9	113.3	113.9	110.4	110.6
PMC-864 (4.005)	Kg/ha	4,962	4,916	4,395	4,979	4,813
	% H	111.4	109.4	106.6	110.2	109.4
Heterosis \bar{X}		107.1	111.1	116.6	109.5	111.1

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

CUADRO Nº 13c. RENDIMIENTO DE LOS PARENTALES Y F₁ EN KG/HA Y PORCENTAJE DE HETEROSIS EN SUPE
1983.

Var. Locales	PMS-264	PMS-263	PMC-5	PMC-7	PROMEDIO
Var. Foráneas	(8.290)	(7.153)	(3.848)	(9.010)	
PMC-861 (6.386)	8,037	8,573	7,771	7,852	8,058
	109.5*	126.6**	95.7	102.0	108.4
PMC-862 (6.713)	7,845	8,282	8,384	7,728	8,060
	104.6	119.4**	101.2	98.3	105.9
PMC-863 (6.658)	7,783	8,073	7,897	7,644	7,849
	104.1	116.9**	95.7	97.6	103.6
PMC-864 (5.984)	8,374	7,685	7,273	8,081	7,853
	117.3**	117.0**	91.9	107.8	108.5
Promedio	8.010	8.153	7,831	7,826	7,955
	108.9	120.0	96.1	101.4	106.6

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

CUADRO Nº 13d. RENDIMIENTO DE LOS PARENTALES $\times F_1$ EN KG/HA Y PORCENTAJE DE HETEROSIS EN SUPE
1984

Var. Locales	PMS-264	PMS-263	PMC-5	PMC-7	PROMEDIO
Var. Foráneas	(6.475)	(6.497)	(6.795)	(8.679)	
PMC-861 (5.005)	6,562	6,899	6,468	6,679	6,652
	114.0*	119.9**	109.6	97.6	110.3
PMC-862 (5.910)	6,525	6,901	6,735	6,396	6,639
	105.4	111.2	106.0	87.7*	102.6
PMC-863 (4.950)	6,721	7,168	8,166	6,681	6,684
	117.6**	125.1 **	104.9	80.0	106.9
PMC-864 (5.291)	5,795	6,463	6,117	6,620	6,249
	98.5	109.6	101.2	94.8	101.0
PROMEDIO	6,401	6,858	6,371	6,594	6,556
	108.9	116.4	105.4	90.0	105.2

* Significativo al nivel de 5% de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

La mayor heterosis podría deberse a la presencia de genes favorables concordando con lo manifestado por Davenporta, Keeble y Pellew; Bruce citados por Paterniani (59) y Jugenheimer (42) y Velazco (86) ya que en el vigor híbrido intervienen numerosos genes que tienden a ser dominantes sobre los alelomorfos y ser complementarios unos a otros.

La heterosis manifestada por las variedades utilizadas como parentales que pueden ser genotipos homocigotos u heterocigotos responden diferencialmente al medio ambiental cambiando la magnitud de la heterosis, por tanto estos resultados corroboraron la manifestado por Jinks (40) quien señala que la constitución genética de los individuos juega un rol muy importante para la expresión de la heterosis y ésta depende del medio ambiente.

La cantidad de heterosis manifestado por las cruzas vienen a reflejar la habilidad en rendimiento mostrada por los progenitores así como la divergencia genética entre éstas. Estas apreciaciones coinciden con lo manifestado por Vencosvky citado por Paterniani y Lonquist (58).

La cruza intervarietal PMC-864 x PMC-5 manifiesta la menor heterosis (100.1 %) para rendimiento en

grano a causa de que los genes recesivos y desfavorables secundarios que pueden aparecer en gran número con efectos individuales logrando suprimir el efecto de la heterosis. Además, por la reducida variabilidad en ~~ambos~~ progenitores PMC-5 (Tuxpeño, Sintético de Harland, Mix-1 y el Tuxpeño braquítico) y el PMC-864 (conformada por el Compuesto Caribeño) puede deducirse que hay menos diversidad genética.

Por otro lado, la crusa intervarietal PMC-868 x PMC-7 tiene un mejor comportamiento que la PMC-864 x PMC-5; sin embargo, tiene valor heterótico negativo en la localidad de Supe mientras que la crusa PMC-863 x PMC-5 también en esta misma localidad mostró menor y negativo valor heterótico. Ambos resultados nos indican que a pesar de haber existido divergencia genética entre los progenitores éstos son afectados por el medio ambiente para la manifestación de la heterosis, lo cual concuerda con lo expuesto por Griffing y Zsiros (33) y Camarena, M. (9).

El rango de valor heterótico en promedio osciló entre 80.0 a 132.8 por ciento para las cruas intervarietales, observándose que estos valores se aproximan a una curva de distribución normal, lo cual coincide con lo expresado por Hallauer y Miranda (36). Véase en el anexo Cuadro N° 4.

Considerando la significación estadística de la interacción genotipo x año, se procedió a realizar el análisis combinado de rendimiento en grano para 1983 y 1984, véase Cuadro N^o 14. Posteriormente se hicieron los cálculos de la heterosis en base al promedio de los progenitores y el progenitor de mayor rendimiento para cada año de evaluación, los cuales pueden apreciarse en el Cuadro N^o 15.

Los valores heteróticos superiores en el año 1983 y con alta significación estadística fueron obtenidas por las cruzas entre las variedades foráneas y el sintético local PMS-263, mientras que en 1984 las cruzas PMC-861 x PMS-263, PMC-863 x PMS-263, PMC-862 x PMC-5 y PMC-861 x PMC-5 alcanzaron los mayores porcentajes heteróticos en forma altamente significativa.

Estos resultados vienen a corroborar la buena performance entre los progenitores PMC-861 x PMS-263 en cada uno de los años evaluados. La mejor respuesta observada en el año 1983 puede deberse principalmente a las mejores condiciones ambientales por los factores de temperatura promedio (19.6 °C y 20.9 °C) y mayor radiación (702.3 y 1,095.5 horas de sol) registradas para las localidades de Cañete y Supe, respectivamente.

CUADRO N^o 14. ANALISIS DE VARIANCIA COMBINADO PRA RENDIMIENTO EN GRANO PARA LOS AÑOS DE EVALUACION, EXPRESADOS EN TM/HA PARA LAS LOCALIDADES CAÑETE Y SUPE.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	
		1983	1984
Repet./localidad	6	4.813 XX	4.671 XX
Localidad	1	10.096 XX	666.438 XX
Genotipo	48	8.684 XX	4.227 XX
Genotipo x Localidad	48	2.047 X	2.058 XX
Error	288	1.319	1.255
TOTAL	391		

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

CUADRO Nº 15. PORCENTAJE DE HETEROSIS OBTENIDA EN PROMEDIO DE PROGENITORES Y EL PROGENITOR SUPERIOR EN PROMEDIO DE LAS LOCALIDADES CAÑETE Y SUPE PARA LOS AÑOS 1983 y 1984

C R U Z A S	H E T E R O S I S (%)			
	Promedio de Progenitor		Progenitor Superior	
	1983	1984	1983	1984
1. PMC-861 x PMS-264	113.1 XX	109.7	99.8	98.2
2. PMC-862 x PMS-264	108.1 X	107.6	98.1	100.7
3. PMC-863 x PMS-264	104.7	111.8 X	96.5	102.2
4. PMC-864 x PMS-264	111.0 XX	104.1	99.1	94.5
5. PMC-861 x PMS-263	129.7 XX	115.3 XX	121.9	103.7
6. PMC-862 x PMS-263	122.3 XX	111.6 XX	118.2	104.1
7. PMC-863 x PMS-263	114.8 XX	119.8 XX	113.1	109.0
8. PMC-864 x PMS-263	117.4 XX	109.5	111.9	99.1
9. PMC-861 x PMC-5	103.9	112.4 XX	89.1	103.0
10. PMC-862 x PMC-5	107.9 X	115.4 XX	94.9	109.7
11. PMC-863 x PMC-5	100.1	108.8	89.5	100.8
12. PMC-864 x PMC-5	97.9	103.4	85.0	85.3
13. PMC-861 x PMC-7	110.1 XX	100.1 XX	96.6	83.5
14. PMC-862 x PMC-7	110.8 XX	97.5 XX	99.8	84.1
15. PMC-863 x PMC-7	103.0	103.1	94.4	86.9
16. PMC-863 x PMC-7	112.2 XX	100.8	99.7	84.6

X Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

XX Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

4.2.2 Evaluación de la heterosis en base al progenitor superior en rendimiento.

El porcentaje de heterosis respecto al progenitor superior se calculó en base al promedio de las cruzas A, B y C y en promedio de localidades y años, el cual se muestra en el Cuadro N^o 16.

Puede apreciarse que la cruzada PMC-861 x PMS-263 obtuvo el mayor valor heterótico con 113.8 por ciento y la cruzada PMC-864 x PMC-5 presentó el menor valor heterótico con un promedio de 88.9 por ciento. Estos resultados indican que las cruzas provenientes de PMC-861 x PMS-263 tienen suficiente divergencia genética y no así entre el PMC-864 x PMC-5.

Así mismo, la mayor heterosis promedio de las cruzas la presenta la variedad PMS-263 con 110.8 por ciento, mientras que la variedad PMC-7 exhibió el menor valor heterótico con 91.8 por ciento. Las cruzas derivadas de las variedades foráneas por el PMS-263 alcanzaron los más altos valores a causa de el menor rendimiento del progenitor local con respecto a las otras variedades PCIM.

