

**Desarrollo de poblaciones para el  
mejoramiento participativo de variedades  
criollas de maíz (*Zea mays* L.)**

**Felipe Carlos González Espinoza**

**ZAMORANO**  
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria  
Abril de 2002

# **Desarrollo de poblaciones para el mejoramiento participativo de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.)**

Tesis presentada como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo  
en el grado académico de licenciatura

Presentado por

**Felipe Carlos González Espinoza**

**Zamorano, Honduras**

Abril de 2002

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor

---

Felipe Carlos González Espinoza

**Zamorano, Honduras**  
**Abril de 2002**

# **Desarrollo de poblaciones para el mejoramiento participativo de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.)**

Presentado por  
Felipe Carlos González Espinoza

Aprobada

---

Juan Carlos Rosas, Ph. D.  
Asesor Principal

---

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.  
Coordinador, Carrera de Ciencia  
y Producción Agropecuaria

---

Aracely Castro, M. Sc.  
Asesor

---

Antonio Flores, Ph. D.  
Decano

---

Edward Moncada, M.A.E.  
Asesor

---

Keith L. Andrews, Ph. D.  
Director General

---

Pablo Paz, Ph. D.  
Coordinador PIA

---

Alfredo Rueda, Ph. D.  
Coordinador PIA-Fitotecnia /  
CCPA

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a mi madre Sara Espinoza, mi esposa Gabriela Alemán de González y a mi hija Ana Lucía González Alemán, por el apoyo, amor y comprensión que me brindaron en la finalización de mis estudios, hecho que llena mi vida y proporciona fuerza, esperanza, motivación y compromiso por continuar aprendiendo y aprendiendo a enseñar.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme ser su herramienta por medio de la conclusión de esta primera meta en mi vida.

A mi madre, Sara Judith Espinoza de González, por su valor, sacrificio, devoción, confianza y amor.

A mi hermana, Paulina Elizabeth González Espinoza, por su empuje y amor que me ha brindado desde el inicio.

A mi esposa, Gabriela Alemán de González, por su paciencia, comprensión, apoyo, colaboración y amor.

A mi hija, Ana Lucía González Alemán, por ser una de las razones que me motivaron a seguir siempre adelante.

A mis suegros, Gladys y David, por su cariño, interés, preocupación y entusiasmo.

A mis asesores, Dr. Juan Carlos Rosas, Ing. Aracely Castro e Ing. Edward Moncada, por su honestidad, sinceridad, tiempo y paciencia.

Al Lic Mauricio Matamoros, Carlos Barahona y personal de Informática, por su apoyo y colaboración brindado.

Al Dr. Pablo Emilio Paz e Ing. Raúl Espinal, por sus comentarios y ayuda brindada.

A mi gente del dormitorio Cabañas, por su tiempo, entusiasmo y preocupación.

A los Ing. María Bravo, Erick Naranjo y Carlos Chango, por su ayuda y colaboración.

A los Agr. Elisa Erazo, Peter Larrea, Carlos De León, Andrés Felipe García, Juan Carlos Espinoza y Mauricio Ballesteros por su cariño, empuje y colaboración.

A los trabajadores del Programa PIF de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuario de Zamorano, por su espíritu colaborador.

A mi Alma Mater, Zamorano, por el cariño que recibí.

A todos los que, contribuyeron con un pequeño grano para la conclusión de esta sueño.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A la Agencia Noruega de Cooperación para el Desarrollo (NORAD), por la financiación del presente trabajo.

Al Departamento de Informática de Zamorano, por la financiación parcial de mis estudios.

A la Oficina de Servicios Estudiantiles (OSE) de Zamorano, por la financiación parcial de mis estudios.

A la Decanatura, por la financiación parcial de mis estudios.

## RESUMEN

**González, Felipe. 2001. Desarrollo de poblaciones para el mejoramiento participativo de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.). Zamorano, Honduras. 40 p.**

Es evidente la relación que existe entre la producción y abastecimiento óptimos del maíz y la salud socio-económica de un pueblo cuya alimentación se basa en este cereal, como ocurre en Honduras. El fitomejoramiento participativo pretende involucrar al agricultor y a otros actores de manera horizontal y vertical de un modo más temprano en el proceso de selección. Esta investigación se realizó en Zamorano como parte de un proyecto para el desarrollo de metodologías participativas para el mejoramiento genético y conservación *in situ* de maíces criollos. El propósito fue desarrollar poblaciones segregantes de una variedad criolla de maíz de la zona montañosa de Yoro, para la aplicación de métodos de selección a través de procesos de mejoramiento participativo. La variedad criolla utilizada fue Capulín, la más cultivada en la región de Yoro, la que fue cruzada con dos variedades mejoradas como fuentes de genes deseables complementarios. La primera fase incluyó el primer ciclo de recombinación entre y dentro de las poblaciones derivadas de las cruzas de Capulín × Guayape (población CG) y Capulín × HB-104 (población CHB), determinándose la diversidad genética obtenida como producto de las cruzas. En la segunda fase se evaluaron las poblaciones compuestas resultantes de la polinización abierta de las poblaciones CG y CHB, en comparación a sus parentales. En las poblaciones resultantes de la polinización cruzada inter e intrapoblacional de la primera fase, se encontró una alta proporción de plantas heterocigotas con fenotipos deseables. En la segunda fase, las poblaciones CG y CHB, comparadas con sus progenitores expresaron mayores valores para las variables de plantas en ambas poblaciones, respecto a Capulín. Estas poblaciones fueron enviadas a Yoro, para su evaluación y selección mediante la aplicación de métodos de mejoramiento participativo para esa región.

**Palabras Claves:** Cruzas, métodos de selección, polinización cruzada, recombinación, variables.

---

Abelino Pitty, Ph. D.

## **NOTA DE PRENSA**

### **Un mejor maíz para Yoro**

En Zamorano se desarrollaron poblaciones derivadas de cruces entre variedades criollas de maíz, para la aplicación de métodos de selección con el fin de disminuir la pobreza en comunidades del departamento de Yoro, altamente dependiente de actividades agrícolas, en especial de producción de maíz.

Las variedades utilizadas fueron Guayape, HB-104 y Capulín (la más usada de la región de Yorito). El trabajo, se divide en una serie de etapas iniciadas mediante cruzamientos, con el fin de introducir nuevas características al maíz criollo de la zona, y la evaluación de la variabilidad genética de las poblaciones resultantes en comparación a sus padres.

En las poblaciones resultantes se encontró una alta proporción de plantas con fenotipos deseables, las cuales se enviaron para su evaluación en Yoro, donde se han empezado a aplicar métodos de selección usando enfoques participativos.

Esta población de maíz mantiene las características del Capulín y expresa algunas nuevas características deseables de otras variedades, que pueden a través de un proceso eficiente de selección, llegar a generar variedades mejoradas para la región de Yorito.

---

Lic. Sobeyda Álvarez

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Autoría.....	ii
Página de Firmas .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos .....	v
Agradecimiento a Patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Nota de Prensa.....	viii
Contenido .....	Ix
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Cuadro .....	xii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN HONDURAS.....	4
2.2 VARIEDADES CRIOLLAS .....	5
2.3 VARIEDADES MEJORADAS .....	5
2.4 HEREDABILIDAD.....	5
2.5 MEJORAMIENTO TRADICIONAL .....	7
2.6 MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO .....	7
2.7 CRITERIOS DE SELECCIÓN EN EL MEJORAMIENTO DEL MAÍZ .....	8
2.8 MÉTODOS DE SELECCIÓN.....	9
2.8.1 Selección masal .....	9
2.8.2 Selección de medio -hermanos.....	10
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
3.1 UBICACIÓN.....	12
3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL .....	12
3.3 MÉTODOS.....	13
3.3.1 FASE I (2001 X) .....	13
3.3.1.1 Recombinación inter e intrapoblacional.....	13
3.3.1.2 Evaluación de familias F1 .....	13
3.3.2 FASE II (2001 A) .....	14
3.3.2.1 Comportamiento de los compuestos y sus progenitores .....	14
3.3.2.2 Selección de medio -hermanos en parcelas estratificadas de los compuestos masales del ciclo 0 (CM0).....	16

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>18</b>
4.1	FASE I.....	18
4.1.1	Recombinación inter e intrapoblacional.....	18
4.1.2	Evaluación de familias F1.....	18
4.2	FASE II: Comportamiento de las poblaciones compuestas y sus progenitores .....	21
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>24</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Esquema de siembra para la recombinación inter e intrapoblacional de la poblaciones Capulín x Guayape (CG) y Capulín por HB-104 (CHB). Zamorano, Honduras, 2001. ....	14
2.	Esquema de siembra de las parcelas de las poblaciones compuestas CG y CHB y los parentales Capulín, Guayape y HB-104. Zamorano, Honduras. 2001. ....	15
3.	Estratificación de las poblaciones CG-CMO y CHB-CMO para la aplicación de selección de medio-hermanos. Zamorano, Honduras, 2001. ....	16

