

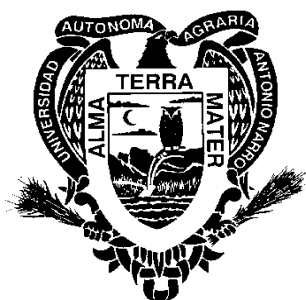
**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE
DOS POBLACIONES DE MAÍZ CRIOLLO MEJORADO**

VICTOR MANUEL BAUTISTA MORALES

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Grado de:**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA
DE GRANOS Y SEMILLAS**



Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Julio de 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE DOS
POBLACIONES DE MAÍZ CRIOLLO MEJORADO**

TESIS

POR:

VICTOR MANUEL BAUTISTA MORALES

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal: _____
Ph.D. Norma Angélica Ruiz Torres

Asesor: _____
Ph.D. Froylán Rincón Sánchez

Asesor: _____
M.C. Hilda Cecilia Burciaga Dávila

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Julio de 2008.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente le doy gracias a **Dios**, por darme la vida, por ser siempre la luz que ilumina mi camino y por darme la fuerza para seguir siempre hacia adelante.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por la lección de vida y aprendizaje que me permitió alcanzar una meta más en mi vida.

Al personal del **Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas**, por su amistad y por transmitirme sus conocimientos y habilidades.

A la **Ph.D. Norma Angélica Ruiz Torres**, por aceptarme como tesista y orientarme en la conducción y realización del presente trabajo. Pero sobre todo, por su amistad.

Al **Ph.D. Froylán Rincón Sánchez**, por permitirme colaborar en su trabajo de investigación y su acertada asesoría en la realización de este trabajo.

A la **M.C. Hilda Cecilia Burciaga Dávila**, por la revisión, corrección y sugerencias realizadas al presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de maestría.

A las **L.C.Q. Magdalena Olvera Esquivel** y **L.C.Q. Sandra García Valdez**, por su amistad y apoyo en la realización del presente trabajo.

A la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (**SAGARPA**), por el financiamiento de la investigación a través del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (**SINAREFI**).

DEDICATORIA

A la memoria de mi hermano **Eric Bautista Morales**[†], quien siempre se encuentra presente en mi corazón y comparte conmigo todos mis triunfos y fracasos y sé que algún día con su ayuda cumpliremos todas las metas que nos propusimos.

A quien para mí es la mejor, con el más sincero amor a mi madre **Amada Morales Domínguez**, quien con el don que Dios le dio ha velado siempre por mí y a pesar de los tiempos adversos siempre ha mostrado gran fortaleza para enseñarme lo correcto de la vida, por eso y muchas cosas más, esto es para ti.

Con gran amor y admiración a mi hermana **Isabel Bautista Morales**, por sus consejos, por estar siempre conmigo, apoyándome, cuidándome y guiándome por el camino adecuado, pero sobre todo por el gran amor que siempre me demuestra.

Con aprecio a mi padre **Simón Bautista Antonio**, por contar con su apoyo.

Con amor a **Juanita**, por su cariño y por todo lo que ella significa en mi vida.

A toda la familia **Bautista Antonio** y a la familia **Morales Domínguez**, por todo su amor y apoyo que desinteresadamente me brindan.

A todos y cada uno de mis amigos y compañeros de la maestría, especialmente a Juanita, Eduardo, Edith, Zaira y Lupita, por su amistad y haber hecho tan agradable mi estancia en la Universidad.

COMPENDIO

Caracterización Agronómica y Calidad Fisiológica de dos Poblaciones de Maíz
Criollo Mejorado

POR:

VICTOR MANUEL BAUTISTA MORALES

MAESTRÍA

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JULIO 2008.

Ph. D. Norma A. Ruiz Torres - Asesor -

Palabras clave: *Zea mays* L., atributos agronómicos, criollo, calidad fisiológica.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: evaluar el comportamiento agronómico de dos poblaciones de maíz criollo mejorado, determinar la calidad fisiológica de semilla de las dos poblaciones y determinar los cambios ocurridos en la población criolla en respuesta al mejoramiento genético. Las poblaciones evaluadas fueron: Población Jagüey (C3) y Población Selección Precoz (C3), obtenidas bajo diferentes estrategias de selección y mejoramiento genético. El experimento se estableció en tres etapas: 1) campo,

se evaluó el comportamiento agronómico de ambas poblaciones, en la localidad, ejido "El Mezquite", Galeana, N.L.; 2) laboratorio, se determinó la calidad fisiológica de la semilla mediante ensayos de germinación y vigor; y 3) invernadero, en este estudio se evaluó la velocidad de emergencia, emergencia total y otros parámetros de vigor. Los resultados del comportamiento agronómico mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) entre poblaciones. En cuanto a rendimiento, la población Selección Precoz mostró los mejores resultados obteniendo 10.84 t ha^{-1} superando en un 31.08 por ciento a la población Jagüey, este resultado representa la contribución del germoplasma mejorado hacia la población criolla. Al evaluar los datos obtenidos en laboratorio se encontró diferencias entre poblaciones ($P \leq 0.01$), siendo la población Selección Precoz, la que presentó mayor eficiencia fisiológica en germinación, longitud media de plúmula y producción de materia seca, estas diferencias entre poblaciones son atribuidas a la conformación germoplásmica, que presentan las poblaciones. En cuanto a la calidad fisiológica evaluada bajo condiciones de invernadero, los análisis mostraron diferencias entre poblaciones ($P \leq 0.01$), siendo la población Selección Precoz la que presentó mayor porcentaje de emergencia total, sin embargo la población Jagüey obtuvo la mayor acumulación de materia seca en plúmula. Las diferencias registradas se pueden atribuir a que la población Selección Precoz contiene germoplasma mejorado, lo cual difiere de la población Jagüey. Estos resultados exhiben el aporte de germoplasma mejorado hacia la población criolla.

ABSTRACT

Agronomic Characterization and Physiological Quality of two Improved Landrace
Maize Populations

BY:

VICTOR MANUEL BAUTISTA MORALES

MAESTRÍA

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JULY 2008.

Ph. D. Norma A. Ruiz Torres - Advisor -

Key words: *Zea mays* L., agronomic attributes, landrace, physiological quality.