Los valores heteróticos obtenidos por las cruzas en promedio de las localidades y años evaluados

CUADRO N^o 16. RENDIMIENTO EN KG/HA Y HETEROSIS EN PORCENTAJE CON RESPECTO AL+ PROGENITOR DE MAS ALTO RENDIMIENTO, DE LAS CRUZAS INTERVARIETALES DE LAS VARIETADES FORANEAS CON LAS VARIETADES LOCALES, EN PROMEDIO DE LOCALIDADES Y AÑOS.

Var. Locales	PMS-264	PMS-263	PMC-5	PMC-7	PROMEDIO
Var. Foráneas	(6,969)	(6,455)	(7,169)	(7,062)	
PMC-861 (5,447)	6,910	7,347	6,771	6,896	6,981
	99.1	113.8	94.4	90.7	99.5
PMC-862 (5,828)	6,913	7,228	7,211	7,048	7,100
	99.2	112.0	110.6	92.7	101.1
PMC-863 (5,834)	6,891	7,186	6,728	6,921	6,931
	98.9	111.3	93.8	91.0	98.7
PMC-864 (5,569)	6,778	6,856	6,377	7,064	6,769
	97.3	106.2	88.9	92.9	96.3
PROMEDIO	6,873	7,154	6,772	6,982	6,945
	98.6	110.8	94.4	91.8	98.9

fue de 98.9 por ciento. Este valor nos indica que no hay incremento del rendimiento de las cruzas debido a que los progenitores locales alcanzaron rendimientos superiores a 6.4 TM/ha., dado principalmente por su amplia adaptación frente a las cruzas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Lonquist y Gardner (43), Manrique y Nakahodo (49), Paterniani y Lonquist (58) y Sánchez (71).

Estos resultados no coinciden con los valores heteróticos observados por Sánchez, C. (70) cuya heterosis en promedio de progenitores en siembras de verano fue de 137 por ciento, llegando a alcanzar máximos individuales de 170 por ciento; Torregroza, 1973 (80) encontró 123 por ciento de heterosis en promedio de sus progenitores al cruzar variedades colombianas x ecuatorianas y 119 por ciento cuando cruzaron variedades colombianas x peruanas, mientras que (81) también evaluando cruzas intervarietales obtuvo valores heteróticos entre 91 - 140 por ciento en base a la media de los progenitores y de 80.9 a 126.9 por ciento con respecto al progenitor de rendimiento superior.

Igualmente, Córdova y Poey citados por Sánchez, C. (70) reportan ganancias de 33 por ciento entre familias de poblaciones CIMMYT de grano amarillo; -

Vasco, A (85) observó que la heterosis varió de - 130 a 147 por ciento y Velasco, P. (86) encontró valores heteróticos de 177 por ciento y 109 por ciento - con respecto al rendimiento medio de progenitores y al progenitor superior.

También Akhtar y Sing (1) encontraron heterosis de 112 a 173.9 por ciento y la cruce de mayor heterosis alcanzó valores de 140.8 por ciento con respecto al progenitor superior, Robinson, et al (63) hallaron 20 por ciento de heterosis media y 11.5 por ciento en base al progenitor de mayor rendimiento, Tovan Schaik et al, citado por Robinson y Moll (66) obtuvieron valores heteróticos que variaron entre - 65 a 196 por ciento; Moll, et al (65) encontraron - 24 por ciento de heterosis en promedio de sus progenitores y Cortez, F. (17) reportó heterosis en base a la media de sus progenitores de 129 por ciento.

La discrepancia de los valores heteróticos puede explicarse por la reducida o falta de diversidad genética entre los progenitores y a las condiciones ambientales prevalentes en cada ambiente de evaluación.

4.3 GANANCIA HETEROTICA

La ganancia heterótica expresada en kg/ha en promedio de las cruzas intervarietales A, B y C en localidades y años se observan en el Cuadro N° 17.

Apreciamos que con las cruzas intervarietales PMC-861 x PMS-263, PMC-862 x PMS-263, PMC-863 x PMS-263 y PMC-864 x PMS-263 se alcanzaron las mayores ganancias heteróticas con 1,398; 1,086; 1,042 y 844 kg/ha., respectivamente. Mientras que con las cruzas entre PMC-861, PMC-862, PMC-863 y PMC-864 con el compuesto local PMC-7 se obtuvieron los más bajos valores de ganancia heteróticos con 372, - 332, 203 y 470 kg/ha., respectivamente.

Los resultados obtenidos son explicados por el comportamiento de los híbridos intervarietales el cual fue muy afectado por los factores ambientales como humedad, temperatura, horas de sol y clase de suelo, etc., en cada evaluación realizada, coincidiendo con lo manifestado por Cerrate y Sevilla (17) que el vigor híbrido no se muestra cuando las condiciones ambientales son adversas.

Dentro de las localidades y años evaluados, en Cafete 1988 se aprecia mayor ganancia heterótica de las cruzas intervarietales y en el comportamiento de estos híbridos destacan las cruzas entre las variedades foráneas y el

CUADRO Nº 17. GANANCIA HETEROTICA ENCONTRADA EN LAS LOCALIDADES Y AÑOS DE EVALUACION,
 ASI COMO EN PROMEDIO DE ELLOS DE LOS HIBRIDOS INTERVARIETALES, EN CONDI-
 CIONES DE COSTA EN TM/ha.

C R U Z A S	C A Ñ E T E		S U P E		P R O M E D I O
	1983	1984	1983	1984	
1. PMC-861 x PMS-264	1.211	0.076	0.699	0.822	0.702
2. PMC-862 x PMS-264	0.905	0.475	0.344	0.333	0.514
3. PMC-863 x PMS-864	0.412	0.229	0.309	1.004	0.489
4. PMC-864 x PMS-264	0.379	0.508	1.237	-0.088	0.509
5. PMC-861 x PMS-263	2.198	0.433	1.804	1.148	1.396
6. PMC-862 x PMS-263	1.747	0.548	1.349	0.698	1.086
7. PMC-863 x PMS-263	0.928	0.629	1.168	1.440	1.042
8. PMC-864 x PMS-263	1.268	0.421	1.117	0.569	0.844
9. PMC-861 x PMC-5	0.943	0.687	-0.346	0.568	0.463
10. PMC-862 x PMC-5	1.128	1.234	0.104	0.383	0.712
11. PMC-863 x PMC-5	0.368	0.605	-0.356	0.289	0.227
12. PMC-864 x PMC-5	0.326	0.273	-0.643	0.074	-0.008
13. PMC-861 x PMC-7	1.319	0.175	0.154	-0.163	0.372
14. PMC-862 x PMC-7	1.756	0.610	-0.133	-0.898	0.333
15. PMC-863 x PMC-7	0.648	0.496	-0.190	-0.138	0.203
16. PMC-864 x PMC-7	1.233	0.462	0.584	-0.365	0.478

sintético PMS-263, lo cual nos indica que existe suficiente diversidad genética entre estos progenitores, corroborando las observaciones de Casas y Wallhausen, (11), Moll et al, 1962 (52), Paterniani et al (58), Cress (19) y Moll et al (55).

4.4 CARACTERES AGRONOMICOS

4.4.1 Altura de planta, altura de mazorca y contenido de humedad del grano.

En el Cuadro Nº 18 se presentan los valores promedios de rendimiento en kg/ha, valor heterótico en promedio de progenitores, altura de planta, altura de mazorca y humedad del grano a la cosecha.

Si bien los promedios de valores heteróticos para rendimiento obtenidos en las cruzas varietales son relativamente bajos a causa del alto rendimiento per se de las variedades progenitoras, puede apreciarse que ellas tienen características como altura de planta y mazorca menores que las variedades PCIM con promedios de 223.4 y 120.6 cm., respectivamente.

Dentro de las cruzas, puede apreciarse que el PMC-864 x PMC-5, PMC-862 x PMS-264 y PMC-863 x PMS-

CUADRO Nº 18. RENDIMIENTO PROMEDIO, VALOR HETEROTICO EN PROMEDIO DE PROGENITORES, ALTURA DE PLANTA Y MAZORCA Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL GRANO DE LAS CRUZAS INTERVARIETALES, PROGENITORES Y TESTIGOS.

C R U Z A S INTERVARIETALES	Rdto. (kg/ha)	Heter. \bar{x} prog.(%)	Alt. de plta (cm)	Alt. de mazorca (cm)	Humedad de gra- no (%)
1. PMC-681 x PMS-264	6,910	111.3 ^x	219.1	117.0	26.5
2. PMC-863 x PMS-264	6,890	107.6	216.2	115.2	25.7
3. PMC-862 x PMS-264	6,912	108.0	215.0	110.6	26.4
4. PMC-864 x PMS-264	6,778	108.1	221.2	117.2	24.7
5. PMC-861 x PMS-263	7,347	123.4 ^{xx}	230.6	127.5	25.8
6. PMC-863 x PMS-263	7,185	117.0 ^{xx}	230.4	121.5	27.2
7. PMC-862 x PMS-263	7,227	117.7 ^{xx}	229.1	122.1	25.9
8. PMC-864 x PMS-263	6,856	114.0 ^x	230.7	126.3	25.3
9. PMC-861 x PMC-5	6,771	107.3	218.8	119.9	27.1
10. PMC-863 x PMC-5	6,728	103.5	218.9	118.1	27.6
11. PMC-862 x PMC-5	7,211	110.9	223.0	122.9	26.9
12. PMC-864 x PMC-5	6,377	100.1	209.5	114.2	24.7
13. PMC-861 x PMC-7	6,896	105.7	222.8	121.5	26.8
14. PMC-863 x PMC-7	6,921	103.0	226.4	119.3	25.7
15. PMC-862 x PMC-7	7,048	104.9	230.4	129.9	25.8
16. PMC-864 x PMC-7	7,064	107.2	231.8	127.2	24.5
\bar{x} Cruzas	6,945		223.4	120.6	26.0
\bar{x} PCIM	7,049		226.6	149.6	28.9
PMS-263			263.8	158.3	29.8
PMS-264			229.8	130.2	26.0
PMC-5			246.2	146.7	29.9
PMC-7			266.5	163.0	30.1
\bar{x} CIMMYT	5,669		187.5	95.5	25.2
\bar{x} Testigos	7,440		250.7	140.7	27.0

264 tienen los más bajos portes de planta con 209.5, 215.0 y 216.2 cm. de altura, mientras que las cru - zas más altas fueron PMC-864 x PMC-7, PMC-864 x PMS-263 y PMC-861 x PMS-263. con 231.8, 230.0 y 230.6 cm.

