PRESENCIA DEL GENE INHIBIDOR DE LA FECUNDACION POR POLEN FORANEO EN POBLACIONES DE MAIZ REVENTON (Zea mays L.)

POR

Joffre Nelson Sarmiento Barreiro

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

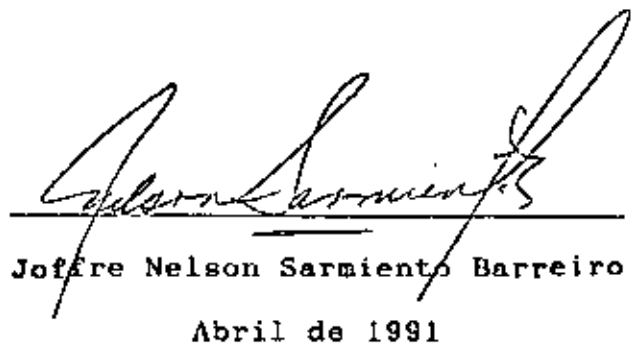
MICROISIS: 4403
FECHA: 29/V/92
ENCARCADO:

El Zamorano, Honduras
Abril, 1991

Presencia del gene inhibidor de la fecundación por polen foráneo en poblaciones de maíz reventón (*Zea mays* L.)

Por
Joffre Nelson Sarmiento Barreiro

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



Joffre Nelson Sarmiento Barreiro

Abril de 1991

DEDICATORIA

A Dios, a la Virgen Santísima y al Espíritu Santo.

A mi madre, por todo el amor, ayuda y paciencia.

A mi padre, por su cariño y apoyo.

A mis hermanas, que son la razón de mi existencia.

A mi futura esposa, Ileana.

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a los doctores Leonardo Corral y Juan José Alán por haber confiado en mí y por haberme ayudado en la realización de mi trabajo.

Quiero agradecer al Ing. Rodolfo Arámbulo Morán por la ayuda prestada en la elaboración de esta tesis.

A la familia Avila Cáceres, por la amistad que siempre me bridaron.

A mis compañeros, David Rodríguez y José Andino por la ayuda que me prestaron durante todo este tiempo.

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

INDICE

Título . . . . . i.
Dedicatoria . . . . . ii.
Agradecimiento . . . . . iii.
Indice . . . . . iv.
Indice de Cuadros . . . . . v.
Indice de Figuras . . . . . vii.
Indice de Anexos . . . . . viii.

I. INTRODUCCION 1

II. REVISION DE LITERATURA 3

A. Clasificación botánica y evolución. 3
B. Sistemas de incompatibilidad 4
C. Bases de la incompatibilidad en maíz reventón 6
D. Calidad del grano. 10
1. Volumen de expansión. 10
a. Contenido de humedad y estructura del grano. 12
b. Aplicación adecuada de calor. . . . 15
E. Métodos de selección 16

III. MATERIALES Y METODOS 19

A. Manejo del experimento. 21
B. Método de polinización controlada. 22
C. Evaluación de las características agrónomicas de las poblaciones 23
D. Analisis de los mazorcas polinizadas. 23
E. Analisis de la calidad del grano utilizando el criterio del volumen de expansión. 24
F. Diseño experimental. 25
1. Parcela experimental. 25

IV. RESULTADOS Y DISCUSION 26

A. Características agronómicas de las poblaciones 26
B. Evaluación de las cruzas realizadas. 29
C. Evaluación de la calidad del grano. 31

V. CONCLUSIONES 37

VI. RECOMENDACIONES 38

VII. RESUMEN 39

VIII. LITERATURA CITADA 41

IX. ANEXOS 44

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Eficiencia relativa del polen en fertilizar a diferentes genotipos. 8

CUADRO 2. Cuadrados medios de las variables: 1) Altura de planta, 2) Altura de la primera mazorca, 3) Días a floración, 4) Número de hojas sobre la primera mazorca, 5) Número de mazorcas. El Zamorano, Honduras, 1991. 27

CUADRO 3. Medias de las variables: 1) Altura de la planta, 2) Altura de la primera mazorca, 3) Días a floración, 4) Número de hojas sobre la primera mazorca y 5) Número de mazorcas. El Zamorano, Honduras, 1991
. 27

CUADRO 4. Cuadrados medios de las variables: 1) Hileras, 2) Número de granos, 3) Peso de 100 granos, 4) Largo de mazorca, 5) Ancho de mazorca y 6) Peso total del grano y el olote. El Zamorano, Honduras, 1991.
. 30

CUADRO 5. Medias de las características de las poblaciones para las variables: 1) Hileras, 2) Número de granos, 3) Peso de 100 granos, 4) Largo de mazorca, 5) Ancho de mazorca y 6)Peso total del grano y el olote. El Zamorano, Honduras, 1991.
. 30

CUADRO 6. Separación de medias del tipo de cruza para las variables: 1) Hileras, 2) Número de granos, 3) Peso de 100 granos, 5) Ancho de la mazorca, 6) Peso total del grano y el olote. El Zamorano, Honduras, 1991.
. 32

CUADRO 7. Separación de medias de los poblaciones para las variables: 1) Largo de la mazorca, 2) Peso total del grano y el olote. El Zamorano, Honduras, 1991.
. 32

CUADRO 8. Cuadrados medios de las variables: 1) Peso de la muestra, 2) Ancho del grano, 3) Largo del grano, 4) espesor del grano, 5) Granos sin reventar, 6) Total de granos por muestra, 7) Volumen de expansión. 35

CUADRO 9. Separación de medias para las variables: 1) Peso de la muestra, 2) Ancho del grano, 3) Largo del grano, 5) Granos sin reventar, 6) Total de granos por muestra, 7) Volumen de expansión. 35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las poblaciones de maíz reventón en el campo 20

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Precipitación semanal durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. El Zamorano, Honduras, 1990 . 44

Anexo 2. Datos obtenidos durante el análisis de los tipos de cruzas y evaluación de los datos agronómicos. El Zamorano, Honduras, 1990. 45

1. INTRODUCCION

En la actualidad, el maíz reventón es un cultivo secundario si se lo compara con el maíz dentado. El cultivo, la investigación y la comercialización de este tipo de maíz se llevan a cabo principalmente en los Estados Unidos de Norte América. En 1971, los Estados Unidos cultivaron 6,946 ha las cuales rindieron 1,477 kg/ha, para una producción total de 10,259 t (USDA, 1972, citado por Jugenheimer, 1981).

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 "pop corn", a un costo total de $ 166,613.42 (dólares estadounidenses) (Anexo 1).

Para que el maíz reventón llegue a ser un cultivo importante en Honduras se necesita disponer de variedades ó híbridos adaptados. Sin embargo en la producción de semilla o de grano se debe tener en cuenta la contaminación por polen foráneo que afecta la calidad del producto (capacidad de reviente).

Para evitar este problema existen prácticas culturales como son: separar las siembras en el tiempo o en el espacio, lo que hace que el cultivo tenga problemas agronómicos, como es la pérdida de disponibilidad de agua, al no coincidir la siembra con las lluvias.

Existe una alternativa mejor, que es emplear materiales

que posean al gene "Ga^s". Este gene, cuando el polen proviene de un maíz reventón, inhibe la fecundación de la oósfera al evitar que se produzca la germinación del tubo polínico (Nelson, 1952). La presencia de este gene en el material haría que el cultivo de maíz reventón tuviera una mayor aceptación por los agricultores, al no existir pérdidas económicas por mermas en la calidad del producto.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivos: 1) identificar y evaluar la presencia del gene "Ga^s" en los materiales de maíz reventón presentes en el Banco de Germoplasma de la Escuela Agrícola Panamericana, 2) estudiar el comportamiento agronómico de los mismos materiales y 3) obtener información sobre la calidad de reviente de los genotipos en estudio.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Clasificación Botánica y Evolución.

El maíz reventón, también conocido como maíz de palomitas, pertenece al género *Zea* y está clasificado dentro de la especie *Zea mays*.

El maíz puede dividirse en varios grupos que difieren en las características del grano. Estos tipos son: dentado, cristalino, dulce, harinoso, reventón, ceroso y tunicado (Jugenheimer, 1981; Chapman y Carter, 1976; Matz, 1969).

Brunson (1958), consideró solo cuatro de estas categorías: dentado, vidrioso o cristalino, reventón y harinoso. Esta clasificación fue hecha basándose en la distribución y el contenido de almidón córneo y suave en el endosperma. El mismo autor sugirió que el almidón en el grano de las mejores variedades de maíz reventón es, en su mayor parte, de tipo córneo con un pequeño punto, cerca del centro del grano, de almidón suave.

Para Chapman y Carter (1976), el maíz reventón posee en su totalidad un endospermo córneo cubierto de un pericarpio duro. Por otro lado, Jugenheimer (1981) consideró que era el maíz reventón una forma extrema del maíz cristalino.

