

ESTIMACION DE HETEROSIS EN LA PRIMERA  
GENERACION DE CRUZAS ENTRE MAICES REVENTONES  
Y UN HIBRIDO DE MAIZ DENTADO BLANCO

P O R

*Rolando Rafael Pardo Reynolds*

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA

OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

MICROISIS:	<i>42296</i>
FECHA:	<i>1/11/92</i>
ENCARGADO:	<i>Rafael</i>

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

Abril, 1992

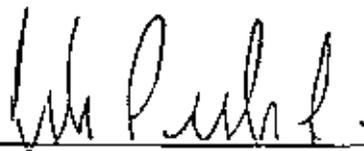
ESTIMACION DE HETEROSIS EN LA PRIMERA  
GENERACION DE CRUZAS ENTRE MAICES REVENTONES  
Y UN HIBRIDO DE MAIZ DENTADO BLANCO

Por

Rolando Rafael Pardo Reynolds

El autor concede permiso a la Escuela Agrícola Panamericana para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.

BIBLIOTECA WILSON POPENDE  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
APARTEADO 03  
TEGUIGALPA HONDURAS



Rolando Rafael Pardo Reynolds

Abril - 1992

iv

DEDICATORIA

A mis padres y hermano.

A la memoria de mi amigo José Viscarra.

## AGRADECIMIENTO

A la Fundación Archer Daniels Midland por haber financiado mis estudios.

A Ned Rimer por haber gestionado mi beca.

A mis consejeros el Dr. Leonardo Corral y el Dr. José Alán por la ayuda brindada en la ejecución de este trabajo.

A la colonia boliviana en Tegucigalpa por todo el apoyo y cariño ofrecidos.

## INDICE

	Pág.
Título .....	i
Aprobación .....	ii
Derechos de autor .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Indice .....	vi
Indice de Cuadros .....	vii
Indice de Anexos .....	xii
I. INTRODUCCION .....	1
II . REVISION DE LITERATURA .....	3
III. MATERIALES Y METODOS .....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	34
V. CONCLUSIONES .....	81
VI. RECOMENDACIONES .....	82
VII. RESUMEN .....	83
VIII. BIBLIOGRAFIA .....	85
IX. ANEXOS .....	88
X. DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR .....	93

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Expresión cuantitativa de heterosis en equilibrio bajo polinización cruzada y autopolinización del genotipo AaBbCc. ....	16
Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991. ..	35
Cuadro 3. Cuadrados medios de comparaciones entre poblaciones para las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	36
Cuadro 4. Separación de medias de las cruzas con B-833 para las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	37
Cuadro 5. Separación de medias de las cruzas con RAP-2 para las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	38
Cuadro 6. Separación de medias de los progenitores femeninos para las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	38
Cuadro 7. Porcentajes de heterosis para la variable días a floración con relación al progenitor mas tardío (pmt) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	40

Cuadro 8.	Porcentajes de heterosis para la variable altura de planta (cm) con relación al progenitor mas alto (pma) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	42
Cuadro 9.	Porcentajes de heterosis para la variable altura de mazorca (cm) con relación al progenitor con mazorcas más altas (pmma) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	44
Cuadro 10.	Cuadrados medios de las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991.....	48
Cuadro 11.	Cuadrados medios de comparaciones entre poblaciones para las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	49
Cuadro 12.	Separación de medias de las cruzas con B-833 para las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	50
Cuadro 13.	Separación de medias de las cruzas con EAP-2 para las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	51
Cuadro 14.	Separación de medias de los progenitores femeninos para las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991.....	52

Cuadro 15.	Porcentajes de heterosis para la variable peso de mazorcas (g/parcela) con relación al progenitor más productivo (pmp) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	56
Cuadro 16.	Cuadrados medios de las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991. ..	58
Cuadro 17.	Comparación entre poblaciones para las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	59
Cuadro 18.	Separación de medias de las cruzas con B-833 para las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991. ..	60
Cuadro 19.	Separación de medias de las cruzas con EAP-2 para las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991. ..	61
Cuadro 20.	Separación de medias de los progenitores femeninos para las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991. ..	62
Cuadro 21.	Porcentajes de heterosis para la variable largo de mazorca (cm) con relación al progenitor con mazorcas más largas (pml) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	63
Cuadro 22.	Porcentajes de heterosis para la variable diámetro de mazorca (cm) con relación al progenitor con mazorcas más anchas (pma) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	65
Cuadro 23.	Cuadrados medios de las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	68

Cuadro 24.	Cuadrados medios de comparaciones entre poblaciones para las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	69
Cuadro 25.	Porcentajes de heterosis para la variable rendimiento de grano al 14% de humedad (g/parcela) con relación al progenitor más productivo (pmp) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	70
Cuadro 26.	Separación de medias de las cruzas con B-833 para las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991.....	71
Cuadro 27.	Separación de medias de las cruzas con EAP-2 para las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991. ....	73
Cuadro 28.	Separación de medias de los progenitores femeninos para las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991.....	74
Cuadro 29.	Porcentajes de heterosis para la variable peso de 100 granos (g) con relación al progenitor con granos más pesados (pgp) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.....	76
Cuadro 30.	Porcentajes de heterosis para la variable volumen de expansión con relación al progenitor que presentó mayor volumen (pmv) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.....	79

## INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Condiciones metereológicas imperantes durante el desarrollo del experimento en El Zamorano, Honduras, 1991. ....	88
Anexo 2. Registros de precipitación de la Estación Metereológica de El Zamorano, Honduras. ....	89
Anexo 3. Archivo de datos correspondientes a las variables evaluadas. El Zamorano Honduras, 1991. ....	90

## I. INTRODUCCION

El maíz reventón fue cultivado por los indígenas mesoamericanos antes del descubrimiento de América. Sin embargo, el cultivo se volvió comercialmente importante a partir de 1890 y su popularidad se ha incrementado significativamente desde 1940 (Brunson, 1958).

El cultivo, la investigación y la comercialización de este tipo de maíz, se llevan a cabo principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, donde en los últimos años el volumen de exportación de este producto fluctuó en un promedio de 44,000 toneladas métricas (Leath y Hill, 1987).

En el año de 1988, Honduras importó 332 toneladas de maíz amarillo tipo reventón, a un costo total de 166,613 dólares estadounidenses (Sarmiento, 1991).

Actualmente, Honduras continúa importando maíz reventón para abastecer el mercado interno, ya que no se produce localmente.

El cultivo de este tipo de maíz presenta una serie de inconvenientes debidos principalmente a las malas características agronómicas de las plantas, como son tallos débiles, susceptibilidad al ataque de enfermedades e insectos, acame, producción de macollos, mazorcas pequeñas, escaso llenado de grano y otras que combinadas tienen efectos

negativos sobre la producción.

En este sentido surge la necesidad de desarrollar variedades o híbridos locales que presenten un alto grado de heterosis.

Con el propósito de mejorar las características agronómicas de las plantas de maíz reventón, se hacen cruza con maíz dentado.

De contarse con un híbrido local mejorado, podría abastecerse el mercado nacional y disminuir la pérdida de divisas que significa la importación de maíz tipo reventón.

El material de estudio de este trabajo consistió de la semilla F1 obtenida de cruzamientos entre maíces reventones y un híbrido de maíz dentado. Dichos cruzamientos fueron llevados a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), el año 1990 (Sarmiento, 1991).

Los objetivos de este estudio fueron:

1) Evaluar el comportamiento agronómico de plantas F1 provenientes de cruza entre maíces reventones con un híbrido dentado blanco.

2) Estimar la heterosis resultante en las cruza que se evaluaron.

3) Evaluar la capacidad de reviente del grano obtenido, de los genotipos estudiados.

4) Identificar las mejores cruza para futuros trabajos de mejoramiento.

## II. REVISION DE LITERATURA

### A. Clasificación botánica y origen

El maíz reventón *Zea mays* var. *Everta* pertenece como las demás variedades de maíz a la familia Poaceae.

El centro de origen se halla distribuido en Mesoamérica, donde era ya un cultivo importante para los indígenas antes del descubrimiento de América.

Este hecho se comprobó mediante el hallazgo de restos arqueológicos, lo cual indica que el maíz reventón jugó un papel importante en el desarrollo prehistórico del maíz en este continente.

El hallazgo de maíz más antiguo del que se tiene información corresponde al descubrimiento realizado en la Cueva del Murciélago en Nuevo México, el cual era un maíz de tipo reventón de aproximadamente 2 500 a.C.

Erwin (1949), citado por Brunson (1955), sugiere que el maíz reventón se originó recientemente como una mutación del maíz cristalino. Las evidencias arqueológicas son un buen argumento para afirmar que la evolución se produjo en la dirección opuesta.

En el año 1939 Beadle, citado por Alexander y Creech (1977), utilizó teosinte para hacerlo reventar, lográndose que los granos se inviertan fuera de sus cubiertas protectoras y

sean indistinguibles del maíz reventón ordinario. Beadle también sostiene que si el teosinte (*Zea mexicana*) es el antecesor silvestre del maíz moderno, entonces el maíz domesticado primeramente debió haber sido de tipo reventón.

La capacidad de reviente del grano es una característica cuantitativa controlada por muchos genes, por lo que la teoría según la cual el maíz reventón se originó por una mutación simple es muy improbable (Brunson, 1955).

#### B. Características del grano

De acuerdo con las características del grano existen cinco clases generales de maíz: dentado, reventón, tunicado, harinoso y cristalino (Watson, 1987).

El maíz reventón es una forma extrema del cristalino, su endosperma contiene sólo una pequeña proporción de almidón suave (Jungenheimer, 1988).

El almidón duro en el grano de maíz reventón rodea completamente al almidón suave (Brunson, 1958).

Las diferencias entre el almidón suave y el duro radican en que en el suave los gránulos de almidón se encuentran en una matriz de proteína sumamente delgada; en el endosperma duro éstos se encuentran dispuestos en formas poliédricas compactas y la matriz de proteína es más gruesa (Watson, 1987).

La capacidad de reviente es superior en los granos con la mayor cantidad de endosperma duro (Brunson, 1958).

Cuando el calor es aplicado correctamente, los granos revientan debido a una explosión de vapor proveniente de la humedad contenida en los gránulos de almidón (Brunson, 1955).

La capacidad para reventar está condicionada por la proporción relativa de endosperma duro, en donde los granos de almidón están encajados en un material coloidal elástico, el cual limita y resiste la presión de vapor generada dentro del gránulo hasta que alcanza su fuerza explosiva (Jugenheimer, 1988).

### C. Importancia del cultivo

El maíz reventón se cultiva para consumo humano como rosetas o palomitas y como base para confitería. Se cultiva para uso doméstico y para vendedores en parques de diversiones y cinematógrafos (Jugenheimer, 1988).

En 1982 los Estados Unidos de Norteamérica cosecharon 101,111 ha (250,000 acres) de maíz reventón, cuyo rendimiento fue de 3,521 kg/ha (3,142 lb/acre) por un valor de más de 100 millones de dólares (Rooney y Serna, 1987). Las ventas de palomitas de maíz en 1983 ascendieron a 163 millones de dólares (Rooney y Serna, 1987).

En Honduras no se siembra maíz reventón, sin embargo existen niveles altos de consumo. Al haber demanda y no cultivarlo, se produce un efecto económico negativo. En el año de 1988, Honduras importó 332 t de maíz amarillo tipo reventón, a un costo total de \$ 166,613.42 dólares

estadounidenses (Sarmiento, 1991).

#### D. Possibilidades de fitomejoramiento

El fitomejorador de maiz reventón debe considerar tanto los intereses del productor como los del consumidor. Los intereses de los productores comprenden el rendimiento, la resistencia al acame, ausencia de mazorcas caídas y la resistencia a los riesgos (Jugenheimer, 1988).

Las dos características de mayor interés para los productores son el rendimiento y la resistencia al acame (Smith y Brunson, 1946).

La susceptibilidad a enfermedades, insectos y a la sequía disminuye los rendimientos, afecta la calidad, reduce el volumen de expansión e introduce sabores extraños. Las pudriciones de la mazorca y del tallo son enfermedades importantes. El barrenador y el gusano elotero son los principales insectos que dañan el cultivo. Los caracteres deseados en el maiz reventón son similares a los del maiz dentado.

Entre los caracteres importantes que afectan al consumidor se encuentran la elevada expansión de reventamiento, la suavidad, la ausencia de cáscaras, el sabor, la forma del grano y el color (Jugenheimer, 1988).

La razón principal para que los híbridos de maiz reventón posean un comportamiento inferior en cuanto a rendimiento y resistencia al acame cuando se los compara con híbridos

dentados, probablemente se deba a que los mayores esfuerzos en el mejoramiento hayan sido concentrados en la calidad del grano (Thomas y Grissom, 1961).

La mayoría de líneas puras de maíz reventón así como sus híbridos son deficientes en ciertas características agronómicas, particularmente en fortaleza y resistencia del tallo al acame. Este defecto se debe probablemente a la falta de genes favorables para esta característica entre las variedades de polinización abierta de donde fueron separadas las líneas puras (Crumbaker *et al.*, 1949).

Entre las líneas de maíz dentado disponibles se ha comprobado que poseen excelentes características del tallo, tanto en combinaciones híbridas como en las líneas puras. De esta forma, el mejoramiento del maíz reventón podría llevarse a cabo incorporando genes para resistencia al acame provenientes de maíces dentados (Johnson y Eldredge, 1953).

El valor del maíz dentado como padre en los cruzamientos para añadir al maíz reventón resistencia al acame depende de la calidad de reviente en las generaciones segregantes (Crumbaker *et al.*, 1949).

El potencial para el uso de germoplasma no reventón como fuente de genes para el mejoramiento de la fortaleza del tallo, depende de cuán fácilmente pueda ser recuperado un alto volumen de expansión de dichos cruzamientos (Robbins y Ashman, 1964).

Un aspecto importante que se debe considerar es el de

cuánta dilución con maíz dentado podría tolerar el maíz reventón y aún retener un buen volumen de expansión (Brunson, 1955).

Los cruzamientos entre maíz dentado y reventón reducen la proporción de almidón duro en el endosperma, consecuentemente el volumen de expansión se reduce mucho más (Robbins y Ashman, 1984).

En estudios realizados sobre el volumen de expansión y el nivel o tipo de almidón en cruzamientos entre maíces reventones y maíces dentados, se compararon la primera generación F<sub>1</sub> y la primera y segunda generación de retrocruzas con las líneas parentales. Se concluyó que las líneas puras de maíz reventón variaron en su capacidad de transmitir volumen de expansión a su descendencia. En general, fue necesario retrocruzar dos veces usando el maíz reventón como padre recurrente para recuperar el volumen de expansión de los padres originales (Crumbaker *et al.*, 1949).

Johnson y Eldredge (1953) sostienen que aunque, en general, el volumen de expansión de líneas recuperadas después de una y dos generaciones de retrocruza fueron en promedio inferiores a la de los maíces reventones usados como líneas parentales, selecciones ocasionales de estas retrocruzas fueron iguales o superiores al maíz reventón. Las líneas recuperadas mostraron mayor resistencia al acame.

Debido a que es posible recuperar altos volúmenes de expansión, no todos los genes involucrados con la dureza del

endosperma contribuyen al volumen de expansión. En este sentido la dureza del endosperma (contenido de almidón duro) no debe ser de mucha importancia en la selección de germoplasma de maíz de tipo dentado o cristalino para ser usado en el mejoramiento de maíz reventón. Otros factores como las características agronómicas y la adaptación a diferentes áreas de cultivo deberían recibir mayor consideración (Robbins y Ashman, 1984).

#### E. Volumen de expansión

El volumen de expansión es la relación entre el volumen de maíz después de reventado con el volumen de grano sin reventar (Brunson, 1958).

La medida más importante de la calidad del grano es el volumen de expansión (Thomas y Grissom, 1961).

El volumen de expansión es importante porque el comerciante compra el maíz reventón por peso y lo vende por volumen. Además, la textura del grano reventado está correlacionada positivamente con el volumen de expansión (Rooney y Serna, 1987).