Si comparamos la altura de planta de las cruzas con el progenitor local común se observa que hay re ducción en porte de planta, destacando en el compuesto PMC-7 y el sintético PMS-263 con 38.7 y 33.6 cm., respectivamente.

Con respecto a altura de mazorca en las cruzas puede observarse que el rango de variación fue de - 110.6 a 129.9 cm. y un promedio de 120.6 cm., sobre saliendo las cruzas PMC-862 x PMS-264, PMC-864 x PMC-5 y PMC-863 x PMS-264 por presentar mazorcas a 110.6, 114.2 y 115.2 cm. de altura.

En lo concerniente a humedad del grano, se en - contró el porcentaje de humedad promedio para las cruzas de 26.0, mientras que los progenitores PCIM y CIMMYT en promedio tuvieron 29.9 y 25.2 por ciento respectivamente. Dentro de las cruzas los más ba - jos porcentajes correspondieron a PMC-864 x PMC-7 , PMC-864 x PMS-264 y PMC-864 x PMC-5 con 24.5, 24.7 y 24.7 por ciento de humedad.

En consecuencia al analizar conjuntamente estos caracteres pueden observarse que a pesar de no haberse ganado en rendimiento en las cruzas intervarietales ellas muestran características que los mejoradores buscan para la formación de variedades para estas condiciones de siembra como son: el menor porte de planta y la precocidad. De los materiales evaluados sobresale por estos atributos la cruzada PMC-861 x PMS-263 con 230.6 y 127.5 cm. para altura de planta y mazorca y un 25.8 por ciento de humedad en grano, además del valor heterótico de 123.4 por ciento; le siguen en importancia las cruzas PMC-862 x PMS-263, PMC-863 x PMS-263 y el PCM-862 x PMC-5.

4.5 EVALUACION DE LA HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA.

El análisis de la habilidad combinatoria general y específica se hizo para cada una de las localidades y años evaluados. En el Cuadro N° 19, se presentan los cuadros medios correspondientes a los análisis de variancia individuales.

Para Cañete 1983, las cruzas (dentro de los componentes de la fuente de tratamientos) muestran que la habilidad combinatoria general de las variedades foráneas y locales alcanzaron significación estadística al nivel de 5

CUADRO Nº 19. ANALISIS DE VARIANCIA PARA HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA
DEL RENDIMIENTO DE CRUZAS FORANEAS X LOCALES. CAÑETE Y SUPE 1983-1984.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L.	CAÑETE		SUPE	
		1983	1984	1983	1984
Repeticiones	3	7.961 **	2.136 -	1.665 -	7.206 **
Tratamientos	48	4.761 **	1.644 -	5.970 **	4.641 **
Cruzas	35	1.895 -	1.017 -	2.201 *	1.959-
H.C.G. Foráneas	3	3.291 *	1.866 -	2.159 -	1.965-
H.C.G. Locales	3	5.721 **	0.996 -	2.688 -	4.066 *
H.C.E. (fx1)	24	0.952 -	0.736 -	2.154 *	1.694 -
Progenitores	7	3.837 **	1.762 -	17.917 **	14.090 **
PCIM	3	1.653 -	1.282 -	12.201 **	10.426 **
CIMMYT	3	1.862 -	0.408 -	1.037 -	1.791 -
PCIM VS CIMMYT	1	10.316 **	7.259 **	85.707 **	61.983 **
Testigo	4	8.127 **	4.010 -	4.821 **	8.883 **
Cruzas y progenitores vs. testigo.	1	35.509 **	1.134 -	51.768 **	11.863 **
Cruzas vs progenitores	1	67.420 **	13.824 **	13.042 **	8.175 -
Error	144	1.293	1.154	1.346	1.357
TOTAL	195				

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad.

y 1 por ciento de probabilidad respectivamente, mientras que la habilidad combinatoria específica no fue significativo estadísticamente.

Tanto en Cafete 1984 y Supe 1983 no se encontró significación estadística para la habilidad combinatoria general de variedades foráneas y locales. En Supe 1984 se encontró significación estadística para la habilidad combinatoria general de las variedades locales. La significación para habilidad combinatoria general de las variedades locales fue debido principalmente a la performance de los sintéticos y compuestos de PCIM y, en Cafete 1983 también a causa del diferente comportamiento de las variedades foráneas.

En la localidad de Supe 1983 la habilidad combinatoria específica resultó ser significativo al 5 por ciento de probabilidad, lo cual nos indica que en promedio de las cruzas hay ciertas combinaciones que son superiores e inferiores en relación al comportamiento promedio de los progenitores y en ellas intervienen principalmente los sintéticos que están conformados por genotipos seleccionados por su capacidad combinatoria.

Las diferencias estadísticas por habilidad combinatoria general de los grupos foráneos y locales está demostrando las posibilidades de futuros progenitores, siendo noto-

rio al mayor significado de este parámetro en las variedades locales. La habilidad combinatoria específica, aunque de menor valor, está sugiriendo también la existencia de diferencias significativas identificables para posibles programas de hibridación.

Puesto que hay significación estadística de la habilidad combinatoria general de las variedades locales, este parámetro nos da un índice superior de dichas variedades y dentro de ellas el sintético PMS-263 es el que mostró mayor aptitud combinatoria para rendimiento, lo cual quiere decir que es una variedad que tiene una alta frecuencia de genes deseables para este carácter, reafirmando de esta forma lo expresado por Velazco, P. (86), más no coincide con la información de Sánchez, C. (71), quien reportó que el sintético PMS-264 sobresalió en las diferentes evaluaciones.

El análisis de variancia combinado de localidades y años y la subdivisión de las cruzas en su habilidad combinatoria para el carácter rendimiento en grano se muestra en el Cuadro Nº 20.

Así se observa que las cruzas alcanzan significación estadística al 1 por ciento de probabilidad y esto es causado por la habilidad combinatoria general de las variedades locales de considerable magnitud.

CUADRO N° 20. ANALISIS DE VARIANCIA COMBINADO DE LOCALIDADES Y AÑOS, HABILIDAD COMBINATORIA DE LOS PROGENITORES Y LA HABILIDAD COMBINATORIA ESPECIFICA DE LAS CRUZAS DEL CARACTER RENDIMIENTO EN GRANO.

FUENTE DE VARIACION	G. DE L.	CUADRADOS MEDIOS
Repeticiones /localidad /año	12	4.742 **
Años	1	2638.192
Localidades	1	258.241
Cruzas	35	3.158 **
HCG _F	8	4.224
HCG _L	3	10.073 *
HCE	24	1.938
Cruzas x años	35	1.567
HCG _F x años	8	2.295
HCG _L x años	3	0.814
HCE x años	24	1.419
Cruzas x localidades	35	0.892
HCG _F x localidades	8	1.321
HCG _L x localidades	3	0.900
HCE x localidades	24	0.748
Cruzas x años x localidades	35	1.456
HCG _F x años x localidades	8	1.441
HCG _L x años x localidades	3	1.685
HCE x años x localidades	24	1.432
Error	576	1.287

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad

En las interacciones de primer y segundo orden de las cruzas con localidades, años y años x localidades respectivamente no se observaron significación estadística para la habilidad combinatoria general y específica.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Gardner y Lonquist (28) y Luchsinger y Violic (45) y difieren de las observaciones realizadas por Nakahodo, N. (56), Rojas y Sprague (67) y Matzinger et al. (51).

En el Cuadro N° 21 se presentan los cuadrados medios y los estimados de los componentes de los esperados cuadrados medios para la habilidad combinatoria general y habilidad combinatoria específica y de las interacciones con localidades, años y localidades x años del combinado.

Los resultados encontrados para la alta significación estadística de cruzas es atribuída al alto valor de los estimados de componentes de los esperados cuadrados medios y principalmente al efecto de la habilidad combinatoria general de las variedades locales cuyo valor es de 0.543, mientras los otros efectos no alcanzaron significación estadística y presentan valores muy bajos, excepto la habilidad combinatoria general de las variedades foráneas x años y la habilidad combinatoria general de las variedades locales x localidades x años cuyos valores son 0.107 y 0.100 respectivamente.

CUADRO N° 21 ESTIMADOS DE LOS COMPONENTES DE VARIANCIAS PARA RENDIMIENTO EN LAS CRUZAS INTERVARIETALES.