The objectives of this research work were: To evaluate the agronomic performance of two improved maize landrace populations, to determine seed physiological quality and to determine the changes occurred in the landrace population as response to the genetic improvement. The evaluated populations were: Jagüey Population (C3) and Early Selection Population (C3), obtained under different selection strategies and genetic improvement. The experiment was established in three stages: 1) field, the agronomic performance of both

populations was evaluated in the ejido "El Mesquite", Galeana, N.L.; 2) laboratory, the physiological seed quality was determined through germination and vigor assays; and 3) greenhouse, in this study the emergency speed, total emergency and other vigor parameters were evaluated. The results from the agronomic performance study showed statistical differences ($P \leq 0.01$) between populations. For field yield, the Early Selection Population showed the best results with 10.84 t ha^{-1} , exceeding in 31.08 % the Jagüey Population; this outstanding performance can be attributed to the improved germplasm contribution to the landrace population. The laboratory studies showed significant differences between populations ($P \leq 0.01$), the Early Selection Population had the highest physiological efficiency in germination, average plumule length and dry matter production, those differences between populations are attributed to the germoplasmic conformation of the populations. For the seed quality evaluated under greenhouse conditions, the analysis showed differences between populations ($P \leq 0.01$), being the Early Selection Population the one with higher total emergency percentage, however the Jagüey population had higher plumule dry matter accumulation. The differences can be attributed to the population Early Selection contains improved germplasm, which differs from the population Jagüey. Those results explain the contribution of the improved germplasm to the landrace.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
COMPENDIO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Mejoramiento de Maíz Criollo.....	5
Caracterización Agronómica	9
Calidad de Semilla	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
Material genético.....	16
Etapa I. Campo	18
Manejo Agronómico	18
Etapa II. Laboratorio.....	22
Etapa III. Invernadero.....	23
Análisis Estadístico	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Etapa I. Campo	27
Etapa II. Laboratorio.....	34
Etapa III. Invernadero.....	40
V. CONCLUSIONES	45
RESUMEN	47
LITERATURA CITADA	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos agronómicos evaluados en campo. Localidad ejido “El Mezquite”, Galeana, N.L. 2006.....	29
4.2. Comparación de medias de los atributos agronómicos evaluados en campo. Localidad ejido “El Mezquite”, Galeana, N. L. 2006.....	30
4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos de las poblaciones Selección Precoz y Jagüey ensayados en laboratorio (Semilla original 2005).....	36
4.4. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las poblaciones Selección Precoz y Jagüey. (Semilla original 2005).....	37
4.5. Cuadrados medios del análisis de varianza de los atributos fisiológicos de las poblaciones Selección Precoz y Jagüey evaluados en invernadero (Semilla original 2005).....	41
4.6. Comparación de medias de los atributos fisiológicos de las poblaciones Selección Precoz y Jagüey evaluados en invernadero (Semilla original 2005).....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
3.1. Esquema de la obtención de los materiales genéticos utilizados.....	17

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es por mucho el cultivo agrícola más importante de México desde el punto de vista alimentario, industrial, político, económico y social. En el año 2006 la demanda de maíz grano en México se estimó en 28 millones de toneladas, de las cuales 10.6 millones de toneladas se destinaron al consumo humano, el sector pecuario y la industria almidonera ascendió a 14.8 millones de toneladas y las 0.5 millones de toneladas restantes se dirigieron a la producción de cereales y botanas (SIAP, 2007).

A nivel nacional se identifican aproximadamente tres millones de agricultores dedicados a la producción de este cultivo. Del total, el 85 % llevan a cabo su labor en predios cuya extensión es menor o igual a 5 hectáreas, el resto (15 %) lo hace en predios mayores a cinco hectáreas (SIAP, 2007).

En cuanto a la semilla sembrada por los agricultores, la gran mayoría utiliza materiales criollos que cultivan bajo condiciones de agricultura primordial de subsistencia en pequeñas parcelas en condiciones desfavorables. Aunque en el mercado existe una amplia gama de variedades mejoradas, esta tecnología no está al alcance de muchos agricultores, porque muchas veces no es posible conseguirla o porque su precio es muy elevado, además muchas de esas

variedades no contienen todas las características que los agricultores requieren. Por lo tanto, en un ambiente de producción bajo condiciones desfavorables, los maíces criollos locales que han sido desarrollados durante varias generaciones siguen siendo los de mayor preferencia, por su adaptación y sus características de producción y consumo (Bergvinson *et al.*, 2007).

Sin embargo, las variedades criollas que utiliza el agricultor, poseen alelos deseables en cuanto a su adaptabilidad que pueden ser aprovechados en programas de mejoramiento, por lo que realizando una selección sistemática de los individuos que presenten mejores características, pueden mejorarse en mayor rendimiento, tolerancia a la sequía, resistencia a las plagas postcosecha o mayor contenido de nutrientes.

Debido a la escasa adopción de semillas mejoradas y a la preferencia de los agricultores hacia las variedades criollas, una buena opción es el mejoramiento genético de estos materiales, de tal manera que sean atractivas al productor y se aumente su potencial de rendimiento.

En base a lo anterior, el propósito del presente trabajo de investigación fue obtener a través del mejoramiento genético materiales de maíz criollo que aumenten su rendimiento por unidad de superficie, además de buscar materiales con sobresaliente comportamiento agronómico y buena calidad fisiológica de semilla.

OBJETIVOS

1. Evaluar el comportamiento agronómico de dos poblaciones de maíz criollo mejorado (Jagüey y Selección Precoz).
2. Determinar la calidad fisiológica de la semilla de dos poblaciones de maíz criollo mejorado.
3. Determinar los cambios ocurridos en la población criolla en respuesta al mejoramiento genético.

HIPÓTESIS

La población Selección Precoz (población criolla Jagüey x población mejorada), presenta superioridad sobre la población criolla Jagüey, en atributos agronómicos y calidad fisiológica de semilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El maíz se ha convertido, no sólo en México sino en buena parte del mundo, en sustento permanente de múltiples grupos sociales. Es la planta más estudiada por el hombre, no sólo genéticamente, sino también en cuanto a sus usos, además la diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado, es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo.

Todos estos indicadores hacen que el maíz sea un cultivo que debe ser debidamente explotado a fin de alimentar la creciente población mundial; mayores incrementos de producción de alimentos para humanos y animales deben provenir de los cereales incluyendo el maíz, los cuales tienen ventajas comparativas en ambientes desfavorables.

Por consiguiente, los productores de maíz en México, se enfrentan de manera permanente a la necesidad de producir más y a menor costo. En un intento por incrementar el rendimiento, los agricultores han seleccionado y continúan seleccionado su maíz desde hace muchas generaciones, lo que ha permitido conjugar la adaptación a factores adversos, de tal manera que cada productor cuenta con una o más variedades criollas que están adaptadas a sus condiciones de producción (Aceves *et al.*, 2002).

En la práctica se mantienen las variedades locales tradicionales al pasarlas de generación en generación (Louette, 1996; Louette y Smale, 1996). Por otra parte, al seleccionar deliberadamente las semillas más favorables por sus diversas características, a través de las variantes que se han ido presentando por selección natural, mutación, introducción, recombinación y aislamiento, llegan a formar nuevos tipos, variedades o razas a través del tiempo (Hernández, 1972; Dobzhansky, 1982).

Es así como en México existe una gran variabilidad genética de maíz, la cual está representada por poco más de 50 razas (Hernández, 1999). Sin embargo, han sido poco utilizadas en los programas de mejoramiento genético; su aprovechamiento se ha limitado al uso de razas tuxpeño en el trópico húmedo, Celaya y cónico norteño en el bajío, y el cónico y chalqueño en los valles altos, de los cuales se han obtenido variedades mejoradas e híbridos (Castillo, 1994).

Mejoramiento de Maíz Criollo

El mejoramiento genético del maíz (*Zea mays* L.) es un proceso continuo a través de la formación de híbridos y variedades mejoradas para su uso comercial (De la Cruz, 2003). El cual tiene como principal objetivo el aumento en la producción, atendiendo al incremento de la población y la constante demanda de alimentos. A través del mejoramiento tradicional se han obtenido variedades más productivas, resultado de una mayor eficiencia fisiológica (Allard, 1967).