La presencia de características primitivas dieron paso a varias teorías que hablaban acerca de la posibilidad de que el maíz reventón sea, con el maíz tunicado, el ancestro del maíz moderno (Sturtervant, 1899, citado por Jugenheimer, 1981). Mangeldorf (1950) (citado por Jugenheimer, 1981), manifestó

que los restos encontrados en Bat Cave en 1948, corroboraban la hipótesis de Sturtevant. En 1925, Emerson (citado por House y Nelson, 1958) descubrió un gene que promovía la incompatibilidad entre variedades de maíz reventón y maíces dentados. Por lo tanto, para Nelson (1952) no parece posible que pueda derivarse una población de otra que posea un mecanismo de incompatibilidad. Pero existe la posibilidad de que el maíz y la cruza estéril de maíz reventón se hayan originado separadamente de un tipo de cruza fértil de maíz reventón.

B. Sistemas de Incompatibilidad

El término incompatibilidad es usado para describir la incapacidad del tubo polínico de penetrar a través del estilo y efectuar la fertilización de la oósfera (Williams, 1969). Se la puede definir también como la incapacidad parcial o total del polen fértil, de una planta hermafrodita o de una angiosperma monoica, de producir semilla viable después de la autopolinización (Heslop-Harrison, 1975; Frankel y Galun, 1977).

En algunos casos este fenómeno se convierte en una desventaja, al transformarse en un impedimento de la autofertilización, mientras que en otros es una ventaja, por ejemplo en la producción de híbridos. La incompatibilidad es un mecanismo que, al igual que la dicogamia, dioicismo y varias estructuras florales especializadas, promueve la

polinización cruzada en la población (Heslop-Harrison, 1975).

Los sistemas de incompatibilidad no deben confundirse con las formas de esterilidad, debido a que en este caso la incapacidad de producir semilla viable es causada por anormalidades en los cromosomas, o por algún trastorno fisiológico que afecte la formación de los gametos o el desarrollo del embrión (Williams, 1969).

Los sistemas de incompatibilidad, han sido divididos en dos grupos: incompatibilidad gametofítica e incompatibilidad esporofítica (Frankel y Galun, 1977; Heslop-Harrison, 1975; Williams, 1969).

En la incompatibilidad gametofítica existe una interacción entre el polen y el tejido del estilo. Esta interacción esta controlada por el genoma de cada grano de polen (n) y por los genomas del estilo (2n) (Frankel y Galun, 1977). Si en el núcleo del polen se encuentra un alelo idéntico a uno de los alelos del estilo, el crecimiento del tubo polínico será lento dentro del estilo, y en la mayoría de los casos nunca ocurre la fertilización del óvulo. Por el contrario, si los alelos contenidos en el núcleo del polen son diferentes a los presentes en el estilo, el crecimiento del tubo polínico será normal, por lo consiguiente la fecundación tendrá éxito.

La tasa de crecimiento del tubo polínico esta controlada por una serie de alelos múltiples (Frankel y Galun, 1977)

Sin embargo, el efecto de los alelos de incompatibilidad no es tan riguroso para limitar la autofertilización en su

totalidad. La cantidad de seudo incompatibilidad puede ser modificada por factores ambientales como la temperatura y por mutaciones.

La genética de incompatibilidad en gramíneas difiere del sistema de un locus, ya que por lo menos dos loci con alelos múltiples, en vez de uno, están involucrados. Este sistema ha sido descrito en centeno y algunas gramíneas forrajeras (Heslop-Harrison, 1975).

La incompatibilidad esporofítica se caracteriza por estar presente en un sólo locus, con un número grande de alelos S. Se diferencia del sistema gametofítico en que algunos alelos S exhiben dominancia, la cual es determinada por la planta que produce el polen. Otra diferencia se observa en el sitio donde se encuentra el impedimento al desarrollo del tubo polínico, que en el sistema esporofítico está localizado en el estigma. La incompatibilidad esporofítica ha sido unicamente reportada en especies dicotiledóneas (Frankel y Galun, 1977).

C. Bases de la incompatibilidad en maíz reventón

Una tasa anormal de segregación observada en granos azucarados en maíz heterocigoto para el gene sugary-1 (su), fue la primera evidencia de la existencia de un mecanismo genético, en *Zea mays*, que afectaba la capacidad de fertilización (Bianchi y Lorenzoni, 1975).

Demerec (1929), utilizando la variedad denominada White Rice, observó que se inhibía la producción de semillas cuando

se usaba polen que llevara el gene ga (citado por Bianchi y Lorenzoni, 1975).

Emerson, en 1925, fue el primero en identificar el gene Ga, y concluyó que la diferencia en la fertilización no era debida únicamente al gene relacionado con el azúcar en el endosperma, sino a algún otro gene con el que se encontraba ligado (Schwartz, 1950). También encontró que el gene Ga estaba ligado al gene su con un 28% de recombinación (House y Nelson, 1958).

Esta hipótesis fue confirmada por Mangeldorf y Jones en 1926, quienes le atribuyeron al gene el nombre de Ga, sin explicar las relaciones de dominancia, y fueron los primeros en considerar el posible mecanismo que afectaba el crecimiento del tubo polínico.

Jones en 1924, concluyó: "Existe una aparente interacción entre el tubo polínico y los tejidos en los que éste se desarrolla; posiblemente esto sea debido a que el polen que transporta el alelo dominante tenga una mayor capacidad de llevar a cabo la fertilización del óvulo que el polen que posee el alelo recesivo" (Citado por Mangeldorf y Jones, 1926).

El locus más estudiado y posiblemente el más interesante es el Ga, que se encuentra ubicado en el cromosoma número 4 (Bianchi y Lorenzoni, 1975; Ashman, 1975; House y Nelson, 1958; Schwartz, 1950).

Schwartz (1950) concluyó que había un tercer alelo Ga^s en

el mismo locus, y que en las plantas que poseían el alelo Ga^s, los gametófitos con ga fallaban en la fecundación del óvulo y consecuentemente en la producción de semillas. Demostró también, que los granos de polen con ga germinaban en el estilo Ga^s/Ga^s y que crecían en su interior.

Nelson (1952) manifestó que la tasa de crecimiento del tubo polínico, ya sea que fuera ga o Ga^s, en estilos Ga^s/Ga^s, eran de similar magnitud.

La eficiencia del factor gametofito en inhibir la fertilización, en base a los genotipos, se ilustra en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Eficiencia relativa del polen en fertilizar a diferentes genotipos.

Semilla Parental	Polen				
	Ga^s	Ga^s	Ga^b	Ga^c	Ga^d
Ga^s/Ga^s	+	<Ga^s	+	-	-
Ga^s/Ga	+	<Ga^s	+		
Ga^s/ga	+		+	-	+
Ga/Ga	+	+	+	-	+
Ga/ga	+	+	+	-	+
ga/ga	+	+	+	+	+

- muy bajo
+ normal
a en competencia con Ga^s
b sin competencia
c en competencia con Ga
d sin competencia

Fuente: Bianchi y Lorenzoni (1975).

Nelson (1952), presentó también evidencia que excluía la posibilidad que después de una polinización incompatible, ésta pudiera inhibir la fertilización de la oósfera o hiciera que el cigoto en desarrollo se destruyera. Entonces pensó que la reacción de esterilidad se daba entre el estilo diploide y el gameto masculino, y sugirió que esta reacción posiblemente envolvía dificultades nutricionales o inmunológicas. Ashman (1975) sugirió la presencia de genes modificadores, y además informó que la mayor capacidad de germinación del tubo polínico con el gene Ga^s, estaba relacionado a un fénomeno de paramutación.

Las investigaciones han continuado y actualmente se afirma que al realizar polinizaciones, ya sean compatibles o incompatibles, existe una producción de proteínas específicas en el estilo, que en el caso de ser incompatibles es esta proteína la que inhibe el desarrollo del tubo polínico. La producción de esta proteína no sucede hasta después de la polinización. Estas proteínas fueron analizadas y estudiadas mediante el uso del método SDS-Polyacrylamide gel electroforesis, con el cual se pudo observar que los patrones obtenidos eran diferentes. Estas proteínas fueron separadas basándose en su peso molecular y en su carga eléctrica. Los resultados demostraron una aparente asociación entre los patrones observados y los alelos de los gametofitos. Esta proteína no ha sido identificada completamente, pero podría tratarse de una glicoproteína (Thomas, 1986).

D. Calidad del grano.

La calidad en maíz reventón se mide en razón del volumen de expansión, y posiblemente sea este el criterio más usado en el comercio (Brunson, 1958). El volumen de expansión se refiere al volumen de granos reventados a partir de una cantidad uniforme de granos sin reventar (Jugenheimer, 1981; Brunson, 1958).

Otros parámetros de suma importancia para cuantificar la calidad del maíz reventón son: el sabor, el color y la forma del grano reventado (Crumbaker et al., 1949; Hoseney et al., 1983; Hoseney, 1986).

El fitomejorador de maíz reventón debe considerar tanto los intereses del productor como los del consumidor. Los intereses de los productores comprenden el rendimiento, la resistencia al acame y a la sequía, la ausencia de mazorcas caídas y la resistencia a plagas y a enfermedades. La susceptibilidad a la sequía y a las plagas y enfermedades disminuye los rendimientos y afecta la calidad, reduce el volumen de expansión e introduce sabores extraños. Entre los caracteres importantes que afectan al consumidor se encuentran el volumen de expansión, la suavidad, la ausencia de cáscaras, el sabor, el color y la forma del grano (Jugenheimer, 1981).