El volumen de expansión depende de tres condiciones principales: la estructura del grano, el contenido de humedad y la correcta aplicación de calor (Brunson, 1958).

##### 1. Estructura y características del grano

Lyerly (1942) encontró que el peso, longitud y ancho de

los granos están negativamente correlacionados con el volumen de expansión, mientras que la dureza y la densidad de las semillas exhibieron una ligera correlación positiva con la expansión. Sin embargo, en investigaciones más recientes se demostró que genotipos con el mismo tamaño de grano pero con diferente densidad, debida a la composición del endosperma, tienen diferentes volúmenes de expansión. También, se ha comprobado que diferentes tamaños de grano del mismo genotipo no producen diferencias significativas en el volumen de expansión (Dofing *et al.*, 1990).

Los mayores índices de expansión se obtienen con híbridos y variedades con una alta proporción de endosperma vidrioso o duro en el grano (Rooney y Serna, 1987). Asimismo, se ha observado que los índices de expansión altos están asociados con una mayor palatabilidad, debido a que los granos reventados con una baja densidad son usualmente más firmes que los granos reventados de alta densidad (Dofing *et al.*, 1990).

De acuerdo con Rooney y Serna (1987), el pericarpio y la cubierta externa del grano participan directamente en la acción de reviente, ya que envuelven al endospermo y sirven para contraer la presión. Alexander y Creech (1977) sugieren que el volumen de expansión, también es afectado por la cantidad de daño sobre el pericarpio del grano durante la cosecha y su manejo posterior.

## 2. Humedad del grano

En general una humedad del grano entre 13 y 14% produce el máximo volumen de expansión (Jugenheimer, 1988).

Sin embargo, si la tasa de secado del grano es demasiado rápida, el volumen de expansión se reduce notoriamente, aún a pesar de tener un porcentaje de humedad adecuados para este efecto (Alexander y Creech, 1977).

Sobre este aspecto Crumbaker *et al.* (1949) mencionan que si el grano no fue cosechado en su máximo estado de madurez, el volumen de expansión que se obtiene es significativamente inferior.

Por tanto, además del porcentaje de humedad del grano, el manejo que se le dé en la cosecha y el secado son determinantes para obtener altos volúmenes de expansión.

## 3. Aplicación de calor

Para lograr que el grano revienta es necesario una fuente de calor que logre incrementar la presión interna del grano hasta alcanzar la ruptura del pericarpio.

Generalmente se utilizan estufas eléctricas o de gas como fuentes de calor; en este sentido, la industria ha desarrollado diversos equipos para reventar grano, inclusive se utilizan los hornos de microondas para tal efecto.

De todas las técnicas existentes para reventar grano, el tradicional que emplea aceite continúa siendo el más utilizado.

Bajo la mayoría de condiciones, Brunson (1958) observó que la temperatura que provoca el reviente de los granos en un tiempo de 60 a 90 segundos da los mejores resultados.

Apoyando este argumento, Roshdy *et al.* (1984) observaron que se obtenía el mayor volumen de expansión cuando muestras de 20 g de grano reventaban a los 74 segundos de iniciada la aplicación de calor.

Posteriores investigaciones realizadas por Rooney y Serna (1987) sostienen que la explosión del grano ocurre generalmente cerca de los 177 °C (350 °F), lo que equivale a una presión de vapor de 2.5 t/cm<sup>2</sup> dentro del grano.

En las operaciones comerciales se observa que la temperatura del aceite a la cual se logra el mayor reviente fluctúa entre 210 y 221 °C (Rooney y Serna, 1987).

#### 4. Otros factores

Entre los factores que provocan variaciones en los volúmenes de expansión se encuentran los métodos de reventar el grano, la forma y tamaño de los recipientes, el grado de compactación del grano reventado antes de la lectura del volumen y las diferencias de madurez (Jugenheimer, 1988).

En cuanto a los métodos de reventar el grano, Dofing *et al.* (1990) informan que se obtienen mayores índices de expansión al utilizar el método convencional de reviente que al utilizar el horno de microondas.

Se encontró que el efecto de xenia sobre el volumen de

expansión fue muy leve y no en la suficiente magnitud como para considerar una fuente seria de error entre los tratamientos comparativos de rendimiento (Lyerly, 1942).

El volumen de expansión de una línea pura proporciona un índice aproximado de su comportamiento en combinaciones híbridas (Crumbaker y Eldredge, 1949).

#### F. Heterosis

La heterosis es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades produce un híbrido que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o en vigor general. Se define como el incremento en vigor de la F1 con respecto al mejor progenitor. El término heterosis es una contracción de "estímulo de la heterocigosis" (Jugenheimer, 1988). Los términos vigor híbrido y heterosis se usan indistintamente.

El efecto del vigor híbrido en las plantas se manifiesta de diferentes maneras. Se busca incrementar el crecimiento vegetativo o el rendimiento del grano, pero el vigor híbrido puede reflejarse en el tamaño de las células, altura de planta, tamaño de hoja, desarrollo radical, tamaño de la mazorca, número de granos, tamaño de la semilla y de otras maneras (Poehlman, 1979).

El vigor, el rendimiento y la mayoría de los caracteres de importancia económica del maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un gran número de genes (Jugenheimer, 1988).

Falconer (1960), citado por Hallauer y Miranda (1981), demostró que la heterosis se expresa bajo las siguientes condiciones: 1) presencia de algún nivel de dominancia y 2) diferencia relativa en la frecuencia de genes de los dos padres. Si alguna de las condiciones no se cumple, la heterosis no se manifestará.

La heterosis se define mediante la fórmula  $h = F_1 - MP$ , donde  $F_1$  es la media de la primera generación proveniente de la cruce entre dos líneas parentales en equilibrio Hardy-Weinberg y  $MP$  es el valor de la media de los padres (Hallauer y Miranda, 1981).

### 1. Teorías propuestas

La heterosis puede observarse entre cruces de variedades o líneas puras de maíz; sin embargo, la base genética de la heterosis observada es todavía motivo de controversia. Diferentes teorías han sido propuestas como explicación, algunas carentes de bases genéticas (Hallauer y Miranda, 1981).

Desde el redescubrimiento del Mendelismo se han desarrollado dos teorías para explicar la heterosis. Una denominada hipótesis de los factores dominantes favorables y la segunda como la acción acumulativa de alelos divergentes o sobredominancia (Sprague, 1983).

Aunque se han llevado a cabo bastantes investigaciones, no ha sido posible aún probar o refutar las diferentes teorías

propuestas.

a. Teoría de la dominancia

Se basa en la suposición de que el vigor híbrido resulta de la combinación en un mismo individuo de genes dominantes favorables. De acuerdo con esta teoría los genes que son favorables para vigor y crecimiento son dominantes y los genes que son nocivos al individuo son recesivos. Los genes dominantes contribuidos por uno de los padres complementaría los genes dominantes contribuidos por el otro padre, de tal manera que la F1 tendría una combinación más favorable de genes dominantes que cualquiera de los padres (Poehlman, 1979).

Para comprender el fenómeno de heterosis a partir de la teoría de la dominancia, Briggs y Knowles (1967) citan un ejemplo en el cual, comenzando con un genotipo AaBbCc con el máximo grado de heterosis y autopolinizándose por varias generaciones se obtendrían todos los genotipos homocigóticos posibles, cada uno presente en la misma proporción. De los ocho genotipos uno tendría alelos dominantes en los tres loci, tres los tendrían en dos loci, tres en un locus y uno no tendría alelos dominantes. Si se supone que los alelos dominantes en cada locus en condición homocigota o heterocigota producen una unidad de heterosis entonces la cantidad de heterosis producida bajo autopolinización sería 1.5. La heterosis bajo polinización cruzada es 2.25 o 50% mayor que bajo autopolinización.

Cuadro 1. Expresión cuantitativa de heterosis en equilibrio bajo polinización cruzada y autopolinización del genotipo AaBbCc.

Número de loci homocigoto o heterocigoto para los alelos dominantes	Heterosis producida	
	Autopolinización	P. Cruzada
3	0.375	1.2657
2	0.750	0.8438
1	0.375	0.1406
0	0.000	0.0000
Total	1.500	2.2501

Fuente: Briggs y Knowles (1987).

De la anterior información observamos que al existir mayor número de loci con alelos dominantes la heterosis producida es mayor.

#### b. Teoría de la sobredominancia

Esta teoría explica el vigor híbrido sobre la base de que la heterocigocidad es superior a la homocigocidad. El individuo más vigoroso será aquel que posea la mayor cantidad de alelos en forma heterocigota. Esta teoría se basa en la suposición de que existen alelos contrastantes  $a_1$  y  $a_2$  para un locus simple. Cada alelo produce en la planta efectos favorables pero distintos. En una planta heterocigota ( $a_1a_2$ ) se produce una combinación de estos efectos, los cuales son más favorables a la planta que el efecto producido por cualquiera de las combinaciones homocigotas ( $a_1a_1$  o  $a_2a_2$ ) (Poehlman, 1979).

Cuando la teoría de la sobredominancia fue propuesta por

primera vez, no existía una evidencia directa de que en un locus la heterocigocidad fuese superior a la homocigocidad. Sin embargo, Stadler (1942), citado por Briggs y Knowles (1967), demuestra con el siguiente ejemplo que los alelos R en maíz, cuando se hallan en forma heterocigota provocan que ciertas características se presenten con mayor intensidad que en forma homocigota:

$R^*R^*$  aleurona color intenso, anteras color opaco

$r^*r^*$  aleurona color opaco, anteras color intenso

$R^*r^*$  aleurona color intenso, anteras color intenso

De acuerdo con el ejemplo anterior, Standler (1942) sugiere que si los alelos R afectaran la síntesis de alguna sustancia importante para el metabolismo general de las células, es probable que la condición heterocigótica se manifieste en plantas más vigorosas que los padres homocigotos.

En posteriores investigaciones Sprague (1983), propuso alelos divergentes y utilizó el concepto de estimulación que surge de la heterocigocidad como base de su teoría. Esta divergencia involucraría funciones fisiológicas tales como mayor adaptación de los heterocigotos sobre una amplitud de ambientes y condiciones diferentes.

Seguidores de la hipótesis de la sobredominancia atacan la teoría de la dominancia porque las evidencias no sustentan el modelo propuesto. Si el fenómeno de heterosis se debiera a la acumulación de genes favorables dominantes, se debería

poder obtener líneas puras tan productivas como los híbridos de cruce simple; esto nunca se ha observado (Hallauer y Miranda, 1981).

Aparentemente el número de genes involucrados con una característica cuantitativa como el vigor, es muy grande como para poder concentrarse en estado homocigótico en una planta individual.

Un cultivo de polinización cruzada como el maíz contiene una serie de alelos recesivos deletéreos. Con la polinización cruzada, los efectos de los genes recesivos deletéreos son enmascarados por la presencia de alelos dominantes. Con la autopolinización muchos de los genes recesivos deletéreos se convierten en homocigotos y contribuyen a la pérdida de vigor de la línea pura. La unión de genes favorables dominantes con genes deletéreos recesivos impone ciertas restricciones y reduce aún más la posibilidad de recuperar líneas homocigotas tan vigorosas como las líneas parentales (Poehlman, 1979).

La ausencia de una distribución sesgada en la población F<sub>2</sub> es una indicación de que la dominancia no es el principal rasgo de la heterosis. Si la dominancia estuviera presente, esperaríamos una distribución sesgada para la expansión del binomio  $(A+a)^n$ . Sin embargo, se ha demostrado que la distribución no normal debida a dominancia no es grande si un número grande de factores pares están involucrados en la expresión del rasgo. El fracaso en obtener evidencia convincente para la ocurrencia de dominancia en la expresión

de rasgos heredados cuantitativamente, es también una razón para no aceptar la hipótesis de la dominancia. Por otra parte, muchas de las evidencias indican que la dominancia parcial a completa es la principal forma de herencia. O dicho de otro modo, existen evidencias que indican que la sobredominancia no es el principal modo de herencia.

Probablemente, es difícil establecer pruebas definitivas buscando una base genética para cualquiera de las hipótesis propuestas. Debido a la complejidad de la herencia de caracteres cuantitativos, todos los tipos de acción de genes, inter e intra alélico, están probablemente involucrados (Hallauer y Miranda, 1981).

## 2. Componentes de la heterosis

La heterosis ocurrirá cuando  $F_1 > P_1$  si  $P_1$  es el mejor padre para la característica en consideración, o  $F_1 < P_2$  si  $P_2$  es el mejor padre. Claramente  $P_1$  será el mejor padre donde la superioridad sea igualable a un valor más alto para una característica como el rendimiento. Asimismo,  $P_2$  será el mejor padre cuando sea inferior al valor de un carácter como número de días para alcanzar la madurez.

Heterosis del primer tipo llamada positiva ocurrirá cuando:

$F_1 - P_1 = [h] - [d] = \text{un valor positivo que ocurre cuando } [h] \text{ es positivo y mayor que } [d].$

Heterosis del segundo tipo, negativa ocurre cuando:  
 $F_1 - P_2 = [h] + [d] =$  un valor negativo, que ocurre cuando  $[h]$  es negativo y su valor absoluto es mayor que  $[d]$ .

donde:  $[d] = (P_1 - P_2) / 2$  y  $[h] = F_1 - ((P_1 + P_2) / 2)$

La condición general para que ocurra heterosis es que el valor absoluto de  $[h]$  sea mayor que  $[d]$  (Jinks, 1983).

La heterosis en maíz puede utilizarse sin conocimiento de la base genética exacta para que ésta ocurra. Lo importante es el conocimiento de los tipos predominantes de acción de genes en el diseño eficiente del mejoramiento para continuar con los progresos. Para propósitos prácticos parece que las evidencias apoyan la hipótesis de que la heterosis resulta de la acumulación de factores de crecimiento dominantes y favorables (Hallauer y Miranda, 1981).

#### G. Cruzas intervarietales

Para maximizar la heterosis manifestada en cruzas de líneas puras, usualmente se cruzan líneas entre poblaciones que muestran evidencias de un patrón heterótico definido, tales como los maíces dentados con los cristalinos.

La heterosis manifestada en cruzas entre variedades de polinización abierta proveen evidencia de que existen diferencias genéticas entre variedades. Usualmente se producen híbridos entre líneas de parentesco diverso (Hallauer y Miranda, 1981).

El entendimiento de la evolución histórica de los

diferentes cultivares de maíz y la preservación de la variabilidad genética son problemas fundamentales en el mejoramiento de maíz (Crossa *et al.*, 1990).

En experimentos para determinar diferencias poblacionales se encontró que el promedio de heterosis para rendimiento de grano, calculado respecto al rendimiento medio de los progenitores, fue 11.53% más alto en las cruzas interpoblaciones que en las cruzas intrapoblaciones. En general las cruzas entre progenitores de diferentes poblaciones ofrecieron mejores oportunidades de explotar los efectos heteróticos (Moll *et al.*, 1962 y Velázquez *et al.*, 1983).

Gilbert (1960), citado por Moll *et al.* (1962), opina que el incremento de heterocigocidad no es siempre ventajoso. La cuestión sobre la heterosis proveniente de pocos progenitores y la diversidad genética, se ha convertido en algo particularmente importante y ha causado interés en aumentar la utilización de maíces exóticos en programas de mejoramiento.

Los resultados de estudios realizados indican que la heterosis expresada como porcentaje de la media parental se incrementa con el aumento de la diversidad genética. Los cruzamientos entre materiales que presentan gran diversidad genética pueden tener un potencial importante en el mejoramiento de caracteres como el rendimiento; a pesar de contar con variedades de fuentes distantes con poca adaptación local (Moll *et al.*, 1962).