Los avances en el mejoramiento de poblaciones criollas para un sistema de producción sustentable pueden ser incrementadas si se unen los esfuerzos de agricultores, fitomejoradores y de instituciones involucradas (Rincón y Ruiz 2004).

Márquez (1990) sugiere incorporar a las razas que presentan características indeseables, características deseables de poblaciones genéticamente mejoradas ya existentes, tales como híbridos, sintéticos o compuestos.

Para que sea eficaz en términos de adaptabilidad y adopción, el mejoramiento debe efectuarse en fincas de agricultores considerando sus criterios y conocimientos locales, en adición a los aportados por el fitomejorador (Eyzaguirre e Iwanaga, 1996; Weltzien *et al.*, 2003).

Al respecto Bänzinger y Cooper (2001), mencionan que una estrategia de mejoramiento para alcanzar ganancias en la productividad es la llamada participativa. La cual se refiere a una actividad donde el fitomejorador y el agricultor trabajan en forma colaborativa en el mejoramiento genético de las especies (Almekinders, 1998).

En este sentido Bellon (2002), realizó un proyecto participativo en los valles centrales de Oaxaca y encontró que los agricultores participantes confirmaron que los distintos tipos de maíces experimentales funcionaban bien en sus

condiciones de cultivo e incluso expresaron que algunos eran mejores que sus propias variedades.

Una buena opción para el mejoramiento de maíces criollos es el aprovechamiento de la heterosis (Holland *et al.*, 1996; Tallury y Godman, 1999). Los cruzamientos de germoplasma criollo con mejorado han permitido incrementar el uso de diversos materiales genéticos e identificar patrones heteróticos en maíz (Crossa *et al.*, 1987).

Rincón *et al.* (2002) al cruzar una variedad de maíz criollo adaptada a Jagüey de Ferniza, Coahuila, y una población experimental precoz bajo condiciones de riego y temporal, encontraron que el 43 por ciento de la descendencia superó en rendimiento a la población mejorada.

Por su parte Márquez (2002), en un trabajo realizado en la península de Yucatán, con tres variedades de maíz criollo cruzadas con variedades mejoradas, obtuvo 30 por ciento más de rendimiento y plantas de menor altura que sus progenitores.

Asimismo Ávila (2006) encontró que al cruzar material criollo con mejorado (CMSelTar y CMSelPre) mostró un potencial de rendimiento sobresaliente en promedio, superando en un 32 por ciento la media de las poblaciones criollas.

El comportamiento del cruzamiento entre poblaciones puede ser mejorado usando los esquemas de selección recurrente y selección recíproca recurrente, la cual consiste en la selección continua de materiales con la subsecuente recombinación en cada ciclo de selección, es útil con el fin de acumular genes para una característica cuantitativa en una población, sin una marcada pérdida de variabilidad genética, mantiene una amplia base genética, aprovechando los efectos de aditividad génica (Robles, 1986).

La retrocruza limitada es otro método que se ha utilizado como herramienta de mejoramiento de maíces criollos (Márquez, 1990). La infiltración gradual del germoplasma de una especie dentro de otra, a través de retrocruzamiento, ha sido considerada como factor importante en el enriquecimiento genético (Doebley *et al.*, 1984).

Al respecto Ramírez *et al.* (2003), en un trabajo realizado en Michoacán con maíces criollos y mejorados, encontraron que la cruce original entre materiales criollos y generaciones avanzadas de variedades mejoradas produjeron el mismo rendimiento que las retrocruzas en F1, asimismo encontraron que la retrocruza hacia el genotipo mejorado también tuvo rendimientos estadísticamente igual a la cruce original, pero menor altura de mazorca y mayor resistencia al acame, por otro lado observaron que la retrocruza hacia el criollo tuvo una altura de mazorca y susceptibilidad al acame similar a la cruce original.

Caracterización Agronómica

La eficiencia de los programas de mejoramiento está basada en el acopio de gran variabilidad genética de las especies y el uso de la metodología más adecuada de acuerdo a las características genéticas del material (Castillo, 1994).

Rincón y Ruiz (2004) mencionan que por su naturaleza, la aplicación de técnicas de manejo agronómico y selección da como resultado cambios particulares en la estructura de las poblaciones en estudio.

Turrent *et al.* (2005) enfatizan en la necesidad de adquirir conocimientos básicos sobre el papel del genotipo y sus interacciones con los factores controlables (manejo) y no controlables (clima) de la producción.

Márquez (1985) sugiere que la población bajo selección debe ser susceptible de caracterización, esto se hace en forma cuantitativa mediante el cálculo de la varianza o mediante estimaciones de estos parámetros

La caracterización tiene por objeto la toma de datos de diferente índole (agronómicos, fisiológicos, morfológicos, genéticos, bioquímicos, etc.) con el fin de descubrir y diferenciar las poblaciones de una misma especie o en algunos casos de diferentes especies (Sánchez *et al.*, 1998).

Los parámetros son evaluados con base a caracteres agronómicos, fenológicos y fisiológicos, como: días a floración masculina y femenina, rendimiento de grano y altura de planta y de mazorca (Carabolloso *et al.*, 2000); así como longitud y diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, índice de grano y sanidad de mazorca (Ortega *et al.*, 1991; Hernández y Esquivel, 2004).

El conocimiento del origen, distribución y características morfológicas y fisiológicas de las poblaciones de maíz, ayuda al fitomejorador al aprovechamiento de los caracteres favorables de acuerdo con los propósitos que persigue (Wellhausen *et al.*, 1951).

Rincón y Ruiz (2004) al comparar cuatro poblaciones de maíz desarrolladas con diferentes metodologías de selección en caracteres agronómicos, encontraron que las poblaciones en estudio manifestaron diferencias en las características agronómicas, determinadas por el efecto de los procedimientos de selección aplicados, los cuales determinan la estrategia de selección y el manejo para la conservación y aprovechamiento de la variación genética.

Romero (1996) al evaluar una serie de líneas S_2 de maíz en forma *per-se* encontró correlación entre el rendimiento y las características agronómicas, de esta manera resalta la importancia y magnitud con que puede influir y hasta donde puede ser determinante un carácter sobre otro.

Asimismo Arellano *et al.* (2003) al caracterizar el comportamiento agronómico y el rendimiento de grano de variedades de maíz azul en cinco localidades, encontraron una correlación negativa con el intervalo entre floración masculina y femenina de $r=-0.89$. Al comparar localidades encontraron que el rendimiento de grano se redujo en 42 a 48 %, con mayor periodo a floración femenina por 10 a 17 días, con mayor intervalo de floración por 3.6 a 4.5 días, con menor altura de planta de 64 a 66 cm, y con una menor relación de mazorca por planta de 2 a 9 %.

Pérez *et al.* (2002) al evaluar y caracterizar el comportamiento agronómico de nueve razas de maíz y una variedad de polinización libre, en el estado de México, concluyeron que las razas pepitilla, tablonsillo, olotillo, naltel y tuxpeño presentan poca adaptabilidad; comiteco, vandeño y tepecintle presentan adaptabilidad moderada; y Celaya y zapalote chico presentan alta adaptabilidad.