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Variaciones a la madurez fisiológica de caracteres agronómicos de las familias F1 de las poblaciones Capulín × Guayape y Capulín × HB-104. Zamorano, Honduras, 2001. ....	19
2. Variaciones en los días a floración, días a madurez fisiológica y acame de las familias F1 de las poblaciones Capulín × Guayape y Capulín × HB-104. Zamorano, Honduras, 2001. ....	20
3. Variaciones a la cosecha de características de la mazorca y grano de las poblaciones Capulín × Guayape y Capulín × HB-104. Zamorano, Honduras, 2001. ....	21
4. Diferencias en altura de planta y a la primera mazorca, diámetro del tallo, cobertura de la mazorca, días a floración y acame de las poblaciones de maíz Capulín × Guayape (CG) y Capulín × HB-104 (CHB), y sus progenitores. Zamorano, 2001. ....	22
5. Diferencias en altura de planta y a la primera mazorca, diámetro del tallo, cobertura de la mazorca, días a floración y acame de plantas de las poblaciones de maíz CG y CHB. Zamorano, 2001. ....	23
6. Diferencias en peso, diámetro y longitud de la mazorca y raquis, número de hileras por mazorca y de granos por 100 gramos y rendimiento de las poblaciones de maíz Capulín × Guayape (CG) y Capulín × HB-104 (CHB), y sus progenitores. Zamorano, 2001. ....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) es de especial importancia en Latinoamérica, dado que constituye la base alimenticia de una alta proporción de su población. Según la FAO (2000), este cereal ocupó desde 1990 hasta 1999 el tercer lugar en la producción mundial de cultivos, con un promedio anual de 605,000 millones de toneladas.

El maíz es uno de los principales componentes de la dieta de la población centroamericana, en particular de los hondureños, donde el consumo anual *per cápita* de este grano es de 42 kg. Pese a su importancia y a su capacidad para adaptarse a diversas condiciones ecológicas y edáficas, su productividad es limitada por las condiciones marginales que caracterizan su cultivo en sistemas de bajos insumos, así como por el uso de variedades criollas adaptadas a condiciones locales, pero con bajo potencial de rendimiento.

Según Caballero (1983), el uso de variedades mejoradas de cultivos como el maíz, constituye un aporte muy importante para el incremento potencial de la productividad de medianos y grandes productores. Sin embargo, existen limitaciones para transferir esta tecnología a productores de pequeña escala, debido a la falta de adaptación de las variedades mejoradas a sus sistemas de producción caracterizados por suelos de baja productividad, patrones erráticos de precipitación y bajo uso de insumos y maquinaria. Adicionalmente, las variedades criollas utilizadas por estos pequeños productores han sido seleccionadas por su adaptación a condiciones agroecológicas y a preferencias de consumo y comercialización locales, por lo que poseen ventajas que limitan la adopción de las mejoradas.

Como en el caso del germoplasma mejorado, experiencias de los últimos 30 años han demostrado que en muchas situaciones las tecnologías agrícolas modernas no están adaptadas a las condiciones de países en desarrollo. Adicionalmente, han resaltado el valor del conocimiento local y el potencial que este ofrece para el desarrollo en diversas áreas de regiones específicas (Almekinders y Cárdenas, 1998).

En Honduras, trabajos de mejoramiento genético e introducción de variedades de maíz no han obtenido resultados satisfactorios, debido a que los materiales ofrecidos no han reunido las características esperadas por los pequeños productores. Durante el período 1993-98, se condujeron en este país las primeras actividades de investigación participativa aplicada al mejoramiento de variedades criollas de maíz. Los resultados sugirieron que estas metodologías constituyen una excelente alternativa para el mejoramiento de variedades criollas del cultivo (Rosas *et al.*, 1998), y en consecuencia una herramienta potencial para el incremento de su productividad.

Este estudio es parte de las actividades que se conducen en Honduras con el fin de desarrollar metodologías para el mejoramiento genético participativo del maíz, bajo un proyecto financiado por el Fondo Noruego para el Desarrollo. El objetivo general de este proyecto es contribuir al desarrollo de la capacidad de pequeños agricultores para conservar y mejorar maíces criollos *in situ*, mediante la aplicación de metodologías participativas para la generación de variedades más adecuadas a sus sistemas de producción y entorno socioeconómico, usando como base sus materiales criollos (Rosas *et al.*, 1998). Este proyecto nació por la necesidad de enfrentar la pobreza debida en parte a suelos deteriorados y a patrones irregulares de precipitación, en comunidades altamente dependientes de la actividad agrícola de los departamentos de Santa Bárbara, Comayagua y Yoro. De acuerdo con un diagnóstico participativo en general, en estas comunidades las principales características deseables por los productores de maíz son variedades con buen rendimiento, resistentes a enfermedades (principalmente a la pudrición de la mazorca, *Diploidia* spp., y al tizón foliar, *Sternocarpella maydis*), de porte bajo y con un ciclo de cultivo más corto con relación a sus variedades criollas.

En la región de Yorito (Yoro), la variedad criolla más cultivada es “Capulín”, un material de ciclo de cultivo largo (6-7 meses) y de tallo susceptible al acame por su gran altura (3-4 metros) y su siembra en laderas expuestas. En general, los daños que sufre por pudrición de la mazorca son relativamente bajos debido a su buena cobertura; sin embargo, Capulín presenta alta susceptibilidad al tizón foliar. Adicionalmente, como resultado de la selección por los agricultores, Capulín posee excelente calidad para el consumo y mercado local

Este estudio consiste en el desarrollo de poblaciones con alta variabilidad para características agronómicas, incluyendo productividad y resistencia a enfermedades, mediante la recombinación genética entre la variedad criolla Capulín y variedades mejoradas donantes de genes, de modo que puedan ser utilizadas en procesos de selección participativa por grupos de agricultores bajo ambientes específicos de producción.

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar poblaciones segregantes mediante la cruce de variedades criollas y mejoradas de maíz para la aplicación de métodos de selección a través de procesos de mejoramiento participativo.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar poblaciones segregantes mediante recombinaciones genéticas entre y dentro de poblaciones derivadas de la cruce de la variedad criolla Capulín con las mejoradas Guayape y HB-104.
- Determinar la diversidad genética de poblaciones derivadas de la cruce de la variedad criolla Capulín con las mejoradas Guayape y HB-104.

- Evaluar el comportamiento de las poblaciones derivadas de la cruce de la variedad criolla Capulín con las mejoradas Guayape y HB-104 y de sus progenitores.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

Aunque aún se debate el origen exacto del maíz, la mayoría de los investigadores señalan que se derivó de una hierba nativa del valle central de México, hace aproximadamente 7,000 años. En ese tiempo los indígenas recolectaban con fines alimenticios pequeñas mazorcas de maíz con sólo cuatro hileras de granos; aproximadamente mil años después, este maíz primitivo se convirtió en un cultivo domesticado. Antes de la llegada de Colón al Nuevo Mundo, probablemente ningún otro evento haya tenido una importancia tan relevante en este continente. La cosecha de este grano hizo posible el florecimiento de las grandes culturas precolombinas (Jugenheimer, 1990).

Actualmente, el grano de maíz *per se* es uno de los productos agrícolas más importantes, y sus derivados están relacionados con la elaboración de una gran cantidad de productos como alimento para ganado, papel, refrescos, caramelos, tintas, pegamentos, plástico biodegradable, productos de panificación, productos lácteos, salsas, sopas, pinturas, helados, alcohol, aceite comestible, cosméticos y saborizantes, entre otros.

Según Jugenheimer (1990) el cultivo del maíz es de régimen anual, oscilando su ciclo vegetativo entre 80 y 200 días desde la siembra hasta la cosecha. La estructura fenotípica de la planta exhibe amplias variaciones, como su altura (0.4 a 0.6 m en variedades enanas y 2.0 a 3.0 m en las gigantes), número de nudos en el tallo (8 a 25, promedio de 16) y número de hojas (8 a 25), entre otros. En gran medida su morfología y fisiología están determinadas por el factor genético, por lo que el crecimiento y desarrollo de la planta dependen sólo parcialmente de las condiciones ambientales (Poehlman, 1987). La duración del ciclo de vida del cultivo depende de condiciones genéticas, aunque también es influenciado por el ambiente; períodos de sequía y temperaturas altas provocan una maduración temprana.