Cruzas intervarietales de maíz exhiben regularmente heterosis. La cantidad de heterosis desplegada dependen de la capacidad de rendimiento y la diversidad genética de las variedades usadas como líneas parentales. La máxima respuesta heterótica en maíz resulta de cruzar padres con tipos de endosperma contrastantes. Paterniani y Lonquist (1963) encontraron la presencia de suficiente diversidad genética entre razas dentro de los tipos de endosperma. Esto resultó en una respuesta heterótica tan grande o mayor que la obtenida entre los tipos de endosperma. De este modo, se cree que una considerable diversidad entre los tipos de endosperma puede hallarse cuando una amplia selección de los padres es posible. Los fitomejoradores deben estar en la capacidad de determinar el rango de diversidad presente en variedades o razas disponibles, mediante cruzamientos y no únicamente suponiendo diversidad basada en las diferencias del tipo de endosperma.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### A. Ubicación del experimento y características del área

El presente trabajo se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, situada en el valle del río Yeguaré, 37 km al sureste de Tegucigalpa, Honduras.

La Escuela Agrícola Panamericana, se encuentra localizada a una altitud de 805 m, a 14° 00' latitud norte y a 87° 02' longitud oeste.

En el Anexo 1 se presentan los valores promedio de precipitación y temperaturas máximas y mínimas observadas durante el desarrollo del experimento.

La terraza en la que se ubicó el experimento fue la número 5 del Departamento de Agronomía.

#### B. Tratamientos

Se utilizó la semilla F1 de cada uno de los cruzamientos realizados en la EAP en 1990 entre ocho genotipos de maíz reventón usados como líneas femeninas y dos genotipos: uno dentado blanco y otro reventón como líneas masculinas (Sarmiento, 1991).

También se sembraron todos los materiales parentales para poder comparar sus resultados con los de la descendencia y estimar la heterosis resultante de las cruces.

Por lo tanto el experimento consistió de 26 tratamientos distribuidos de la siguiente manera:

- Ocho generaciones F1 resultantes de cruces de maíz reventón con el híbrido B-833 de la casa comercial Dekalb:

1) Yellow Pearl Americano	x	B-833
2) Ecuatoriano	x	B-833
3) EAP-5	x	B-833
4) Robust	x	B-833
5) Tosty Rosty	x	B-833
6) EAP-2	x	B-833
7) EAP-4	x	B-833
8) Canguil Colombia	x	B-833

- Ocho generaciones F1 resultantes de cruces de maíz reventón con EAP-2:

9) Yellow Pearl Americano	x	EAP-2
10) Ecuatoriano	x	EAP-2
11) EAP-5	x	EAP-2
12) Robust	x	EAP-2
13) Tosty Rosty	x	EAP-2
14) EAP-2	x	EAP-2 (Autocruza)
15) EAP-4	x	EAP-2
16) Canguil Colombia	x	EAP-2

- Ocho progenitores femeninos de maíz reventón:

- 17) Yellow Pearl Americano
- 18) Ecuatoriano
- 19) EAP-5
- 20) Robust
- 21) Tosty Rosty
- 22) EAP-2
- 23) EAP-4
- 24) Canguil Colombia

- Dos progenitores masculinos:

- 25) B-833
- 26) EAP-2

### C. Parcela experimental

Se utilizaron parcelas de 18 m<sup>2</sup>, cada una de cuatro surcos de 5 m de largo. La separación entre surcos fue de 0.9 m y entre plantas de 0.25 m.

El área útil de cada parcela la constituyeron los dos surcos centrales.

### D. Manejo del experimento

La siembra se realizó el 24 de junio de 1991. Se colocaron dos semillas por postura separadas a 0.25 m. Cuando las plantas alcanzaron aproximadamente 0.15 m de altura se procedió a efectuar un raleo dejando únicamente una planta por

sitio. La población obtenida fue de aproximadamente 44,000 plantas por hectárea.

La fertilización se llevó a cabo tomando como base las dosis que se emplean en la EAP para la producción de maíz grano, las cuales son de 120 kg/ha y 35 kg/ha de nitrógeno y fósforo, respectivamente.

La aplicación del fertilizante se efectuó en dos etapas, una a la siembra en la que se aplicó la fórmula 18-46-0 supliéndose todo el fósforo requerido. La segunda aplicación se realizó 30 días después de la siembra, empleándose urea (46%) para completar los requerimientos de nitrógeno.

Al momento de realizar la segunda fertilización también se aporcaron las plantas.

Se realizaron dos aplicaciones de insecticidas. Una a la siembra cuando se utilizó Furadan (carbofuran) en una dosis de 10 kg/ha, para combatir plagas del suelo. La otra se realizó a los 30 días de efectuada la siembra usando Volaton (phoxim) en una dosis de 10 kg/ha contra gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

El combate de malezas se efectuó en forma manual.

El período en el que se realizó el cultivo se caracterizó por presentar una escasa precipitación. El año 1991 fue el más seco en los 50 años de registros tomados en el valle de El Zamorano (Anexo 2).

La precipitación que se registró en el ciclo promedio del cultivo fue de 471 mm, y entre los 15 días antes y después del

promedio de floración fue de 78.8 mm. Por lo tanto para que la falta de agua no interfiera con la antesis, en el mes de agosto se realizaron tres riegos de aproximadamente 20 mm cada uno.

La cosecha se realizó en dos fechas, 21 de septiembre y 5 de octubre, ya que algunos genotipos tuvieron un comportamiento mas precoz que el resto.

La formación de la capa de abscisión se utilizó como criterio para determinar la madurez del grano. La cosecha se realizó manualmente una vez que el grano alcanzó aproximadamente 20% de humedad.

Una vez cosechadas las mazorcas, éstas fueron secadas al sol, cuidando de que el grano no alcanzara temperaturas excesivas para evitar rajaduras en el pericarpio.

El desgranado fue manual una vez que el grano alcanzó aproximadamente 14% de humedad.

## E. Variables evaluadas

### 1. Días a floración

Se contó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que la mitad de las plantas en la parcela habían florecido y comenzaban a liberar polen.

### 2. Altura de planta

Se midió la altura en centímetros de cuatro plantas de la parcela útil. La medición se realizó con una cinta métrica

desde la superficie del suelo a la base de la panoja.

### 3. Altura de la mazorca

Se midió la altura en centímetros de cuatro plantas de la parcela útil. La medición se realizó desde la superficie del suelo al nudo de la mazorca superior.

### 4. Número de plantas acamadas

Se contaron las plantas dentro la parcela útil que presentaban una inclinación superior a 30 grados de la vertical, o que presentaban rompimiento del tallo por debajo de la mazorca.

### 5. Número de plantas con macollos

Se contaron las plantas dentro de cada parcela útil que presentaban macollos.

### 6. Número de plantas por parcela

Dentro de la parcela útil se contó el total de plantas erectas y acamadas al momento de la cosecha.

### 7. Número de mazorcas por parcela

Se contaron las mazorcas cosechadas de cada parcela útil.

### 8. Índice de proliferación de mazorcas

El índice de proliferación se obtuvo al dividir el número

de mazorcas por parcela entre el número de plantas por parcela.

#### 9. Peso de mazorcas destusadas

Se pesó el total de mazorcas cosechadas y destusadas de cada parcela. Se utilizó una balanza de resorte para efectuar las mediciones.

#### 10. Largo de mazorcas

Se midió el largo de cinco mazorcas tomadas al azar, provenientes de cada parcela experimental. Para realizar las mediciones se utilizó un calibrador.

#### 11. Diámetro de mazorcas

Se midió el diámetro en la base de cinco mazorcas tomadas al azar, provenientes de cada parcela experimental. Las mediciones se realizaron con un calibrador.

#### 12. Pudrición de mazorcas

Se anotó el número de mazorcas que presentaban un daño superior al 30% ya sea por insectos, hongos, pájaros u otras plagas.

#### 13. Cobertura de mazorcas

Se contó el número de mazorcas que presentaban mala cobertura.

## 14. Rendimiento de grano

Se pesó el grano obtenido de cada una de las parcelas.

## 15. Peso de 100 granos

Se tomó el peso de 100 granos representativos provenientes de cada parcela. Para la medición se utilizó una balanza de precisión.

## 16. Porcentaje de humedad

Usando muestras de 250 g provenientes de cada parcela, se determinó el porcentaje de humedad del grano. Para las mediciones se utilizó un aparato marca Motomco del Laboratorio de Semillas de la EAP.

## 17. Rendimiento de grano al 14% de humedad

Los valores de rendimiento y peso de 100 granos se uniformaron al 14% de humedad mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$PF = PI(100 - \%HI) / (100 - \%HF)$$

donde:

PI = Peso inicial del grano

HI = % de humedad inicial

HF = % de humedad final

PF = Peso final del grano ajustado al 14% de humedad

### 18. Volumen de expansión

Para la prueba de expansión se utilizó la técnica descrita por Robles (1970).

De acuerdo con este procedimiento se usaron cribas para separar las semillas demasiado pequeñas de las muy grandes, estandarizando así el tamaño intermedio.

Se contaron 100 semillas de tamaño intermedio y se midió su volumen en una probeta de 100 ml.

En una olla de teflón se colocó un 15% de aceite vegetal en relación con el volumen de las semillas.

Se sometió a calentamiento y cuando se calculó que reventaron todos los granos, se midió su volumen usando una probeta de 500 ml.

El volumen de expansión se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$VE = VF / V_0$$

donde:

VE = Volumen de expansión

VF = Volumen del grano reventado

V<sub>0</sub> = Volumen del grano antes del reviente

### 19. Heterosis

Los valores de heterosis fueron obtenidos en relación con la media del progenitor más productivo (pmp) y al valor de la media de ambos progenitores (mp) del siguiente modo (Eleutério *et al.*, 1988):

$$H_{pmp} = (F1 / X_{pmp}) * 100$$

$$H_{mp} = (F1 / X_p) * 100$$

donde:

F1 = media de la F1

X<sub>pmp</sub> = media del progenitor más productivo

X<sub>p</sub> = media de ambos progenitores

H<sub>pmp</sub> = heterosis con relación a la media del  
progenitor más productivo

H<sub>mp</sub> = heterosis con relación a la media de ambos  
progenitores

#### F. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. El análisis de varianza utilizado se describe a continuación:

#### Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	GL
Repeticiones	3
Genotipos	25
Cruzas con B-833	7
Cruzas con EAP-2	7
Progenitores femeninos	7
Progenitores masculinos	1
F1 vs. Progenitores femeninos	1
Cruzas B-833 vs. Cruzas con EAP-2	1
Progenitores femeninos vs. Progenitores masculinos	1
Error	75
Total	103

### G. Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el programa de computación MSTAT-C versión 4.0. desarrollado por la Universidad Estatal de Michigan.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### Días a floración

El análisis de varianza del Cuadro 2 nos permite observar diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos.

Todas las poblaciones analizadas mostraron diferencias significativas (Cuadro 3). Los genotipos femeninos utilizados en los cruzamientos resultaron, en promedio, más precoces. La variedad EAP-2 y el híbrido B-833 fueron los genotipos más tardíos (69 días a floración) y se observa que en los cruzamientos donde fueron utilizados, su descendencia fue también un poco más tardía (Cuadros 4, 5 y 6).

Las variedades como Yellow Pearl Americano, Robust y Tosty Rosty resultaron ser las más precoces (Cuadro 3). Esta característica también fue transmitida a su descendencia en cada uno de los cruzamientos en los que intervinieron (Cuadros 4 y 5). Este hecho probablemente también se debió a una precoz estimulación producida por la sequía y el fotoperíodo de la época.

En el Cuadro 7 puede observarse que las mayores respuestas heteróticas, en términos de un período a floración más largo, se dieron con mayor intensidad en los cruzamientos donde intervino la variedad EAP-2 como progenitor masculino y femenino.

Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados Medios				
		DAF	ADP	ADM	URM	NPA
Repetición	3	17.9ns	1518.8*	779.8**	0.01**	0.5ns
Genotipos	25	152.9**	1725.4**	1149.1**	0.02**	1.8**
Error	75	15.1	451.9	162.2	0.00	0.6
C.V (%)		6.2	16.0	16.8	6.9	28.6

\* significativo al 0.05

\*\* significativo al 0.01

ns no significativo

Cuadro 3. Cuadrados medios de comparaciones entre poblaciones para las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991.

Comparación	Cuadrados Medios				
	DAF	ADP	ADM	URM	NPA
Progenitores masculinos vs. Progenitores femeninos	536.5**	12985.1**	5868.2**	0.01*	0.2ns
Cruzas B-833 vs. Cruzas EAP-2	189.1**	3073.1**	17.7ns	0.06**	5.0**
Progenitores femeninos vs. F1	180.1**	10439.5**	2264.7**	0.00ns	12.9**

\* significativo al 0.05

\*\* significativo al 0.01

ns no significativo

Cuadro 4. Separación de medias de las cruizas con B-833 para las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991.

DAF	ADP (cm)	ADM (cm)	URM	NPA
(6) 66.0 Aa	(6) 181.8 A	(6) 94.4 A	(6) 0.58 A	(3) 3.1 A
(5)b63.7 AB	(8) 157.3 A	(8) 89.3 AB	(8) 0.57 AB	(1) 2.7 AB
(8) 63.0 AB	(7) 156.1 A	(3) 78.3 ABC	(5) 0.56 AB	(5) 2.4 ABC
(3) 60.7 AB	(3) 147.5 A	(7) 77.1 ABC	(3) 0.53 ABC	(2) 2.1 ABC
(2) 60.2 AB	(4) 141.3 A	(5) 76.7 ABC	(4) 0.51 BC	(7) 1.9 BC
(4) 58.7 B	(5) 136.5 A	(4) 71.6 BC	(2) 0.50 BC	(4) 1.6 BC
(7) 58.0 B	(2) 129.8 A	(2) 64.7 C	(7) 0.49 C	(6) 1.5 BC
(1) 57.7 B	(1) 127.3 A	(1) 62.5 C	(1) 0.49 C	(8) 1.4 C

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano x B-833
- (2) Ecuatoriano x B-833
- (3) KAP-5 x B-833
- (4) Robust x B-833
- (5) foety Rosty x B-833
- (6) KAP-2 x B-833
- (7) KAP-4 x B-833
- (8) Canguil Colombia x B-833

Cuadro 5. Separación de medias de las cruzas con EAP-2 para las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991.

DAF	ADP (cm)	ADM (cm)	URM	NPA
(6) 72.0 Aa	(2) 140.9 A	(6) 91.2 A	(6) 0.68 A	(1) 3.1 A
(8)b72.0 A	(7) 137.7 A	(8) 89.3 A	(8) 0.66 A	(3) 2.8 A
(7) 67.0 AB	(3) 136.3 A	(7) 88.3 A	(7) 0.63 A	(5) 2.7 A
(2) 66.0 BC	(6) 136.3 A	(2) 86.7 A	(2) 0.61 AB	(8) 2.7 A
(3) 65.0 BC	(8) 134.3 A	(3) 78.2 AB	(5) 0.59 ABC	(7) 2.7 A
(5) 61.5 BC	(5) 123.5 A	(5) 74.1 AB	(3) 0.56 BC	(6) 2.6 A
(4) 60.2 C	(4) 120.0 A	(4) 64.9 BC	(4) 0.54 C	(2) 2.4 A
(1) 52.0 D	(1) 117.8 A	(1) 50.3 C	(1) 0.42 D	(4) 2.3 A

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano x EAP-2
- (2) Ecuatoriano x EAP-2
- (3) EAP-5 x EAP-2
- (4) Robust x EAP-2
- (5) Tosty Rosty x EAP-2
- (6) EAP-2 x EAP-2
- (7) EAP-4 x EAP-2
- (8) Canguil Colombia x EAP-2

Cuadro 6. Separación de medias de los progenitores femeninos para las variables días a floración (DAF), altura de planta (ADP), altura de mazorca (ADM), ubicación relativa de la mazorca (URM) y número de plantas acamadas (NPA). El Zamorano, Honduras, 1991.