1. Volumen de Expansión.

El volumen de expansión tiene una particular importancia debido a que el maíz reventón es comprado por peso y general-

mente vendido por volumen (Hoseney et al., 1983; Hoseney, 1986). Durante el proceso del reviente, el volumen del maíz se incrementa entre 20 y 30 veces (Jugenheimer, 1981; Hoseney, 1986; Brusón, 1958).

Existe una relación directa entre el volumen de expansión y la suavidad (comprende la parte principal del grano reventado y la ausencia de un núcleo duro en la base), pero una relación indirecta con el rendimiento (Brunson, 1958; Hoseney, 1986; Jugenheimer,1981).

Sin embargo, es posible obtener híbridos con un alto rendimiento y un volumen de expansión sobresaliente (Jugenheimer, 1981).

El volumen de expansión depende de tres condiciones principales: la estructura del grano, el contenido de humedad y la aplicación adecuada del calor. Otros factores que afectan el volumen de expansión y su cuantificación, incluyen el tipo de máquina y el método utilizado para reventar el maíz de palomitas, la condimentación y el tamaño y forma del recipiente (Brunson, 1958).

Además de los factores arriba descritos, también afectan al volumen de expansión el grado de compactación del grano reventado antes de la lectura del volumen, la diferencia de madurez, las heladas antes de que el grano esté maduro, el manejo y el desgrane brusco, la herencia de genes que condicionen un endosperma denso y elástico, y otras diferencias heredables (Jugenheimer, 1981; Crumbaker et al., 1949). El

contenido de materia seca por cada grano tiene relacion directa con el volumen de expansión (Hoseney et al., 1983).

El volumen de expansión también se puede ver reducido por la presencia de fisuras en el endosperma (White et al., 1980, 1982).

La industria del maíz reventón necesita una manera más objetiva para determinar la calidad del maíz de palomitas. Si bien los híbridos modernos exceden a las variedades de polinización libre en rasgos agronómicos y en volumen de expansión, el mejoramiento alcanzado en los otros componentes de calidad ha sido escaso o nulo. Después de la suavidad del tejido del endospermo reventado, probablemente el componente más importante de calidad es la presencia de cortezas. Posteriormente se informó de un método preciso de medir el espesor del pericarpio (Richardson, 1960, citado por Jugenheimer, 1981).

a. Contenido de humedad y estructura del grano

El contenido de humedad tiene un papel importante en el proceso de reventamiento. Si el grano se encuentra muy seco, no habrá suficiente presión dentro del grano que expanda el endosperma y los granos se partirán y se quemarán. Demasiada humedad ablanda el pericarpio, permitiendo que la presión interna escape y produciendo hojuelas pequeñas y duras. El maíz de palomitas revienta mejor entre 13 y 14.5% de humedad por peso (American Chemical Society, 1986). Contenidos de humedad entre 11 a 15% son recomendados para un mayor volumen

de expansión (Brunson, 1958).

El contenido de humedad óptimo depende del tipo de máquina utilizada para obtener el reviente (Brunson, 1958).

Lin y Anantheswaran (1988) trabajando con horno de microondas, concluyeron que el mayor volumen de expansión se obtiene cuando el contenido de humedad se encuentra entre 12.5 y 13.5%. Para conseguir el menor número de granos sin reventar la humedad debe estar entre 10 y 10.9%. Estos porcentajes fluctúan dependiendo de la variedad.

Cuando se coloca el maíz reventón en el recipiente donde será reventado, antes de aplicarle el calor, la presión dentro y fuera del grano será la misma. Una vez que el grano se calienta el contenido de humedad se transforma en vapor y la presión interna aumenta. La alta presión de vapor penetra en los gránulos de almidón, transformándolos en glóbulos calientes gelatinizados. Finalmente, al estar cerca de 177°C la presión interna de los granos es alrededor de 9 kg/cm^2, obteniéndose la ruptura del pericarpio (American Chemical Society, 1986). A temperaturas menores de 177°C, la proporción de granos sin reventar aumenta (Hoseney et al., 1983).

Otro de los componentes principales del volumen de expansión es la estructura del grano. El maíz reventón está constituido, como todos los demás cereales, por pericarpio, endosperma y germen.

El porcentaje de pericarpio es casi el mismo en todos los tipos de maíz. Sin embargo, en maíz reventón el pericarpio se

presenta tanto grueso como fino dependiendo de la variedad, y mantiene una participación directa en el reviente (Richardson, 1959, citado por Hoseney et al., 1983). Se ha encontrado un elevado grado de variabilidad en el espesor del pericarpio entre líneas puras de maíz. La herencia de este carácter parece relativamente sencilla, con un solo gene dominante para pericarpio fino (Jugenheimer, 1981).

Durante el proceso de reviente, el pericarpio actúa como una olla de presión que encierra y contienen al endosperma. Se demostró que una ruptura inicial de el pericarpio tiene un efecto más marcado que cualquier otra subsiguiente (Hoseney et al., 1983). Varios factores ejercen influencia sobre el espesor del pericarpio, como la localización del grano en la mazorca, y la etapa de madurez al momento de cosechar (Jugenheimer, 1981), pero también la distribución del pericarpio en el grano (Hoseney et al., 1983).

En cuanto al endosperma, está compuesto por almidón translúcido y opaco (American Chemical Society, 1986; Hoseney, 1986; Hoseney et al., 1983). Los gránulos del almidón translúcido tienen un arreglo casi poligonal, con un díametro de 7 a 18 um. El endosperma opaco contiene granulos esféricos grandes y suaves con muchos espacios intergranulares (Hoseney et al., 1983).

La proporción de almidón translúcido y de almidón opaco es crítica en la capacidad de reventar (American Chemical Society, 1986).

Entre algunas de las características de los granos, se tiene que el porcentaje de almidón suave está menos relacionado con el volumen de expansión (Crumbaker et al, 1949). Richardson (1959) demostró que cambios significativos en el endosperma afectaban la capacidad de reventar del maíz de palomitas, y encontró la presencia de genes que inducían la formación de almidón opaco y que inhibían la expansión normal (Citado por Hoseney et al., 1983).

b. Aplicación adecuada de calor

El maíz de palomitas puede ser reventado en seco en una máquina eléctrica o con aceite en un recipiente bien sellado. La proporción recomendada de aceite es de un 10 a 20% del grano sin reventar, estas proporciones dependen de las preferencias del consumidor, la disponibilidad y tipo de grasa.

1) Temperatura de la máquina

Las máquinas eléctricas, controladas termostáticamente, se ajustan para que mantengan constante la temperatura durante el proceso. La temperatura en máquinas eléctricas sin controles termostáticos, puede ser regulada variando la cantidad de la carga.

En el caso de las máquinas de gas, la temperatura es controlada variando el ancho de la llama. Cuando la llama no es protegida, pequeñas corrientes de aire podrían causar una diferencia marcada en la temperatura, por lo tanto, afectaría también el proceso de reviente. En la mayoría de los rangos

de temperatura utilizados, el tiempo necesario para obtener un buen reviente se encuentra entre los 60 y 90 segundos.

2) Tamaño y forma del recipiente

El tamaño y forma del recipiente, y el método de llenado, posiblemente afecten los resultados considerablemente. Recipientes con esquinas, muy altos y angostos dejan considerables espacios vacíos cuando aparentemente están llenos. En 1946, la Asociación Nacional de Productores de Maíz Reventón de los Estados Unidos de América (NAPM) colaboró en el desarrollo de una máquina estándar y de un método para determinar el volumen de expansión. El equipo consistía en una medida para el grano sin reventar y para los condimentos (aceite, sal), en un tubo graduado para leer directamente el volumen de expansión y una máquina eléctrica controlada con un termostato.

En 1956, la Asociación de Procesadores de Maíz Reventón procedió a la revisión del evaluador de peso-volumen. El nuevo evaluador usaba tanto la unidad de peso como la unidad de volumen del grano sin reventar, y el grano reventado era expresado en pulgadas cúbicas producidas por una libra de maíz reventón (Brunson, 1958),

E. Métodos de Selección

En el maíz reventón, al igual que el maíz dentado, la selección masal comenzó con la selección en el campo (Brunson, 1937). En el maíz reventón se cambió de variedades de

polinización abierta a híbridos, por las mismas razones que en el maíz dentado, pero se ha tratado de obtener ventajas adicionales como son el volumen de expansión y una mayor uniformidad de los granos. Dentro del maíz reventón se consideran tres tipos de granos: blanco, amarillo pequeño y amarillo grande. Esta clasificación se usa para establecer los niveles de calidad del grano dentro de los canales de comercialización.

En pruebas de comportamiento, los híbridos se identifican como uno de los tipos especificados arriba, aunque algunos granos amarillos medianos, que poseen las mismas características de los granos pequeños y grandes, son disponibles actualmente en el mercado.

En la industria no se han desarrollado métodos para determinar el largo del grano, sin embargo comúnmente se lo ha hecho basándose en el número de granos contenidos en diez gramos, definiéndose el largo del grano de la siguiente manera:

52-67 = grando, 68-75 = mediano, 76-105 = pequeño.