### 2.1 IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN HONDURAS

La disponibilidad de alimentos en un país se mide por el suministro de energía alimentaria o ración calórica cotidiana por habitante, expresada en kilocalorías/persona/día. Esta depende de las variaciones en la producción de alimentos y su comercio neto, indicando la capacidad de los sistemas productivos para satisfacer las necesidades alimentarias y para importar compensando el déficit en el suministro interno (Cartay y Ghersi, 1995).

Según Cartay y Ghersi (1995) los cereales han jugado una función importante en el comercio agrícola y la alimentación en América Latina. En 1992, los países de esta región generaron el 6% de la producción total de cereales y contribuyeron con el 6% del volumen de las exportaciones mundiales. No obstante, su participación en las importaciones fue

más significativa, pues representaron el 11% y 10% del volumen y valor importados, respectivamente.

## 2.2 VARIEDADES CRIOLLAS

Algunos expertos dicen que unas cuantas bolsas de semillas en un banco genético son suficientes para preservar los genes que pueda contener cualquier variedad. Sin embargo, Aragón Cuevas *et al.* (1998) afirman que las semillas tomadas de una planta en evolución son un importante complemento para sus congéneres congelados, pues las interacciones a que se someten plantas vivas en estado de evolución se pierden en el congelador. Los agricultores contribuyen a mantener estos procesos de transformación, cultivando una gran diversidad de materiales que están expuestos a influencias evolutivas año tras año.

Según Thimpson (2001) los pequeños agricultores a menudo siembran más de una variedad criolla con el fin de aprovechar diferentes características como mayor rendimiento, resistencia a plagas o tallo más fuerte, de modo que diferentes variedades satisfacen distintas necesidades. Generalmente y de forma ancestral, también emplean semilla almacenada de la última cosecha para dar continuidad a sus siembras. Aparentemente, los indígenas latinoamericanos tuvieron especial cuidado en la selección de las mazorcas que utilizarían como fuente de semilla en la siguiente temporada, la que dio origen a muchas variedades nuevas de buena adaptación y amplia aceptación local.

En 1905, los botánicos comenzaron a utilizar nuevos métodos para producir diferentes clases de maíz en los Estados Unidos. A nivel experimental, ellos observaron que cuando una planta de maíz era fecundada por su propio polen, sus frutos eran capaces de producir una gran variedad de plantas distintas, algunas presentando caracteres muy pobres y otras aceptables. Con la repetición de este proceso y guardando sólo los mejores frutos de cada variedad, se logró obtener líneas puras con excelentes características como la resistencia a plagas pero con menor capacidad de producción que las plantas abuelas originarias, debido al fenómeno de depresión endogámica. Una oferta tecnológica generada mediante el manejo de la polinización del maíz, es la producción de híbridos a través de la polinización controlada de líneas puras. Bajo condiciones óptimas, la semilla híbrida genera una buena producción el primer año; sin embargo, su condición genética provoca que al segundo año esta disminuya y que al tercero sea necesario adquirir nueva semilla para la siembra. Esto no sucede con las variedades criollas, cuya polinización libre mantiene el equilibrio de su composición genética evitando la endogamia (Alas, 2000).

Pese a los avances que se han alcanzado en el mejoramiento genético de los cultivos, se ha demostrado que este no ha contribuido de manera significativa al desarrollo de los pequeños agricultores. Sólo algunas comunidades usan semillas mejoradas porque estas se consideran productos para un nivel de medianos y grandes productores. La necesidad general es de variedades rústicas o menos exigentes, que puedan sobrevivir a la falta de cuidado debido a los bajos recursos o cuando el agricultor esté ocupado en trabajos asalariados y no pueda atender el cultivo regularmente.

### **2.3 VARIEDADES MEJORADAS**

Las variedades mejoradas pueden ser muy productivas para ciertos propósitos, aunque en muchos casos no son adecuadas para regiones de bajo uso de insumos presentando incluso más desventajas que las semillas tradicionales locales. Entre sus limitaciones resaltan su dependencia de agroquímicos e insumos que pueden afectar el ambiente y la salud; y su falta de adaptación e inferior calidad nutricional en comparación con variedades locales. Adicionalmente, pueden causar la pérdida y desplazamiento de las variedades y técnicas agrícolas tradicionales adaptadas y afectar la seguridad alimentaria.

Generalmente, los científicos únicamente reconocen como plantas mejoradas a las variedades e híbridos obtenidos en laboratorios de centros de investigación y de empresas privadas de semillas, sin aceptar a las desarrolladas por indígenas y campesinos a través de cientos de años de selección, uso y manejo.

### **2.4 HEREDABILIDAD**

Si se seleccionan al azar dos plantas de una población heterogénea y se mide su rendimiento, la diferencia en producción se deberá en gran medida a efectos de herencia y parcialmente del medio ambiente (Poehlman, 1987). El grado de eficiencia en la selección de plantas por factores como rendimiento dependerá en buena proporción, de la variabilidad de este parámetro como resultado de factores genéticos y, por lo tanto, de su capacidad por ser transmitida a la progenie de las plantas seleccionadas.

Según Rosas y Young (1992) el estudio de caracteres cuantitativos del maíz como días a floración y crecimiento en altura y diámetro de la planta, junto con algunos componentes de rendimiento como longitud, diámetro y peso de la mazorca con y sin raquis, número de hileras y de granos por hilera y peso de 100 granos, debería hacerse de forma que puedan separarse las influencias genéticas de las ambientales.

El concepto de heredabilidad ( $h^2$ ) fue ideado para representar aquella parte de la varianza fenotípica total causada por factores genéticos (Gustafsson y Mergen, 1991). Originalmente el término se refería sólo a la correlación entre progenitores y descendencias. La definición de heredabilidad en sentido estricto incluye solamente los efectos promedios de los genes, transmitidos de los progenitores a la descendencia a través de la meiosis (segregación cromosómica) y subsiguiente fecundación (recombinación cromosómica). En otras palabras, se puede definir a la heredabilidad como la proporción de la variación total observada en una progenie que está determinada por factores genéticos y que puede ser transmitida. Si en una progenie la variación debida al medio ambiente es alta con relación a las variaciones hereditarias, la heredabilidad será baja (Poehlman, 1987).

## 2.5 MEJORAMIENTO TRADICIONAL

El mejoramiento de cultivos no es nuevo. Durante siglos los pequeños agricultores, trabajadores de viveros y otros, han cruzado plantas diversas en un esfuerzo para producir más y mejores alimentos.

El mejoramiento convencional hace uso de técnicas de cruzamiento sexual para aprovechar la variabilidad genética existente en los cultivos y en las especies compatibles con ellos. Después de cada ciclo de cruzamiento se seleccionan individuos con las características deseables, repitiendo el proceso hasta lograr la introducción de los genes de interés sin afectar la calidad de las variedades originales. Esto generalmente implica un considerable proceso de cruzamiento entre el nuevo material genético y las variedades anteriores (Jugenheimer, 1990).

Dependiendo de la especie y del carácter a mejorar, las técnicas de mejoramiento tradicional o convencional típicamente involucran la mezcla de miles de genes a lo largo de varios años; y muchas generaciones de evaluación y selección de plantas hasta alcanzar una característica deseada. Avances en el fitomejoramiento tradicional han permitido superar algunas barreras que limitan el cruzamiento natural de plantas de especies e incluso géneros distintos.

## 2.6 MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO

El modelo convencional de investigación y desarrollo supone un flujo lineal de tecnología e información desde los centros de excelencia científica a través de extensionistas, a los agricultores y otros usuarios, como recipientes pasivos. Con frecuencia este enfoque ha resultado en investigaciones de alta calidad pero irrelevantes para los agricultores, y/o en tecnologías inapropiadas que han sido poco utilizadas (Graham, 2000). Tradicionalmente el fitomejoramiento convencional ha formado parte de este modelo, pues el pequeño agricultor sólo ha participado en las últimas fases del proceso como evaluador para determinar si las variedades generadas se adaptan a sus requerimientos. El fitomejoramiento participativo pretende involucrar al agricultor y a otros actores de manera horizontal y vertical, más temprano en el proceso de selección.

Según Witcombe y Joshi (1996), los primeros fitomejoradores fueron pequeños agricultores que mantuvieron la diversidad genética durante los procesos continuos de selección natural y humana, que han contribuido a la domesticación y evolución del maíz como se conoce en la actualidad. Este cumple requisitos particulares de los agricultores, mostrando grandes diferencias como la preferencia del grano (dentado o no y tamaño, entre otros).

El propósito principal del mejoramiento participativo es lograr junto con los productores, un concepto de producción segura en lugar de maximizada, mediante metodologías generadas por el mejoramiento tradicional y adaptadas para su aplicación *in situ* por ellos mismos, para la mayor aceptación posible de las variedades desarrolladas.