FUENTES DE VARIACION	ESTIMADOS DE COMPONENTES DE VARIANCIAS
Cruzas	0.107
HCG _F	0.174
HCG _L	0.543
HCE	0.038
Cruzas x años	0.111
HCG _F x años	0.107
HCG _L x años	0.000
HCE x años	0.000
Cruzas x localidades	0.000
HCG _F x localidades	0.000
HCG _L x localidades	0.000
HCE x localidades	0.000
Cruzas x localidades x años	0.042
HCG _F x localidades x años	0.039
HCG _L x localidades x años	0.100
HCE x localidades x años	0.036
Error	1.287

Estos resultados vienen a informar que el comportamiento de las variedades foráneas en su habilidad para rendimiento difieren en mayor grado de un año a otro de evaluación pero no llega a ser significativa. La alta habilidad combinatoria general encontrada para las variedades locales significa que hay predominancia de los efectos génicos aditivos para expresión de mayor rendimiento, concordando con lo manifestado por Spragu y Tatum (76), Rojas y Sprague (67), Jinks (40) y Vargas y Vanegas (84).

En el Cuadro Nº 22 se presentan los efectos de la habilidad combinatoria general estimada para los grupos de progenitores y los de habilidad combinatoria específica de las cruzas .

Los más altos valores g_i y g_j coinciden con los rendimientos de la craza; mientras que los más altos valores específicos s_{ij} ponen en evidencia la aptitud de la variedad PMC-862 y PMC-864 en sus cruzas con variedades locales.

Los efectos positivos más altos para la habilidad combinatoria general entre las variedades locales lo encontramos en la variedad PMS-263 (0.323) y el PMC-7 (0.061) y en las foráneas lo presentan : PMC-862 (0.240) y PMC-861 (0.058).

CUADRO N° 22. RESUMEN DE LOS ESTIMADOS DE LOS EFECTOS DE LA HABILIDAD COMBINATORIA GENERAL DE LOS PARENTALES Y LA HABILIDAD COMBINATORIA ESPECIFICA EN LAS CRUZAS INTERVARIETALES EN PROMEDIO DE LOCALIDADES Y AÑOS.

	Var. locales	PMC-263	PMC-264	PMC-5	PMC-7
Var. foráneas		0.323	- 0.122	-0.262	0.061
PMC-861	0.058	0.237	0.014	-0.058	-0.191
PMC-863	-0.032	0.080	0.015	-0.035	-0.061
PMC-862	0.240	-0.128	-0.164	0.432	-0.140
PMC-864	-0.266	-0.190	0.136	-0.337	0.391

En las cruzas los efectos positivos más altos para la habilidad combinatoria específica se presentaron en PMC - 862 x PMC-5 (0.432), PMC-864 x PMC-7 (0.391) y PMC-861 x PMS-263 (0.237), PMC-864 x PMS-264 (0.136) y PMC-863 x PMS-263 (0.080), lo cual nos indica que entre dichos pares de variedades hubo un mejor aprovechamiento de los efectos específicos.

El conocimiento de los estimados de los efectos genéticos nos permitirá seleccionar a las variedades que presentan los más altos valores en los efectos para la habilidad combinatoria general o específica y lograr un mejor aprovechamiento de las variedades en la obtención de los híbridos altamente productivos.

V. CONCLUSIONES

1. La cruz PMC-861 B x PMS-263 ha ocupado los dos primeros lugares en los cuatro ambientes, con un rendimiento promedio de 7,602 kg/ha., superando a los testigos PM-701, PM-205 y PM-210 cuyos rendimientos fueron 6,510; 7,300 y 7,571 kg/ha., respectivamente.
2. La heterosis promedio de todas las cruzas con respecto al rendimiento medio de los progenitores fue de 109.3 por ciento y referente al progenitor de mayor rendimiento la heterosis encontrada fue de 98.9 por ciento. En ambos casos el híbrido intervarietal PMC-861 x PMS-263 dio los valores heteróticos más altos de 123.4 y 113.8 por ciento, respectivamente, lo cual corresponde a una ganancia heterótica equivalente a 1,396 kg/ha.
3. Los híbridos intervarietales entre las variedades foráneas y el sintético PMS-263, superaron en valor heterótico y a las otras cruzas y fueron altamente significativos en 1983; mientras que en 1984, sólo algunas cruzas nacionales x foráneas como las cruzas intervarietales PMC-863 x PMS - 263, PMC-862 x PMC-5 y PMC-861 x PMS-263 alcanzaron los mayores valores heteróticos y alta significación estadística.
4. Los efectos de habilidad combinatoria general de las variedades locales resultaron ser más importantes, lográndose apreciar significación estadística al nivel de 5 % de probabilidad.

5. La magnitud del estimado del componente de variación para la habilidad combinatoria general de las variedades locales fue tres veces mayor que el de las variedades foráneas. Las variedades PMS-263, PMC-862 A, PMC-861 B y PMC-7, presentan los efectos genéticos más altos en relación a la habilidad combinatoria general; mientras que para la habilidad combinatoria específica las cruzas con superiores efectos fueron PMC-864 B x PMC-7, PMC-862 A x PMC-5, PMC-864 A x PMS-264, PMC-862 B x PMC-5 y PMC-863 B x PMS-263.

VI. RESUMEN

El comportamiento de las cruzas provenientes de nueve variedades desarrolladas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y mejoradas por el Programa Cooperativo de Investigación en Maíz (PCIM) y cuatro variedades locales desarrolladas por el PCIM de la Universidad Nacional Agraria dentro del Proyecto de Maíz Tropical, mediante el sistema de cruzas en dialélico parcial, fueron evaluadas para su respuesta heterótica a través de localidades y años y determinar la habilidad combinatoria de estas variedades.

El experimento planeado por el Proyecto Maíz Tropical se realizó en los ambientes de Cañete (1983 y 1984) y Supe (1983 y 1984).

El diseño experimental para todos los ensayos fue Láttice Simple 7 x 7 con cuatro repeticiones; no obstante los análisis se realizaron en Diseño Bloque Completo al Azar debido a la baja eficiencia del láttice.

La heterosis fue calculada tanto en base al rendimiento medio de los progenitores como en base al progenitor de más alto rendimiento y la ganancia heterótica fue determinada por la diferencia entre el rendimiento del híbrido intervarietal y el rendimiento medio de los dos progenitores. Para el análisis de la habilidad combinatoria general y específica se siguió la metodología propuesta por Beil y Atkins (6).

Los rendimientos individuales de las cruzas en promedio de ambientes presentaron un rango de variación de 6,241 a 7,602 kg/ha, con una media de 6,949 kg/ha. El rendimiento de los progenitores nacionales varió de 6,455 a 7,602 kg/ha con una media de 7,049 kg/ha. mientras que en las variedades foráneas el rendimiento varió de 5,447 a 5,834 kg/ha y una media de 5,669 kg/ha.

La cruzada PMC-861 B x PMS-263 mostró mayor rendimiento, observándose un promedio de 7,602 kg/ha. y logra superar a los testigos PM-701, PM-205 y PM-210 que alcanzaron rendimientos de 6,510; 7,300 y 7,571 kg/ha, respectivamente.

La cruzada PMC-861 x PMS-263 mostró la mayor heterosis con 123.4 % respecto a la media de los parentales y 113.8 % con referencia al progenitor de rendimiento superior, y alcanzó la mayor ganancia heterótica, expresada en 1,396 kg/ha. en promedio de ambientes evaluados.

Solamente se observó significación estadística para habilidad combinatoria general de las variedades locales y no así para la habilidad combinatoria específica y las interacciones de ambas con localidades, con años y con localidades y años.

La magnitud del estimado del componente de variación para habilidad combinatoria general de las variedades locales es tres veces mayor que la correspondiente a las variedades foráneas y, 15 veces mayor con respecto a la habilidad combinatoria específica.

Las variedades foráneas mejoradas que presentaron los efectos más altos para habilidad combinatoria general son: PMC-862 (0.240) y PMC-861 (0.058) y entre las locales PMS 263 (0.323) y PMC-7 (0.061). Mientras que las cruzas con efectos más altos para la habilidad combinatoria específica fueron: PMC-864 x PMC-7 (0.391), PMC-862 x PMC-5 (0.432) y PMC-861 x PMS-263 (0.237). Estos resultados nos permiten recomendar la evaluación de estas variedades por medio de un programa de selección recurrente recíproca con la finalidad de desarrollar híbridos altamente rendidores.

LITERATURA CITADA

- 1.- AKTAR, S.A. and SINGH, T.P. 1981. Heterosis in v rietal crosses of maize. Madras Agric. Journ. 68: 47-51
- 2.- ALLARD, R.W. 1961. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments Crop Scie. 2: 127-133
- 3.- ALLARD, R.W. and A.D. BRADSHAW. 1964. Implications of genotype environment interactions in applied plant breeding crop. Scie. 4: 503-507
- 4.- ALLARD, R.W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. 4ta.Ed. Trad. José L. Montoya. Barcelona, Ediciones Omega S.A.
- 5.- AVILA, G. 1973. Comportamiento genético de algunas líneas de maíz originarias de norteamérica en combinaciones con germoplasma boliviano. En: Quinta Reunión de Maiceros de la Zona Andina, Cochabamba, Bolivia. Marzo 26-30, Centro de Investigaciones Fitosécnicas y Ecogenéticas de Pairumani y CIAT. pág.264-272
- 6.- BEIL, G.M. AND ATKINS, R.E. 1967. Estimates of general and specific ability in F_1 hybrids for grain yield and its components in grain sorghum, Sorghum vulgare pers Crop Science 7: 225-228.
- 7.- BUCIO, A.L. Interpretación de la variancia fenotípica cuando se consideran efectos genéticos ambientales e interacción genético ambiental. Agrociencia 4(1): 29-37 p.
- 8.- CALZADA, B.J. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. Lima, Editorial Jurídica, S.A. 644 p.