Otra consideración en la selección de híbridos es la madurez. La máxima condición de reviente se puede lograr solamente cuando se alcanza la total maduración de los granos. Cualquier factor que induzca a una madurez prematura (sequía, helada, enfermedades, etc.) reducirá el potencial de expansión y, por lo tanto la calidad del producto. Algunos híbridos de maíz reventón poseen un mecanismo de incompatibilidad. La incompatibilidad es importante por que previene la cruza

abierta o libre con el maíz dentado. La plantas fertilizadas por polen de maíz dentado producen semilla con una baja capacidad de reviente, disminuyendo así su calidad (Ziegler et al., s.f.).

Thomas (1955) afirmó que el método de la retrocruza es el más adecuado para transferir el gene Ga^s a plantas cuya constitución genética es heterocigota recesiva para el gene ga.

Johnson y Eldredge (1953), informaron que es necesario retocruzar dos veces al maíz reventón cuando este se usa como recurrente, para recuperar un volumen de expansión similar al del maíz reventón padre.

III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), El Zamorano, ubicado en el valle del río Yeguare, 37 Km al sureste de Tegucigalpa, Honduras. La EAP se encuentra a 14°00' latitud norte, 87°02' longitud oeste y a una altitud de 805 msnm. La temperatura promedio anual es de 24°C y presenta una precipitación anual promedio de 1100 mm.

El experimento se sembró en la terraza 4 del Departamento de Agronomía.

Se utilizaron genotipos del Banco de Germoplasma de la EAP y adquiridos en Tegucigalpa. Los genotipos fueron los siguientes:

1. Yellow Pearl Americano
2. Ecuatoriano
3. EAP 5
4. Robust
5. Tosty Rosty
6. EAP 2
7. EAP 4
8. Connel Americano
9. Canguil Colombia
10. Maíz obtenido en Tegucigalpa
11. Maíz dentado blanco (Dekalb B-833)

El grupo EAP, es el resultado de cruzas realizadas en la EAP. Robust, Tosty Rosty, Yellow Pearl, Connel y el maíz

obtenido en Tegucigalpa son provenientes de los Estados Unidos de América. El maíz adquirido en Tegucigalpa se le denominó como Tegus.

El Canguil Colombia y Ecuatoriano son variedades originadas en América del Sur. El maíz dentado blanco (Dekalb B-833) es producido en la EAP.

Se sembraron todas las poblaciones de maíz reventón y de maíz dentado en un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con tres repeticiones (Figura 1).

101 Robust	102 EAP-5	201 Robust	202 Yellow Pearl	301 Tosty Rosty	302 Tegus
104 Canguil Colombia	103 Ecuato-riano	204 EAP-2	203 Canguil Colombia	304 Connel	303 Robust
105 Tegus	106 EAP-4	205 Connel	206 Ecuato-riano	305 EAP-2	306 EAP-5
108 EAP-2	107 Tosty Rosty	208 EAP-4	207 Tosty Rosty	308 Yellow Pearl	307 EAP-4
109 Yellow Pearl	110 Connel	209 Tegus	210 EAP-5	309 Canguil Colombia	310 Ecuato-riano

Figura 1. Distribución de las poblaciones de maíz reventón en el campo. El Zamorano, Honduras, 1990.

La siembra fue realizada en dos etapas con una separación de 10 días entre ellas. La primera siembra se inició el 14 de junio de 1990, con una parte del maíz dentado Dekalb B-833. La segunda siembra se llevó a cabo el 24 de junio, empleando la porción faltante de maíz dentado y todos las poblaciones de maíz reventón. Esta separación de las fechas de siembra del maíz dentado se hizo para tratar que las floraciones de ambos maíces coicidieran. El maíz dentado fue sembrado alrededor de las unidades experimentales, para facilitar la obtención de polen durante el proceso de polinización manual.

Se efectuaron tres tipos de polinizaciones controladas, la primera mediante la polinización de los genotipos de maíz reventón con el polen del maíz dentado, la segunda fue realizada entre todos los genotipos de maíz reventón y una variedad de maíz reventón (EAP-2) y la tercera mediante las autopolinizaciones de cada genotipo de maíz reventón. El cuarto tipo de cruza fue la polinización abierta o libre.

El maíz reventón sirvió como hembra y el maíz dentado como macho. Estas polinizaciones fueron realizadas desde el 28 de agosto hasta el 12 de septiembre.

Algunos de los genotipos utilizados en el experimento resultaron ser sumamente tardíos, por lo que las polinizaciones se volvieron a ejecutar desde el 2 al 8 de octubre.

A. Manejo del experimento

La fertilización del suelo se hizo a razón de 120 kg de

N/ha y 80 kg de P_2O_5/ha, dosis similares a las utilizadas en el cultivo de maíz para grano en la Sección de Producción de la EAP.

La primera aplicación se realizó al momento de la siembra, empleándose la fórmula 18-46-0 para suplir el fósforo recomendado. La segunda aplicación se realizó a los 30 días después de la siembra con urea (46% N) para suplementar lo que faltaba de nitrógeno.

Se presentaron condiciones de sequía desde la sexta a la octava semana (Anexo 1), por lo que fue necesario regar.

El combate de malezas, tanto gramíneas como hoja ancha, fue manual.

Para el combate del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda J.E.Smith) se hicieron aplicaciones con MTD 600 (metamidophos) con una dosis de 0.84 L/ha y Lorsban líquido (chlorpyrifos) utilizando una dosis de 0.72 L/ha antes de los 30 días. A los 35 días se aplicó Lorsban granulado (10 kg/ha) al cogollo.

La cosecha fue manual y se realizó en dos períodos.

B. Método de polinización controlada

Las polinizaciones dirigidas fueron realizadas siguiendo el método de la bolsa para espiga. Se colocó una bolsa del tipo "glasine" sobre el jilote antes de la emergencia de los estigmas. Luego se procedió al recorte del jilote lo que produjo un crecimiento uniforme de los estigmas. La bolsa

translúcida (glassine) tiene la ventaja que permite observar el crecimiento de los estigmas, pues la longitud de los mismos indican el momento adecuado de la polinización. La bolsa se aseguró firmemente, entre el jilote y el tallo de la planta, para que se mantenga en su lugar, evitando la entrada de polen contaminante que pudiera afectar los resultados.

La panoja se introdujo dentro de una bolsa de papel "Kraft" pesado, a prueba de agua, se sujetó con una grapa. El polen se recolectó aproximadamente 24 horas después de haber sido colocada la bolsa. Debe tenerse mucho cuidado con la contaminación. La bolsa del jilote se quitó sin tocar o exponer los estigmas. Después de removidas las bolsas de papel Kraft, fueron llevadas al sitio donde se efectuó la polinización. El fondo de la bolsa se volteó hacia arriba de modo que el polen cayera sobre los estigmas.

C. Evaluación de las características agrónomicas de los genotipos

Este análisis se llevó a cabo paralelamente al desarrollo del experimento. Para evaluar estas características se tomaron los siguientes datos: días a floración, altura de la planta, número de hojas hasta la primera mazorca, altura a la primera mazorca y número de mazorcas.

D. Análisis de las mazorcas polinizadas

Una vez realizadas las cosechas, las mazorcas de cada

polinización fueron analizadas individualmente, considerando el número de granos formados, el peso de cada 100 semillas, el peso total (olote y grano) y el número de hileras.

E. Análisis de la calidad del grano utilizando el criterio del volumen de expansión

Se obtuvieron las muestras después de haber analizado las mazorcas individualmente. Se decidió utilizar los productos de las polinizaciones libres, debido a que se contaba con una mayor cantidad de grano. El porcentaje de humedad para cada tratamiento se obtuvo por medio del método indirecto (dieléctrico) el cual mide el porcentaje de humedad de la semilla de acuerdo con la capacidad que tiene un cuerpo de absorber y liberar un flujo eléctrico. Para esto se tomaron cuatro muestras de cada tratamiento, obteniéndose el porcentaje promedio de humedad. Se procedió a tomar un volumen fijo para cada muestra. Este volumen estaba dado por un cilindro que medía 35 cc. De cada muestra se tomó el peso y el número de granos. Para efectuar las pruebas de reviento se utilizó una olla de teflón de 18 cm de diámetro y como fuente de calor una hornilla eléctrica. Se añadieron 15 cc de aceite vegetal, y posteriormente se tomó el volumen de expansión.

Para analizar los resultados se midió el incremento en volumen dividiendo el volumen final, ya reventado, entre el volumen inicial de los granos sin reventar. Se comparó el volumen de expansión con el número total de granos, el número

de granos sin reventar, el largo, ancho y espesor del grano, el peso de cada muestra y el contenido de humedad del grano.

El objetivo de estas comparaciones era definir si existía alguna correlación entre las variables consideradas.

F. Diseño experimental

Para efectuar los análisis de los datos se utilizó un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

El esquema del análisis de varianzas fue el siguiente:

Fuente de variación	G.l.
Repeticiones	2
Genotipos (maíz reventón)	8
Error(a)	16
Cruzas	2
Interacción	
Cruzas x Genotipos	16
Error(b)	36
Total	80

1. Parcela experimental

La unidad experimental tuvo 4 surcos de 5 metros de largo cada uno. La distancia entre surcos fue de 0.90 m y entre plantas fue de 0.25 m. En cada parcela principal se sembraron las poblaciones, y dentro de cada una de éstas, se efectuaron los 4 tipos de polinizaciones (parcelas pequeñas).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Características agronómicas de las poblaciones.