DAF	ADP (cm)	ADM (cm)	URM	NPA
(6) 72.5 Aa	(8) 144.6 A	(6) 96.1 A	(6) 0.66 A	(2) 3.9 A
(7)b66.0 B	(6) 143.8 A	(8) 91.1 A	(8) 0.63 A	(6) 3.6 AB
(3) 63.5 B	(7) 137.5 A	(7) 84.3 A	(7) 0.61 AB	(1) 3.5 AB
(8) 63.2 B	(3) 117.7 AB	(3) 85.0 B	(5) 0.56 BC	(4) 3.4 AB
(2) 56.0 C	(1) 102.9 B	(2) 54.8 BC	(3) 0.55 BC	(3) 3.2 ABC
(5) 52.7 C	(2) 101.1 B	(1) 52.7 BC	(2) 0.54 CD	(5) 3.0 ABC
(4) 52.5 C	(5) 92.6 B	(5) 51.9 BC	(1) 0.51 CD	(8) 2.4 BC
(1) 52.2 C	(4) 85.0 B	(4) 40.5 C	(4) 0.48 D	(7) 2.1 C

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano
- (2) Ecuatoriano
- (3) LAP-5
- (4) Robust
- (5) Tosty Rosty
- (6) LAP-2
- (7) LAP-4
- (8) Canguil Colombia

BIBLIOTECA WILSON POPENOE  
 ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
 APARTADO 99  
 TEGUCIGALPA HONDURAS

8.2 plantas acamadas, mientras que EAP-2 presentó 15.5.

En cuanto a las combinaciones híbridas se puede observar en el Cuadro 3 que hubo diferencias significativas entre las poblaciones cruzadas con B-833 y EAP-2.

Los Cuadros 4 y 5 nos muestran que en promedio las cruzas con B-833 fueron las más resistentes al acame. Esto probablemente se deba, por una parte, a que los híbridos adquirieron ciertas características de los progenitores femeninos que los hicieron más resistentes a las condiciones adversas presentadas durante el ensayo y, por otra parte, a la resistencia al acame del B-833 que por alguna razón no se presentó en el progenitor.

En las poblaciones cruzadas con EAP-2 el comportamiento fue similar en todos los casos. En las poblaciones cruzadas con B-833 se observaron pocas diferencias, de las cuales resalta el cruce con Canguil Colombia que presentó los menores índices de acame.

Contrariamente a lo esperado, algunos genotipos como el Canguil Colombia y el EAP-2 en ambas combinaciones híbridas, presentaron una mayor URM pero los menores índices de acame. Esto puede ser explicado por el vigor observado en estas plantas, el cual se manifestó en una mayor altura, mayor número de hojas, mayor grosor de tallo y un sistema radical mucho más profundo y fuerte. Esto les permitió resistir los efectos del viento y soportar mejor la sequía presentada en el ciclo del cultivo.

Número de plantas con macollos

Se observaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) para esta variable (Cuadro 10).

En el Cuadro 11 se presentan los cuadrados medios de las comparaciones entre poblaciones. Hubo diferencias significativas entre éstas para la variable en estudio.

El promedio de los progenitores masculinos con respecto a los femeninos exhibió una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), cuya magnitud fue disminuida por la variedad EAP-2, ya que el B-833, en forma individual, produjo escasos macollos.

Los progenitores femeninos y las cruzas efectuadas con la variedad EAP-2 presentaron la mayor producción de macollos (Cuadros 12, 13 y 14).

El efecto de la variedad EAP-2 en las combinaciones híbridas se observó con incrementos en el número de macollos. Al contrario, el híbrido B-833 redujo significativamente el número de macollos de las poblaciones de maíz reventón originales.

Dentro de cada una de estas poblaciones híbridas no se encontraron diferencias entre los cruces. Puede suponerse que el efecto del B-833 y el EAP-2 uniformó esta característica sobre los genotipos reventones (Cuadros 12 y 13).

Cabe destacar que dentro de la población original, las variedades mejoradas estadounidenses como Yellow Pearl y Tosty Rosty producen los menores índices de macollamiento, pero dichas diferencias no son significativas con la mayoría de

Cuadro 10. Cuadrados medios de las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados Medios				
		NPM	NPL	NMA	IPM	PMD
Repetición	3	1.8**	1.1**	1.2*	0.01ns	21663.3ns
Genotipos	25	1.1**	2.6**	3.8**	0.07**	2092254.2**
Error	75	0.2	0.2	0.3	0.01	16940.6
C.V (%)		18.6	12.7	12.1	9.6	14.9

\* significativo al 0.05

\*\* significativo al 0.01

ns no significativo

Cuadro 11. Cuadrados medios de comparaciones entre poblaciones para las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991.

Comparación	Cuadrados Medios				
	NPM	NPL	NMA	IPM	PMD
Progenitores masculinos vs. Progenitores femeninos	0.9*	6.3**	5.2**	0.2ns	4357320.1**
Cruzas B-833 vs. Cruzas EAP-2	8.8**	15.1**	18.8**	0.1ns	25516389.3**
Progenitores femeninos vs. F1	1.3*	17.3**	20.3**	0.3ns	12811783.3**

\* significativo al 0.05

\*\* significativo al 0.01

ns no significativo

Cuadro 12. Separación de medias de las cruzas con B-833 para las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991.

NPM	NPL	NMA	IPM	PMD (g)
(7) 2.6 Aa	(7) 24.0 A	(2) 37.2 A	(4) 2.2 A	(7) 2296 A
(3)b2.4 A	(8) 23.0 A	(6) 34.8 A	(2) 2.1 A	(2) 2208 A
(1) 2.4 A	(1) 19.3 A	(7) 33.6 AB	(6) 1.8 AB	(5) 1878 B
(2) 2.2 A	(6) 18.4 A	(1) 30.2 ABC	(1) 1.5 BC	(6) 1843 B
(6) 2.1 A	(5) 18.4 A	(8) 30.2 ABC	(7) 1.4 BC	(4) 1578 C
(4) 2.0 A	(2) 18.4 A	(4) 28.0 ABC	(3) 1.3 BC	(8) 1566 C
(8) 2.0 A	(3) 17.6 A	(3) 25.0 BC	(8) 1.2 BC	(1) 1462 C
(5) 1.9 A	(4) 12.2 B	(5) 22.0 C	(5) 1.1 C	(3) 1045 D

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano x B-833
- (2) Ecuatoriano x B-833
- (3) RAP-5 x B-833
- (4) Robust x B-833
- (5) Tosty Rosty x B-833
- (6) RAP-2 x B-833
- (7) RAP-1 x B-833
- (8) Conguil Colombia x B-833

Cuadro 13. Separación de medias de las cruzas con EAP-2 para las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1981.

NPM	NPL	NMA	IPM	PMD (g)
(3) 3.3 Aa	(5) 16.0 A	(6) 28.0 A	(1) 2.1 A	(2) 755.3 A
(5)b3.3 A	(6) 15.2 A	(3) 24.0 AB	(6) 1.9 AB	(1) 722.3 A
(6) 3.2 A	(3) 13.6 A	(1) 24.0 ABC	(8) 1.8 ABC	(7) 616.5 AB
(7) 3.1 A	(2) 11.5 AB	(5) 21.1 ABCD	(4) 1.7 ABC	(3) 525.3 B
(1) 2.8 A	(7) 10.8 ABC	(7) 18.8 BCDE	(3) 1.7 ABC	(6) 500.0 B
(8) 2.6 A	(1) 10.8 ABC	(2) 16.0 CDE	(7) 1.5 BC	(4) 279.5 C
(2) 2.6 A	(4) 8.4 BC	(4) 14.4 DE	(2) 1.4 BC	(5) 229.0 C
(4) 2.5 A	(8) 8.7 C	(8) 12.2 E	(5) 1.3 C	(8) 143.5 C

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano x EAP-2
- (2) Ecuatoriano x EAP-2
- (3) EAP-5 x EAP-2
- (4) Robust x EAP-2
- (5) Tosty Tosty x EAP-2
- (6) EAP-2 x EAP-2
- (7) EAP-4 x EAP-2
- (8) Canguil Colombia x EAP-2

Cuadro 7. Porcentajes de heterosis para la variable días a floración con relación al progenitor más tardío (pmt) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento	F1	Madre	Padre	Hpmt%	Hmp%
C. COLOMBIA x RAP-2	72,00	63,25	69,75	103,23	108,27
RAP-4 x RAP-2	67,00	66,00	69,75	96,06	98,71
ECUATORIANO x RAP-2	66,00	56,00	69,75	94,62	104,97
RAP-2 x B-833	66,00	72,50	68,25	91,03	93,78
RAP-5 x RAP-2	65,00	63,50	69,75	93,19	97,56
TOSTY ROSTY x B-833	63,75	52,75	68,25	93,41	105,37
C. COLOMBIA x B-833	63,00	63,25	68,25	92,31	95,82
TOSTY ROSTY x RAP-2	61,50	52,75	69,75	88,17	100,41
RAP-5 x B-833	60,75	63,50	68,25	89,01	92,22
ROBUST x RAP-2	60,25	52,50	69,75	86,38	98,57
ECUATORIANO x B-833	60,25	56,00	68,25	88,28	96,98
ROBUST x B-833	58,75	52,50	68,25	86,08	97,31
RAP-4 x B-833	58,00	66,00	68,25	84,98	86,41
YELLOW PEARL A. x B-833	57,75	52,25	68,25	84,62	95,85
YELLOW PEARL A. x RAP-2	52,00	52,25	69,75	74,55	85,25

Altura de planta

Las diferencias observadas en el Cuadro 2 entre los genotipos resultaron significativas ( $P < 0.01$ ).

Los cruzamientos realizados con el híbrido B-833 produjeron las poblaciones F1 con mayor altura de plantas, seguida de las cruzas con la variedad EAP-2. Las variedades utilizadas como progenitores femeninos presentaron la menor altura de plantas.

Se observa que la altura de las poblaciones híbridas comparadas con las variedades reventonas fue incrementada por los padres masculinos B-833 y EAP-2. En la mayoría de los casos observados, los genotipos F1 produjeron plantas más altas que los padres femeninos (Cuadros 4, 5 y 6).

En los Cuadros 4 y 5 puede apreciarse que dentro de las poblaciones híbridas no se produjeron diferencias significativas.

De acuerdo con el Cuadro 6 las variedades estadounidenses utilizadas como progenitores fueron las que produjeron las plantas más pequeñas.

La respuesta heterótica fue mayor en combinaciones con el híbrido B-833 que con la variedad EAP-2 (Cuadro 8).

Se observó que la altura de las plantas estuvo relacionada con la precocidad de floración. En este caso las variedades estadounidenses que florecieron más temprano produjeron las plantas más pequeñas (Cuadro 8).

De lo anterior podemos afirmar que una mayor altura de

Cuadro 8. Porcentajes de heterosis para la variable altura de planta (cm) con relación al progenitor más alto (pma) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento	F1	Madre	Padre	H <sub>pma</sub> %	H <sub>mp</sub> %
KAP-2 x B-833	161,81	143,81	161,75	100,04	105,91
C. COLOMBIA x B-833	157,31	144,63	161,75	97,26	102,69
KAP-4 x B-833	156,06	137,50	161,75	96,48	104,30
KAP-5 x B-833	147,50	117,69	161,75	91,18	105,57
ROBUST x B-833	141,31	85,03	161,75	87,37	114,52
ECUATORIANO x KAP-2	140,94	101,06	159,66	88,27	108,11
KAP-4 x KAP-2	137,72	137,50	159,66	86,26	92,69
TOSTY ROSTY x B-833	136,50	92,63	161,75	84,39	107,32
KAP-5 x KAP-2	136,35	117,69	159,66	85,40	98,32
C. COLOMBIA x KAP-2	134,31	144,63	159,66	84,13	88,26
ECUATORIANO x B-833	129,85	101,06	161,75	80,28	96,81
YELLOW PEARL A. x B-833	127,35	102,94	161,75	78,73	96,22
TOSTY ROSTY x KAP-2	123,47	92,63	159,66	77,33	97,88
ROBUST x KAP-2	120,03	85,03	159,66	75,18	90,11
YELLOW PEARL A. x KAP-2	117,75	102,94	159,66	73,75	88,68

plantas puede ser fácilmente transmitida a la descendencia en combinaciones híbridas. Se ha observado que una mayor altura de plantas está relacionada con mayores rendimientos.

#### Altura de mazorca

De acuerdo con el Cuadro 2 se observaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre los genotipos evaluados.

En el Cuadro 3 puede verse que no hubo diferencias significativas entre las poblaciones híbridas, es decir, que en promedio, la mazorca, en ambas poblaciones, se presentaba a la misma altura. Esto sugiere que en el caso de los cruzamientos realizados utilizando como progenitor masculino el B-833 la misma posición de la mazorca con respecto a plantas más altas, mejoraría su resistencia al acame si se las compara con los cruzamientos hechos con la variedad EAP-2.

De acuerdo con los Cuadros 4, 5 y 6 la menor altura de mazorca fue observada en los genotipos donde existía influencia de las variedades estadounidenses; por el contrario, los mayores registros se obtuvieron con las variedades Canguil Colombia Y EAP-2 en ambas combinaciones híbridas y como progenitores.

En el Cuadro 9 se observa que el comportamiento de los genotipos híbridos fue muy similar para la combinación de progenitores femeninos con cualquiera de los dos progenitores masculinos. Es decir, que en este caso, en promedio, no importó el genotipo del progenitor masculino; la

Cuadro 9. Porcentajes de heterosis para la variable altura de mazorca (cm) con relación al progenitor con mazorcas más altas (pmma) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento		F1	Madre	Padre	H <sub>pmma</sub> %	H <sub>mp</sub> %
RAP-2	x B-833	84,44	96,13	85,10	98,24	104,22
C. COLOMBIA	x B-833	89,38	91,13	85,10	96,08	101,44
C. COLOMBIA	x RAP-2	89,31	91,13	109,66	81,45	88,87
RAP-4	x RAP-2	86,35	84,38	109,66	80,56	91,06
ECUATORIANO	x RAP-2	86,78	54,88	109,66	79,14	105,49
RAP-5	x B-833	76,35	65,03	85,10	92,07	104,37
RAP-5	x RAP-2	78,28	65,03	109,66	71,39	89,62
RAP-4	x B-833	77,19	84,38	85,10	90,71	91,09
TOSTY ROSTY	x B-833	76,75	51,91	85,10	90,19	112,04
TOSTY ROSTY	x RAP-2	74,13	51,91	109,66	67,60	91,76
ROBUST	x B-833	71,63	40,54	85,10	84,17	114,02
ROBUST	x RAP-2	64,94	40,54	109,66	59,22	86,47
ECUATORIANO	x B-833	64,75	54,88	85,10	76,09	92,52
YELLOW PEARL A.	x B-833	62,50	52,78	85,10	73,45	90,66
YELLOW PEARL A.	x RAP-2	50,38	52,78	109,66	45,94	62,02

característica de altura de mazorca en combinación híbrida provino del progenitor femenino.

En la mayoría de genotipos se observa una relación positiva entre la altura de la mazorca, la altura de la planta y los días a floración.

#### Ubicación relativa de la mazorca

En el Cuadro 3 se observa que existieron diferencias entre las dos poblaciones híbridas así como entre los genotipos parentales masculinos. Sin embargo, los progenitores femeninos no exhibieron diferencias significativas en cuanto a esta característica con respecto a las poblaciones híbridas.

En promedio, la población descendiente del híbrido B-833, produjo valores más bajos para URM que la descendencia de EAP-2 (Cuadros 4 y 5). Lo anterior sugiere que las cruzas con B-833 producirían plantas con mayores posibilidades de resistir el acame provocado por una posición más alta de la mazorca en la planta.

#### Número de plantas acamadas

En el Cuadro 2 se observan diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre los genotipos evaluados.

Se esperaba que los progenitores masculinos presentaran los menores índices de acame, sin embargo, no fueron estadísticamente diferentes con respecto a los genotipos femeninos (Cuadro 3). El híbrido B-833 presentó en promedio

Cuadro 14. Separación de medias de los progenitores femeninos para las variables número de plantas con macollos (NPM), número de plantas (NPL), número de mazorcas (NMA), índice de proliferación de mazorcas (IPM) y peso de mazorcas destusadas (PMD). El Zamorano, Honduras, 1991.