- 9.- CAMARENA MAYTA F. 1978. Comportamiento de cuatro compuestos amarillos duros de maíz de la costa peruana y cruzas posibles en diferentes condiciones ambientales. Tesis M. Scie. Lima, Perú
- 10.- CASAS, D.E. 1968. Modelo genético para el estudio de heterosis. - Fitotecnia Latinoamericana Vol. 5(2): 141-157
- 11.- CASAS, D.E. and WELLHAUSEN, J.E. 1968. Diversidad genética y heterosis. Fitotecnia Latinoamericana Vol. 5(2) : 53-61
- 12.- CERRATE, V.A. y SEVILLA, P.R. 1973. Heterosis intraracial evaluada en compuestos de maíces peruanos En: Quinta Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Cochabamba, Bolivia. Marzo 26-30, 1973. Centro de Investigaciones Fitotécnicas y Ecogenéticas de Pairumani y CIAT. pág. 248-255
- 13.- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO 1986. Maize Abstracts 2 (2) : 74. Reference 680.
- 14.- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. 1986. Informe preliminar de 1986. Programa de Ensayos Internacional de Maíz del CIMMYT
- 15.- COCHRAN, W.G. and G.M. COX. 1956. Experimental Designs, New York, Ed. John Wiley and Sons, Inc. 710 pág.
- 16.- COMPTON, A.W. 1965. Conceptos básicos de la genética estadística. Publicación Universidad Nacional Agraria, Misión Carolina del Norte. A.I.D. 87 pág.
- 17.- CORTEZ, F.J. 1967. Comportamiento de cruzas intervarietales y sus generaciones avanzadas en maíz. Tesis M.Sc. UNA. Lima, Perú
- 18.- COVARRUBIAS, R. 1960. Cruzas intervarietales, una gran posibilidad para los programas de mejoramiento de maíz en Latinoamérica. En: VI Reunión Centroamericana del Proyecto Centroamericano. Nicaragua

- 19.- CRESS, C.C. 1960. Heterosis of the hybrid related to frequency differences between two populations. *Genetics* 53: 269-274
- 20.- CROW, J.F. 1948. Alternative hypothesis of hybrid vigor. *Genetics* 33: 477-487
- 21.- EBERHART, S.A., RUSSELL, W.A. and PENNY, C.H. 1964. Double cross hybrid prediction in maize when epistasis is present. *Crop Sci* - 4(4): 363-366
- 22.- FALCONER, D.S. 1972. *Introducción a la genética cuantitativa.* - Trad. Fidel Márquez S. México, Compañía Editorial Continental S.A. 365 p.
- 23.- FEDERER, W.T. 1955. *Experimental designs. Theory and application.* New York MC Millán. 544 p.
- 24.- FRANCIS, C.A. 1972. Natural daylengths for photoperiod sensitive plants. CIAT, Cali, Colombia. *Tech Bull* N^o 2 . pág.32
- 25.- FUKUSAKI, Y.G. 1977. *Evaluación de cultivares de maíz en la selva alta central.* Tesis M.S. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima
- 26.- GARDNER, C.O. 1965. *Teoría de Genética Estadística Aplicable a las medias de variedades, sus cruces y poblaciones afines.* *Fitotecnica Latinoamericana* 2(1-2): 11-12
- 27.- GARDNER, C.O. and EBERHART, S.A. 1966 *Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations.* *Biometrics* - 22(3): 439-452
- 28.- GARDNER, C.O. and LONNQUIST, J.H. 1966. *Teoría genética estadística y procedimientos útiles para el estudio de las variedades y cruzamientos intervarietales de maíz* Reprint from heterosis in intervarietal crosses of maize. CIMMYT. *Research Bulletin* No.2.

- 29.- GARDNER, C.O. 1967. Simplified methods for estimating constants and computing sums of square for a diallel cross analysis. *Fitotecnica Latinoamericana*: 1-12 pág.
- 30.- GOWEN, J.W. 1952 *Heterosis*. IOWA STATE COLLEGE, College Press Ames Iowa; 494-516 pág.
- 31.- GRIFFING, J.B. 1956. An generalised treatment of the use of diallel cross in quantitative inheritance. *Heredity* 10: 31-50 p.
- 32.- GRIFFING, J.B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austral jour. of Biol. Sci.* 9(4): 463-493.
- 33.- GRIFFING, J.B. and ZSIROS, E. 1971. Heterosis associated with genotype environment interactions. *Genetics* 68:443-455.
- 34.- GROBMAN, A. 1973. Estado del mejoramiento del maíz en el trópico bajo de la Zona Andina. Cochabamba, Bolivia. Marzo 26-30. *Centro de Investigaciones Fitotécnicas y Ecogenéticas de Pairumani y CIAT*. P'gs. 157-169.
- 35.- HALLAUER, A.R. and EBERHART, S.A. 1966. Evaluation of synthetic varieties of maize for yield. *Crop Scie.* 6: 423-427.
- 36.- HALLAUER, A.R. and MIRANDA, J.B.F. 1981. Quantitative genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press/ Ames Pág.15-19 and 337-471.
- 37.- HENDERSON, M.T. 1949. A consideration of the genetics explanations of heterosis. *Agronomy Journal* 41(3): 123-126.
- 38.- HUARINGA, J.A. 1982. Heterosis en el mejoramiento de plantas. Seminario I, II Semestre 1982. Escuela de Post-grado Universidad Nacional Agraria. Lima, Peru. 9 pág.

- 39.- HUARINGA, J.A. 1983. Evaluación de variedades foráneas de maíz amarillo duro (Zea mays L.) bajo dos épocas de siembra en la localidad de La Molina. Tesis Ing. Agr. 95 pág.
- 40.- JINKS, J.L. Separata. Biometrical Genetics of heterosis. 15 p.
- 41.- JINKS, J.L. And JONES, R.M. 1958. Estimation of the heterosis components. Genetics 43:223-234.
- 42.- JUGENHEIMER, W.R. 1981. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. por Rodolfo Peña García. México, Editorial Limusa, S.A. Pág. 87-95.
- 43.- LONNQUIST, J.H. AND GARDNER, C.O. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implications in breeding procedures. Crop Scie 1(3): 179-183.
- 44.- LONNQUIST, J.H. 1965. Métodos de selección útiles para mejoramiento dentro de poblaciones. Fitotecnia Latinoamericana 2(1,2). - Enero-Julio 1-22 págs.
- 45.- LUCHSINGER, L.A. Y VIOLIC, H.A. 1972. Capacidad combinatoria general y específica para rendimiento y sus componentes de 10 líneas de maíz. Fitotecnia Latinoamericana 8(2): 36-45.
- 46.- MANRIQUE, CH.A. Y FEGAN, E.W. 1971. Utilización de germoplasma norteamericano en Latinoamérica. Tercera Conferencia de Mejoramiento de Maíz de la Zona Andina. Cali, p.104-108.
- 47.- MANRIQUE, CH. A. y ROBLES, I.L. 1975. Utilización de poblaciones de maíz de amplia base genética en el mejoramiento del maíz Informativo del maíz Número Extraordinario I, pág. 26-29. Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, Universidad Nacional Agraria.

- 48.- MANRIQUE, CH.A.; NAKAHODO, N.J. Y SOTOMAYOR, R.J. 1980. Evaluación de la habilidad combinatoria de dos componentes de rendimiento en dos compuestos de maíz (Zea Mays L.). Informativo del Maíz Número Extraordinario Vol III. Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 49.- MANRIQUE, CH.A. Y NAKAHODO, N.L. 1981. Efecto de la heterosis entre poblaciones tropicales, En: Memorias de la IX Reunión de Maiceros de la Zona Andina. 1981. Maracay, Venezuela 11-15 Agosto 1980. p. 279-291.
- 50.- MANRIQUE, CH. A. 1987. El maíz en el Perú. Banco Agrario del Perú.
- 51.- MATZINGER, D.F.; SPRAGUE, G.F. AND COCKERHAM, C.C. 1959. Diallel crosses of maize in experiments repeated over locations and years Agronomy journal 51: 346-350
- 52.- MEMORIAS 1980. IX Reunión de Maiceros de la Zona Andina Maracy, Venezuela, 11-15 Agosto de 1980
- 53.- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACION. Estadística Agrícola. Oficina Sectorial de Estadística, OSE. Boletín Estadístico de la Producción Agropecuaria.
- 54.- MOLL, R.H.; SALHUANA, W.S. AND ROBINSON, H.F. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. Crop Scie. 2: 197-198
- 55.- MOLL, R.H.; LONNQUIST, J.H.; VELEN, F.J. AND JOHNSON, E.C. 1965. The relationship of heterosis and genetics divergence in maize. Genetics 52: 139-144.
- 56.- NAKAHODO, N.J. 1983. Evaluación de la habilidad combinatoria general y específica en líneas S_1 de dos compuestos de maíz amarillo duro. Tesis Mg.Sc. Universidad Nacional Agraria, Lima Perú