Los proyectos de mejoramiento participativo difieren en el grado y momento de participación de los agricultores; en el tipo de material genético utilizado (variedades nativas o cruces de estas con mejorados); en los métodos de mejoramiento aplicados; y en si proporcionan o no subsidios a los agricultores participantes. Según Ortega (1993), entre los logros y aspectos relevantes de los proyectos de mejoramiento participativo se destacan que han despertado considerable interés tanto en campesinos innovadores como en agrónomos y biólogos; y que han servido para el entrenamiento de una alta cantidad de profesionales a nivel de licenciatura, maestría y doctorado. Adicionalmente han servido como fuente de información, demostrando que entre los agricultores más adecuados para iniciar estos proyectos están los que previamente han tenido contacto con fitomejoradores.

Los agricultores desempeñan un papel importante en el proceso de selección. Durante la cosecha y en el transcurso del año eligen las mazorcas cuyas semillas se sembrarán en la próxima estación. Tratar de comprender ese papel, documentar el efecto que tiene sobre la diversidad genética y encontrar medios para ayudarlos a mejorar lo que ya hacen, es fundamental en el mejoramiento participativo. Según Aragón *et al.* (1998), un ejemplo clásico de mejoramiento participativo es el de una variedad de maíz cuyos granos presentan un moteado púrpura, incluida entre 17 materiales criollos regionales donde seis eran mejorados. A pesar del bajo rendimiento de esa variedad, proporcionada sólo por un pequeño agricultor, el 54% de las mujeres entrevistadas en el estudio se mostraban partidarias de ella. La interrogante de esta preferencia se resolvió al saberse que en las mazorcas de esa variedad era más fácil separar los granos; y que a las mujeres les gustaba el halo púrpura que adquirirían los tamales una vez molidos los granos.

## **2.7 CRITERIOS DE SELECCIÓN EN EL MEJORAMIENTO DEL MAÍZ**

Los criterios de selección son características que se buscan en una planta con respecto a cierto propósito para desarrollar un tipo ideal. En el caso de maíz, uno de estos criterios es el rendimiento asociado principalmente con el tamaño, número y peso de granos por mazorca. Sin embargo, para los pequeños agricultores existen criterios adicionales al rendimiento incluyendo la adaptación a condiciones locales de producción y a características organolépticas que satisfagan sus necesidades de consumo y requisitos de mercadeo.

La mayoría de los agricultores de pequeña escala cultivan maíz para consumo familiar (subsistencia), de modo que tienen una mentalidad de consumo antes que comercial. Ese tipo de agricultor invierte poco dinero y algunas veces poco tiempo en el cultivo. Entre las características que buscan en las plantas de maíz se encuentran la tolerancia a la sequía, ya que dependen del agua de lluvia; resistencia a insectos cuando están almacenadas; y buen peso y sabor del grano (Jugenheimer, 1990).

## **2.8 MÉTODOS DE SELECCIÓN**

Desde mediados del siglo XX, se han desarrollado diversos procedimientos para el mejoramiento genético de cultivos de polinización abierta como el maíz. Sus métodos

difieren en complejidad, por lo que se aplican solos o combinados dependiendo del tipo de carácter a mejorar y del tiempo con que se disponga para alcanzar el objetivo de mejoramiento. En el proyecto de mejoramiento participativo en Honduras, se ha considerado el empleo de los métodos de selección masal y de medio-hermanos por los agricultores. Ambos resultan de fácil aplicación para el mejoramiento participativo, comparados con otros que involucran más inversión, dedicación y conocimientos avanzados. De hecho, la selección masal se considera uno de los métodos más antiguos para el mejoramiento tradicional (Poehlman, 1987).

Mientras la variabilidad fenotípica para caracteres heredados cualitativamente puede ser reducida en gran medida por una selección rígida hacia la uniformidad, la variabilidad fenotípica de caracteres cuantitativos todavía estará presente, debido en parte a la dificultad para seleccionar efectivamente por efectos de genes individuales y la influencia de las interacciones genotipo-ambiente. El mejoramiento de maíz con énfasis hacia caracteres de herencia cuantitativa, se enfoca en poblaciones y progenies en lugar de plantas individuales.

En general, los procedimientos de mejora genética generalmente se basan en incrementar en la población la frecuencia de genes para los objetivos buscados, por lo que es imperativo que los que inciden en los caracteres deseados estén presentes en la población fuente. Según Rosas y Young (1992), cada generación de polinización cruzada implica un reordenamiento y reagrupamiento de genes, como consecuencia de la polinización cruzada. De acuerdo con la Ley de Hardy-Weinberg de equilibrio genético con respecto a cualquier gen, existen factores como la migración, selección, control de apareamiento, deriva genética y mutaciones, que afectan la composición genética de la población, por lo que esta nunca será exactamente igual en generaciones posteriores.

### **2.8.1 Selección masal**

Se conoce como Selección Masal al método en el que se seleccionan plantas individuales que se propagan en la siguiente generación, a partir del compuesto de sus semillas (López, 1995). En una población, el método de selección masal consiste en elegir aquellas plantas que se asimilen al objetivo final para recolectar su semilla y sembrarla en una nueva parcela, en un proceso repetitivo y sistemático de filtrado de poblaciones constituidas por plantas muy heterogéneas a poblaciones más homogéneas, luego de eliminar las plantas indeseables en cada generación.

La Selección Masal se ha utilizado tanto como método para conservar materiales ya existentes, como para la obtención de nuevas variedades (Poehlman, 1987). Según Poehlman (1987) cada pequeño agricultor que selecciona semilla para la siembra del siguiente año se convierte en un fitomejorador, por lo que el método de selección masal se puede considerar uno de los más antiguos para el mejoramiento de especies alógamas. Los resultados de estas selecciones pueden ser poblaciones de distintas alturas, tamaños de mazorca, tipo, forma y color del grano, entre otras características modificadas con relativa facilidad.

Según Rosas y Young (1992), con la Selección Masal se mejora el promedio de la población al incrementar la proporción de genotipos favorables en ella cuando los caracteres son alta heredabilidad. Esta selección en especies como el maíz, se basa en el fenotipo y principalmente se realiza a nivel de poblaciones y no de plantas individuales.

Este método es sencillo de aplicar, pero no permite diferenciar las plantas fenotípicamente superiores debido al efecto del medio ambiente, de las plantas superiores debido al efecto de la herencia. Además, resulta efectiva en el mejoramiento de caracteres con alta heredabilidad que pueden ser fácilmente identificados, pudiéndose desarrollar nuevas variedades rápidamente. Como la nueva variedad no difiere mucho de la original en su rango de adaptación, se requiere menos tiempo para validarla que otros materiales mejorados.

Debilidades del método son la falta de control sobre la fuente de polen, y que para caracteres de baja heredabilidad es relativamente inefectiva, ya que las plantas genéticamente superiores no pueden ser separadas de aquellas cuya superioridad se debe a la influencia del ambiente. Para reducir los errores de selección causados por efectos ambientales, el campo sembrado con la población fuente es dividido en cuadrículas en las que se seleccionan son las superiores de cada una, con el fin de ofrecer oportunidades de selección similares en todas las áreas del lote, independientemente de los gradientes de fertilidad o humedad del suelo.

### **2.8.2 Selección de medio-hermanos**

El método de mejoramiento por Selección de Medio-Hermanos es también conocido como “surco por mazorca”, porque la semilla recolectada de las mazorcas seleccionadas es sembrada en surcos separados.

Según Rosas y Young (1992) este procedimiento como la Selección Masal, es efectivo para cambiar la frecuencia de genes de caracteres altamente heredables que pueden ser seleccionados visualmente.

Una de las desventajas de este procedimiento es que la siembra de las progenies no involucra repeticiones, y sin estas la varianza debida a efectos genéticos no puede separarse de la debida a efectos ambientales, restándole confiabilidad a las selecciones realizadas hasta la verificación de su comportamiento en la siguiente generación.

Otros métodos de mejoramiento como Selección de Medio-Hermanos con pruebas de cruza, Hermanos-completos, Recurrente y Recurrente recíproca, aunque son más efectivas para algunas características, tienen la desventaja de ser más complicados que los dos primeros mencionados, limitando su uso para programas de mejoramiento convencionales y no con metodologías participativas.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 UBICACIÓN**

El presente estudio se realizó en dos fases. La primera se condujo en el Lote 29 de la Zona III y la segunda en el Lote 12 de la Zona II, ambos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Valle del Río Yeguare, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

#### **3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

El material experimental utilizado provino de dos poblaciones derivadas de la cruce de la variedad criolla “Capulín” con las variedades mejoradas “Guayape” (población CG) y “HB-104” (población CHB).