NPM	NPL	NMA	IPM	PMD (g)
(7) 3.5 Aa	(8) 16.8 A	(8) 5.8 A	(5) 2.5 A	(8) 909.8 A
(3)b3.3 A	(7) 14.4 AB	(7) 4.9 B	(1) 2.0 AB	(6) 617.0 B
(6) 3.2 AB	(2) 10.2 BC	(5) 4.3 BC	(8) 2.0 AB	(7) 439.3 BC
(4) 2.7 ABC	(6) 10.2 BC	(2) 4.1 BC	(2) 1.7 BC	(2) 255.8 CD
(8) 2.7 ABC	(5) 7.2 CD	(6) 4.0 BC	(3) 1.6 BC	(1) 222.8 DE
(2) 2.5 BC	(1) 7.2 CD	(1) 3.9 C	(7) 1.6 BC	(5) 97.7 DE
(1) 2.5 BC	(4) 5.2 DE	(4) 2.5 D	(6) 1.5 BC	(3) 43.5 E
(5) 2.1 C	(3) 3.2 E	(3) 2.2 D	(4) 1.2 C	(4) 37.2 E

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano
- (2) Ecuatoriano
- (3) RAP-5
- (4) Robust
- (5) Tooty Tooty
- (6) RAP-2
- (7) RAP-4
- (8) Canguil Colombia

genotipos dentro esta población (Cuadro 14).

#### Número de plantas por parcela

En el Cuadro 10 se observan diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre todos los genotipos para la variable número de plantas por parcela.

Todas las poblaciones comparadas en el Cuadro 11 mostraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ).

El menor número de plantas se observó en la población original de progenitores femeninos, a diferencia de las poblaciones híbridas donde el número de plantas fue significativamente mayor (Cuadros 12, 13 y 14).

El mayor número de plantas se observó en la población cruzada con B-833 donde se llegó en algunos casos, como en el cruce con la variedad EAP-5, a duplicar el número de plantas con relación a su progenitor femenino. Dentro de esta misma población no se observaron diferencias entre los diferentes cruces, lo cual se debió a que la mayoría de las plantas establecidas después del raleo llegaron a la cosecha. En los otros casos, las condiciones climáticas principalmente, fueron las que mermaron las poblaciones. Entonces, se puede afirmar que los cruzamientos con B-833 presentaron suficiente vigor y esto determinó que la mayoría de las plantas lleguen satisfactoriamente a la época de cosecha.

#### Número de mazorcas por parcela

En el Cuadro 10 se observan diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre los diferentes genotipos.

Como consecuencia de la asociación positiva entre número de mazorcas y el número de plantas, el comportamiento de los genotipos con respecto a estas variables fue muy similar. Las F1 produjeron el mayor número de mazorcas y dentro de estas las cruzas con B-833 fueron las más rendidoras (Cuadros 12, 13 y 14).

De esta forma, puede afirmarse que el B-833 tiene un efecto significativo sobre este componente de rendimiento al aumentar el número de plantas que llegan a ser cosechadas.

#### Índice de proliferación de mazorcas

En el Cuadro 10 se observan diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre los diferentes tratamientos. No se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones (Cuadro 11).

Se observó que esta característica no se vió afectada cuando los genotipos reventones entraron en combinaciones híbridas; sin embargo, en algunas cruzas específicas como es el caso de la variedad Tosty Rosty por B-833 se redujo el promedio de mazorcas por planta (Cuadros 12 y 14).

#### Rendimiento en mazorcas

Los genotipos mostraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre sí para esta variable (Cuadro 10).

Se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre todas las poblaciones comparadas (Cuadro 11).

En el Cuadro 15 se observa que sin excepción todos los cruzamientos realizados con el B-833 resultaron superiores a las cruzas con EAP-2.

También, puede apreciarse que los mayores índices de heterosis, con base en el promedio y el mejor de los progenitores, fue obtenido por las cruzas efectuadas con el maíz reventón EAP-2. Esto se debió a que la magnitud de los rendimientos del B-833 como progenitor no permitieron la exhibición porcentual de una marcada diferencia con la F1. Sin embargo, los híbridos obtenidos con el B-833 tuvieron un comportamiento superior a los progenitores femeninos en todos los casos e inclusive, las cruzas con EAP-4 y Ecuatoriano fueron superiores al padre B-833 y significativamente más rendidoras que todos los genotipos evaluados.

En las condiciones en las que se desarrolló el ensayo el híbrido B-833 no pudo manifestar todo su potencial genético. En todo caso, el hecho de que cruzas con variedades reventonas hayan resultado superiores a un híbrido de altos rendimientos como el B-833, es algo que no se esperaba. Sin embargo, las condiciones limitantes fueron comunes a todos los genotipos empleados, por lo que se puede afirmar que en las F1 se aumentó la tolerancia a condiciones adversas.

El hecho de encontrar mayor respuesta heterótica en el promedio de la población cruzada con el B-833, confirma lo

Cuadro 15. Porcentajes de heterosis para la variable peso de mazorcas (g/parcela) con relación al progenitor más productivo (pmp) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento	F1	Madre	Padre	Hpmp%	Hmp%
KAP-1 x B-833	2285,75	439,25	1896,75	121,04	198,55
ECUATORIANO x B-833	2206,25	255,75	1896,75	116,32	204,88
TOSTY ROSTY x B-833	1878,25	97,75	1896,75	99,02	188,34
KAP-2 x B-833	1842,50	617,00	1896,75	87,14	146,59
ROBUST x B-833	1578,25	37,25	1896,75	83,21	163,21
C. COLOMBIA x B-833	1565,50	909,75	1896,75	82,54	111,56
YELLOW PEARL A. x B-833	1462,25	222,75	1896,75	77,89	137,98
KAP-5 x B-833	1045,25	43,50	1896,75	55,11	107,74
ECUATORIANO x KAP-2	755,25	255,75	409,25	184,54	227,14
YELLOW PEARL A. x KAP-2	722,25	222,75	409,25	176,48	228,56
KAP-4 x KAP-2	616,50	439,25	409,25	140,35	145,32
KAP-5 x KAP-2	525,25	43,50	409,25	128,34	232,03
ROBUST x KAP-2	279,50	37,25	409,25	68,38	125,20
TOSTY ROSTY x KAP-2	229,00	97,75	409,25	55,96	90,34
C. COLOMBIA x KAP-2	143,50	909,75	409,25	15,77	21,76

señalado por Paterniani y Lonquist (1963), quienes sostienen que la heterosis como porcentaje de la media parental se incrementa con el aumento de la diversidad genética.

#### Largo de mazorcas

En el Cuadro 16 se observan diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre todos los genotipos. Las dos poblaciones híbridas fueron significativamente superiores a los progenitores femeninos (Cuadro 17).

Dentro de las poblaciones híbridas las cruzadas con el B-833 produjeron las mazorcas más largas. Se puede ver que el efecto del B-833 y el EAP-2 en combinaciones híbridas hizo que dentro de cada una de estas poblaciones no se encontraran muchas diferencias, es decir que todas las mazorcas midieron aproximadamente lo mismo. En cambio en la población de progenitores femeninos se encontraron mazorcas de diferentes tamaños (Cuadros 18, 19 y 20).

Los genotipos que produjeron mazorcas largas, intermedias o cortas como progenitores, mantuvieron estas características en cruzamientos híbridos.

Cabe destacar el porcentaje de heterosis alcanzado por la variedad estadounidense Tosty Rosty con relación a la media de los progenitores (Cuadro 21). Si bien esta variedad presentó una mala adaptación y pobres características agronómicas, al entrar en combinaciones híbridas con el B-833 se mejoraron aspectos de rendimiento como el largo de la mazorca. En

Cuadro 18. Cuadrados medios de las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados Medios			
		LDM	DDM	PDM	CDM
Repetición	3	3.4 <sub>ns</sub>	0.2 <sub>ns</sub>	0.3 <sub>ns</sub>	0.4*
Genotipos	25	20.2**	1.6**	0.5**	0.4**
Error	75	2.3	0.1	0.1	0.1
C.V (%)		12.1	12.0	19.3	24.5

\* significativo al 0.05

\*\* significativo al 0.01

<sub>ns</sub> no significativo

BIBLIOTECA WILSON FORNBERG  
 ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
 REG. 1953-03  
 TEGUCIGALPA, HONDURAS

Cuadro 17. Comparación entre poblaciones para las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991.

Comparación	Cuadrados Medios			
	LDM	DDM	PDM	CDM
Progenitores masculinos vs. Progenitores femeninos	111.1**	9.2**	0.01ns	1.1**
Cruzas E-833 vs. Cruzas RAP-2	60.2**	8.1**	3.8**	0.3ns
Progenitores femeninos vs. F1	133.6**	14.1**	0.6*	1.4**

\* significativo al 0.05

\*\* significativo al 0.01

ns no significativo

Cuadro 18. Separación de medias de las cruzas con B-833 para las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991.

LDM (cm)	DDM (cm)	PDM	CDM
(6) 15.6 A <sup>a</sup>	(7) 3.8 A	(1) 2.8 A	(7) 1.9 A
(7) <sup>b</sup> 15.5 A	(5) 3.8 A	(2) 2.4 AB	(1) 1.8 AB
(5) 15.4 A	(8) 3.7 AB	(3) 2.3 ABC	(8) 1.7 AB
(8) 14.7 AB	(6) 3.6 AB	(7) 2.1 BC	(5) 1.6 AB
(1) 14.3 AB	(3) 3.3 ABC	(8) 1.9 BC	(6) 1.5 AB
(2) 12.9 B	(1) 3.2 BC	(6) 1.9 BC	(3) 1.5 AB
(4) 12.9 B	(4) 3.2 BC	(5) 1.9 BC	(4) 1.3 B
(3) 12.8 B	(2) 3.0 C	(4) 1.7 C	(2) 1.3 B

<sup>a</sup> Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

<sup>b</sup> Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- |                            |         |
|----------------------------|---------|
| (1) Yellow Pearl Americano | x B-833 |
| (2) Ecuatoriano            | x B-833 |
| (3) KAP-5                  | x B-833 |
| (4) Robust                 | x B-833 |
| (5) Tosty Rosty            | x B-833 |
| (6) KAP-2                  | x B-833 |
| (7) KAP-4                  | x B-833 |
| (8) Canguil Colombia       | x B-833 |

Cuadro 19. Separación de medias de las cruzas con RAP-2 para las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991.

LDM (cm)	DDM (cm)	PDM	CDM
(2) 13.8 A <sup>a</sup>	(2) 3.5 A	(5) 1.9 A	(5) 1.8 A
(8) <sup>b</sup> 13.0 AB	(1) 2.9 B	(3) 1.8 A	(7) 1.6 AB
(7) 12.9 AB	(3) 2.9 B	(8) 1.8 A	(8) 1.6 AB
(5) 12.2 AB	(7) 2.7 B	(7) 1.7 AB	(6) 1.5 AB
(1) 12.0 AB	(4) 2.6 B	(1) 1.7 AB	(2) 1.4 AB
(6) 11.9 AB	(6) 2.5 B	(2) 1.5 AB	(4) 1.2 B
(4) 11.7 AB	(8) 2.5 B	(4) 1.4 AB	(1) 1.1 B
(3) 11.1 B	(5) 2.4 B	(6) 1.2 B	(3) 1.1 B

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano x RAP-2
- (2) Ecuatoriano x RAP-2
- (3) RAP-5 x RAP-2
- (4) Robust x RAP-2
- (5) Tosty Rostr x RAP-2
- (6) RAP-2 x RAP-2
- (7) RAP-4 x RAP-2
- (8) Canguil Colombia x RAP-2

Cuadro 20. Separación de medias de los progenitores femeninos para las variables largo de mazorcas (LDM), diámetro de mazorcas (DDM), pudrición de mazorcas (PDM) y cobertura de mazorcas (CDM). El Zamorano, Honduras, 1991.

LDM (cm)	DDM (cm)	PDM	CDM
(7) 15.0 A*	(8) 3.0 A	(7) 2.6 A	(7) 2.5 A
(8) <sup>b</sup> 14.1 A	(2) 2.4 B	(8) 2.4 AB	(4) 1.9 B
(6) 11.4 B	(7) 2.3 B	(1) 2.2 AB	(8) 1.8 B
(1) 10.5 BC	(1) 2.3 B	(6) 2.1 AB	(1) 1.7 B
(2) 9.9 BCD	(6) 2.3 B	(2) 2.0 AB	(5) 1.7 B
(4) 9.4 BCD	(4) 2.0 B	(4) 2.0 AB	(6) 1.7 B
(3) 8.3 CD	(3) 1.9 B	(6) 1.9 BC	(3) 1.6 BC
(5) 7.8 D	(5) 1.9 B	(3) 1.4 C	(2) 1.1 C

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano
- (2) Ecuatoriano
- (3) KAP-5
- (4) Robust
- (5) Tosty Rosty
- (6) KAP-2
- (7) KAP-4
- (8) Cangail Colombia

Cuadro 21. Porcentajes de heterosis para la variable largo de mazorca (cm) con relación al progenitor con mazorcas más largas (pml) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento	F1	Madre	Padre	Hpml%	Hmp%
KAP-2 x B-833	15,63	11,40	16,24	86,20	113,04
KAP-4 x B-833	15,56	15,01	16,24	95,81	99,58
TOSTY ROSTY x B-833	16,48	7,86	16,24	95,27	128,39
G. COLOMBIA x B-833	14,78	14,14	16,24	91,04	97,34
YELLOW PEARL A. x B-833	14,39	10,59	16,24	88,56	107,21
ECUATORIANO x KAP-2	13,89	9,96	13,77	100,89	117,09
G. COLOMBIA x KAP-2	13,08	14,14	13,77	92,46	93,70
KAP-4 x KAP-2	12,97	15,01	13,77	86,38	90,12
ECUATORIANO x B-833	12,95	9,96	16,24	79,73	98,85
ROBUST x B-833	12,90	9,43	16,24	79,42	100,51
KAP-5 x B-833	12,80	8,30	16,24	78,80	104,29
TOSTY ROSTY x KAP-2	12,20	7,86	13,77	88,65	112,84
YELLOW PEARL A. x KAP-2	12,80	10,59	13,77	87,18	98,53
ROBUST x KAP-2	11,77	9,43	13,77	85,51	101,51
KAP-5 x KAP-2	11,14	8,30	13,77	80,94	100,98

general, ese fue el comportamiento de la mayoría de cruzamientos hechos con el B-833.

#### Diámetro de mazorcas

En el Cuadro 16 se observan diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre todos los genotipos evaluados. Como puede verse en el Cuadro 17, las comparaciones entre las diferentes poblaciones fue altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

Los cruzamientos con B-833 produjeron en promedio las mazorcas con mayor diámetro y dentro de esta población las cruzas con EAP-4 y Tosty Rosty fueron las que alcanzaron el mayor índice de heterosis con respecto a la media parental (Cuadro 22).

En la población cruzada con EAP-2 sobresalió el cruzamiento hecho con Ecuatoriano, donde el índice de heterosis fue el más alto que se obtuvo para esta variable (Cuadro 22).

Entre los progenitores, con excepción del Canguil Colombia, todos los demás genotipos mostraron el mismo diámetro de mazorcas. Este comportamiento se mantuvo en las cruzas con EAP-2, excepto de la combinación con Ecuatoriano. Sin embargo en las cruzas con B-833 se observaron variaciones en la magnitud de los cruzamientos y un incremento en todos los casos con respecto al progenitor femenino (Cuadros 18, 19 y 20). Se puede entonces afirmar que existe un efecto marcado del B-833 sobre los genotipos reventones para transmitir

Cuadro 22. Porcentajes de heterosis para la variable diámetro de mazorca (cm) con relación al progenitor con mazorcas más anchas (p<sub>mma</sub>) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento	F1	Madre	Padre	H <sub>p<sub>mma</sub></sub> %	H <sub>mp</sub> %
RAP-4 x B-833	3,90	2,38	4,50	86,70	113,32
TOSTY ROSTY x B-833	3,85	1,97	4,50	85,54	119,04
C. COLOMBIA x B-833	3,75	3,06	4,50	83,38	99,28
RAP-2 x B-833	3,63	2,33	4,50	80,65	106,20
ECUATORIANO x RAP-2	3,52	2,49	2,58	136,58	138,93
RAP-5 x B-833	3,37	1,98	4,50	75,04	104,27
YELLOW PEARL A. x B-833	3,26	2,38	4,50	72,53	94,81
ROBUST x B-833	3,21	2,09	4,50	71,41	97,46
ECUATORIANO x B-833	3,06	2,49	4,50	68,96	87,64
YELLOW PEARL A. x RAP-2	2,94	2,38	2,58	114,17	118,62
RAP-5 x RAP-2	2,92	1,98	2,58	113,40	128,35
RAP-4 x RAP-2	2,78	2,38	2,58	108,08	112,26
ROBUST x RAP-2	2,60	2,09	2,58	100,87	111,42
C. COLOMBIA x RAP-2	2,57	3,06	2,58	84,22	91,40
TOSTY ROSTY x RAP-2	2,42	1,97	2,58	93,86	106,48

características de sus mazorcas en la descendencia híbrida.