- 57.- NEVADO, B.M. Y MARRIQUE, CH.A. 1971. Niveles de heterocigosidad y su respuesta al medio ambiente. En: 4ta. Conferencia sobre mejoramiento de maíz en la zona andina. ICA-CIAT, Noviembre 2-5 pág. 131-143.
- 58.- PATERNIANI, E. AND LOMNQUIST, J.H. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (Zea mays L.) Crop Scie - 3(6): 504-507.
- 59.- PATERNIANI, E. 1974. Estudos recentes sobre heterose. Fundação CARGILL, Boletim No. 1. Sao Paulo, Brasil - 36 p.
- 60.- FOELMAN, J.M. 1969. Mejoramiento genético de las cosechas. México, Editorial Limusa, S.A.
- 61.- POLIAK, E.H.F. ROBINSON AND E.E. COMSTOCK. 1957. Interpopulation hybrids in open pollinated varieties of maize. Amer. Nat. Vol. 91: 387-391
- 62.- RICHEY, F.D. 1950. Corn breeding. Advances in Genetics 3: 159-192.
- 63.- ROBINSON, H.F. ; COMSTOCK, R.H. ; KHALIL, A. AND HARVEY, P.H. 1956. Dominance vs overdominance in heterosis. Evidence from crosses between open pollinated varieties of maize. The American Naturalist 90: 127-131.
- 64.- ROBINSON, H.F. ; COMSTOCK, R.H, AND HARVEY, P.H. 1955. Genetics variance in open pollinated varieties of corn. Genetics 40: 45-60
- 65.- ROBINSON, H.F. AND COOKERMAN, C.C. 1961. Heterosis and inbreeding depression in populations involving two open pollinated varieties of maize, Crop Scie. 1: 68-71.

- 66.- ROBINSON, H.F. AND MOLL, R.H. 1965. Procedimientos útiles para mejorar el comportamiento de cruces intervarietales. *Fitotecnia Latinoamericana* 2(1,2): 39-56.
- 67.- ROJAS, B.A. AND SPRAGUE, G.F. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III General and specific combining ability and their interaction with locations and years. *Agron. Jour.* 44(9): 462-466.
- 68.- ROOD, S.B.; MAJOR, D.J.; JONES, M.D. and PHARIS, R.P. 1985. Low temperature eliminates heterosis for growth and gibberellin content in maize *Cro Scie* 25(6): 1063-1068.
- 69.- SAHA, B.C. AND MUKHERJEE, B.K. 1985. Maximizing grain yield. In: *Maize Abstracts*, C.A.B. International in association with the International Maize and Wheat Improvement Center. *Maize Abstracts* March 1986. Vol 2(2) reference No.680.
- 70.- SANCHEZ, C.H. 1980. Colaboración internacional, recursos genéticos y mejoramiento del maíz amarillo duro en la zona andina. En: IX Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Agosto 11-15, Maracay, Venezuela, 1-33 pág.
- 71.- SANCHEZ, C.H. 1980. Potencial heterótico en cruces interprovinciales en la zona andina. *Anales Científicos Universidad Nacional Agraria*, Vol XVIII, Enero-Diciembre. p. 249-257.
- 72.- SANCHEZ, C.H. y HAKAHODO, M.J. 1985. Germoplasma de la Selva Peruana II. Heterosis de colecciones de maíz amarillo duro. Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, Universidad Nacional Agraria. 13 p.
- 73.- SARRIA, V.D. 1966. Heterosis, acción génica y correlaciones de catorce variedades de maíz de Colombia. Tesis Ms. Scie, Colegio de Post Grado, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México

- 74.- SEVILLA, P.R. Y SANCHEZ, C.H. 1970. Determinación para rendimiento en maíz y su uso en la programación de pruebas regionales de híbridos para la sierra del Perú. Anales Científicos Universidad Nacional Agraria Vol III (3-4): 171-178.
- 75.- SEVILLA, P.R. Y CERRATE, V.A. 1971. Cruzas intervarietales de maíz en la sierra del Perú. En: 1er. Congreso Nacional de Investigadores Agrícolas y Pecuarios del Perú. Lima - Perú.
- 76.- SPRAGUE, G.F. AND TATUM, L.A. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. Jour. Amer. Soc. of Agron. - 34(10): 923-932
- 77.- SPRAGUE, G.F. AND FEDERER, W.T. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials. Error year x variety, location x variety and variety components. Agron. Jour. 43: 535-541.
- 78.- SPRAGUE, G.F. 1964. Estimates of genetics variations in two open pollinate varieties of maize and their reciprocal F_1 hybrids. - Crop Sci. 4: 332-334.
- 79.- STEEL, R.G. AND TORRIE, J.H. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. Trad. Ricardo Martínez B. 2da. Ed., Bogotá, - McGraw-Hill 622, págs.
- 80.- TORREGROZA, C.M. 1973. Estado actual del mejoramiento del maíz en los climas fríos de la Zona Andina, Cochabamba Bolivia. p. 151-156. En: Quinta Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Marzo 26-30.
- 81.- TORREGROZA, C.M. 1975. Heterosis en poblaciones de maíces harinosos de clima frío de la Zona Andina, Informativo del Maíz. Universidad Nacional Agraria, Lima.

- 82.- TSUNE, K.; C.P. MEREDITH AND A. HOLLAENDER. 1982. Genetics Engineering of plants An: Agricultural Perspective Basic Life Sciences Vol 26. Symposium August 15-19 at the University of California, Davis, California. Editorial Plenum Press, New York. 587 p.
- 83.- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. 1985. Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. Proyecto de Maíz Tropical.
- 84.- VARGAS, S.J.C. Y VANEGAS, A.H. 1986. Heterosis en maíces cristalinos de alto valor nutritivo. En: XII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Resúmenes INIAP, 29 Set - 4 Oct. pág. 24-27.
- 85.- VASCO, A. 1986. Identificación de diferentes germoplasmas de maíz (Zea mays L.) en base a su adaptación a la zona central del litoral y heterosis entre ellos para la formación de híbridos. En: XII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. INIAP, 29 Set. - 4 Oct. pág. 12-15.
- 86.- VELAZCO, P.L. 1966. Heterosis en cruces intervarietales y su implicancia en el mejor miento del maíz. Tesis Ing.Agr. Universidad Nacional Agraria Lima - Perú, 51 pág.

A N E X O S

Cuadro No. 1 a: Superficie, rendimiento y producción de maíz amarillo duro a nivel nacional.

AÑO	Superficie (has.)	Rendimiento (TM/ha.)	Producción (T.M.)
1970	153,700	2.525	388,057
1971	156,430	2.645	413,822
1972	153,570	2.685	412,275
1973	138,090	2.755	380,445
1974	134,860	2.835	382,320
1975	143,785	2.926	420,713
1976	163,870	2.982	488,744
1977	166,641	3.020	503,294
1978	136,370	2.780	379,143
1979	157,266	2.596	408,323
1980	121,494	2.476	300,849
1981	141,989	2.750	390,545
1982	144,654	2.754	398,380
1983	167,437	2.458	411,535
1984	201,567	2.830	570,554
1985	177,074	2.744	485,946
1986	217,265	2.973	645,984
1987	236,234	2.819	666,019

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación, Oficina Sectorial de Estadística, 1988.

CUADRO No. 1 b : Aprovechamiento y utilización de maíz amarillo duro en el Perú.

Año	A P R O V I S I O N A M I E N T O				U T I L I Z A C I O N			
	Producción (TM)	Importación (TM)	Demanda In ter.Apar. (TM)	Mermas (TM)	Alimentación animal (TM)	Consumo Industrial (TM)	Consumo per cápita kg./año	Consumo Humano gr./día
1980	300,849	487,935	788,774	6,017	196,562	545,671	1.755	4.809
1981	390,545	360,634	751,179	7,811	187,412	520,269	1.445	3.959
1982	398,380	487,939	836,369	7,968	219,779	610,125	2.010	5.506
1983	411,535	442,351	853,886	8,231	209,139	580,584	2.236	6.125
1984	570,554	116,661	687,215	11,411	169,943	476,944	0.911	2.496
1985	485,946	250,232	736,178	9,719	184,044	521,215	0.294	0.806
1986	645,984	354,534	1'000,518	12,920	250,128	708,368	0.658	1.803

FUENTE : Oficina Sectorial de Estadística, Ministerio de Agricultura y Alimentación.

Hoja de balance de alimentos, 11 pags.

CUADRO Nº 2 a : Resultados de factores climatológicos registrados para la localidad de
Cañete.

AÑO	MESES	Temperatura del aire ⁰ C			Humedad del aire %			Pre- cipt. (mm)	Evapor. Piche (mm)	Heliofa- nia horas/días
		Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Medie			
1983	Junio	26.3	20.0	23.1	95.2	63.5	82.0	0.0	154.5	82.6
	Julio	23.0	16.0	19.6	97.2	70.2	86.0	0.0	155.0	89.3
	Agosto	21.1	15.6	18.4	97.6	73.9	88.0	0.0	143.6	61.7
	Setiembre	20.3	14.3	17.2	-----	-----	-----	0.0	131.4	73.5
	Octubre	21.2	15.2	18.1	-----	-----	-----	0.0	140.9	106.7
	Noviembre	22.8	16.1	19.5	-----	-----	-----	0.0	-----	109.9
	Diciembre	25.6	18.3	21.4	99.0	67.0	83.0	0.0	-----	178.6
1984	Julio	19.1	14.8	16.8	94.0	74.0	85.0	0.0	-----	36.4
	Agosto	18.9	13.9	16.2	96.0	72.0	86.0	0.0	-----	43.2
	Setiembre	19.8	13.8	16.7	95.0	69.0	83.0	0.0	-----	112.1
	Octubre	20.9	15.4	18.1	97.0	73.0	86.0	0.0	-----	98.4
	Noviembre	22.6	15.9	19.3	98.0	68.0	85.0	0.0	-----	138.1
	Diciembre	24.2	17.2	21.0	98.0	69.0	84.0	0.0	-----	177.1

Nuevo Imperial 111.114 m.s.n.m.