Castillo (1994) al evaluar el comportamiento agronómico de las poblaciones sobresalientes Zacatecas 58, Cafime, VS-201, compuesto precoz y compuesto norteño, concluyó que detectó correlaciones positivas y altamente significativas del rendimiento con floración masculina, floración femenina, altura de planta y altura de mazorca, así como la floración masculina con la floración femenina, altura de planta y altura de mazorca. También detectó correlación positiva y altamente significativa entre la floración femenina con la altura de planta y altura de mazorca, así como entre altura de planta con altura de mazorca.

Calidad de Semilla

La asociación entre caracteres agronómicos de campo e indicadores de calidad fisiológica de semillas en laboratorio y sus componentes genéticos son factores importantes para ampliar la caracterización del germoplasma en un programa de mejoramiento (Manjarrez, 2006).

Potts (1977) menciona tres funciones fundamentales de la semilla, la primera que es portadora de las características genéticas inherentes que se transmiten de generación en generación, esencialmente sin cambio alguno; la segunda, la semilla funciona como un sistema eficaz de almacenaje de reserva para una planta viva y la tercera que cierra el ciclo de la reproducción de especies.

Pérez (1995) especifica que la calidad de semilla constituye la suma de múltiples atributos de la misma, siendo estos la pureza genética, daño mecánico, capacidad de germinación y vigor, tamaño, contenido de humedad, daños provocados por insectos y la infestación causada por diferentes agentes.

Moreno (1996) considera a la calidad fisiológica como un valor comercial de la semilla, ya que es el principal atributo para evaluar calidad y que consiste en la capacidad de la semilla para germinar y producir una planta normal.

ISTA (2004) indica que el vigor es la suma de todas las propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la misma

durante la germinación y emergencia de plántula. Dentro de los aspectos de funcionamiento se puede citar cuatro procesos, 1) proceso bioquímico y reacciones durante la germinación, como las enzimáticas y actividades respiratorias, 2) tasa de uniformidad, 3) tasa de uniformidad de emergencia de plántula y crecimiento en el campo y 4) habilidad de emergencia de plántulas bajo condiciones ambientales desfavorables.

Estrada *et al.* (1999) mencionan que la calidad genética es el primer componente esencial de la calidad total de la semilla. Por lo tanto, la constitución genotípica de las semillas es decisiva para su desempeño germinativo, ya sea por su aptitud para preservar adecuadamente sus sistemas metabólicos pese al envejecimiento o bien para subsanar los daños que pudieran ocurrir en ella durante la fase inicial de la germinación. Asimismo la selección de materiales con buena calidad, la expresión fenotípica de la semilla y su vigor, pueden estar íntimamente relacionados y ser un criterio de selección importante dentro de un programa de mejoramiento genético.

Antuna *et al.* (2003) realizaron un trabajo de componentes genéticos, caracteres agronómicos y calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz, concluyendo que todas las características fisiológicas como fueron primer conteo, germinación, índice de vigor y porcentaje de germinación tienen efectos aditivos, junto con la altura de planta y mazorca de las variables agronómicas, en tanto que los efectos no aditivos fueron el componente principal en la expresión de los días a floración y el rendimiento en grano.

Por su parte, Carrera (2003) al analizar los componentes fisiológicos de catorce líneas de maíz, encontró que las pruebas de laboratorio pueden discriminar materiales no deseables. Así como también los efectos aditivos y de dominancia se expresaron en la longitud media de plúmula, por lo cual concluyó que los tipos de genes que determinan esta variable son aditivos. Asimismo determinó la contribución relativa de los efectos de dominancia para las características de germinación y peso seco. Por lo tanto encontró que la calidad fisiológica está determinada mayormente por efectos de dominancia.

Manjarrez (2006) en un estudio realizado para evaluar diez líneas de maíz, cuatro de grano normal y seis de alta calidad proteica, analizó variables agronómicas, así como la calidad fisiológica de las semillas. Al realizar un análisis combinado de las variables agronómicas con las variables fisiológicas encontró una heredabilidad alta para germinación y vigor una heredabilidad baja. Además encontró que el tipo de acción génica aditiva fue la que predominó en los caracteres agronómicos y fisiológicos estudiados.

Vázquez (2007) al evaluar en campo, laboratorio e invernadero, la correlación entre variables agronómicas con variables fisiológicas de la semilla de 8 líneas S_2 y sus cruzas derivadas de una población criolla x mejorada, encontró que hay correlación entre altura de planta y longitud media de plúmula y raíz en invernadero en las líneas, y en las cruzas encontró correlación positiva entre rendimiento y longitud media de radícula en invernadero.

La asociación entre atributos agronómicos de campo y atributos de calidad fisiológica de semillas en laboratorio e invernadero, son componentes importantes en el acopio de información para la caracterización del germoplasma en un programa de mejoramiento. Posteriormente es necesario producir semillas de alta calidad que satisfagan las necesidades de los productores del agro-mexicano, en donde se involucren componentes genéticos, fisiológicos, físicos y sanitarios.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en tres etapas: 1) campo, la cual consistió en la evaluación agronómica; 2) laboratorio, evaluando en este caso atributos de calidad fisiológica; y 3) invernadero, en este estudio se determinó la velocidad de emergencia, emergencia total y otros parámetros de vigor.

Material Genético

Las poblaciones de maíz evaluadas en el presente trabajo de investigación, forman parte del Programa de Investigación de Recursos Fitogenéticos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

Dichos materiales se generaron a partir de una población criolla (adaptada a la localidad de Jagüey de Ferniza, Saltillo, Coahuila) y una población mejorada; utilizando mejoramiento poblacional, así como manejo agronómico.

Las poblaciones evaluadas en este trabajo de investigación se obtuvieron bajo la siguiente metodología: la población Jagüey (JagFHC) se formó a partir de una población criolla adaptada a la localidad de Jagüey de Ferniza, Saltillo,

Coah., a la cual se le aplicó el método de selección recurrente de familias de hermanos completos; la población Selección Precoz (SP), se obtuvo por selección recurrente de familias de hermanos completos a partir de la combinación de germoplasma criollo Jagüey con una población precoz mejorada; de la evaluación de las FHC, se identificaron familias con madurez precoz las cuales fueron recombinadas y de esta manera se desarrolló la población Selección Precoz (Rincón *et al.*, 2004). El esquema de la obtención de los materiales evaluados se muestra en la siguiente figura.

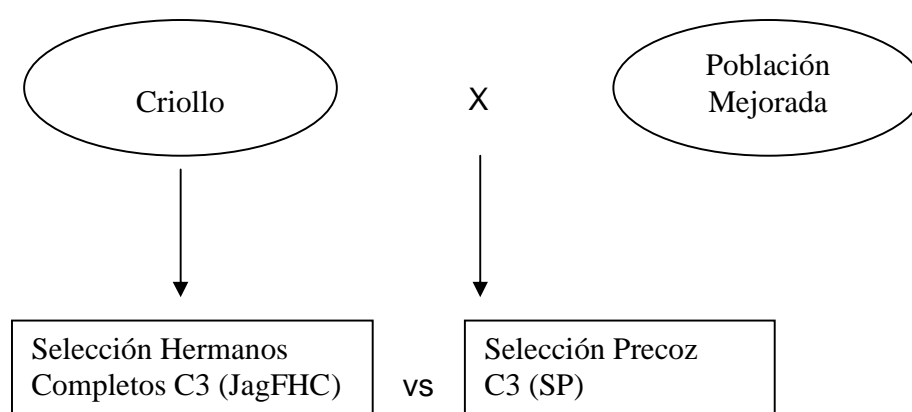


Figura 3.1. Esquema de la obtención de los materiales genéticos utilizados.