Capulín es una variedad criolla de la raza Tuxpeño ampliamente cultivada en la faja maicera-frijolera de las regiones de Yorito, Sulaco y Victoria, en el departamento de Yoro, ubicado en la región norte de Honduras. Florece a los 65 días aproximadamente, produciendo una mazorca por planta. Su mazorca tiene granos blancos, olote delgado y liviano, buen tamaño, hileras rectas y buenas características de mercado. Además, la planta tolera períodos de sequía, es de porte alto (3.0 – 4.0 m), de ciclo de cultivo largo (6-7 meses) y de tallo susceptible al acame por su gran altura. En general, los daños que sufre por pudrición de la mazorca son relativamente bajos debido a su buena cobertura.

Guayape es una variedad de porte bajo (2.2-2.3 m) muy conocida en Honduras. Florece aproximadamente a los 57 días, alcanza la madurez fisiológica entre los 95 y 100 días, y se puede cosechar a partir de los 115 días, produciendo una mazorca por planta. Según López (1999), esta variedad es tan competitiva como los híbridos, produce rendimientos similares y tiene características fenotípicas favorables como mazorca de buen tamaño y granos blancos.

HB-104 es una variedad mejorada de porte bajo (2.0-2.2 m). Florece entre los 54 y 60 días, llega a madurez fisiológica entre los 95 y 100 días, y se cosecha aproximadamente a los 115 días, produciendo una mazorca por planta.

Ambas variedades mejoradas son de polinización libre y fueron desarrolladas por la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) de Honduras. Guayape es parcialmente derivada de la Población 43 del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 FASE I (2001 X)

El 6 de diciembre del 2000 (ciclo de verano de 2001), se sembraron las familias F1 derivadas de las cruzas Capulín × Guayape (población CG) y Capulín × HB-104 (población CHB), con el fin de permitir las recombinaciones inter e intrapoblacionales para facilitar la distribución de alelos introducidos a través de las hibridaciones, como una actividad necesaria previa al inicio del proceso de selección. Adicionalmente, se evaluó la diversidad genética de estas familias F1.

##### 3.3.1.1 Recombinación inter e intrapoblacional

Se preparó el terreno (arado y rastreado) y se sembró la semilla F1 proveniente de las cruzas de plantas individuales de la variedad criolla con las mejoradas. Se sembraron 12 familias F1 de la población CG y 15 de la CHB. Cada familia se estableció en surcos individuales de 5 m de largo y 1 m de ancho, con posturas separadas a 0.25 m (Figura 1). Se procuró el manejo óptimo del cultivo (abastecimiento de agua, fertilizaciones fraccionadas y control de plagas) durante el ciclo de crecimiento.

La cosecha de estas parcelas de recombinación se realizó cuando las mazorcas alcanzaron la madurez fisiológica, cosechándose 10 plantas por hilera. En algunas parcelas hubo un alto porcentaje de acame después de floración, provocado por la exposición de las plantas a fuertes vientos.

##### 3.3.1.2 Evaluación de familias F1

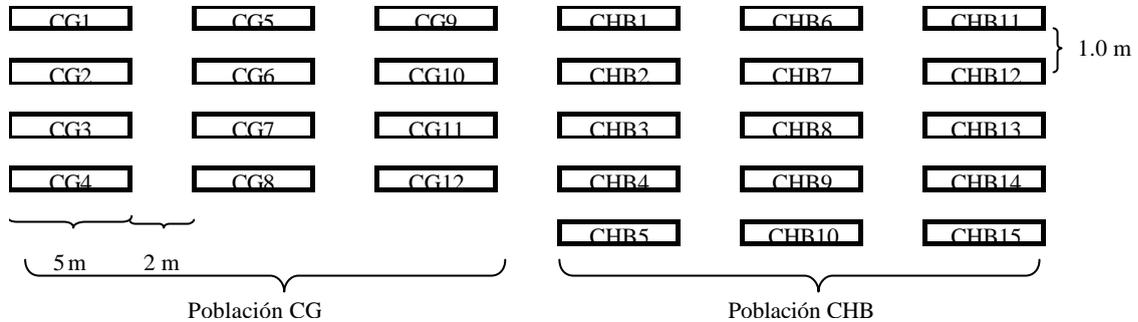
En esta fase se evaluó la diversidad genética de las poblaciones, estimada por la variabilidad entre y dentro de las familias F1 generadas mediante las cruzas de los progenitores. Se tomaron 10 plantas al azar de cada familia F1 (120 de la población CG y 150 de la CHB), para evaluar el vigor, días de floración y a madurez fisiológica, y altura a la primera mazorca y de la planta. Después de la cosecha se midió las características de las mazorcas incluyendo su longitud, diámetro y peso, número de hileras y de granos por hilera, diámetro y peso del raquis, y peso del grano la mazorca y de 100 granos.

##### Variables evaluadas en las familias F1

- *Días a floración* (número), transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas de cada población llegó a tener inflorescencia (flor abierta).
- *Días a la madurez fisiológica* (número), transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas de cada población llegó a madurez fisiológica.

Con la evaluación visual de ambas variables, se determinó si se redujo o no el ciclo productivo de las plantas recombinantes.

**Figura 1.** Esquema de siembra para la recombinación inter e intrapoblacional de la poblaciones Capulín x Guayape (CG) y Capulín por HB-104 (CHB). Zamorano, Honduras, 2001.



- *Altura de la planta* (m), medida desde la base hasta el comienzo de la ramificación de la panícula.
- *Altura de la mazorca* (m), tomada desde la base de la planta hasta el nudo que soporta la primera mazorca.
- *Acame* (%), contando las plantas caídas de la raíz o del tallo.
- *Mazorcas cosechadas* (número), en cada parcela.
- *Peso de 100 granos* (g), de cada mazorca de cada una de las 10 plantas cosechadas de cada familia.

Los datos fueron analizados usando la herramienta estadística de Microsoft® Excel 2000, para generar los análisis de homogeneidad de varianzas (*prueba de F*) y diferencias de medias (*prueba de t*) necesarios para determinar las ganancias obtenidas con la cruce de Capulín con los progenitores mejorados.

### 3.3.2 FASE II (2001 A)

#### 3.3.2.1 Comportamiento de los compuestos y sus progenitores

En un ensayo establecido en la época de primera (mayo-agosto) de 2001, se evaluó el comportamiento agronómico y valor comercial de los compuestos de las poblaciones CG y CHB comparados con sus progenitores (Capulín, Guayape y HB-104). Estos fueron conformados por los compuestos masales del ciclo 0 derivados de la recombinación inter e intrapoblacional (Fase I), constituidos mediante la mezcla de semillas de las 10 plantas cosechadas de cada familia F1. Ambas poblaciones estuvieron conformadas por 2000 semillas.

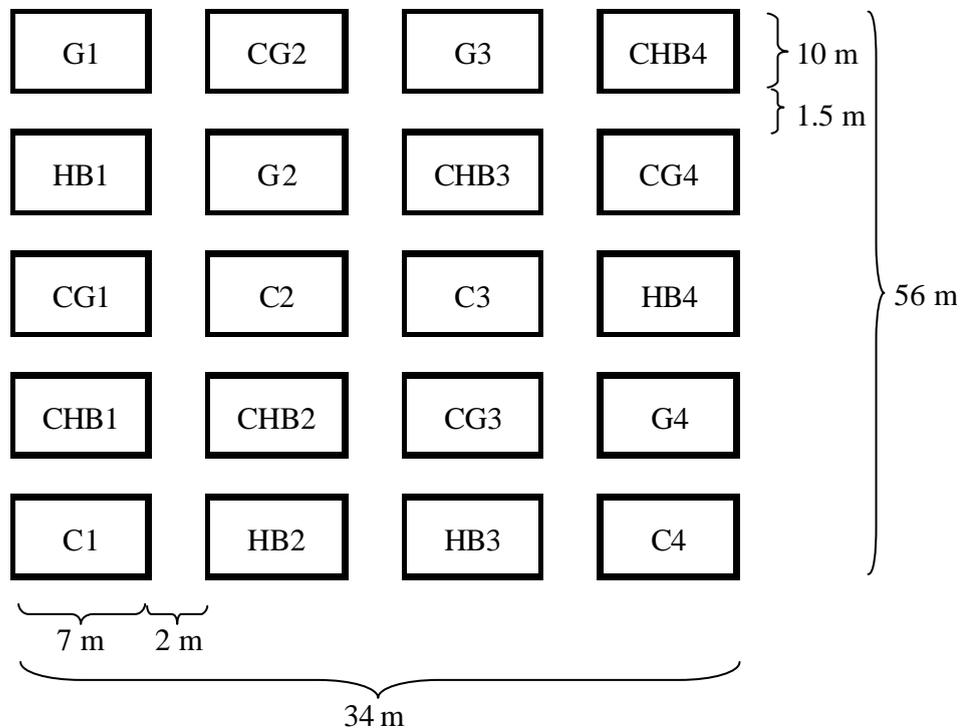
Los tratamientos fueron organizados en un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones (Figura 2). Las unidades experimentales estuvieron constituidas por parcelas de 10 m de largo (30 plantas por hilera a 0.3 m entre posturas) y 7 m de ancho (1.0 m entre surcos). Se procuró el manejo óptimo del cultivo (abastecimiento de agua fertilización y control de plagas) durante todo el ciclo de crecimiento.