Los cuadrados medios de los análisis de varianza de las características agronómicas se presentan en el Cuadro 2.

De acuerdo con estos resultados podemos observar que existe entre las poblaciones estudiadas, una diferencia altamente significativa ($P<0.01$) para todas las variables analizadas. En el Cuadro 3 se muestran las medias de cada uno de los genotipos (poblaciones) para cada una de las variables propuestas en este estudio. Durante el ciclo vegetativo de las poblaciones se pudo observar que existía una alta variabilidad para la mayoría de las características estudiadas dentro de algunas poblaciones. Estas poblaciones fueron la EAP-2, EAP-4 y EAP-5. La población "Ecuatoriano" presentó características sumamente primitivas, tales como mazorcas con apariencia de ramas, pubescencia abundante en los haces de las hojas y en el tallo, láminas de las brácteas sumamente desarrolladas y una alta prolificidad. Algunas de las mismas características fueron encontradas en el grupo de poblaciones formadas en la EAP. La sequía afectó a todos los genotipos; sin embargo, las poblaciones desarrolladas en la EAP mostraron tolerancia a la sequía, manteniendo su vigor y recuperándose del daño causado por el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en las primeras etapas de desarrollo.

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

CUADRO 2. Cuadrados Medios de las Variables 1) Altura de planta, 2) Altura de la primera mazorca, 3) Días a floración, 4) Número de hojas sobre la primera mazorca, 5) Número de mazorcas. El Zamorano, Honduras, 1990.

Fuente de Variación	g.l.	Variables 1	2	3	4	5
Repetición	2	314.53**	511.69**	22.53*	2.53*	0.30
Poblaciones	9	7507.19**	3080.26**	455.98**	2.38**	0.80**
Error	18	242.97	33.00	4.50	0.50	0.19
C.V. (%)		8.27	7.10	3.47	12.89	27.16

*, ** : Denotan valores significativos al 5% y al 1%.

CUADRO 3. Medias de las variables: 1) Altura de la planta, 2) Altura de la primera mazorca, 3) Días a floración, 4) Número de hojas sobre la primera mazorca y 5) Número de mazorcas. El Zamorano, Honduras, 1990

Poblaciones	Variables 1 cm	2 cm	3 días	4 N°	5 N°
Robust	141.00	62.33	51	4	2
EAP-5	143.33	87.00	81	6	1
Ecuatoriano	179.00	76.00	55	4	1
Canguil Colombia	221.00	98.00	71	6	2
Tegus	153.00	59.33	54	6	1
EAP-4	234.00	123.33	65	6	2
Tosty Rosty	156.33	69.25	52	5	1
EAP-2	267.00	141.33	81	7	3
Yellow Pearl	126.33	47.00	50	6	2
Connel	113.33	44.33	52	5	1
DMS (0.05)	26.74	9.856	3.63	1.208	0.75

La población "Ecuatoriano" presentó mayor daño por enfermedades y acame. La enfermedad que más la afectó fué la roya del maíz causada por el hongo Puccinia sorghi.

Durante la floración las poblaciones del grupo EAP y el Canguil Colombia presentaron gran variabilidad, encontrándose plantas con desarrollo de panoja (flores masculinas) en la mazorca y desarrollo de flores femeninas en la panoja. Esta variabilidad genética puede ser debida a una segregación de recombinantes nuevos. También se caracterizaron por tener una floración sumamente larga y tardía.

En el Canguil Colombia se observó vivipardia; sin embargo en la misma mazorca no todos los granos presentaron este problema. Se observó que estos granos tenían una coloración diferente de los demás que estaban en la misma mazorca. Posiblemente en este material existe un gene ligado a la coloración del grano, que inducía a una germinación precoz en la mazorca.

Entre las poblaciones estudiadas solamente dos, EAP-5 y Ecuatoriano, presentaron granos tipo arroz (cuya cúspide es puntiaguda). Durante la cosecha, en las mazorcas que fueron polinizadas con polen de Dekalb y EAP-2, se pudo apreciar que la mayoría de los granos eran del tipo perla (con cúspide redondeada). Al realizarse la doble fertilización de la ósfera y de los núcleos polares por los espermas del maíz dentado Dekalb B-833 se produjo el fénomeno denominado "xenia" con relación a la forma del grano. Por lo tanto la distribu-

ción y el contenido de almidón córneo y suave en el endosperma del grano fue modificado, afectando la forma del grano.

La coloración de los granos dentro de las poblaciones era excesivamente variable en el grupo EAP, yendo desde amarillo intenso hasta negro. Se pudo observar en las mazorcas polinizadas con EAP-2, granos con diferente coloración, posiblemente debido a una segregación del progenitor masculino. La alta variabilidad que presentaron las poblaciones del grupo EAP, Ecuatoriano y Canguil Colombia, para todas las características arriba mencionadas, nos indica que se trata de materiales poco seleccionados.

B. Evaluación de las cruzas realizadas y de los materiales.

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 4) se puede observar que existe una diferencia altamente significativa ($P<0.01$) en el tipo de cruza (Dekalb, EAP-2, Libre) para casi todas las variables estudiadas, excepto para el largo de mazorca, cuya diferencia significativa ($P<0.05$) se debe a la variación entre las poblaciones. Posiblemente esto se debió a que las fertilizaciones con nitrógeno y fósforo no fueron aprovechadas por las poblaciones de origen americano.

El estres hídrico fue más marcado en la etapa del cultivo cuando la suplementación y la absorción de los nutrimentos era mas importante. Esto pudo interferir con un desarrollo adecuado de la mazorca.

En el Cuadro 5, se presentan las medias de las poblacio-

Cuadro 4. Cuadrados medios de las variables 1) Número de hileras, 2) Número de granos por mazorca, 3) Peso de 100 granos, 4) Largo de mazorca, 5) Ancho de mazorca y 6) Peso total del grano y el olote. El Zamorano, Honduras, 1990.

Fuentes de Variación	g.l.	Variables 1	2	3	4	5	6
Repetición	2	0.71	45.42	30.36	2.43	0.14	562.16
Genotipo (G)	8	6.25	34.55	22.46	51.16**	0.07	885.93**
Error (a)	16	2.75	15.42	10.18	5.26	0.08	283.35
Tipo/cruza (C)	2	2.17*	413.43**	224.48**	4.71	0.96**	4016.62**
G*C	16	1.14*	10.80	8.95	6.00**	0.06	167.08
Error (b)	36	0.46	18.62	6.25	2.26	0.04	121.04
DMS (0.05)		4.65	27.91	34.86	12.65	12.74	32.80

*, **: Denotan valores significativos al 5% y al 1%.

Cuadro 5. Medias de las características de las poblaciones para las variables 1) Número de hileras, 2) Número de granos por mazorca, 3) Peso de 100 granos, 4) Largo de mazorca, 5) Ancho de mazorca y 6)Peso total del grano y el olote. El Zamorano, Honduras, 1990.

Genotipo	Variables 1 N°	2 N°	3 g	4 cm	5 cm	6 g
Robust	15.13	17.29	5.69	11.39	1.69	30.42
EAP-5	13.60	14.05	6.95	8.90	1.74	26.06
Ecuatoriano	15.21	15.43	7.01	10.77	1.60	32.91
Canguil Colombia	13.98	16.76	9.16	15.34	2.62	49.19
Tegus	13.36	13.92	6.44	12.12	1.54	27.96
EAP-4	14.55	17.34	10.27	16.10	1.56	50.55
Tasty Rasty	14.27	15.54	6.39	11.71	1.71	33.05
Yellow Pearl	15.53	13.30	5.45	10.27	1.59	21.51
Connel	14.96	13.49	7.23	10.27	1.61	30.29
DMS (0.05)	1.657	3.924	3.189	2.292	0.277	14.25

nes utilizadas en este ensayo. Por lo tanto existió una diferencia altamente significativa (P<0.01) en el tipo de cruza para las variables número de hileras, producción de granos por mazorca, peso de 100 granos, ancho de mazorca y peso total de grano y olote. La separación de medias mediante la prueba del rango múltiple de Duncan (Cuadro 6) mostró que el número de hileras fue estadísticamente similar entre los dos tipos de polinizaciones dirigidas, pero ambos fueron diferentes a la polinizacion libre (P<0.05); para las demás variables analizadas existen diferencias significativas entre todos los los efectos de los progenitores másculinos (P<0.05), excepto para el ancho de la mazorca.

En el Cuadro 6 se puede observar que las polinizaciones hechas con EAP-2 tuvieron un efecto negativo, que causó una disminución en el número de granos, en el peso de las semillas, en el ancho de las mazorcas y en el peso total del grano y olote. Es posible que la deficiencia de granos haya producido un efecto sobre el ancho de la mazorca.

La comparación de medias por medio de la prueba de Duncan (Cuadro 7), nos indicó que las poblaciones usadas en este ensayo pueden dividirse en dos grupos iguales para las variables largo de mazorca y peso total del grano y olote.