#### Putrición de mazorcas

Los genotipos evaluados mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para esta variable (Cuadro 16). Entre las poblaciones progenitoras no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 17). Tanto el B-833 como el EAP-2 presentaron daños, al igual que los progenitores femeninos.

A diferencia de lo que se esperaba, el B-833 no presentó el menor número de mazorcas dañadas, probablemente debido a daños por pájaros que afectaron diferentes genotipos en forma similar. Sin embargo, la población híbrida y en especial la cruzada con EAP-2 resultó ser la que presentó el menor número de mazorcas podridas (Cuadros 18, 19 y 20). Esta diferencia fue significativamente superior a la población cruzada con el B-833. Este hecho puede explicarse por la observación de que la mazorca de la variedad EAP-2 la cual posee un gran número de brácteas que la protegen. Esta característica seguramente fue transmitida en las combinaciones híbridas en las que intervino.

#### Cobertura de mazorcas

En el Cuadro 16 se observan diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre los genotipos evaluados. Las poblaciones híbridas no mostraron diferencias significativas entre sí. Sin embargo con respecto a los progenitores femeninos presentaron

una mejor cobertura (Cuadro 17).

Dentro de cada población (Cuadros 18, 19 y 20) el comportamiento en cuanto a cobertura fue muy similar.

Se observó que en todos los genotipos híbridos, principalmente en los cruzados con B-833, las brácteas llegaban a cubrir completamente la mazorca; sin embargo fueron más buscadas por los pájaros, probablemente porque sobresalían más de la planta y eran más atractivas. A pesar de este hecho, las poblaciones híbridas fueron las que produjeron menor número de mazorcas dañadas en relación con el total por parcela.

#### Rendimiento de grano al 14% de humedad

De acuerdo con el Cuadro 23 se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre todos los genotipos evaluados. En el Cuadro 24 observamos que se produjeron diferencias significativas entre todas las poblaciones comparadas ( $P < 0.01$ ).

Entre las combinaciones híbridas todas las cruzas con el B-833 resultaron superiores a las cruzas con EAP-2.

Como puede verse en el Cuadro 25, toda la población F1 proveniente del B-833 resultó superior a los progenitores femeninos e inclusive algunas de ellas, como es el caso de EAP-4, Ecuatoriano, Tosty Rosty y EAP-2 fueron superiores al B-833.

Dentro de la población cruzada con B-833 (Cuadro 26), los

Cuadro 23. Cuadrados medios de las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991.

Fuente de variación	g.l.	RG14%	Cuadrados Medios P100G	VDE	NGSR
Repetición	3	30851.7ns	19.2*	0.2ns	0.2ns
Genotipos	25	1218187.2**	73.0**	57.5**	11.8**
Error	75	22756.1	6.7	2.1	0.5
C.V (%)		23.2	14.2	14.1	18.3

\* significativo al 0.05

\*\* significativo al 0.01

ns no significativo

EDUARDO WILSON POPENDE  
 ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
 APARTADO 503  
 TEGUCIGALPA, HONDURAS

Cuadro 24. Cuadrados medios de comparaciones entre poblaciones para las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991.

Comparación	Cuadrados Medios			
	RG14%	P100G	VDE	NGSR
Progenitores masculinos vs. Progenitores femeninos	2376065.0**	639.6**	327.2**	89.4**
Cruzas B-833 vs. Cruzas KAP-2	15555599.7**	51.1**	91.7**	9.9**
Progenitores femeninos vs. F1	7247913.7**	352.6**	201.2**	70.7**

\* significativo al 0.05

\*\* significativo al 0.01

ns no significativo

Cuadro 25. Porcentajes de heterosis para la variable rendimiento de grano al 14% de humedad (g/parcela) con relación al progenitor más productivo (pmp) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento	F1	Madre	Padre	Hpmp%	Hmp%
KAP-4 x B-833	1787,26	325,54	1377,32	129,76	209,91
EQUATORIANO x B-833	1631,92	187,18	1377,32	118,49	208,62
TOSTI TOSTI x B-833	1403,59	83,97	1377,32	101,91	192,10
KAP-2 x B-833	1393,85	487,60	1377,32	101,20	149,48
C. COLOMBIA x B-833	1242,71	678,27	1377,32	90,23	120,91
YELLOW PEARL A. x B-833	1197,87	126,45	1377,32	86,97	159,32
ROBUST x B-833	1128,00	25,92	1377,32	81,90	160,77
KAP-5 x B-833	774,90	38,11	1377,32	56,26	109,49
EQUATORIANO x KAP-2	573,42	187,18	329,56	174,00	221,94
YELLOW PEARL A. x KAP-2	547,88	126,45	329,56	166,25	240,30
KAP-4 x KAP-2	365,74	325,64	329,56	110,98	111,66
KAP-5 x KAP-2	355,64	38,11	329,56	107,91	193,46
ROBUST x KAP-2	196,71	25,92	329,56	59,69	110,68
TOSTI TOSTI x KAP-2	160,53	83,97	329,56	48,71	77,64
C. COLOMBIA x KAP-2	111,30	678,27	329,56	16,41	22,09

Cuadro 26. Separación de medias de las cruzas con B-833 para las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991.

RG14% (g/parcela)	P100G (g)	VDE	NGSR
(7) 1787 A <sup>a</sup>	(5) 22.2 A	(1) 10.3 A	(3) 40.9 A
(2) <sup>b</sup> 1632 A	(8) 21.3 AB	(6) 9.7 AB	(4) 28.0 AB
(5) 1404 B	(6) 21.0 AB	(8) 9.4 AB	(2) 28.0 AB
(6) 1394 B	(7) 20.2 AB	(2) 9.1 ABC	(5) 22.0 BC
(8) 1243 BC	(3) 19.4 AB	(7) 7.9 BC	(8) 19.3 BC
(1) 1198 BC	(1) 19.1 AB	(4) 7.8 BC	(6) 18.4 BC
(4) 1128 C	(4) 18.3 AB	(5) 7.0 CD	(1) 16.8 BC
(3) 774.9 D	(2) 17.7 B	(3) 5.2 D	(7) 16.0 C

<sup>a</sup> Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

<sup>b</sup> Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- |                            |         |
|----------------------------|---------|
| (1) Yellow Pearl Americano | x B-833 |
| (2) Ecuatoriano            | x B-833 |
| (3) EAP-5                  | x B-833 |
| (4) Robust                 | x B-833 |
| (5) Tosty Rosty            | x B-833 |
| (6) EAP-2                  | x B-833 |
| (7) EAP-4                  | x B-833 |
| (8) Canguil Colombia       | x B-833 |

genotipos originados con EAP-4 y Ecuatoriano resultaron ser significativamente más productivos. Las F1 de estos mismos genotipos en cruzas con la variedad EAP-2 mostraron también altos rendimientos (Cuadro 27).

Contrario a lo anterior fue el comportamiento del Canguil Colombia que como progenitor femenino obtuvo el rendimiento más alto (Cuadro 28), pero en combinaciones híbridas con el EAP-2 éste se redujo notoriamente (Cuadros 26 y 27).

Esto indicaría que la variedad EAP-2 como progenitor afectaría negativamente el rendimiento si se combina con líneas de maíz reventón que tengan alguna cercanía genética. Esto está de acuerdo con la teoría de la endogamia que explica la pérdida de vigor como resultado de cruzas consanguíneas.

El comportamiento de los diferentes genotipos híbridos fue similar para las variables rendimiento de mazorca y de grano, excepto para el cruce Robust x B-833. En esta F1 falló la polinización encontrándose muy pocos granos en la mazorca.

#### Peso de 100 granos

Se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos para la variable peso de 100 granos (Cuadro 23). Todas las poblaciones que se compararon mostraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre sí (Cuadro 24).

Los granos más pesados y de mayor tamaño fueron los obtenidos en las cruzas con B-833; por el contrario, los más livianos y pequeños lo constituyeron los granos de las

Cuadro 27. Separación de medias de las cruzas con EAP-2 para las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991.

RG14% (g/parcela)	P100G (g)	VDE	NGSR
(2) 573.4 A*	(2) 25.6 A	(5) 16.1 A	(2) 40.9 A
(1) <sup>b</sup> 547.9 A	(6) 20.3 B	(8) 12.8 B	(6) 24.0 B
(7) 365.7 AB	(1) 18.5 BC	(4) 12.6 B	(3) 16.0 BC
(6) 360.8 AB	(7) 18.3 BC	(1) 11.2 BC	(5) 15.2 BC
(3) 355.6 AB	(8) 17.0 BC	(3) 11.1 BC	(1) 14.4 C
(4) 196.7 BC	(3) 15.8 C	(7) 9.9 C	(7) 12.2 C
(5) 180.5 BC	(4) 14.7 C	(6) 7.8 D	(4) 8.4 C
(8) 111.3 C	(5) 14.8 C	(2) 4.4 E	(8) 7.8 C

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- |                            |         |
|----------------------------|---------|
| (1) Yellow Pearl Americano | x EAP-2 |
| (2) Ecuatoriano            | x EAP-2 |
| (3) EAP-5                  | x EAP-2 |
| (4) Robust                 | x EAP-2 |
| (5) Tosty Rosty            | x EAP-2 |
| (6) EAP-2                  | x EAP-2 |
| (7) EAP-4                  | x EAP-2 |
| (8) Canguil Colombia       | x EAP-2 |

Cuadro 28. Separación de medias de los progenitores femeninos para las variables rendimiento de grano al 14% de humedad (RG14%), peso de 100 granos (P100G), volumen de expansión (VDE) y número de granos sin reventar (NGSR). El Zamorano, Honduras, 1991.

RG14% (g/parcela)	P100G (g)	VDE	NGSR
(8) 678.3 Aa	(8) 19.7 A	(8) 19.0 A	(6) 15.2 A
(6) 487.6 AB	(8) 18.2 AB	(4) 14.3 B	(2) 14.4 A
(7) 325.5 BC	(7) 17.7 ABC	(3) 14.0 B	(4) 7.2 B
(2) 187.2 CD	(2) 14.8 BCD	(7) 13.9 B	(3) 6.2 B
(1) 126.4 CD	(1) 13.9 CDE	(1) 13.7 B	(5) 5.7 B
(5) 83.9 D	(3) 12.7 DE	(5) 10.9 C	(1) 5.7 B
(3) 38.1 D	(4) 12.5 DE	(6) 8.6 D	(7) 4.4 BC
(4) 25.9 D	(5) 10.0 E	(2) 8.3 E	(8) 1.2 C

a Las medias seguidas de la misma letra son estadísticamente no significativas según la Prueba Múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad de 0.05.

b Los números entre paréntesis representan los siguientes genotipos:

- (1) Yellow Pearl Americano
- (2) Ecuatoriano
- (3) EAP-5
- (4) Robust
- (5) Tosty Rosty
- (6) EAP-2
- (7) EAP-4
- (8) Cangail Colombia

variedades de maíz reventón originales.

Cabe destacar que los granos de las cruzas con B-833 presentaban características de grano dentado, como son una hendidura en la superficie del pericarpio, color blanco y un porcentaje visible de endosperma harinoso o suave manifestado como una pequeña mancha de color blanquecino.

El peso de los granos en los genotipos híbridos no fue tan variable entre sí en cada población como en los progenitores femeninos.

Las variedades EAP-5 y Robust mostraron los menores pesos de grano como progenitores y en las dos combinaciones híbridas (Cuadros 26, 27 y 28).

Por su parte EAP-2, de ser el genotipo con menor peso de grano, al ser cruzado con B-833 produjo el mayor peso de grano dentro de esta población (Cuadro 26).

En el Cuadro 29 podemos observar que la respuesta heterótica fue variable y no favoreció mayormente a los cruzamientos realizados con el B-833. Se puede afirmar que el incremento del tamaño del grano no fue determinante en lograr mayores rendimientos, sino principalmente el largo y el diámetro de las mazorcas que contribuyeron con mayor número de granos cosechados por planta.

#### Volumen de expansión y número de granos sin reventar

En el Cuadro 23 se presentan los cuadrados medios para las variables en discusión. Se encontraron diferencias

Cuadro 29. Porcentajes de heterosis para la variable peso de 100 granos (g) con relación al progenitor con granos más pesados (pgp) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento	F1	Madre	Padre	Hpgp%	Hmp%
ECUATORIANO x RAP-2	25,63	14,83	18,98	135,95	151,61
TOSTY ROSTY x B-833	22,25	10,00	30,95	71,89	108,66
C. COLOMBIA x B-833	21,33	18,28	30,96	68,90	86,65
RAP-2 x B-833	21,05	19,70	30,95	68,01	83,11
RAP-4 x B-833	20,20	17,75	30,95	65,27	82,95
RAP-5 x B-833	19,43	12,70	30,96	62,76	82,02
YELLOW PEARL A. x B-833	19,10	13,90	30,95	61,71	85,17
YELLOW PEARL A. x RAP-2	18,53	13,90	18,98	97,63	112,71
RAP-4 x RAP-2	18,38	17,75	18,98	98,84	100,08
ROBUST x B-833	18,33	12,58	30,95	59,21	84,21
ECUATORIANO x B-833	17,27	14,83	30,95	55,81	75,01
C. COLOMBIA x RAP-2	17,08	18,28	18,98	89,99	91,68
RAP-5 x RAP-2	15,85	12,70	18,98	83,53	100,06
ROBUST x RAP-2	14,75	12,58	18,98	77,73	93,47
TOSTY ROSTY x RAP-2	14,60	10,00	18,98	76,94	100,75

significativas ( $P < 0.01$ ) entre los genotipos evaluados. También se observaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre todos los grupos de poblaciones en estudio (Cuadro 24).

El volumen de expansión fue comparado con una variedad comercial obtenida en Tegucigalpa, la cual presentó un volumen de expansión de 26.11. En esta prueba dos granos de un total de 100 no reventaron.

En las pruebas realizadas los máximos volúmenes de expansión se observaron en la población de progenitores femeninos, donde también se registró el menor número de granos sin reventar. Dentro de esta población la variedad Canguil Colombia fue la que produjo el mayor volumen de expansión (19 unidades), pero sin embargo fue inferior al de la variedad comercial Hyde Park (26 unidades) obtenida en Tegucigalpa y utilizada como testigo (Cuadro 28).

Esto nos indica que las variedades de maíz reventón utilizadas no han sido suficientemente seleccionadas para esta característica, o que para el caso de las variedades estadounidenses como Tosty Rosty, las condiciones climáticas imperantes durante el ciclo del cultivo impidieron que se desarrolle bien el endosperma del grano. Todos los materiales en estudio se secaron al sol. La literatura recomienda un secado lento y a temperaturas relativamente bajas para asegurar la máxima expresión genética en lo relativo al volumen de expansión. El secado al sol posiblemente fue perjudicial en este sentido, ya que incluso se observaron

rajaduras en algunos granos.

Las poblaciones híbridas produjeron volúmenes de expansión inferiores a los de los progenitores femeninos. Entre ellas, la población de cruzas con B-833 produjo los menores volúmenes de expansión observados en todas las pruebas, así como el mayor número de granos sin reventar (Cuadro 26). Este hecho probablemente se debió al incremento de la proporción de endosperma suave en los granos de esta población, el cual se ha comprobado que está negativamente correlacionado con el volumen de expansión.