123

CUADRO Nº 2 b : Resultados de factores climatológicos registrados para la localidad de Supe.

AÑO	MESES	Temperatura del aire °C			Humedad del aire %			Preci- pita- ción (mm)	Evapo- ración Piché (mm)	Helofa- nia Horas/ día
		Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Promedio			
1983	Junio	28.0	21.2	24.2	96.5	69.7	78.0	0.0	---	48.7
	Julio	---	17.7	20.7	96.1	66.0	83.0	0.0	---	84.8
	Agosto	23.2	15.7	19.2	98.4	66.4	81.0	0.0	---	100.6
	Setiembre	22.0	15.3	18.2	96.1	66.3	82.0	0.0	---	97.5
	Octubre	23.6	15.1	19.2	95.6	61.9	80.0	0.0	---	168.9
	Noviembre	24.6	14.9	20.2	96.1	60.0	78.0	0.0	---	198.7
	Diciembre	26.7	17.5	22.4	95.6	60.4	78.0	0.0	---	181.7
1984	Enero	28.3	18.0	23.7	96.2	55.4	75.0	0.0	---	214.6
	Junio	21.2	14.7	17.5	95.0	66.0	81.4	0.0	---	87.3
	Julio	20.0	14.3	16.6	96.0	68.0	83.4	0.0	---	61.5
	Agosto	19.1	13.8	15.8	93.0	72.0	84.3	0.0	---	32.2
	Setiembre	19.5	14.2	16.3	91.0	67.0	83.0	0.0	---	39.1
	Octubre	21.3	15.2	17.6	93.0	63.0	81.3	0.0	---	100.2
	Noviembre	22.9	15.9	19.0	94.0	62.0	80.0	0.0	---	138.8
Diciembre	25.4	17.6	21.2	95.0	65.0	82.9	0.0	---	180.1	

Estación MAP Alcantarilla, Supe. Latitud: 11° 4' . Longitud: 77° 33'

Altitud: 120 m.s.n.m.

**Cuadro No. 2 c: Análisis de suelo de los campos experimentales
fundo San Germán, Cañete y Supe, Lima.**

Características	C A Ñ E T E	S U P E
Arena %	52	
Limo %	30	
Arcilla %	18	
Clase textual	Franco arcillo arenoso	Franco arenoso
pH	7.5	7.9
M.O.(%)	1.5	0.98
Nitrógeno total (%)	0.060	0.041
CaCo ₃ (%)	0.28	----
C.E. (mmhos/cm.)	0.6	23.0
P ₂ O ₅ (ppm)	15.8	5.0
K ₂ O (kg/ha.)	538.0	420.0
CIC (me/100 grs.suelo)	14.4	----

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos y Fertilizantes de la
Universidad Nacional Agraria.

CUADRO Nº 3: Cálculo de los valores necesarios para determinar la precisión relativa del látice usado para la evaluación de los materiales genéticos en Cañete y Supe durante 1983 y 1984.

Localidad y año	Variabilidad existente entre los bloques completos (Eb)	Variabilidad existente dentro de los B.I. (Ee).	Error D.B.C.A.	Variancia efectiva del látice	Precisión relativa del látice (%)
Cañete 1983	2.420	1.067	1.292	1.168	110.616
Cañete 1984.	0.910	1.203	1.154	1.140	101.230
Supe 1983	1.250	1.365	1.346	1.344	100.149
Supe 1984	2.102	1.208	1.357	1.292	105.031

CUADRO Nº 4: Porcentaje heterótico obtenido por las cruzas intervarietales y su significación estadística en los ambientes evaluados y en promedio de ellos.

Nº	C R U Z A S	C A Ñ E T E		S U P E		P R O M E D I O
		1983	1984	1983	1984	
1.-	PMC-861 x PMS-264	116.8 ^{**}	101.7	109.5 [*]	114.0 [*]	111.3 [*]
2.-	PMC-862 x "	112.2 [*]	110.6	104.6	105.4	108.0
3.-	PMC-863 x "	105.3	104.9	104.1	117.6 ^{**}	107.6
4.-	PMC-864 x "	104.9	111.4	117.3 ^{**}	98.5	103.1
5.-	PMC-861 x PMS-263	132.8 ^{**}	109.4	126.6 ^{**}	119.9 ^{**}	123.4 ^{**}
6.-	PMC-862 x "	125.2 ^{**}	112.2	119.4 ^{**}	111.2	117.7 ^{**}
7.-	PMC-863 x "	112.8 [*]	113.3	116.9 ^{**}	125.1 ^{**}	117.0 ^{**}
8.-	PMC-864 x "	117.9 ^{**}	109.4	117.0 ^{**}	109.6	114.0 [*]
9.-	PMC-861 x PMC-5	113.4 ^{**}	116.3 [*]	95.7	109.6	107.3
10.-	PMC-862 x "	115.6 ^{**}	129.8 ^{**}	101.2	106.0	110.9
11.-	PMC-863 x "	104.9	113.9	95.7	104.9	103.5
12.-	PMC-864 x "	104.4	106.6	91.9	101.2	100.1
13.-	PMC-861 x PMC-7	118.9 ^{**}	103.8	102.0	97.6	105.7
14.-	PMC-862 x "	124.5 ^{**}	113.5	98.3	87.7	104.9
15.-	PMC-863 x "	108.7	110.4	97.6	80.0	103.0
16.-	PMC-864 x "	117.0 ^{**}	110.2	107.8	94.8	107.2
	Promedio	114.7	111.1	106.6	105.2	109.3
	Máximo	132.8	129.8	126.6	125.1	123.4
	Mínimo	104.4	103.8	91.9	80.0	100.1

72

CUADRO Nº 5: Resumen de los estimados de los efectos de la HCB y de la HCE de las variedades progenitoras y las cruzas en promedio de localidades y años.

	LOCALES	PMS-263	PMS-264	PMC-5	PMC-7
FORANEAS		0.349	-0.121	-0.268	0.039
PMC-861 A	-0.127	0.043	0.028	0.115	-0.187
PMC-861 B	0.338	0.315	0.218	-0.091	-0.443
PMC-861 C	-0.055	0.273	-0.209	-0.183	0.120
PMC-863 A	-0.113	-0.247	-0.093	0.165	-0.010
PMC-863 B	0.035	0.356	-0.065	-0.222	-0.067
PMC-862 A	0.481	-0.388	-0.148	0.517	0.019
PMC-862 B	-0.014	0.079	-0.183	0.359	-0.255
PMC-864 A	-0.292	-0.582	0.481	-0.105	0.208
PMC-864 B	-0.253	0.150	-0.211	-0.558	0.618

Cuadro No. 6: Rendimiento promedio de grano de maíz en Kg/ha. de las cruvas intervarietales según orden de mérito en las localidades y años de evaluación y otras características.

No. Cruvas Intervarietales	Rdto. (Kg/ha.)	Heterosis \bar{x} prog. (%)	Alt. de plta. (cm.)	Alt. de maz. (cm.)	Humedad grano (%)
1.- PMC-861 x PMS-263	7,347	123.4 ^{***}	230.6	127.5	25.8
2.- PMC-862 x PMS-263	7,227	117.7 ^{***}	229.1	122.1	25.9
3.- PMC-862 x PMC-5	7,211	110.9	223.0	122.9	26.9
4.- PMC-863 x PMS-263	7,185	117.0 ^{***}	230.4	121.5	27.2
5.- PMC-864 x PMC-7	7,064	107.2	321.8	127.2	24.5
6.- PMC-862 x PMC-7	7,048	104.9	230.4	129.9	25.8
7.- PMC-863 x PMC-7	6,921	103.0	226.4	119.3	25.7
8.- PMC-862 x PMS-264	6,912	108.0	215.0	110.6	26.4
9.- PMC-861 x PMS-264	6,910	111.3 ^{***}	219.1	117.0	26.5
10.- PMC-861 x PMC-7	6,896	105.7	222.8	121.5	26.8
11.- PMC-863 x PMS-264	6,890	107.6	216.2	115.2	25.7
12.- PMC-864 x PMS-263	6,856	114.0 ^{***}	230.7	126.3	25.3
13.- PMC-864 x PMS-264	6,778	108.1	221.2	117.2	24.7
14.- PMC-861 x PMC-5	6,771	107.3	218.8	119.9	27.1
15.- PMC-863 x PMC-5	6,728	103.5	218.9	118.1	27.6
16.- PMC-864 x PMC-5	6,377	100.1	209.5	114.2	24.7

Cuadro No.7 Rendimiento promedio, porcentaje de heterosis en promedio de los progenitores y heterosis con respecto al progenitor superior.