Utilizando los criterios de selección de altura a la primera mazorca y de la planta, se tomaron 10 plantas de cada repetición para medir las mismas variables tomadas en la Fase I. Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico SAS<sup>®</sup> ('Statistical Analysis System'), versión 6.12, para generar los análisis de varianza y separaciones de medias necesarios.

### Variabes evaluadas en las poblaciones compuestas y sus progenitores

Se evaluaron las mismas variables de la Fase I exceptuando el número de mazorcas cosechadas / parcela y el peso (g) de 100 granos. Adicionalmente, se evaluó la cobertura de las mazorcas, calificada en una escala de 1 a 5 donde 1 indicaba mala cobertura y 5 cobertura completa.

**Figura 2.** Esquema de siembra de las parcelas de las poblaciones compuestas CG y CHB y los parentales Capulín, Guayape y HB-104. Zamorano, Honduras. 2001



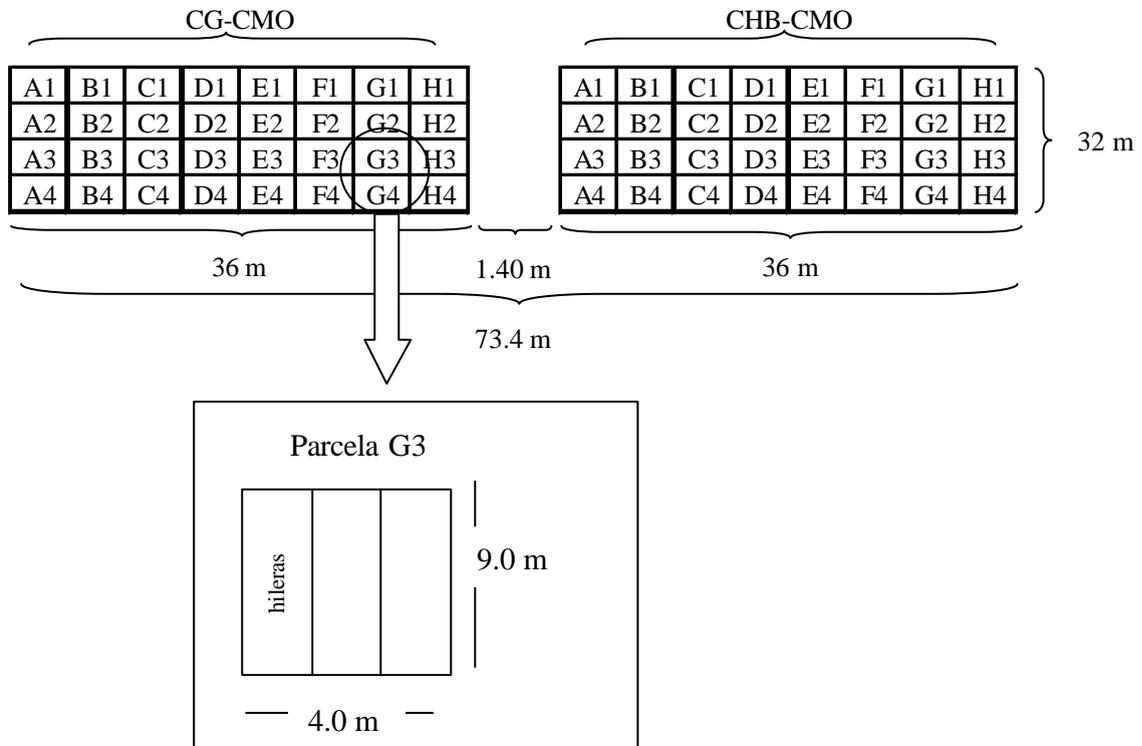
### 3.3.2.2 Selección de medio-hermanos en parcelas estratificadas de los compuestos masales del ciclo 0 (CM0)

Los compuestos masales del ciclo 0 (CM0) derivados de la recombinación inter e intrapoblacional (Fase I), fueron constituidas mediante la mezcla masal de semillas de las plantas cosechadas de cada familia F1. El CG-CM0 (de la población Capulín × Guayape) estuvo conformada por 12,000 semillas y el CHB-CM0 (de la población Capulín × HB-104) por 15,000.

Cada población se sembró en parcelas con 36 surcos de 32 m de largo a una distancia de 1 m entre surcos y 0.3 m entre posturas, para un total aproximado de 4,000 plantas por población(Figura 3).

Para aplicar la selección en las poblaciones CM0, se estratificó cada lote en 32 subparcelas por población. De cada subparcela se seleccionaron las 10 mejores plantas al inicio de la floración, utilizando como criterios su altura y la de la primera mazorca, vigor, precocidad, acame y apariencia general. De las 10 mazorcas cosechadas, se seleccionaron las cinco mejores usando como criterios su longitud, diámetro y peso; número de hileras y de granos por hilera; diámetro y peso del raquis; y peso del grano de la mazorca y de 100 granos, con respecto a su progenitor criollo.

**Figura 3.** Estratificación de las poblaciones CG-CMO y CHB-CMO para la aplicación de selección de medio-hermanos. Zamorano, Honduras, 2001.



Las 10 plantas seleccionadas de cada subparcela fueron polinizadas con polen de otras plantas seleccionadas de la misma cuadrícula. Con el fin de evitar la polinización abierta de las plantas seleccionadas, las inflorescencias femeninas fueron recubiertas utilizando bolsas del tipo 'glassine', antes de la emergencia de los estigmas para evitar su contaminación. Las inflorescencias masculinas fueron cubiertas con bolsas tipo 'Lawson', previo a la liberación de polen. Las características de ambos tipos de bolsas incluyen impermeabilidad, capacidad de circulación de aire evitando el recalentamiento, y aumento de la humedad en el ambiente que rodea al jilote y la panoja.

Por la mañana del día siguiente de realizado el embolsado, se procedió a recolectar el polen de las plantas seleccionadas de las hileras laterales para polinizar las seleccionadas de las dos hileras centrales. Terminado el proceso los estigmas fueron nuevamente cubiertos para evitar contaminación.

Juegos adicionales de semillas de las poblaciones CG-CM0 y CHB-CM0 fueron sembradas en Santa Marta, Yorito, para la aplicación de la selección masal estratificada por los agricultores de los comités de investigación agrícola local (CIAL) de las comunidades de Mina Honda, La Patastera, Rincones y Santa Marta, de la región de Yorito. Estas parcelas de mejoramiento participativo fueron sembradas a fines del mes de mayo de 2001.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 FASE I**

#### **4.1.1 Recombinación inter e intrapoblacional**

Las poblaciones derivadas de las cruzas de Capulín × Guayape (CG) y Capulín × HB-104 (CHB) fueron sembradas en el verano de 2001 para someterlas a recombinación inter e intrapoblacional por polinización abierta. Esta fase de recombinación fue necesaria para lograr la distribución de los alelos aportados por los progenitores a las poblaciones. La recombinación intrapoblacional es una fase previa a la aplicación de procesos de selección después de introducir genes provenientes de otras fuentes a la población que se desea mejorar. Con el fin de aprovechar la contribución simultánea de ambos padres mejorados, se sembraron en parcelas aledañas las familias F1 de ambas poblaciones para procurar una buena recombinación entre las dos poblaciones.

#### **4.1.2 Evaluación de familias F1**

Plantas de las familias F1 fueron evaluadas por varios caracteres agronómicos en el campo durante el ciclo de recombinación poblacional, para conocer las variaciones introducidas mediante los cruzamientos de los progenitores que dieron origen a las poblaciones CG y CHB.

La altura de planta fue muy similar en ambas poblaciones, pero la varianza fue mayor en la población CHB. La altura a la primera mazorca fue mayor en la población CHB, así como la varianza para este carácter (Cuadro 1). Estas diferencias sugieren un mejor desempeño de la variedad Guayape como progenitor para reducir la altura de la variedad Capulín, pero una mayor variabilidad fenotípica en la población CHB; en consecuencia, esto favorece la posibilidad de lograr mayores avances en la selección a ser aplicada en las generaciones siguientes en la población CHB. Adicionalmente, no existe diferencias muy obvias pese a ser significativas, entre los promedios de diámetro del tallo en la base. No se observaron diferencias en los promedios de diámetro del tallo a la primera mazorca.