De tal manera que se evaluaron 80 familias de hermanos completos (tercer ciclo de selección) de la población Jagüey; y 100 familias de hermanos completos (tercer ciclo de selección) de la población Selección Precoz.

Etapa I. Campo

Ambas poblaciones se establecieron en la localidad, ejido “ El Mezquite”, Galeana, N. L. (condiciones de riego), la cual se ubica a 24° 49’ latitud norte y 100° 05’ longitud oeste, con una altitud de 1890 ms nm, en donde predominan suelos del periodo jurásico con una precipitación media anual de 429.8 mm y una temperatura media anual de 15.8 °C.

El experimento se estableció sembrando cada una de las familias en surcos de cuatro metros de longitud y 0.91 metros de distancia entre surco y surco. En la siembra se depositaron 2 semillas por golpe con el propósito de obtener un buen establecimiento y posteriormente se realizó el aclareo a una planta. En cada surco se depositaron un total de 42 semillas, para obtener 21 plantas por parcela.

Manejo Agronómico

Se realizaron prácticas culturales de barbecho, rastra y surcado; con el propósito de acondicionar el terreno para obtener una buena emergencia de plantas en campo.

Fertilización: Se aplicó una dosis de fertilización de 120-60-60. La fórmula se distribuyó en dos partes, la primera al momento de la siembra (60-60-60) y la segunda al momento de llevar a cabo el primer cultivo (60-00-00).

Riego: Se aplicó el riego inmediatamente después de la siembra, posteriormente la lámina y número de riegos se aplicaron de acuerdo a las condiciones climáticas (precipitación y temperatura) que se presentaron.

Control de malezas: se realizó al momento de la siembra con la aplicación del herbicida pre-emergente Primagram Gold[®]. Con una dosis de aplicación de 4 L ha⁻¹.

La evaluación de las variables agronómicas en campo se realizó seleccionando al azar cinco plantas por parcela; los caracteres evaluados fueron los siguientes:

1. Altura de planta (AP). Se midió la distancia en metros, desde la base de la planta hasta el punto de inserción de la espiga.
2. Altura de la mazorca (AM). Se midió la distancia en metros, desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca superior.
3. Días a floración masculina (FM). Expresado en número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas de cada parcela presentó emisión de polen.

4. Días a floración femenina (FF). Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas de cada parcela presentó emergencia de estigmas.
5. Acame de tallo (AT). Por ciento de plantas en cada parcela que presentaron el tallo totalmente quebrado por debajo de la mazorca superior.
6. Acame de raíz (AR). Por ciento de plantas en cada parcela que presentaron una inclinación de tallo igual o mayor a 30° respecto a la vertical del suelo.
7. Prolificidad (PRO). Expresado en el número de mazorcas cosechadas dividido entre el número de plantas cosechadas en cada parcela.
8. Mazorca podrida (MP). Por ciento de mazorcas que presentaron total o parcialmente granos podridos, en relación al número total de mazorcas cosechadas por parcela.
9. Mala cobertura (MCOB). Es el por ciento de plantas de la parcela cuyo totomoxtle (brácteas) no cubrió en su totalidad a la mazorca.
10. Humedad (HUM). Después de la cosecha se seleccionaron mazorcas representativas de cada parcela, las cuales se desgranaron y se mezcló la

semilla obteniendo aproximadamente 250 g, posteriormente se determinó la humedad mediante el aparato Dickie John.

11. Rendimiento (REND). Se estimó la producción de mazorca por cada parcela experimental al 15 % de humedad. Esto se obtuvo multiplicando el peso seco (PS) por el factor de conversión (FC), reportando este dato en t ha⁻¹.

$$PS = \frac{(100 - \%H)}{100} * PC$$

Donde:

% H = porcentaje de humedad del grano a la cosecha por parcela y PC = Es el peso de las mazorcas cosechadas en cada parcela expresado en kilogramos.

$$FC = \frac{10,000 m^2}{APU \times 0.85 \times 1000}$$

Donde:

APU = área de parcela útil. Determinado por la distancia entre surcos por la distancia entre plantas y por el número exacto de plantas por parcela; 0.85 = constante para obtener el rendimiento de peso seco al 15 % de humedad; 1000 = constante para obtener el rendimiento en t ha⁻¹ y 10,000 = valor equivalente a una hectárea en m².

Etapa II. Laboratorio

En el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, se evaluó la calidad fisiológica de la semilla, por medio de ensayos de germinación y vigor.

1. Germinación. Esta prueba se llevó a cabo basándose en lo establecido por el ISTA (2004), sin embargo se realizaron algunas modificaciones. Se sembraron tres repeticiones por cada familia; cada repetición consistió en colocar 25 semillas entre hojas de papel anchor previamente humedecidas, posteriormente se enrollaron formando “tacos”; aleatoriamente se acomodaron cuatro tacos por bolsa y se establecieron en una cámara germinadora Hoffman Manufacturing a una temperatura de 25 °C durante siete días.

Se realizaron dos evaluaciones, el primero tomado como indicador de vigor, consistió en evaluar a los cuatro días después de la siembra el número de plántulas normales. El segundo se llevó a cabo al séptimo día, se contaron las plántulas normales, anormales y semillas sin germinar, de esta manera se obtuvo la germinación estándar, reportándose dicho dato en por ciento.

2. Desarrollo y evaluación de las plántulas. Consistió en medir a las plántulas normales obtenidas en el ensayo de germinación, la longitud de la plúmula y

radícula reportando este dato en centímetros. Esta prueba se realizó con el propósito de evaluar el vigor.

3. Peso seco de plántulas. Las plántulas normales obtenidas en la prueba de germinación, se colocaron en bolsas de papel perforadas, posteriormente se depositaron en una estufa de secado Lab-Line modelo 3478M, a 70 °C durante 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo se pesaron las plántulas reportando dicho dato en miligramos por plántula.

Etapas III. Invernadero

El experimento fue establecido en el invernadero dos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, a una humedad relativa de 75 %.