El primer grupo estaría constituído por las poblaciones EAP-4 y Canguil Colombia y el segundo por los materiales Robust, EAP-5, Ecuatoriano, Tegus, Tosty Rosty, Yellow Pearl y Connel. Dentro de los grupos las poblaciones fueron estadís

CUADRO 6. Separación de medias del tipo de cruza para las variables 1) Número de hileras, 2) Número de Granos por mazorca, 3) Peso de 100 Granos, 5) Ancho de la Mazorca, 6) Peso Total del Grano y el Olote. El Zamorano, Honduras, 1990.

Cruza	Variables 1 N°	2 N°	3 g	4 cm	5 cm	6 g
Dekalb	14.33 B	15.91 B	8.07 B	11.65 A	1.63 B	32.48 B
EAP-2	14.38 B	11.34 C	3.95 C	11.62 A	1.48 C	21.91 C
Libre	14.84 A	18.13 A	9.51 A	12.27 A	1.65 A	46.24 A
DMS (0.05)	0.372	2.383	1.380	0.829	0.116	6.07

1/ Se refiere al orden de los padres utilizados en la cruza, (1)=Dekalb, (2)=EAP-2 (3)=Libre.
2/ Letras distintas indican diferencias al nivel de probabilidad (P<0.05) de acuerdo con la prueba de Duncan.

CUADRO 7. Separación de medias de las poblaciones para las variables 1) Largo de la Mazorca, 2) Peso Total del Grano y el Olote. El Zamorano, Honduras, 1990.

Variables 1		2	
(6)	16.10 A	(6)	50.55 A
(4)	15.35 A	(4)	49.29 A
(5)	12.12 B	(7)	33.05 B
(7)	11.71 B	(3)	32.91 B
(1)	11.39 B	(1)	30.42 B
(3)	10.77 B	(9)	30.20 B
(9)	10.27 B	(5)	27.99 B
(8)	10.27 B	(2)	26.07 B
(2)	8.93 B	(8)	21.51 B

1/ Se refiere al orden de los poblaciones, (1)=Robust, (2)=EAP-5 (3)=Ecuatoriano, (4)=Cargill Colombia, (5)=Tegun, (6)=EAP-4, (7)=Testy Rusty, (8)=Yellow Pearl, (9)=Conrel.
2/ Letras distintas indican diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5% de acuerdo con la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

ticamente similares (P>0.05).

No se observó ninguna diferencia en la producción de granos por mazorca entre las poblaciones utilizadas en este ensayo (Cuadro 4). Al realizar las cruzas del maíz dentado con los materiales de maíz reventón, se esperaba que el número de granos producidos sea mínimo, por lo menos en una de las poblaciones. Sin embargo al comparar el número de granos de cada una de las polinizaciones, se determinó que no existía evidencia de la presencia del gene Ga^s en las poblaciones utilizadas en este experimento, a pesar que la diferencia significativa encontrada para esta variable.

Al analizar las características de los granos resultantes de las cruzas con Dekalb y las polinizaciones libres, es posible que las diferencias existentes se deban al uso de las bolsas translúcida (glasine). Estas pudieron interferir con el desarrollo normal de la mazorca, al comportarse como un obstáculo en el crecimiento diametral y crear un ambiente especial alrededor de la mazorca.

Aparentemente el material EAP-2 posee un mecanismo de incompatibilidad pero, según las observaciones realizadas, no se trata del gene que se pretendía estudiar. Al hacer las polinizaciones con el genotipo EAP-2, la producción de granos se vio disminuida; al utilizar la población de EAP-2 como progenitor femenino, y como progenitor masculino al maíz dentado, la producción de granos fue normal. Este resultado fue contrario a lo que se esperaba.

C. Evaluación de la Calidad del Grano

El análisis de varianza (Cuadro 8) nos indica que las diferencias en las variables estudiadas dependieron de las poblaciones utilizadas en este ensayo. Los híbridos formados en la EAP produjeron granos muy grandes, y esta es una característica desfavorable por que se considera que la longitud del grano esta relacionada con la presencia de almidón suave en el grano.

La separación de medias (Cuadro 9), nos señala que el mayor volumen de expansión lo obtuvo el material denominado Tegus. Es muy posible que se trate de una variedad sintética capaz de transmitir esta característica a su descendencia. La más baja calidad de grano fue estadísticamente similar para las poblaciones Ecuatoriano y Tosty Rosty.

Tosty Rosty, de todas los materiales de procedencia de los Estados Unidos de América, fue el que tuvo el más bajo volumen de expansión. Por lo tanto, se puede decir que tiene poca adaptación a las condiciones climáticas de Honduras. La población Ecuatoriano mostró que es un material poco mejorado para esta característica.

Los materiales EAP-4, EAP-2 y Canguil Colombia presentaron un volumen de expansión aceptable, por lo que deberían ser seleccionados para esta característica. Se debe considerar que estas poblaciones también poseen características agronómicas favorables.

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
TEGUCIGALPA HONDURAS

CUADRO 8. Cuadrados medios de las variables 1) Peso de la muestra, 2) Ancho del grano, 3) Largo del grano, 4) Espesor del grano, 5) Granos sin reventar, 6) Total de granos por muestra, 7) Volumen de expansión. El Zamorano, Honduras, 1990.

Fuente de Variación	g.l.	Variables 1	2	3	4	5	6	7
Bloque	2	1.26*	0.03**	0.02**	0.01	109.6**	15.5**	0.93**
Genotipo	7	5.85**	0.01*	0.06**	0.00	1245.5**	5402.9**	56.16**
Error	14	0.34	0.00	0.01	0.00	116.9	43.2	2.96
C.V. (%)		1.89	10.53	11.92	16.54	48.3	2.5	12.69

*, **: Denotan valores significativos al 5% y al 1%.

CUADRO 9. Separación de medias para las variables 1) Peso de la muestra, 2) Ancho del grano, 3) Largo del grano, 5) Granos sin reventar, 6) Total de granos por muestra, 7) Volumen de expansión. El Zamorano, Honduras, 1990.

Variables 1 g	2 cm	3 cm	5 N°	6 N°	7 veces
(8) 31.7A	(6) 0.5EA	(2) 0.9A	(7) 72.3A	(3) 325A	(8) 20.7A
(5) 31.5A	(5) 0.5AB	(5) 0.4AB	(4) 28.3 B	(7) 283 B	(6) 16.8 B
(1) 31.5A	(4) 0.5?A	(1) 0.8ABC	(2) 16.3 BC	(8) 277 B	(3) 15.4 B
(2) 31.4A	(1) 0.5?A	(6) 0.7 BC	(6) 15.7 BC	(6) 254 C	(1) 14.1 BC
(3) 31.2A	(2) 0.51AB	(4) 0.7 BC	(5) 15.3 BC	(4) 247 C	(4) 11.9 C
(6) 31.0A	(3) 0.48AB	(3) 0.7 CD	(8) 14.3 BC	(2) 218 D	(5) 11.1 CD
(4) 30.9A	(8) 0.47AB	(7) 0.6 D	(1) 11.3 BC	(5) 205 E	(7) 8.6 DE
(7) 27.4 B	(7) 0.42 B	(8) 0.5 D	(3) 5.3 C	(1) 204 E	(2) 7.9 E

1/ Se refiere al orden de las poblaciones, (1)=EAP-4, (2)=Ecuatoriano, (3)=Cornel, (4)=Cangrejo Colombia, (5)=EAP-2, (6)=Robust, (7)=Tasty Resty, (8)=Tegua.

2/ Letras distintas indican diferencias al nivel de probabilidad (P<0.05).

No se pudo observar el efecto del contenido de humedad en el volumen de expansión, debido a que se mantuvo casi constante en todas las poblaciones. El volumen de expansión fue afectado por características inherentes a cada población, ya que fueron las poblaciones mejoradas las que presentaron los mas altos niveles de expansión.

Al haber utilizado para estas pruebas los resultados de las polinizaciones libres, se pudo evaluar en cierta medida la capacidad de cada genotipo para transmitir a la descendencia características favorables, aunque no se descartan los efectos que pudo tener el polen (efecto xenia) sobre resultados de las pruebas de expansión.

V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

1. Las características agronómicas de los materiales estudiados fueron afectadas por las condiciones climáticas.
2. El grupo de poblaciones desarrolladas en la Escuela Agrícola Panamericana presenta bastante variabilidad genética.
3. No se detectó ningún efecto que altere la producción de granos por mazorca, por lo que es probable que las poblaciónes no posean los genes de incompatibilidad Ga^s.
4. La población "EAP-2" presentó evidencias de la existencia de algún mecanismo genético que afecta la capacidad de fertilización del óvulo de otras poblaciones.
5. El volumen de expansión obtenido con las diferentes poblaciones varió de bueno a regular, por lo que se estima que esta importante característica puede ser mejorada.

VI. RECOMENDACIONES

Basándose en la experiencia adquirida en este trabajo se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Continuar con la evaluación de genotipos para encontrar el gene Ga^1 y asegurar así la calidad del maíz reventón a producirse.
2. Mejorar algunas características agronómicas de las poblaciones de maíz reventón mediante cruzas con maíz dentado de alto rendimiento.
3. Iniciar un programa de selección recurrente para mejorar las poblaciones existentes.