El mayor volumen de expansión obtenido en las cruzas fue el del genotipo Tosty Rosty x EAP-2, cuyo valor fue superior al del mejor de los progenitores (Cuadro 30). Esto puede deberse a que bajo las condiciones en las que se desarrolló el experimento probablemente la variedad estadounidense no pudo expresar su genotipo completamente y no pudo lograr una adecuada formación del grano. Por su parte el híbrido de esta craza habría desarrollado mejor por la manifestación fenotípica de algunos genes provenientes de la variedad EAP-2 con mayor adaptación local.

En el mismo Cuadro 30 puede observarse que las cruzas de EAP-2 y Ecuatoriano con el B-833 fueron superiores a los progenitores, pero este comportamiento heterótico se manifestó con volúmenes de expansión muy bajos con respecto a lo que expresan las variedades mejoradas como el testigo utilizado. Sin embargo, se deduce que es posible realizar mejoramiento

Cuadro 30. Porcentajes de heterosis para la variable volumen de expansión con relación al progenitor que presentó mayor volumen (pmv) y a la media de ambos progenitores (mp). El Zamorano, Honduras, 1991.

Cruzamiento	F1	Madre	Padre	Hpmv%	Hmp%
TOSTY ROSTY x RAP-2	16,15	10,93	8,98	147,76	162,23
C. COLOMBIA x RAP-2	12,68	19,09	8,98	67,47	91,77
ROBUST x RAP-2	12,59	14,33	8,98	87,86	108,02
YELLOW PEARL A. x RAP-2	11,23	13,79	8,98	81,44	98,64
RAP-5 x RAP-2	11,12	14,01	8,98	79,37	96,74
YELLOW PEARL A. x B-833	10,33	13,79	-----	74,91	-----
RAP-4 x RAP-2	9,96	13,97	8,98	71,30	86,80
RAP-2 x B-833	9,77	8,65	-----	112,95	-----
C. COLOMBIA x B-833	9,49	19,09	-----	49,71	-----
ECUATORIANO x B-833	9,19	6,37	-----	144,27	-----
RAP-4 x B-833	7,97	13,97	-----	57,05	-----
ROBUST x B-833	7,88	14,33	-----	54,99	-----
TOSTY ROSTY x B-833	7,06	10,93	-----	64,69	-----
RAP-5 x B-833	5,29	14,01	-----	37,76	-----
ECUATORIANO x RAP-2	4,41	6,37	8,98	49,11	57,46

para esta característica ya que se observa un mejor comportamiento en ciertas combinaciones híbridas.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se llegó a las conclusiones siguientes:

1. La población F1 cuyo progenitor masculino fue el B-833 exhibió mejores características agronómicas, mayor tolerancia a la sequía y mayores rendimientos que los maíces reventones que sirvieron de progenitores femeninos.
2. Los mayores índices de heterosis fueron obtenidos en las poblaciones F1 originadas de cruzas entre genotipos con endosperma contrastante y mayor diversidad genética, como es el caso del híbrido B-833 y los maíces reventones.
3. Algunas de las características de grano dentado del híbrido B-833 fueron transmitidas a su descendencia, en la que se observó que el volumen de expansión estuvo correlacionado negativamente con el rendimiento.
4. El color del grano parece influir en el volumen de expansión. Los granos de color blanco producen menores volúmenes de expansión que los amarillos.
5. El cruzamiento de maíces reventones con un maíz dentado ofrece la posibilidad de mejoramiento de aspectos agronómicos en favor de los maíces reventones.

## VI. RECOMENDACIONES

Con relación a las inquietudes surgidas en el desarrollo de este trabajo se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Repetir este experimento bajo condiciones de riego controlado, con el fin de comparar en un mejor ambiente la respuesta agronómica de los genotipos evaluados.
2. Realizar selecciones en los genotipos reventones con buenas características agronómicas, con base en altos volúmenes de expansión.
3. Retrocruzar los genotipos híbridos obtenidos utilizando a sus respectivos padres reventones como padres recurrentes, evaluando el comportamiento agronómico y el volumen de expansión de las nuevas poblaciones que se obtengan.

## VII. RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la Escuela Agrícola Panamericana, durante 1991.

Los objetivos fueron evaluar el comportamiento agronómico de plantas F1 provenientes de cruzas entre maíces reventones con un híbrido dentado blanco, estimar la heterosis resultante de dichas cruzas y evaluar la capacidad de reviente del grano.

Los tratamientos consistieron en las poblaciones F1 resultantes de cruzamientos realizados en la EAP el año 1990, entre ocho genotipos de maíz reventón y dos progenitores masculinos: uno dentado blanco (híbrido B-833) y otro reventón (variedad EAP-2).

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Se encontró que en promedio la población híbrida obtenida de cruzas con el B-833 exhibió mejores características agronómicas y mayores rendimientos que las variedades de maíz reventón originales y que las cruzas con EAP-2.

El híbrido B-833 no pudo exhibir todo su potencial genético debido a las condiciones de sequía que afectaron su desarrollo, sin embargo, la generación F1 obtenida de cruzas con el maíz reventón EAP-2 mostró una mayor tolerancia a estas condiciones.

Los mayores porcentajes de heterosis fueron obtenidos con la población descendiente del híbrido B-833.

Se encontró que la variable rendimiento estuvo negativamente correlacionada con el volumen de expansión. Las características del grano dentado fueron dominantes sobre las del grano reventón, lo que provocó que en los genotipos resultantes de cruzas con el B-833 se observaran menores volúmenes de expansión.

Los genotipos que obtuvieron los mayores volúmenes de expansión dentro el grupo de mayores rendimientos fueron Yellow Pearl Americano x B-833, EAP-2 x B-833 y Canguil Colombia x B-833. Sin embargo, el promedio de sus volúmenes de expansión representa solamente la mitad de los que se obtienen con las variedades comerciales estadounidenses. Por lo tanto, a pesar de haberse obtenido mejoras en las características agronómicas, es necesario continuar con un programa de retrocruzas para incrementar los volúmenes de expansión.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, D.E.; CREECH, R.G. 1977. Breeding special industries and nutritional types. In Corn and corn improvement. Ed. by G.F. Sprague. Wisconsin, American Society of Agronomy, Inc. p. 386-386.
- BRIGGS, F.N.; KNOWLES, P.F. 1967. Introduction to plant breeding. EE.UU., Reinhold Publishing Corporation. 425p.
- BRUNSON, A.M. 1955. Popcorn. In Corn and corn improvement. Ed. by G.F. Sprague. New York, Academic Press Inc. p.423-440.
- BRUNSON, A.M. 1958. Popcorn. Estados Unidos. Department of Agriculture. Farmer's Bulletin no. 1679. 17 p.
- CROSSA, J.; TABA, S.; WELLHAUSEN, E.J. 1990. Heterotic patterns among mexican races of maize. Crop Science (EE.UU.) 30:1182-1190.
- CRUMBAKER, D.E.; JOHNSON, I.J.; ELDREDGE, J.C. 1949. Inheritance of popping volume and associated characters in crosses between popcorn and dent corn. Agronomy Journal (EE.UU.) 41:207-212.
- DOFING, S.M.; THOMAS-COMPTON, M.A.; BUCK, J.S. 1990. Genotype x popping method interaction for expansion volume in popcorn. Crop Science (EE.UU.) 30:62-66.
- ELRUTERIO, A.; GOMES E GAMA, E.E.; MORAIS, A.R. DE 1988. Capacidade de combinaco e heterose em híbridos intervarietais de milho adaptados s condioes de cerrado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Brasil) 23(3):247-253.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA, FO, J.B. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Ames, EE.UU., Iowa State University Press. 468 p.
- JINKS, J.L. 1983. Biometrical genetics of heterosis. In Heterosis: reappraisal of theory and practice. Ed. by R. Frankel. Berlin, Springer-Verlag. p. 1-48.
- JOHNSON, I.J.; ELDREDGE, J.C. 1953. Performance of recovered popcorn inbred lines derived from outcrosses to dent corn. Agronomy Journal (EE.UU.) 45:105-110.
- JUGENHEIMER, R.W. 1988. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. por Rodolfo Pia García. 3 ed. México D.F., Limusa. 841 p.

- LEATH, M.N.; HILL, L.D. 1987. Economics of production, marketing and utilization. In *Corn: chemistry and technology*. Ed. by S.A. Watson and P.E. Ramstad. Minnesota, American Association of Cereal Chemist, Inc. p. 399-430.
- LYERLY, P.J. 1942. Some genetic and morphologic characters affecting the popping expansion of popcorn. *Journal of the American Society of Agronomy (EE.UU.)* 1:986-999.
- MOLL, R.H.; SALHUANA, W.S.; ROBINSON, H.F. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Science (EE.UU.)* 2:197-198.
- PATERNIANI, E.; LONNQUIST, J.H. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science (EE.UU.)* 3:504-507.
- POEHLMAN, J.M. 1979. *Breeding field crops*. 2 ed. Westport, Connecticut, EE.UU., Avi Publishing Company. 483 p.
- ROBBINS JUNIOR, W.A.; ASHMAN, R.B. 1984. Parent offspring popping expansion correlations in progeny of dent corn x popcorn and flint corn x popcorn crosses. *Crop Science (EE.UU.)* 24:119-121.
- ROBLES SANCHEZ, R. 1970. Maiz palomero "N.L.-V.S. 100". *Agronomía (México)* no. 131:26-31.
- ROONEY, LL.R.; SERNA-SALDIVAR, S.O. 1987. Food uses of whole corn and dry-milled fractions. In *Corn: chemistry and technology*. Ed. by S.A. Watson and P.E. Ramstad. Minnesota, American Association of Cereal Chemist, Inc. p. 399-430.
- ROSHDY, T.H.; HAYAKAWA, K.; DAUN, H. 1984. Time and temperature parameters of corn popping. *Journal of Food Science (EE.UU.)* 49:1412-1414.
- SARMIENTO, J.N. 1991. Presencia del gene inhibidor de la fecundación por polen foráneo en poblaciones de maíz reventón (*Zea mays* L.). *Tezis. Ing. Agr.* Francisco Morazán, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana 45 p.
- SMITH, G.M.; BRUNSON, A.M. 1946. Hybrid popcorn in Indiana. *Purdue University Agricultural Experiment Station*. 18 p.
- SPRAGUE, G.F. 1983. Heterosis in maize: theory and practice. In *Heterosis: reappraisal of theory and practice*. Ed. by R. Frankel. Berlin, Springer-Verlag. p. 47-70.

- THOMAS, W.I.; GRISSOM, D.B. 1961. Cycle evaluation of reciprocal recurrent selection for popping volume, grain yield, and resistance to root lodging in popcorn. *Crop Science (EE.UU.)* 1(3):197-200.
- VELAZQUEZ, R.R.; MUÑOZ, A.; CORDOVA, H.S.; MARTINEZ GARZA, A. 1983. Híbridos simples entre familias de hermanos completos de diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia (México)* no. 53:109-119.
- WATSON, S.A. 1987. Structure and composition. In *Corn: chemistry and technology*. Ed. by S.A. Watson and P.E. Ramstad. Minnesota, American Association of Cereal Chemist, Inc. p. 53-82.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Condiciones metereológicas imperantes durante el desarrollo del experimento en el Zamorano, Honduras, 1991.

Meses	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)
	Mínima	Máxima	
Junio	17.0	31.8	167.0
Julio	13.5	31.7	57.7
Agosto	14.7	31.7	84.5
Septiembre	14.3	33.5	171.5
Octubre	12.3	31.3	117.6

Anexo 2. Registros de precipitación de la Estación  
Meteoreológica de El Zamorano, Honduras.

---

Periodo o año	Total precipitación (mm)
1942-1985	1106.6
1986	978.8
1987	1363.7
1989	1092.5
1990	1085.6
1991	755.6

---

Anexo 3. Archivo de datos correspondientes a las variables evaluadas. El Zamorano Honduras, 1991.

No	Variable
1	Repetición.
2	Tratamientos.
3	Días a floración.
4	Altura de planta (cm).
5	Altura de mazorca (cm).
6	Ubicación relativa de la mazorca.
7	Número plantas con macollo (Raíz cuadrada + 1).
8	Número plantas por parcela (Raíz cuadrada).
9	Número mazorcas por parcela (Raíz cuadrada).
10	Índice de proliferación de mazorcas (Raíz cuadrada).
11	Número de plantas acamadas (Raíz cuadrada).
12	Peso mazorcas destusadas (gr/parcela).
13	Largo de mazorca (cm).
14	Diámetro de mazorca (cm).
15	Número mazorcas podridas (Raíz cuadrada + 1).
16	Número mazorcas mala cobertura (Raíz cuadrada + 1).
17	Rendimiento de grano 14% (gr/parcela).
18	Peso de 100 granos (gr).
19	Volumen de expansión.
20	Número granos sin reventar (Raíz cuadrada).

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	17	53	85.25	44.63	0.52	2.00	2.45	3.46	1.41	3.87	210	10.17	2.33	1.73	1.41	89.95	21.1	14.44	2.24
2	1	18	59	79.00	42.25	0.53	2.45	2.24	3.46	1.55	3.32	214	9.00	2.40	1.41	1.00	150.91	11.1	6.47	4.00
3	1	2	68	89.63	48.25	0.54	2.45	4.24	5.39	1.27	3.46	2106	10.40	2.30	2.45	1.00	1412.35	16.0	9.29	5.48
4	1	1	59	111.38	53.13	0.48	2.00	4.69	5.83	1.24	3.00	1574	15.70	3.66	3.16	1.73	1338.07	19.9	10.29	3.87
5	1	25	74	122.50	66.88	0.55	2.00	4.80	5.00	1.04	2.83	1793	16.00	3.97	1.73	1.00	1133.13	30.1	2.00	9.38
6	1	22	74	127.25	83.63	0.66	3.74	3.46	4.24	1.22	2.45	633	11.60	2.38	2.24	1.73	524.41	17.7	6.00	4.00
7	1	11	61	163.88	89.63	0.55	3.74	4.00	5.66	1.41	2.83	530	11.90	3.14	2.00	1.00	399.79	15.4	11.32	4.12
8	1	26	75	154.88	101.38	0.65	2.65	3.32	4.36	1.31	4.36	414	16.83	2.80	2.85	1.41	344.69	20.0	9.09	3.61
9	1	20	53	67.88	36.28	0.53	2.00	1.73	2.24	1.28	3.16	20	9.50	2.08	2.00	2.00	13.64	12.6	14.67	2.65
10	1	15	71	106.38	63.38	0.58	2.65	2.83	4.12	1.46	2.85	491	12.67	2.73	1.41	1.41	315.83	21.6	10.29	3.61
11	1	10	67	140.25	91.38	0.65	2.24	3.61	4.36	1.21	2.45	870	15.25	3.15	1.41	1.41	673.13	22.5	4.52	6.48
12	1	6	61	185.25	102.25	0.55	2.65	5.00	6.63	1.33	1.41	2090	17.00	4.00	1.73	2.00	1766.25	21.7	8.44	4.47
13	1	23	65	151.00	94.25	0.62	2.83	4.12	5.67	1.35	1.41	550	16.80	2.48	3.32	3.00	414.18	17.7	14.67	2.24
14	1	13	59	114.63	58.25	0.51	2.45	4.36	4.90	1.12	3.16	246	12.00	2.84	2.00	1.41	184.58	18.3	16.50	4.00
15	1	3	59	172.25	89.38	0.52	2.24	4.47	5.20	1.16	3.32	1212	16.40	4.08	2.65	2.00	968.88	21.6	5.00	6.48
16	1	9	52	134.50	58.25	0.43	3.00	3.46	5.20	1.50	2.65	730	10.80	2.78	1.41	1.41	606.97	18.6	11.88	3.74
17	1	7	59	187.00	97.75	0.52	2.65	5.48	6.40	1.17	1.00	2675	16.80	3.76	2.24	2.00	2067.93	20.8	7.82	4.12
18	1	21	52	74.75	38.63	0.52	1.41	2.65	4.00	1.51	2.65	96	8.27	1.98	2.00	2.00	78.93	10.0	12.86	2.45