Este ensayo se estableció en una cama de 5 m de longitud por 0.75 m de ancho, usando arena de río como sustrato, el cual se desinfectó previamente a base de Bromuro de Metilo. Dicho experimento consistió en sembrar 50 semillas por cada familia, a una profundidad de 2 cm. Teniendo dos parcelas de 25 semillas por cada material. En este caso las variables evaluadas fueron las siguientes:

1. Índice de velocidad de emergencia. La determinación de este índice tiene como propósito evaluar el vigor, la estimación de dicha prueba se realizó contando diariamente las plántulas emergidas, tomando como emergidas

aquellas que sobresalían 2 cm aproximadamente por encima del sustrato. Una vez que dejaron de emerger las plántulas se terminó el conteo. El índice se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$I.V.E. = \sum_{i=1}^n \frac{\text{No. de plántulas emergidas al } i - \text{ésimo conteo}}{\text{No. de días desde la siembra al } i - \text{ésimo conteo}}$$

Asimismo se determinó el por ciento de emergencia total, para lo cual se tomó en cuenta el número de plántulas totales emergidas, hasta el último día de conteo, mediante la siguiente fórmula:

$$\% E = \frac{\text{Plántulas emergidas en el ultimo conteo}}{\text{No. de semillas sembradas en la repetición } n - \text{ésima}} \times 100$$

2. Desarrollo y evaluación de las plántulas. Se tomaron cinco plántulas normales representativas de cada parcela, a las cuales se les midió la longitud de plúmula y radícula, reportando este dato en centímetros. Esta evaluación es considerada indicativo de vigor.

3. Peso seco de plántula. Al igual que la anterior, esta variable se midió con el propósito de evaluar el vigor. Las mismas cinco plántulas se colocaron por separado la plúmula y radícula en bolsas de papel perforadas, posteriormente se depositaron en una estufa de secado Lab-Line modelo 3478M, a 70 °C durante 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo se pesó la plúmula y la radícula, reportando dicho dato en miligramos.

Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado para evaluar las variables en la etapa de campo, fue un diseño completamente al azar, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1 \dots \tau; i = \text{Poblaciones}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta en la j - ésima unidad experimental con la población i - ésima; μ = Media general; τ_i = Efecto de la i - ésima población; ε_{ij} = Error experimental en la i - ésima población.

En cuanto a las etapas de laboratorio e invernadero el análisis de varianza utilizado fue en bloques completamente al azar, cuyo modelo lineal es el siguiente:

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

$$i = 1 \dots \tau; j = 1 \dots b$$

$$i = \text{Poblaciones}; j = \text{Bloques}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta en la j - ésima unidad experimental con la población i - ésima; μ = Media general; τ_i = Efecto de la i - ésima población; β_j = Efecto del j - ésimo bloque; ε_{ij} = Error experimental en el j - ésimo bloque de la i - ésima población.

Respecto a la prueba de comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) de probabilidad para todas las variables evaluadas. Para procesar los datos de las variables estudiadas se usó el paquete estadístico SAS (2002-2003).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos y a la comprobación de la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis estadísticos de las variables evaluadas en las poblaciones Jagüey y Selección Precoz. Con la finalidad de una mejor interpretación, los resultados se presentan en tres etapas, campo, laboratorio e invernadero.

Etapa I. Campo

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza y las significancias de los atributos agronómicos evaluados a las poblaciones Jagüey y Selección Precoz. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre poblaciones para las variables, rendimiento (REND), floración masculina (FM), mala cobertura de mazorca (MCOB), acame de tallo (AT), mazorcas podridas (MP) y prolificidad (PRO). Las diferencias de rendimiento y demás variables antes mencionadas indican que la incorporación de germoplasma mejorado hacia la población criolla adaptada, originó diferencias entre las poblaciones Jagüey y Selección Precoz (cruza entre la población criolla Jagüey y una mejorada). Por el contrario no se encontró

diferencias significativas en las variables, floración femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y acame de raíz (AR), lo cual se puede atribuir a que ambas poblaciones contienen germoplasma criollo adaptado (Jagüey) en su constitución genética, por lo que existen similitudes entre las poblaciones evaluadas al no registrar variación en dichos caracteres.

Al comparar las medias de las variables agronómicas estudiadas (Cuadro 4.2), se encontró que las poblaciones presentan diferencias en algunos de los atributos evaluados; en cuanto al carácter rendimiento (REND), la población Selección Precoz presentó 10.84 t ha^{-1} , superando a la población Jagüey la cual obtuvo 7.47 t ha^{-1} , existiendo en este caso una diferencia entre poblaciones de 3.37 t ha^{-1} , lo que muestra un incremento del 31.08 %. Esto representa el enorme potencial de rendimiento que contiene la población Selección Precoz.

El comportamiento de la población Selección Precoz mostrando un mejor rendimiento de mazorca, se atribuye a la contribución del germoplasma mejorado hacia la población criolla, resultado similar obtuvieron Rincón y Ruiz (2004) al encontrar una contribución de germoplasma mejorado hacia una población criolla adaptada, sobre el rendimiento de mazorca, asimismo Ramírez *et al.* (2003), al evaluar la cruce de maíces criollos con generaciones avanzadas de variedades comerciales, encontraron mayor rendimiento en la cruce, la cual fue 16.2 % superior a la media de sus progenitores. Por otro lado, se corrobora lo informado por De La Cruz *et al.* (2003), referente a la importancia de las combinaciones entre poblaciones adaptadas y exóticas.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos agronómicos evaluados en campo.

Localidad ejido “El Mezquite”, Galeana, N. L. 2006.

F.V	GI	REND (t ha⁻¹)		GI	FM (días)		FF (días)		AP (m)		AM (m)		MCOB (%)	
Poblaciones	1	590.320	**	1	121.102	**	19.900	ns	0.011	ns	0.057	ns	9149.715	**
Error	228	4.596		229	9.171		9.864		0.024		0.035		244.706	
C. V (%)		22.129			3.361		3.423		6.331		13.225		86.742	

F.V	GI	AR (%)		AT (%)		MP (%)		PRO (%)	
Poblaciones	1	5.077	ns	125.857	**	1381.056	**	5.622	**
Error	229	21.334		13.011		28.569		0.054	
C. V (%)		245.923		238.187		80.404		17.468	

** = Significativo al 0.01 de probabilidad; ns = no significativo; REND = Rendimiento; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; MCOB = Mala cobertura de mazorca; AR = Acame de raíz; AT = Acame de tallo; MP = Mazorcas podridas; PRO = Prolificidad.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de los atributos agronómicos evaluados en campo. Localidad ejido “El Mezquite”, Galeana, N. L. 2006.

Poblaciones	REND (t ha⁻¹)	FM (días)	FF (días)	AP (m)	AM (m)	MCOB (%)	AR (%)	AT (%)	MP (%)	PRO (%)
Precoz	10.84 a	90.60 a	91.96 a	2.49 a	1.43 a	22.61 a	1.98 a	0.97 b	4.86 b	1.44 a
Jagüey	7.47 b	89.08 b	91.35 a	2.48 a	1.40 a	9.38 b	1.67 a	2.52 a	10.00 a	1.11 b
Media	9.68	90.08	91.75	2.49	1.42	18.03	1.87	1.51	6.64	1.33
Tukey	0.58	0.82	0.85	0.04	0.05	4.26	1.25	0.98	1.45	0.06

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$ %); REND = Rendimiento; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; MCOB = Mala cobertura de mazorca; AR = Acame de raíz; AT = Acame de tallo; MP = Mazorcas podridas; PRO = Prolificidad.