BIBLIOTECA CENTRAL
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

VII. RESUMEN

Este ensayo se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP). Se realizó para determinar la presencia del gene Ga^s en poblaciones de maíz reventón del Banco de Germoplasma de la EAP y de una población adquirida en Tegucigalpa. El gene Ga^s causa la inhibición del desarrollo del tubo polínico y cosecuentemente impide la fecundación de maíz reventón por espermas de maíz dentado. Este fenómeno permite la siembra de maíz reventón en campos cercanos a maíz dentado, sin reducir la calidad del grano.

Paralelamente se evaluaron algunas características agronómicas y la calidad del grano de las poblaciones de maíz reventón.

Se utilizaron diez poblaciones de maíz reventón y uno de maiz dentado que se usó como progenitor masculino. Para efecto de comparación también se usó como donante de polen la población EAP-2 de maíz reventón. Además, se permitió que varias plantas se polinicen libremente.

No se encontró en ninguna de las variables analizadas diferencias significativas entre las poblaciones. Posiblemente la sequía extrema que se presentó durante la sexta y octava semanas después de la siembra, afectó de alguna manera la expresión de este gene o sencillamente no se encuentra presente en las poblaciones estudiadas.

En base a los tipos de cruzas realizados se encontró, que la población EAP-2 probablemente poseía un mecanismo de

incompatibilidad que afectó la producción de granos y el peso de los mismos.

En cuanto a las características agronómicas se detectaron diferencias entre todas las poblaciones para todas las características analizadas. Se pudo observar que las poblaciones Ecuatoriano, Canguil Colombia y las resultantes de las cruzas ralizadas en la EAP, presentaban una alta variabilidad en cada una de las características evaluadas. Por lo tanto puede esperarse un progreso rápido en el mejoramiento de estas poblaciones.

La calidad del grano fue evaluada bajo el criterio de volumen de expansión. Para este fin se escogieron los granos producto de las polinizaciones libres y se procedió a reventar utilizando un método casero. Los resultados indicaron que el mayor volumen de expansión lo poseía la población denominada Tegus. Con las otras poblaciones se obtuvieron granos reventados en volúmenes de 8 a 17 veces el volumen original. Esto indica la posibilidad de mejorar genéticamente esta característica.

VII. LITERATURA CITADA

AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. 1986. Science Resource. American Association for the Advancement of Science. Washington. 11 p.

ASHMAN, R.B. 1975. Modification of cross-sterility in maize. The Journal of Hederity 66: 5-9.

BIANCHI, A. and LORENZONI, C. 1975. Gametophyte factors in Zea mays. In Competition in plants and animals. Editado por D.L. Mulcahy. Amsterdam, Neetherlads, North Holland. pp 257-263.

BRUNSON, A.M. 1958. Popcorn. United States Department of Agriculture. Farmer's Bull. Nº 1679. 17 p.

------ 1937. Popcorn breeding. In Yearbook 1937. pp 395-404.

CHAPMAN, S.R. y CARTER L.P. 1976. Producción Agrícola. Principios y prácticas. Traducida del inglés por Medina Blanco, Peinado Lucena y Gomez Castro. Madrid, España, Acribia. 572 p.

CRUMBAKER, D.; JOHNSON, I. and ELDREDGE, J. 1948. Inherit ance of popping volume and associated characters in crosses between popcorn and dent corn. Agron. Journal. pp 207-212.

EMERSON, R.A. 1925. Possible case of selective fertiliz ation in maize hybrids. Abstract in Anatomical Records 29: 136.

FRANKEL, R. and GALUN, E. 1977. Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding. Berlin, República Federal Alemana, Springer-Verlag. 284 p.

HESLOP-HARRISON, J. 1975. Incompatibility and the pollen-stigma interaction. Ann. Rev. Plant. Physiol. 26: 403-425.

HOSENEY, R.C. 1986. Principles of cereal science and technology. Minnesota, American Association of Cereal Chemist. 328 p.

HOSENEY, R.C., ZELENAK, K. and ABDELRAHMAN, A. 1983. Mech anism of popcorn popping. Journal of Cereal Science 1: 43-52.

HOUSE, L.R. and NELSON, O.E. 1958. Tracer study of pollen tube growth in cross-sterile maize. J. Hered. 49: 18-21.

JOHNSON, I. and ELDREDGE, J. 1953. Perfomance of recovered popcorn inbred lines derived from outcrosses to dent corn. Agronomy Journal 45: 105-110.

JONES, D.F. 1924. Selective fertilization among the gametes from the same individuals. Proc. Plant Industry. Bull 754: 1-99.

JUGENHEIMER, R.W. 1981. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Traducido del inglés por Rodolfo Piña García. México, Limusa. 841 p.

LIN, Y. and ANANTHISWARAN, R. 1988. Studies on popping of popcorn in a microwave oven. Journal of Food Science 53(6): 1746-1749.

MANGELDORF, P.C. and JONES, D.F. 1926. The expression of mendellian factors in the gametophyte of maize. Genetics 11: 423.

MATZ, S.A. 1969. Cereal Science. Connecticut, The Avi Publishing Co. 291 p.

NELSON, O.E. 1952. Non-reciprocal cross-sterility in maize. Genetics 37: 101-124.

SCHWARTZ, D. 1950. The analysis of a case of cross-steril ity in maize. Proc. Natl. Acad. Sci. 36: 719-724.

THOMAS, B. 1986. The gametophyte factor in maize. Summary report of research. 5 p.

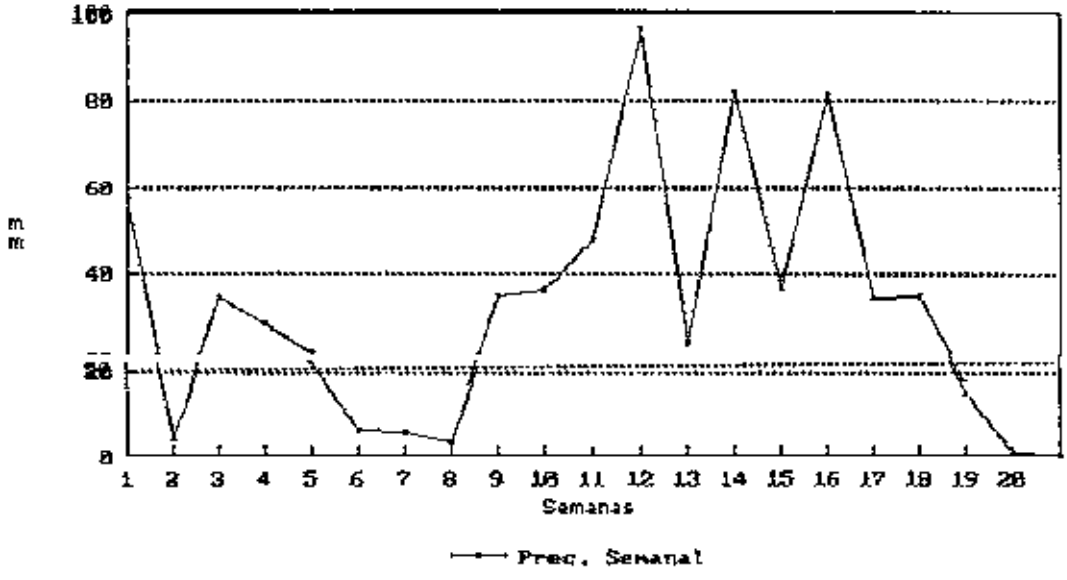
WILLIAMS. 1969. Incompatibility systems in higher plants. In Genetic principles and plant breeding. pp 211-234.

WHITE, G.M.; ROSS, I. and PONELEIT, C. 1980. Influence of drying parameters of the expansion volume of popcorn. ASAE 23: 1272-1276.

------ 1982. Stress crack development in popcorn as influence by drying and rehydration process. ASAE 25: 768-772.

ZIEGLER, K.; ASHMAN, R.B.; WHITE, G.M. and WYOSONG, D. s.f. Popcorn production and marketing. Extension Service Pardue University, Indiana. 6 p.

IX. ANEXOS



Anexo 1. Precipitacion semanal durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. El Zamorano, Honduras, 1990.

ANEXO 2.

Datos obtenidos durante el análisis de las mazorcas individuales, de cada una de las polinizaciones.

El Zamorano, Honduras, 1990.