#0.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
19	1	14	77	113.50	68.25	0.60	3.16	3.61	4.36	1.21	2.24	379	12.33	2.73	1.41	1.73	264.67	19.5	7.71	5.00
20	1	24	60	150.00	89.00	0.59	3.32	4.80	6.48	1.35	1.73	1028	14.30	3.12	2.65	1.00	755.42	16.3	18.53	1.00
21	1	4	61	156.00	64.00	0.41	2.24	3.00	4.47	1.49	1.73	1493	10.00	3.20	1.41	1.41	1203.99	20.0	7.89	5.48
22	1	16	77	112.00	66.50	0.59	2.65	2.24	3.32	1.48	1.73	104	13.00	2.40	1.41	1.00	101.22	17.1	12.81	2.83
23	1	8	65	152.75	85.75	0.56	1.41	4.80	4.80	1.00	2.45	1354	16.20	4.28	2.00	1.73	1029.56	22.7	9.57	4.56
24	1	19	63	138.75	64.13	0.47	2.83	2.45	2.65	1.08	3.46	50	10.13	2.50	1.41	1.41	36.83	12.7	12.78	2.65
25	1	12	61	137.13	80.00	0.44	2.45	2.65	3.46	1.31	1.73	394	12.50	2.90	1.41	1.00	318.53	13.4	13.44	3.00
26	1	5	61	121.50	66.75	0.55	2.24	4.47	4.90	1.10	2.00	1937	15.60	3.68	1.00	1.00	1574.93	22.2	7.00	4.90
27	2	1	57	161.00	78.38	0.49	2.83	4.80	6.24	1.30	2.00	1606	14.90	3.40	3.16	2.45	1434.16	19.3	10.67	4.56
28	2	22	66	179.75	124.88	0.69	3.00	3.74	4.69	1.25	4.90	656	14.70	2.60	1.73	2.00	521.39	24.4	10.83	3.74
29	2	12	60	104.50	62.00	0.58	2.65	2.45	3.32	1.35	2.24	234	9.63	2.30	1.41	1.41	140.08	14.7	11.84	3.87
30	2	25	65	174.50	90.75	0.52	1.73	5.48	6.08	1.11	2.45	2048	15.67	4.73	2.45	1.00	1483.42	32.8	1.83	9.27
31	2	14	75	124.25	80.75	0.65	3.74	3.32	5.29	1.60	3.74	477	10.33	2.23	1.41	2.00	374.66	18.1	7.20	5.29
32	2	20	53	87.25	38.88	0.46	2.83	2.45	2.45	1.00	2.65	48	10.50	2.45	1.73	2.24	35.81	17.1	11.82	3.16
33	2	11	63	135.00	80.50	0.60	3.74	3.74	4.69	1.25	3.74	501	11.50	2.70	1.73	1.41	376.50	18.2	10.85	3.74
34	2	7	60	149.75	72.50	0.48	2.24	5.29	6.48	1.22	2.65	2293	16.60	4.18	2.24	2.24	1856.33	22.4	8.65	2.45
35	2	6	67	142.25	83.75	0.58	2.24	3.87	5.39	1.39	1.41	1593	14.70	3.30	1.41	1.41	1193.72	17.2	12.17	5.83
36	2	2	60	162.25	78.25	0.48	2.45	4.47	6.08	1.38	3.00	2157	13.20	3.40	2.83	1.00	1575.73	20.4	10.88	6.48
37	2	4	57	167.25	91.25	0.55	2.00	4.12	6.00	1.46	1.41	1635	15.10	3.54	1.73	1.41	1273.24	17.2	6.43	5.10
38	2	13	60	130.75	85.75	0.66	3.87	3.61	4.12	1.14	1.00	227	13.13	2.30	2.00	2.45	156.66	14.1	16.67	4.69
39	2	10	61	163.00	80.00	0.55	3.00	3.87	4.90	1.26	2.24	935	14.80	3.82	2.24	2.45	692.47	25.4	4.77	5.86
40	2	17	52	119.75	63.00	0.53	3.16	3.16	4.47	1.41	2.83	235	10.60	2.52	2.65	2.00	174.80	14.0	15.58	2.24
41	2	19	65	133.50	78.50	0.59	4.00	1.41	2.24	1.58	2.00	39	7.00	1.70	1.41	1.73	34.78	12.7	10.91	2.00
42	2	24	61	149.50	98.75	0.66	3.16	4.12	5.92	1.43	1.73	901	14.90	3.18	3.16	2.45	684.42	17.3	20.94	1.73
43	2	8	60	192.25	109.75	0.57	2.00	5.48	6.86	1.25	1.00	1895	15.60	3.38	2.00	2.00	1589.02	20.4	9.28	3.48
44	2	15	68	156.75	103.75	0.66	4.00	3.61	4.36	1.21	3.74	640	13.00	2.90	2.00	2.24	34.37	18.6	10.29	3.32
45	2	3	60	188.00	88.25	0.53	3.46	4.69	5.57	1.19	2.45	998	13.20	3.70	2.83	1.73	751.77	21.5	5.53	5.68
46	2	26	76	155.25	107.00	0.69	3.61	3.00	4.12	1.37	4.36	323	10.13	2.48	2.00	1.41	251.82	16.8	7.83	4.58
47	2	21	53	93.75	58.50	0.62	3.16	2.24	4.24	1.90	3.16	80	6.00	1.90	2.00	1.00	89.00	10.1	9.50	2.65
48	2	23	73	130.25	81.25	0.62	3.87	3.74	4.90	1.31	3.00	380	13.80	2.42	2.65	2.45	278.99	19.0	15.00	2.00
49	2	9	52	124.50	52.00	0.42	3.00	3.87	5.48	1.41	4.12	862	14.50	3.28	2.24	1.00	561.49	15.8	11.56	3.00
50	2	18	53	131.50	69.50	0.53	2.65	3.87	4.80	1.24	4.90	286	10.50	2.52	2.65	1.00	214.99	16.9	6.39	3.74
51	2	5	65	135.50	74.50	0.55	2.00	3.87	4.12	1.06	2.24	1734	14.50	3.60	2.24	1.41	1143.33	22.5	8.40	6.00
52	2	16	68	148.75	101.50	0.68	2.65	2.83	3.16	1.12	2.83	219	12.60	2.76	1.41	2.00	172.06	14.7	11.19	3.61
53	3	10	68	130.25	78.75	0.60	3.32	3.32	3.74	1.13	2.45	665	13.50	3.80	1.00	1.00	559.81	27.1	4.57	6.78
54	3	22	75	150.50	99.00	0.66	3.00	3.32	4.00	1.21	3.46	597	9.60	2.32	2.24	1.73	445.25	20.0	8.93	3.46
55	3	15	61	168.75	110.75	0.66	3.61	3.87	4.36	1.13	2.24	704	14.20	2.98	2.00	1.73	606.49	18.6	10.50	3.00
56	3	23	63	124.75	77.75	0.62	4.00	4.00	5.29	1.32	2.83	488	15.10	2.38	2.24	2.85	393.06	16.4	11.71	1.73
57	3	14	75	138.75	96.25	0.69	3.46	4.24	5.66	1.33	2.24	482	11.50	2.10	1.00	1.41	275.15	21.4	7.68	5.83
58	3	8	60	162.50	86.50	0.53	3.16	5.00	5.74	1.15	1.41	1863	15.60	4.08	2.24	1.73	1374.78	23.4	10.18	4.12
59	3	11	61	159.50	100.00	0.63	4.00	4.24	5.39	1.27	3.32	612	11.50	3.44	2.00	1.00	490.56	19.6	10.26	2.83
60	3	24	61	145.25	30.75	0.62	2.24	4.12	6.08	1.48	2.45	910	14.20	3.32	2.24	2.24	667.47	19.2	18.65	1.00
61	3	2	56	146.75	70.75	0.46	2.83	5.10	6.86	1.34	1.00	2352	16.20	3.80	2.24	2.24	1926.12	19.2	9.50	5.20
62	3	9	52	114.00	52.25	0.46	2.65	3.46	4.80	1.38	2.65	722	10.70	3.15	1.73	1.00	623.12	26.8	10.33	4.00
63	3	19	61	106.75	66.75	0.63	3.74	2.00	2.45	1.22	3.46	48	9.08	2.20	1.41	1.73	41.94	12.7	11.89	2.83
64	3	20	52	86.00	40.50	0.47	3.46	2.83	3.32	1.17	3.74	45	9.70	2.04	2.65	2.00	25.58	10.3	16.57	1.73
65	3	25	68	168.50	88.25	0.52	1.73	4.47	4.80	1.07	2.83	1716	15.70	4.42	1.73	1.00	1307.77	26.0	2.15	9.90
66	3	16	68	138.75	96.25	0.68	3.46	3.16	4.00	1.26	3.32	137	12.75	2.75	2.83	2.00	93.85	16.7	13.24	2.00
67	3	26	63	153.25	103.50	0.68	4.24	3.46	5.29	1.53	3.46	518	13.90	2.52	2.65	1.41	415.44	21.2	9.50	3.32
68	3	21	53	123.00	69.50	0.57	3.00	3.16	4.90	1.55	3.46	114	8.68	2.00	2.45	2.00	89.00	9.9	10.89	2.00

NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
69	3	7	56	149.25	71.75	0.48	2.83	4.69	5.48	1.17	2.24	2291	14.60	3.90	2.24	2.00	1769.00	19.3	8.05	5.10
70	3	13	60	133.50	83.25	0.62	4.12	4.58	5.39	1.18	5.00	249	11.39	2.45	1.73	2.00	159.10	14.7	16.18	3.00
71	3	5	70	113.50	69.00	0.61	2.45	4.36	4.58	1.05	3.00	1821	15.30	3.52	2.24	2.00	1312.22	22.0	7.08	4.47
72	3	1	59	117.25	58.25	0.50	2.65	4.00	4.80	1.20	3.16	1260	13.56	3.20	2.83	2.24	940.16	20.5	10.56	4.69
73	3	17	52	84.75	48.00	0.57	3.16	2.45	3.74	1.53	3.61	213	9.90	2.06	2.24	1.73	133.69	10.0	13.80	2.00
74	3	4	57	122.75	61.25	0.50	2.45	3.74	5.48	1.46	1.41	1626	14.25	3.15	2.00	1.41	1070.33	18.0	9.65	6.71
75	3	18	56	103.50	56.00	0.54	3.46	3.74	4.47	1.20	4.12	269	11.33	2.53	2.00	1.00	207.60	13.7	7.08	3.32
76	3	3	63	132.25	71.25	0.54	2.24	3.74	4.36	1.16	4.24	980	10.00	2.67	2.00	1.41	618.67	17.1	5.75	6.32
77	3	6	68	164.50	98.75	0.60	1.73	4.58	6.08	1.33	2.00	1993	15.90	3.76	2.45	1.00	1354.16	25.3	7.96	3.16
78	3	12	59	132.25	75.50	0.57	3.00	4.00	4.47	1.12	2.45	246	11.50	2.70	1.73	1.00	165.88	16.6	10.44	3.16
79	4	22	75	117.75	77.00	0.85	4.00	2.45	3.32	1.35	3.61	582	9.50	2.03	1.41	1.41	459.34	16.7	6.88	4.47
80	4	9	52	98.00	39.00	0.40	3.32	2.65	4.24	1.60	3.00	575	12.00	2.55	1.73	1.00	399.94	13.1	11.13	4.47
81	4	1	56	119.75	60.25	0.50	3.00	4.47	5.48	1.22	2.83	1408	13.38	2.78	2.24	1.00	1079.10	15.7	9.63	3.61
82	4	10	68	130.25	87.00	0.67	2.83	2.83	3.32	1.17	2.65	551	12.00	3.30	1.73	1.00	368.25	27.5	3.82	7.07
83	4	12	61	106.25	62.25	0.59	3.00	2.65	4.00	1.51	2.83	244	13.25	2.50	1.41	1.41	162.36	14.3	14.56	1.73
84	4	23	63	144.00	84.25	0.59	3.87	3.46	3.87	1.12	1.41	339	14.25	2.25	2.24	2.00	215.93	17.9	14.53	2.45
85	4	4	60	119.25	70.00	0.59	2.45	3.32	5.39	1.62	2.24	1559	12.25	2.95	2.00	1.00	864.43	18.1	7.58	4.12
86	4	13	67	115.00	69.25	0.60	3.61	3.46	4.00	1.15	2.00	194	12.38	2.08	2.00	1.73	141.75	11.3	15.27	4.12
87	4	7	57	138.25	66.75	0.48	3.46	4.24	5.10	1.20	1.73	1924	14.25	3.75	2.00	1.73	1455.79	18.3	7.59	4.58
88	4	2	57	120.75	61.75	0.51	2.24	3.46	6.32	1.83	1.00	2210	12.00	2.74	2.24	1.00	1613.49	15.3	7.14	4.24
89	4	21	53	79.00	41.00	0.52	2.00	3.00	4.12	1.37	3.00	101	8.50	1.98	2.00	2.00	80.94	10.0	10.50	2.65
90	4	17	52	122.00	55.50	0.45	2.65	2.83	4.00	1.41	3.87	233	11.70	2.62	2.45	2.00	107.33	10.5	11.36	3.16
91	4	16	75	137.75	93.00	0.68	2.65	2.45	3.74	1.53	3.00	114	13.75	2.38	1.73	1.41	78.05	17.8	14.29	3.00
92	4	8	67	121.75	75.50	0.62	2.65	4.12	4.69	1.14	1.00	1350	11.75	3.25	1.73	1.41	877.48	18.6	6.96	5.48
93	4	24	71	133.75	86.00	0.64	3.00	3.46	5.00	1.44	4.00	802	13.17	2.60	1.73	1.73	605.77	18.3	16.25	1.00
94	4	14	61	168.50	119.75	0.71	3.32	4.47	6.08	1.36	2.45	662	13.50	3.30	1.00	1.00	528.45	22.2	6.65	3.87
95	4	26	65	175.25	126.75	0.72	3.61	3.16	4.47	1.41	3.46	362	14.20	2.50	1.73	2.00	306.28	17.9	9.52	2.24
96	4	25	66	181.50	94.50	0.52	2.00	4.36	5.10	1.17	3.32	2120	17.60	4.66	2.24	1.73	1584.96	32.9	2.05	6.83
97	4	18	56	90.25	51.75	0.57	2.45	3.18	3.87	1.22	3.46	254	9.00	2.50	2.24	1.41	175.02	15.6	5.58	4.47
98	4	11	75	87.00	43.00	0.49	2.65	3.00	4.12	1.37	1.41	458	9.67	2.40	1.73	1.00	155.70	10.2	12.05	5.39
99	4	3	61	117.50	64.50	0.55	2.65	4.24	4.90	1.15	2.65	991	11.60	3.04	1.73	1.00	760.07	17.5	4.92	7.14
100	4	15	68	117.00	75.50	0.65	3.00	3.16	3.87	1.22	2.24	631	12.00	2.52	1.73	1.41	506.25	14.7	8.78	4.36
101	4	19	65	93.75	50.75	0.54	3.61	1.41	1.73	1.22	4.12	39	7.00	1.50	1.41	1.73	38.87	12.7	20.50	2.83
102	4	20	52	99.00	45.50	0.46	3.46	2.24	2.00	0.89	4.36	38	8.00	1.80	1.73	1.41	28.64	10.3	14.27	3.32
103	4	6	68	155.25	93.00	0.60	3.00	4.12	5.57	1.35	1.41	1684	14.90	3.44	2.24	1.73	1281.29	20.0	9.54	4.12
104	4	5	59	175.50	96.75	0.55	2.00	4.80	5.39	1.12	2.45	2021	16.50	4.58	2.24	2.00	1583.88	22.3	5.76	3.74

## X. DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

**Nombres:** Rolando Rafael Pardo Reynolds

**Lugar de Nacimiento:** La Paz - Bolivia

**Fecha de Nacimiento:** 1 de diciembre de 1968

**Nacionalidad:** Boliviana

**Estado civil:** Soltero

### Formación Académica:

<u>Institución</u>	<u>Período</u>	<u>Título obtenido</u>
Colegio Saint Andrew's	1975-1986	Bachiller en Humanidades
Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano"	1988-1990	Agrónomo