En cuanto a los días a floración y a madurez fisiológica, los valores promedios fueron bastante similares en ambas poblaciones; sin embargo, las varianzas fueron mayores en la población CHB (Cuadro 2).

En general, estos datos sugieren mayores posibilidades de lograr avances en la aplicación de selección en la población CHB, para la reducción de la longitud del ciclo de cultivo de la variedad criolla Capulín.

**Cuadro 1.** Variaciones a la madurez fisiológica de caracteres agronómicos de las familias F1 de las poblaciones Capulín × Guayape y Capulín × HB-104. Zamorano, Honduras, 2001.

Variable	Altura planta (cm)	Altura a 1ª mazorca (cm)	Diámetro tallo (cm)	Diámetro a 1ª mazorca (cm)
<b>Capulín × Guayape</b>				
Promedio	238	134	2.8	1.7
Varianza	820	903	0.2	0.2
Desviación estándar	29	30	0.5	0.4
Mediana	241	141	2.8	1.6
Modalidad	220	142	3.1	2.3
Valor mínimo	185	46	2.0	1.0
Valor máximo	300	187	3.9	2.9
CV (%)	12.0	22.0	16.0	27.0
<b>Capulín × HB-104</b>				
Promedio	232	149	2.9	1.7
Varianza	1271	1267	0.2	0.2
Desviación estándar	36	36	0.4	0.4
Mediana	236	164	2.9	1.7
Moda	254	180	3.1	2.1
Valor mínimo	145	46	2.0	1.0
Valor máximo	300	191	3.8	2.9
CV (%)	15.0	24.0	15.0	25.0
Prueba f (0.05%) <sup>z</sup>	0.007**	0.029*	0.001**	0.03*
Prueba t (0.05%) <sup>y</sup>	0.044**	0.003**	0.05*	0.14ns

\* significativo

\*\* altamente significativo

ns no significativo

z para igualdad de varianzas

y para igualdad de medias

Con respecto al acame de las plantas, no se observaron diferencias entre los promedios y varianzas de las dos poblaciones.

En general, los promedios y las estimaciones de variabilidad fueron muy diversas para los caracteres de la mazorca y del grano (Cuadro 3). Los promedios y variaciones en el peso de la mazorca, peso de 100 granos y peso de grano por mazorca, fueron mayores en la población CG. El peso del raquis fue mayor en la población CG, pero la varianza correspondiente fue mayor en la población CHB. Los promedios y la variabilidad del diámetro de mazorca y del raquis fueron similares. Por otro lado, la longitud y número de hileras de las mazorcas fueron ligeramente mayores en la población CG, aunque la variabilidad en el tamaño del grano (peso de 100 granos) fue menor en esta población.



**Cuadro 3.** Variaciones a la cosecha de características de la mazorca y grano de las poblaciones Capulín × Guayape y Capulín × HB-104. Zamorano, Honduras, 2001.

Variables	Peso de la mazorca (g)	Peso de 100 granos (g)	Peso grano por mazorca (g)	Peso raquis (g)	Diámetro de la mazorca (cm)	Diámetro del raquis (cm)	Longitud de la mazorca (cm)	N hileras/mazorca	N granos/100 gramos	N granos/hilera
<b>Capulín × Guayape</b>										
Promedio	222	39	184	39	4.9	2.8	16.3	14.4	296.5	35.9
Varianza	4829	70	3597	202	0.3	0.2	5.9	2.9	5099.4	53.9
Desviación estándar	69	8	60	14	0.5	0.4	2.4	1.7	71.4	7.3
Mediana	204	39	172	35	4.9	2.7	16.5	14.0	283.0	37.0
Moda	117	37	293	33	4.5	2.8	17.0	14.0	275.0	37.0
Valor mínimo	86	18	40	12	3.4	1.8	9.5	11.0	182.0	9.0
Valor máximo	366	57	294	78	6.4	5.0	23.5	18.0	674.0	56.0
CV (%)	31.3	21.3	32.7	36.5	10.4	15.4	14.9	11.8	24.1	20.5
<b>Capulín × HB-104</b>										
Promedio	187	33	149	36	4.7	2.6	15.5	13.5	295.8	35.1
Varianza	4030	54	1639	338	0.2	0.2	6.1	3.2	3262.5	47.4
Desviación estándar	63	7	40	18	0.4	0.4	2.5	1.8	57.1	6.9
Mediana	178	33	145	33	4.7	2.6	15.8	14.0	293.0	35.0
Moda	180	33	184	35	5.0	2.7	16.0	14.0	250.0	34.0
Valor mínimo	17	8	41	13	3.6	1.4	5.3	10.0	200.0	13.0
Valor máximo	420	58	258	193	5.8	4.1	21.0	18.0	525.0	50.0
CV (%)	39.2	22.5	27.1	51.5	9.0	16.0	15.9	13.2	20.2	19.6
Prueba f (0.05%) <sup>z</sup>	0.153ns	0.069ns	0.001**	0.001**	0.009**	0.36ns	0.413ns	0.363ns	0.01**	0.001**
Prueba t (0.05%) <sup>y</sup>	0.001**	0.001**	0.001**	0.049*	0.001**	0.001**	0.008**	0.001**	0.466ns	0.001**

\* significativo  
 \*\* altamente significativo  
 ns no significativo  
 z para igualdad de varianzas  
 y para igualdad de medias

#### 4.2 FASE II: Comportamiento de las poblaciones compuestas y sus progenitores

Las evaluaciones de las poblaciones CG y CHB y sus progenitores, fueron realizadas para medir las diferencias entre ellas como resultado de las contribuciones genéticas de sus progenitores; y para estimar el potencial de las poblaciones con respecto a Capulín, la variedad criolla que se desea mejorar a través de metodologías participativas con agricultores de Yorito. Los valores promedio indican una reducción en la altura de planta y a la primera mazorca, días a floración y porcentaje de acame, en las plantas de ambas poblaciones (CG y CHB) con respecto a Capulín (Cuadro 4).

Estas modificaciones en las plantas de la variedad criolla Capulín, al cruzarse con las mejoradas Guayape y HB-104, son parte de las prioridades de mejoramiento sugeridas por los agricultores de Yorito al inicio de las actividades de mejoramiento participativo.

**Cuadro 4** Diferencias en altura de planta y a la primera mazorca, diámetro del tallo, cobertura de la mazorca, días a floración y acame de las poblaciones de maíz Capulín × Guayape (CG) y Capulín × HB-104 (CHB), y sus progenitores. Zamorano, 2001.

Progenitor o población	Altura planta (cm)	Altura a 1ª mazorca (cm)	Diámetro tallo (cm)	Cobertura (escala 1-5)	Días a floración	Acame (%)
Capulín (C)	306 A	171 A	3.05 A	4.3 B	63 A	20 A
CG	272 B	135 B	3.05 A	4.4 A	58 B	11 B
CHB	266 B	136 B	2.93 B	4.1 B	58 B	10 B
Guayape (G)	226 D	118 C	2.97 B	4.8 A	57 D	8 D
HB-104 (HB)	243 C	130 B	2.78 C	4.9 A	59 C	7 D
ANOVA (5%)	**	**	**	**	**	**

\*\* altamente significativo (P=0.01)

Separación de medias por prueba SNK ( $\alpha=0.05$ ). Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes.

Las variaciones en estas características, expresadas por los estadígrafos varianza, desviación estándar y rango (valores máximo y mínimo) presentados en el Cuadro 5, sugieren que es factible lograr avances en las modificaciones deseadas en plantas de Capulín. Para ello, sería necesario manejar las parcelas de estas poblaciones en lotes de selección en Yorito, con un control eficiente de los factores externos (suelo, manejo, etc.) que contribuyen a las variaciones y afectan los procesos de selección basados en el valor fenotípico de las plantas.

Los valores promedio de las características de longitud de las mazorcas, diámetro y peso, número de hileras y de granos por hilera, diámetro y peso del raquis, y peso del grano de la mazorca y de 100 granos, indican un incremento en los valores de las plantas de ambas poblaciones (CG y CHB) con respecto a Capulín (Cuadro 6). Comparando Guayape con HB-104, no existen diferencias significativas en las variables de peso de la mazorca, peso del grano/mazorca, diámetro de la mazorca, número de granos en 100 gramos y rendimiento. Sin embargo, si existen diferencias entre las poblaciones derivadas de estos progenitores con promedios mayores para la CHB, lo que presume una mejor habilidad combinatoria entre esta variedad y Capulín.