En cuanto a la variable días a floración, es considerada muy importante ya que los nuevos materiales que se generen deben tener una madurez que se ajuste a los sistemas de producción de la región en estudio. En este sentido la población Selección Precoz fue ligeramente más tardía a floración masculina (FM) con 90.60 días, mientras que la población Jagüey fue más precoz con 89.08 días, en cuanto a la floración femenina (FF) la Selección Precoz y Jagüey presentaron 91.96 y 91.35 días a floración, respectivamente. Como se puede observar, el intervalo entre las floraciones en ambas poblaciones es reducido, lo que representa una ventaja, ya que según Chapman y Edmeades (1999), la sincronía floral está asociada a la tolerancia a factores adversos.

El mayor porcentaje de mala cobertura de mazorca (MCOB) se presentó en la población Selección Precoz (22.61 %), en lo que corresponde a la población Jagüey esta presentó 9.38 %, respecto a esta variable Lafitte *et al.* (2001) mencionan que en la distribución de materiales asimilados en maíces tropicales se invierte una considerable cantidad de materia seca para la formación de las hojas de cobertura. Por lo tanto, las diferencias entre poblaciones en cuanto a esta variable, se pueden atribuir a un proceso fisiológico, en el cual las poblaciones difieren en la cantidad de materiales asimilados que destinan a las estructuras de la planta.

El acame es un criterio importante en los programas de selección, ya que se busca tener plantas resistentes a las condiciones eólicas que se puedan presentar en la región de estudio. En este sentido, en la variable acame de tallo

(AT) se encontró que la población Jagüey presentó una mayor incidencia con 2.52 %, en lo que concierne a la población Selección Precoz, esta presentó un menor porcentaje de acame con 0.97 %. En cuanto al carácter acame de raíz (AR), no se encontró diferencias entre poblaciones. Generalmente los alelos para mayor acame son dominantes (Hallauer y Miranda, 1981), por el contrario los alelos favorables para menor acame son recesivos; por lo tanto al presentarse un menor porcentaje de acame de tallo en la población Selección Precoz, nos indica el aporte de alelos favorables para reducir acame de la población mejorada hacia la población criolla.

Al tener presencia de mazorcas podridas (MP) en un lote de producción, se reduce la cantidad y calidad de grano o semilla en su caso. En cuanto a este carácter evaluado en ambas poblaciones, la población Jagüey mostró mayor susceptibilidad a la pudrición con 10.00 %, mientras que la población Selección Precoz presentó 4.86 % de mazorcas podridas. Lo que indica que la población Selección Precoz posee alelos favorables de resistencia a la pudrición de mazorca. En este caso, al parecer la pudrición de mazorca no dependió de la mala cobertura.

El carácter prolificidad (PRO) es un atributo agronómico que puede ayudar a explicar la ganancia en rendimiento de grano. En este sentido la población Selección Precoz presentó el mayor porcentaje de prolificidad, la cual fue de 1.44 % y de menor prolificidad la población Jagüey con 1.11 %. El mayor rendimiento de la población Selección Precoz (Cuadro 4.2) se puede atribuir a

una mayor prolificidad presentada, corroborando lo reportado por Maya y Ramírez (2002), quienes encontraron que el aumento en rendimiento de grano está asociado con el incremento en la prolificidad.

En los caracteres altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) ambas poblaciones se comportaron de manera similar, producto de que ambas poblaciones contienen germoplasma criollo (Jagüey) en su constitución genética. Al presentar similitud en altura ambas poblaciones (Selección Precoz y Jagüey), pueden ser atractivas para los productores de la región en la cual se llevó a cabo este estudio, ya que los agricultores utilizan las plantas después de la cosecha como fuente de forraje.

Al comparar los resultados que se muestran en los Cuadros 4.1 y 4.2 se observa, que existen diferencias entre las poblaciones para algunas de las variables evaluadas, presentando en general un mejor desempeño agronómico la población Selección Precoz, la cual es resultado de la cruce de la población criolla Jagüey con material mejorado, lo cual indica un efecto positivo al cruzar poblaciones criollas con mejoradas, lo anterior coincide con Montenegro *et al.* (2002), quienes al cruzar 42 accesiones de maíz criollo y dos poblaciones (POB21 y POB32) procedentes del banco de germoplasma del CIMMYT, encontraron un rendimiento promedio de 9.104 t ha^{-1} ; por su parte, García *et al.* (2002), al cruzar una variedad (Zacatecas 585M₂₀) con un compuesto (Tuxpeño Crema 1 SM₁₂), encontraron que la cruce F₁ superó en rendimiento a sus progenitores.

Además, al encontrar mayor rendimiento y prolificidad en la población Selección Precoz y otras diferencias en comparación a la población criolla Jagüey, se observa la contribución del material mejorado hacia el material criollo, un resultado similar obtuvo Vidrio (2001) al estimar la expresión fenotípica de una población con dosis de germoplasma criollo y mejorado (25:75) respectivamente, encontró que se manifestaron las características de un material mejorado, como incremento del rendimiento y número de mazorcas por planta, entre otros. En el mismo sentido, Rincón y Ruiz (2004) al evaluar una población local adaptada (criollo) y dos poblaciones (precoz y tardía) obtenidas a partir de la combinación de germoplasma criollo con una población precoz mejorada, encontraron diferencias relativas entre las poblaciones, exhibiendo de esta manera la contribución del germoplasma mejorado, hacia la población local adaptada.

Etapa II. Laboratorio

Los cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos (Cuadro 4.3), muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre bloques para la variable longitud media de plúmula (LMP), lo que justifica el haber empleado este diseño y su eficiencia en la cuantificación de la variación existente dentro de la cámara de germinación, al menos en este atributo. Asimismo se presentó diferencia ($P \leq 0.01$) entre poblaciones en las variables por ciento de germinación (GER), semilla sin germinar (SSG), peso seco (PS), longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR). Esto nos indica diferencias entre

poblaciones en la calidad fisiológica de la semilla, debido a la conformación genética de ambas poblaciones ya que la población Selección Precoz contiene germoplasma mejorado, en este sentido Estrada *et al.*, (1999) mencionan que la constitución genotípica de las semillas es decisiva para su desempeño germinativo.

En cuanto a las variables plántulas normales al primer conteo (PC) y plántulas anormales (PA), estas no presentaron diferencias significativas, por lo tanto se puede decir que esta prueba no presentó efectividad para diferenciar los niveles de vigor entre las poblaciones evaluadas, resultado similar obtuvieron Molina *et al.* (1992), al no encontrar diferencias significativas en la variable primer conteo entre 15 lotes de tres variedades de maíz.

En la comparación de medias (Cuadro 4.4) se puede observar que en la variables por ciento de germinación (GER), de la cual se obtiene información con respecto a la capacidad de la semilla para producir una plántula normal, la población Selección Precoz presentó el mejor resultado con 92.40 %, siendo superior a la población Jagüey la cual obtuvo 89.22 %. Este resultado se puede atribuir a que las poblaciones evaluadas presentan diferencias en su constitución genética. Según Creech (1985), la presencia de genes simples recesivos en el endospermo en interacción ocasionan resultados perjudiciales en la capacidad germinativa.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos de las poblaciones Selección Precoz y Jagüey ensayados en laboratorio (Semilla original 2005).