No.	Híbridos intervarietales	Rdto. (Kg/ha.)	Heterosis \bar{x} prog. (%)	Heterosis prog. sup. (%)
1.-	PMC-861 A x PMS-264	6,803	109.6	97.6
2.-	PMC-861 B x PMS-264	7,232	116.5	103.8
3.-	PMC-861 C x PMS-264	6,696	107.9	96.1
4.-	PMC-863 A x PMS-264	6,932	107.0	99.5
5.-	PMC-863 B x PMS-264	6,849	107.0	98.3
6.-	PMC-862 A x PMS-264	7,086	110.7	101.7
7.-	PMC-862 B x PMS-264	6,739	105.3	96.7
8.-	PMC-864 A x PMS-264	6,992	111.5	100.3
9.-	PMC-864 B x PMS-264	6,565	104.7	94.2
10.-	PMC-861 A x PMS-263	7,120	119.6	110.3
11.-	PMC-861 B x PMS-263	7,602	127.6	117.8
12.-	PMC-861 C x PMS-263	7,318	123.0	113.4
13.-	PMC-863 A x PMS-263	6,940	113.0	107.5
14.-	PMC-863 B x PMS-263	7,431	120.4	115.1
15.-	PMC-862 A x PMS-263	7,237	117.8	112.1
16.-	PMC-862 B x PMS-263	7,218	117.5	111.8
17.-	PMC-864 A x PMS-263	6,604	109.8	102.3
18.-	PMC-864 B x PMS-263	7,108	118.2	110.1
19.-	PMC-861 A x PMC-5	6,764	107.2	94.3
20.-	PMC-861 B x PMC-5	6,933	109.9	96.7
21.-	PMC-861 C x PMC-5	6,616	104.9	92.3
22.-	PMC-863 A x PMC-5	6,806	104.7	94.9
23.-	PMC-863 B x PMC-5	6,650	102.3	92.8
24.-	PMC-862 A x PMC-5	7,424	114.2	103.5
25.-	PMC-862 B x PMC-5	6,998	107.7	97.6
26.-	PMC-864 A x PMC-5	6,513	102.3	90.8
27.-	PMC-864 B x PMC-5	6,241	98.0	87.0
28.-	PMC-861 A x PMC-7	6,768	103.4	89.0
29.-	PMC-861 B x PMC-7	6,904	105.8	90.8
30.-	PMC-861 C x PMC-7	7,016	107.5	92.3
31.-	PMC-863 A x PMC-7	6,892	102.6	90.7
32.-	PMC-863 B x PMC-7	6,951	103.5	91.4
33.-	PMC-862 A x PMC-7	7,300	108.7	96.0
34.-	PMC-862 B x PMC-7	6,797	101.2	89.4
35.-	PMC-864 A x PMC-7	6,918	105.0	91.0
36.-	PMC-864 B x PMC-7	7,211	109.5	94.8
37.-	PMS-263	6,455		
38.-	PMS-264	6,969		
39.-	PMS-5	7,169		
40.-	PMC-7	7,602		
41.-	PMC-861	5,447		
42.-	PMC-862	5,826		
43.-	PMC-863	5,834		
44.-	PMC-864	5,569		
45.-	PM-701	6,510		
46.-	PM-204	7,709		
47.-	PM-205	7,300		
48.-	PM-210	7,571		
49.-	PM-212	8,108		

CUADRO No. 8 Rendimiento promedio, altura de planta, altura de mazorca y contenido de humedad en el grano de los materiales estudiados.

Híbridos intervarietales	Rdto. Kg./Ha.	Alt. de plta. (cm)	Alt. de mazorca (cm)	Humedad del grano (%)
1.- PMC-861 A x PMS-264	6,803	222.08	118.41	26.85
2.- PMC-861 B x PMS-264	7,232	224.58	123.33	27.06
3.- PMC-861 C x PMS-264	6,696	210.66	109.41	25.74
4.- PMC-863 A x PMS-264	6,932	219.08	115.00	24.99
5.- PMC-863 B x PMS-264	6,849	213.25	115.41	26.41
6.- PMC-862 A x PMS-264	7,086	216.08	111.91	26.57
7.- PMC-862 B x PMS-264	6,739	214.00	109.25	26.20
8.- PMC-864 A x PMS-264	6,992	222.50	120.66	25.58
9.- PMC-864 B x PMS-264	6,565	219.91	113.66	23.86
10.- PMC-861 A x PMS-263	7,120	231.08	130.25	24.94
11.- PMC-861 C x PMS-263	7,602	227.16	125.00	26.56
12.- PMC-861 C x PMS-263	7,318	233.50	127.16	25.78
13.- PMC-863 A x PMS-263	6,940	226.91	115.58	27.32
14.- PMC-863 B x PMS-263	7,431	234.00	127.50	27.17
15.- PMC-862 A x PMS-263	7,237	230.41	120.25	26.24
16.- PMC-862 B x PMS-263	7,218	227.75	124.00	25.68
17.- PMC-864 A x PMS-263	6,604	234.25	126.91	25.94
18.- PMC-864 B x PMS-263	7,108	227.08	125.66	24.73
19.- PMC-861 A x PMC-5	6,764	224.83	124.33	26.55
20.- PMC-861 B x PMC-5	6,933	220.83	124.91	27.75
21.- PMC-861 C x PMC-5	6,616	210.66	110.41	27.09
22.- PMC-863 A x PMC-5	6,806	218.08	115.58	26.36
23.- PMC-863 B x PMC-5	6,650	219.83	120.58	28.76
24.- PMC-862 A x PMC-5	7,424	223.50	125.91	29.15
25.- PMC-862 B x PMC-5	6,998	222.50	119.83	24.78
26.- PMC-864 A x PMC-5	6,513	202.25	110.41	24.54
27.- PMC-864 B x PMC-5	6,241	216.75	117.91	24.89
28.- PMC-861 A x PMC-7	6,768	219.41	118.58	27.03
29.- PMC-861 B x PMC-7	6,904	223.33	121.83	26.63
30.- PMC-861 C x PMC-7	7,016	225.66	124.08	26.75
31.- PMC-863 A x PMC-7	6,892	225.83	112.66	25.35
32.- PMC-863 B x PMC-7	6,951	226.91	126.00	26.05
33.- PMC-862 A x PMC-7	7,300	235.41	130.33	26.22
34.- PMC-862 B x PMC-7	6,797	225.50	129.50	25.36
35.- PMC-864 A x PMC-7	6,918	224.50	121.16	23.68
36.- PMC-864 B x PMC-7	7,211	239.16	133.33	25.35
37.- PMS-263	6,455	263.83	158.33	29.77
38.- PMS-264	6,969	229.83	130.25	26.02
39.- PMS-5	7,169	246.16	146.75	29.94
40.- PMC-7	7,602	266.50	163.00	30.11
41.- PMC-861	5,447	179.83	90.83	26.62
42.- PMC-862	5,826	186.41	92.50	25.44
43.- PMC-863	5,834	183.08	94.33	25.48
44.- PMC-864	5,569	200.66	104.33	23.64
45.- PM-701	6,510	245.41	140.91	27.13
46.- PM-204	7,709	249.75	143.25	25.85
47.- PM-205	7,300	251.75	136.58	26.41
48.- PM-210	7,571	246.41	137.25	28.05
49.- PM-212	8,108	260.25	145.50	27.42

CUADRO Nº 9: Rendimiento promedio de grano de maíz en TM/Ha, heterosis en promedio de progenitores en porcentaje, altura de planta y de mazorca en centímetros, humedad de grano y valores de los efectos de la HCG de las variedades locales y foráneas y efectos de la HCE de las cruzas.

Nº	C R U Z A S	Rdto. (TM/Ha)	Heterosis (%)	Altura de planta (cm)	de mazorca (cm)	Humedad grano(%)	σ_i	σ_j	s_{ij}
1.-	PMC-861 x PMS-263	7.3	123.4**	230	127	25.8	0.058	0.323	0.237
2.-	PMC-862 x PMS-263	7.2	117.7**	229	122	25.9	0.240	0.323	-0.128
3.-	PMC-862 x PMC-5	7.2	110.9	223	123	26.9	0.240	-0.262	0.432
4.-	PMC-863 x PMS-263	7.1	117.0**	230	121	27.2	-0.032	0.323	0.080
5.-	PMC-864 x PMC-7	7.0	107.2	232	127	24.5	-0.266	0.061	0.391
6.-	PMC-862 x PMC-7	7.0	105.0	230	130	25.8	0.240	0.061	-0.140
7.-	PMC-863 x PMC-7	6.9	103.0	226	119	25.7	-0.032	0.061	-0.061
8.-	PMC-862 x PMS-264	6.9	108.0	215	111	26.4	-0.240	-0.122	-0.164
9.-	PMC-861 x PMS-264	6.9	111.3*	219	117	26.5	-0.058	-0.122	0.014
10.-	PMC-861 x PMC-7	6.8	105.7	223	121	26.8	0.058	0.061	-0.191
11.-	PMC-863 x PMS-264	6.8	107.6	216	115	25.7	-0.032	-0.122	0.015
12.-	PMC-864 x PMS-263	6.8	114.0*	231	126	25.3	-0.266	0.323	-0.190
13.-	PMC-864 x PMS-264	6.7	108.1	221	117	24.7	-0.266	-0.122	0.136
14.-	PMC-861 x PMC-5	6.7	107.3	219	120	27.1	0.058	-0.262	-0.058
15.-	PMC-863 x PMC-5	6.7	103.5	219	118	27.6	-0.032	-0.262	-0.035
16.-	PMC-864 x PMC-5	6.4	100.1	209	114.	24.7	-0.266	-0.262	-0.337