**Cuadro 5** Diferencias en altura de planta y a la primera mazorca, diámetro del tallo, cobertura de la mazorca, días a floración y acame de plantas de las poblaciones de maíz CG y CHB. Zamorano, 2001.

Variables	Altura planta (cm)		Altura a 1ª mazorca (cm)		Diámetro tallo (cm)		Cobertura (%)		Floración (días)		Acame (%)	
	CG	CHB	CG	CHB	CG	CHB	CG	CHB	CG	CHB	CG	CHB
Promedio	272.4	266.0	136.0	135.2	3.1	2.9	88.0	82.0	58.0	58.0	11.0	10.0
Varianza	149.7	245.7	62.9	123.1	0.1	0.1	26.8	28.6	0.0	0.0	13.7	25.6
Desviación estándar	12.2	15.7	7.9	11.1	0.2	0.2	5.2	5.3	0.0	0.0	3.7	5.1
Mediana	272.0	267.5	136.0	140.0	3.2	3.0	80.0	85.0	58.0	58.0	12.5	12.0
Moda	272.0	280.0	127.0	124.0	3.3	3.1	80.0	90.0	58.0	58.0	8.0	15.0
Valor máximo	295.0	281.0	151.0	153.0	3.3	3.2	90.0	90.0	58.0	58.0	16.0	15.0
Valor mínimo	252.0	235.0	127.0	124.0	2.8	2.5	80.0	80.0	58.0	58.0	6.0	2.0
CV (%)	4.5	5.9	5.8	8.2	7.4	7.9	5.9	6.5	0.0	0.0	33.7	50.6

**Cuadro 6** Diferencias en peso, diámetro y longitud de la mazorca y raquis, número de hileras por mazorca y de granos por 100 gramos y rendimiento de las poblaciones de maíz Capulín × Guayape (CG) y Capulín × HB-104 (CHB), y sus progenitores. Zamorano, 2001.

Variedad o población	Peso de la mazorca (g)	Peso grano por mazorca (g)	Peso raquis (g)	Diámetro de la mazorca (cm)	Diámetro del raquis (cm)	Longitud de la mazorca (cm)	N hileras/mazorca	N granos/100 gramos	Rendimiento kg/ha
Capulín (C)	209.0 C	178.2 C	30.8 C	4.5 C	2.5 D	17.5 D	14 B	305.9 D	3483.3 C
CG	234.1 D	196.2 B	37.9 A	4.7 B	2.6 C	18.6 B	16 A	287.9 C	3901.7 B
CHB	255.6 A	202.0 B	53.6 A	4.9 A	2.8 B	18.6 B	16 A	297.8 B	3980.0 A
Guayape (G)	239.0 B	212.3 A	26.7 D	4.9 A	2.9 A	18.7 A	14 B	316.1 A	4260.0 A
HB-104 (HB)	238.8 B	205.1 A	33.7 B	5.0 A	2.7 B	18.3 C	16 A	319.5 A	3983.3 A
ANOVA (5%)	**	**	*	**	*	*	ns	*	*

\* significativo (0.01=P=0.05)

\*\* altamente significativo (P=0.01)

ns no significativo

Separación de medias por prueba SNK ( $\alpha=0.05$ ). Medias en la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes.

## **5. CONCLUSIONES**

1. Las observaciones en las poblaciones CG y CHB y sus progenitores, sugieren que las hibridaciones entre las plantas de la variedad criolla Capulín y las mejoradas Guayape y HB-104 fueron realizadas de forma efectiva.
2. Las poblaciones CG y CHB presentan valores entre su progenitor criollo Capulín y los mejorados Guayape y HB-104, para varios caracteres de importancia.
3. En varios caracteres, los valores observados para los estadígrafos que expresan variaciones (varianza, desviación estándar y rango) con respecto al promedio, sugieren que las poblaciones CG y CHB pueden ser mejoradas mediante la aplicación de procesos apropiados de selección.
4. Las observaciones realizadas son estimados de la variabilidad fenotípica, por lo que el manejo de las poblaciones durante el proceso de selección debe enfatizar el control eficiente de los efectos ambientales en la expresión de los factores evaluados.

## **6. RECOMENDACIONES**

1. Continuar el trabajo de selección de las poblaciones CG y CHB bajo las condiciones de la región meta, involucrando a los agricultores en los procesos de mejoramiento participativo.
2. Procurar una buena eficiencia en el manejo de las poblaciones bajo condiciones locales de producción, para minimizar los efectos ambientales que puedan causar errores experimentales y de selección.
3. Comparar las poblaciones desarrolladas después de cada ciclo de selección en Zamorano y Yorito, para estimar las relaciones costo-beneficio entre las alternativas de mejoramiento aplicadas.
4. Realizar estudios sobre la efectividad de los métodos de selección recomendados para el mejoramiento de maíz y su aplicación usando enfoques de mejoramiento participativo.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAS, S. 2000. Diversidad genética y valor agronómico entre poblaciones de maíz. Toluca, México. 141p.
- ALMEKINDERS, C.; CARDENAS, H. 1998. Memoria del Seminario Fitomejoramiento Participativo: Experiencias y oportunidades en Mesoamérica. 1ª edición. San José, Costa Rica. Marzo, 1998. 112p.
- ARAGÓN CUEVAS, F.; TABA, S.; DÍAS, J.; CASTRO, H.; HERNÁNDEZ, J.M. 1998. Mejoramiento participativo del maíz Bolita de Oaxaca, México. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, México. 85p.
- CABALLERO, M. 1983. Mejoramiento de poblaciones para desarrollar variedades precoces de maíz. PCCMCA. Memoria Tomo I. Panamá. 84p.
- CARTAY, R.; GHERSI, G. 1995. Los precios de los cereales a nivel internacional y la seguridad alimentaria en los países de América Latina. Agroalimentaria. Primera edición. 115p.
- FAO. 2000. Base de datos Mundo+/Producto/Producción/años. [www.fao.org](http://www.fao.org). Visitado el 27 de agosto del 2001.  
<http://apps.fao.org/page/form?collection=CBD.CropsAndProducts&Domain=CBD&servlet=1&language=ES&hostname=apps.fao.org&version=default>.)
- GRAHAM, T. 2000. Bibliografía sobre investigación participativa en el CIP. INIAP/CIP. Quito. 73p.
- GUSTAFSSON, P.; MERGEN, F. 1991. Algunos principios sobre genética y citología arbórea. Escuela de Montes. New Haven, Connecticut, E.U.A. 113p.
- JUGENHEIMER, R. 1990. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa. Cuarta reimpresión. México. 893p.
- LÓPEZ, M. 1995. Fitomejoramiento. Editorial Trillas. Primera edición. México. 172p.

LÓPEZ, G. 1999. Ciencia para la Seguridad Alimentaria. Nuevas Semillas de Esperanza. Visitado el 11 de octubre del 2001.  
([http://www.cimmyt.org/Resources/archive/What\\_is\\_CIMMYT/Annual\\_Reports/AR98\\_99\\_sp/AR9899\\_p1\\_sp.htm](http://www.cimmyt.org/Resources/archive/What_is_CIMMYT/Annual_Reports/AR98_99_sp/AR9899_p1_sp.htm)).

ORTEGA, P. 1993. Variación en maíz y cambios socioeconómicos en Chiapas, México 1946-1971. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Botánica. Chapingo, México. 199p.

POEHLMAN, J.M. 1987. Mejoramiento de las Cosechas. Versión española del título original *Breeding Field Crops* (1965). México. 225p.

ROSAS, J.C.; CASTRO, A.; JIMÉNEZ, J.; GONZÁLES, J.; HUMPHRIES, S.; ALMEKINDERS, C. 1998. Metodologías participativas para el mejoramiento genético y conservación *in situ* de maíces criollos. Propuesta presentada al Fondo Noruego de Desarrollo. 19p.

ROSAS, J.C.; YOUNG, R. 1992. Principios y prácticas de mejoramiento de plantas. Departamento de Agronomía. El Zamorano, Honduras. 82p.

THIMPSON, C. 2001. Promueven uso y protección de semilla criolla. La Prensa.Digital Nicaragua. Visitado el 10 de octubre del 2001.  
<http://www-ni.laprensa.com.ni/archivo/2001/febrero/01/economia/economia-20010201-10.html>

WITCOMBE, J.; JOSHI, A. 1996. Farmer participatory approaches for varietal breeding and selection and linkages to the formal seed sector. *In: Proceedings of a Workshop on Plant Breeding* (1995, Wageningen, The Netherlands). Wageningen, The Netherlands, International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 65p.