Var	Tipo	Nombre / Descripcion
1	NUMERIC	BLOQUE
2	NUMERIC	PARCELA
3	NUMERIC	CRUZA CON: 1=DEKALB, 2=EAP2, 4=LIBRE
4	NUMERIC	HILERAS
5	NUMERIC	NUMERO DE GRANOS
6	NUMERIC	PESO DE 100 GRANOS (g)
7	NUMERIC	LARGO
8	NUMERIC	ANCHO
9	NUMERIC	PESO TOTAL(INCLUYE OLOTE)
10	NUMERIC	#GRANOS RAIZ CUADRADA+1

CASO NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	13.71	304.28	5.43	9.87	1.82	22.25	18.444
2	1	1	2	14.00	187.00	5.98	12.50	1.70	31.30	14.675
3	1	1	3	13.55	602.45	4.23	12.62	1.80	30.82	25.545
4	1	2	1	12.55	275.82	8.88	10.33	1.91	33.75	17.608
5	1	2	2	14.00	40.00	1.48	8.41	1.44	11.64	7.325
6	1	2	3	13.75	143.49	7.42	9.93	1.78	31.56	12.979
7	1	3	1	14.57	176.13	5.90	12.76	1.71	29.17	14.271
8	1	3	2	13.33	35.33	1.10	6.29	1.28	8.13	6.944
9	1	3	3	16.60	266.60	6.28	9.52	1.47	42.27	17.328
10	1	4	1	14.76	414.00	13.11	16.45	1.95	73.03	21.347
11	1	4	2	12.00	187.86	4.45	17.85	1.13	22.08	14.706
12	1	4	3	13.22	493.09	11.33	17.15	1.62	73.09	23.206
13	1	5	1	13.38	226.38	8.44	12.06	1.60	32.95	16.046
14	1	5	2	12.85	100.00	1.66	9.63	1.13	11.50	11.000
15	1	5	3	13.42	297.97	11.90	11.33	1.60	37.85	18.262
16	1	6	1	15.33	258.00	12.48	15.08	1.43	43.50	17.062
17	1	6	2	16.00	296.00	11.93	15.26	1.45	56.00	18.205
18	1	6	3	13.78	431.33	11.30	16.05	1.50	66.32	21.768
19	1	7	1	12.89	144.78	6.93	10.48	1.76	23.92	13.032
20	1	7	2	14.57	135.00	2.80	12.53	1.64	17.31	12.619
21	1	7	3	13.45	265.36	8.93	10.73	1.97	34.37	17.290
22	1	8	1	15.67	288.83	6.32	10.15	1.68	28.35	17.995
23	1	8	2	16.00	74.75	1.32	9.31	1.26	8.63	9.646
24	1	8	3	16.20	236.10	4.22	12.90	1.83	20.80	16.366
25	1	9	1	15.71	249.14	7.03	11.69	1.89	33.98	16.784
26	1	9	2	15.60	139.60	8.86	8.23	1.89	23.20	12.815
27	1	9	3	16.14	279.19	15.29	10.79	2.61	59.20	17.709
28	2	1	1	16.44	254.33	5.38	10.63	1.49	24.85	16.948
29	2	1	2	15.33	1.33	0.00	9.77	1.23	6.80	2.153

30	2	1	3	16.48	503.19	1.99	11.73	1.39	19.66	23.432
31	2	8	1	16.67	235.55	6.44	8.39	1.52	25.75	16.348
32	2	8	2	15.60	2.40	0.00	12.02	1.40	5.36	2.549
34	2	4	1	14.67	225.25	10.31	14.04	1.55	41.82	16.008
35	2	4	2	13.50	171.66	3.67	12.75	1.61	19.35	14.102
36	2	4	3	14.00	400.14	9.76	13.57	1.55	58.04	21.003
37	2	9	1	13.78	122.00	3.81	7.92	1.35	12.40	12.045
38	2	9	2	14.67	0.00	0.00	9.65	1.09	5.95	1.000
39	2	9	3	14.90	335.18	11.21	12.79	2.17	49.41	19.308
40	2	3	1	15.83	309.41	10.68	15.98	1.27	43.02	18.590
41	2	3	2	15.25	259.12	5.59	10.84	1.71	36.20	17.097
42	2	3	3	17.66	425.33	10.25	12.35	2.09	55.48	21.624
43	2	7	1	13.33	143.16	4.04	7.53	1.48	12.70	12.965
44	2	7	2	13.50	9.50	0.00	8.81	1.13	7.18	4.082
45	2	7	3	14.80	410.60	10.38	13.34	2.02	55.30	21.263
46	2	6	1	14.28	331.57	10.87	15.79	1.59	52.08	19.209
47	2	6	2	14.50	1.00	0.00	19.21	1.39	11.25	2.000
48	2	6	3	15.00	343.00	15.25	12.68	2.16	63.60	19.520
49	2	5	1	12.40	184.80	5.64	11.94	1.61	27.00	14.594
50	2	5	2	12.00	7.17	0.00	12.61	1.43	6.25	3.677
51	2	5	3	12.66	323.00	10.06	13.29	1.71	43.26	18.972
52	2	2	1	13.50	181.75	6.05	8.27	1.55	17.30	14.481
53	2	2	2	14.00	199.33	7.97	6.98	1.74	25.63	15.118
54	3	7	1	14.85	310.37	7.57	12.33	1.75	41.62	18.617
55	3	7	2	15.37	240.96	3.90	14.13	1.52	36.44	16.523
56	3	7	3	15.66	505.54	12.95	15.51	2.13	68.59	23.484
57	3	5	1	13.66	22.30	6.97	11.97	1.53	25.15	5.722
58	3	5	2	15.25	367.25	6.28	13.09	1.68	33.83	20.164
59	3	5	3	14.60	251.60	6.97	13.18	1.59	34.10	16.862
60	3	1	1	15.00	163.62	8.69	10.37	1.61	20.95	13.791
61	3	1	2	16.00	431.00	11.60	12.16	2.25	68.30	21.761
62	3	1	3	16.25	317.75	7.90	12.89	1.95	48.88	18.826
63	3	9	1	13.60	182.67	6.88	10.72	1.73	26.48	14.516
64	3	9	2	14.80	98.40	2.10	11.76	1.46	17.98	10.920
65	3	9	3	14.50	236.00	9.88	8.91	2.09	43.22	16.362
66	3	2	1	13.60	304.40	10.92	10.54	1.98	43.04	18.447
67	3	2	2	13.00	109.00	1.90	7.76	1.46	7.30	11.440
68	3	2	3	15.00	213.40	11.64	9.17	2.15	40.82	15.608
69	3	6	1	14.32	363.85	9.72	15.19	1.41	53.08	20.075
70	3	6	2	14.66	247.50	9.68	17.51	1.52	44.51	16.732
71	3	6	3	14.00	426.30	11.21	18.17	1.67	64.65	21.647
72	3	8	1	14.00	194.00	9.40	6.69	1.69	25.20	14.928
73	3	8	2	14.59	54.15	2.92	12.43	1.40	11.93	8.359
74	3	8	3	13.33	269.00	9.53	9.14	1.86	34.90	17.401
75	3	4	1	14.33	272.50	9.92	14.95	1.63	42.76	17.508
76	3	4	2	14.80	301.60	8.28	16.05	1.66	44.76	18.367
77	3	4	3	14.33	467.16	11.62	15.32	1.85	67.83	22.614
78	3	3	1	14.00	126.00	10.00	12.41	1.48	20.90	12.225
79	3	3	2	13.00	126.75	3.25	6.28	1.35	12.77	12.258
80	3	3	3	16.67	307.00	10.07	10.50	2.11	48.26	18.521
81	2	2	3	13.00	155.00	6.27	8.73	1.68	23.55	13.450

Datos obtenidos durante la evaluación agrronómica de los genotipos de maíz rreventón. El Zamorano, Honduras, 1990.

Listas de las variables

Var	Type	Name / Description
1	NUMERIC	NUMERO DE HOJAS SOBRE LA 1ª MAZORCA
2	NUMERIC	NUMERO DE MAZORCAS
3	NUMERIC	ALTURA DE LA 1ª MAZORCA
4	NUMERIC	ALTURA
5	NUMERIC	DIAS A FLORACION
6	NUMERIC	BLOQUES
7	NUMERIC	GENOTIPOS

CASE NO.	1	2	3	4	5	6	7
1	4	2	145.00	62.00	51	1	1
2	5	2	138.00	65.00	52	2	1
3	4	2	140.00	60.00	50	3	1
4	5	1	197.00	72.00	81	1	2
5	5	1	173.00	865.00	83	2	2
6	7	2	210.00	105.00	78	3	2
7	4	1	193.00	70.00	55	1	3
8	4	2	171.00	76.00	59	2	3
9	5	1	175.00	80.00	51	3	3
10	6	2	218.00	95.00	71	1	4
11	6	2	200.00	87.00	74	2	4
12	7	1	246.00	112.00	67	3	4
13	5	1	157.00	59.00	54	1	5
14	5	1	147.00	54.00	56	2	5
15	7	1	155.00	65.00	51	3	5
16	5	1	250.00	130.00	67	1	6
17	6	2	218.00	115.00	63	2	6
18	8	2	235.00	125.00	64	3	6
19	5	1	186.00	68.75	53	1	7
20	5	1	145.00	74.00	51	2	7
21	5	2	138.00	75.00	52	3	7
22	6	2	274.00	155.00	78	1	8
23	8	3	243.00	128.00	85	2	8
24	7	3	284.00	141.00	80	3	8
25	5	2	128.00	44.00	48	1	9
26	5	2	121.00	46.00	50	2	9
27	5	2	130.00	51.00	51	3	9
28	5	1	114.00	43.00	52	1	10
29	5	1	108.00	45.00	53	2	10
30	5	1	118.00	43.00	52	3	10

DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

Nombres . . . . . Joffre Nelson Sarmiento Barreiro

Lugar de Nacimiento . . Guayaquil - Ecuador

Fecha de Nacimiento . . 9 de Marzo de 1965

Nacionalidad . . . . . Ecuatoriana

Educación:

Primaria . . . . . Colegio San José La Salle, 1977

Secundaria . . . . Colegio Liceo Naval, 1983

Superior . . . . . Escuela Agrícola Panamericana, 1989

Títulos Recibidos . . . Agrónomo Zamorano