F. V	Gl	PC (%)	GER (%)	PA (%)	SSG (%)	PS (mg)	LMP (cm)	LMR (cm)
Bloques	2	49.73 ns	36.85 ns	46.30 ns	9.60 ns	279.09 ns	13.80 *	3.04 ns
Poblaciones	1	516.78 ns	1273.62 **	84.54 ns	701.87 **	25662.54 **	81.35 **	154.81 **
Error	506	148.72	82.10	36.01	19.50	120.59	4.56	2.43
C.V (%)		14.47	9.95	97.20	156.60	15.99	18.56	8.08

* , ** = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad; ns = no significativo; PC = Plántulas normales al Primer conteo; GER = Por ciento de germinación; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; PS = Peso seco; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

Además, estos resultados muestran diferencias entre poblaciones, en cuanto a la actividad metabólica en los procesos bioquímicos de la semilla durante la germinación. Al respecto Anderson (1973), señala que se ha correlacionado la germinación y el vigor de la semilla con la actividad metabólica.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las poblaciones Selección Precoz y Jagüey (Semilla original 2005).

POB	PC (%)	GER (%)	PA (%)	SSG (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PS (mg/pl)
Precoz	85.12 a	92.40 a	5.81 a	1.78 b	11.86 a	18.83 b	74.94 a
Jagüey	83.09 a	89.22 b	6.63 a	4.14 a	11.05 b	19.94 a	60.65 b
Media	84.23	91.00	6.17	2.82	11.50	19.32	68.66
Tukey	2.13	1.58	1.05	0.77	0.37	0.27	1.92

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$ %); PC = Plántulas normales al Primer conteo; GER = Por ciento de germinación; PA = Plántulas anormales; SSG=Semilla sin germinar; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula; PS = Peso seco.

La variable semilla sin germinar (SSG) indica el porcentaje de semillas que han sufrido cambios degenerativos que han ocasionado su muerte. En este sentido, la población Jagüey fue la que mayor incidencia mostró hacia esta variable con 4.14 %, siendo la población Selección Precoz la que presentó menor porcentaje de semillas sin germinar con solo 1.78 %. Abdul-Baki y Anderson (1972) señalan que la calidad fisiológica de la semilla inicia un descenso inmediatamente después de la madurez fisiológica. Por lo tanto estos resultados

indican que la población Selección Precoz, presenta un proceso de envejecimiento natural menor en comparación a la población Jagüey.

Un examen indirecto para medir las atribuciones fisiológicas de la semilla, es la evaluación del desarrollo de las plantas, en este caso, para la variable longitud media de plúmula (LMP), la población Selección Precoz presentó mayor crecimiento (11.86 cm) en comparación a la población Jagüey (11.05 cm). Esto nos indica que las poblaciones evaluadas presentan diferencias genotípicas, según lo señala Moreno (1996) quien menciona que en la prueba de desarrollo y evaluación de las plántulas, diferentes genotipos pueden variar en la velocidad del desarrollo de las plántulas. Asimismo, Popinigis (1985) menciona que el crecimiento de plántulas es un parámetro muy variable y fuertemente influenciado por factores genéticos.

En cuanto a la variable longitud media de radícula (LMR), la población Jagüey mostró ser superior (19.94 cm) a la población Selección Precoz, la cual presentó 18.83 cm de longitud. Estas diferencias se atribuyen a las diferencias genotípicas que presentan las poblaciones evaluadas, corroborando lo informado por Feldman (1994), quien menciona que los distintos genotipos de maíz presentan marcadas diferencias en su sistema radical, masa de raíces, número de ramificaciones por unidad de longitud y difusión lateral de las raíces.

En cuanto a la variable peso seco (PS), la población Selección Precoz presentó superioridad acumulando mayor cantidad de materia seca (74.94 mg/plántula), en

lo que respecta a la población Jagüey acumuló menor cantidad (60.65 mg/plántula). Como se puede observar se encontró que a mayor longitud de plúmula (Cuadro 4.4) mayor es el peso seco, resultado similar obtuvieron, Estrada *et al.*, (1999) quienes encontraron relación directa entre la longitud de plúmula y peso seco, confirmando que a mayor longitud corresponde mayor peso seco.

En base a lo anterior se considera que las pruebas de germinación y vigor son herramientas confiables para determinar y comparar los niveles de calidad fisiológica entre las poblaciones evaluadas, tal como lo señala Moreno (1996) al hacer referencia que la prueba de germinación permite establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie. En este caso la población Selección Precoz mostró mayor eficiencia fisiológica. Las diferencias registradas entre poblaciones en cuanto a vigor, se atribuye a la conformación germoplásmica, ya que la Selección Precoz proviene de la cruce entre material criollo Jagüey y germoplasma mejorado. Al respecto Perry (1983) menciona que el vigor puede verse alterado por la constitución genética, el desarrollo de la planta madre y por el tipo de progenitores. Por su parte McDonald (1998), señala que el vigor es una característica genética de la planta expresada a nivel de semilla, que es afectada por factores exógenos como la nutrición de la madre. Asimismo, el resultado de mayor vigor registrado en la población Selección Precoz, se atribuye a que esta, presenta una mayor actividad enzimática y metabólica, síntesis acelerada de ATP, ADN, ARN y proteínas.

Etapa III. Invernadero

Los cuadrados medios del análisis de varianza de las variables evaluadas en invernadero se presentan en el Cuadro 4.5. En cuanto a la fuente de variación bloques, resultó no significativo para las variables evaluadas, indicando uniformidad en el ambiente del invernadero, en el cual se llevó a cabo este estudio. Respecto a la fuente de variación poblaciones, se presentó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en las variables emergencia total (ET), peso seco de plúmula (PSP) y longitud media de plúmula (LMP). Indicando con esto que las poblaciones evaluadas difieren en la emergencia en invernadero, desarrollo de plántula y acumulación de materia seca.

En el Cuadro 4.6 se presenta la comparación de medias de las variables evaluadas bajo invernadero. En donde se puede observar que la población Selección Precoz mostró superioridad en emergencia total (ET) con 97.126 % de de plántulas emergidas, presentando menor porcentaje (91.436 %) la población Jagüey. Lo que representa un mayor vigor, el cual puede representar una ventaja de la población Selección Precoz para su establecimiento en campo. En este sentido, Matthews (1980) comenta que la emergencia uniforme y alto nivel de emergencia de la semilla son el reflejo del alto vigor de la misma.

Cuadro 4.5. Cuadrados medios del análisis de varianza de los atributos fisiológicos de las poblaciones Selección Precoz y Jagüey evaluadas en invernadero (Semilla original 2005).

F.V	GI	IVE	ET (%)	PSP (mg)	PSR (mg)	LMP (cm)	LMR (cm)
Bloques	1	0.760 ns	80.104 ns	0.351 ns	74.785 ns	0.636 ns	0.536 ns
Poblaciones	1	0.575 ns	2747.019 **	2607.625 **	35.854 ns	948.132 **	3.728 ns
Error	341	0.351	56.891	95.188	20.749	2.518	2.756
C.V (%)		16.787	7.972	27.849	37.210	12.808	11.659

** = Significativo al 0.01 de probabilidad; ns = no significativo; IVE = índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; PSP = Peso seco de plúmula; PSR = Peso seco de radícula; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

Por otra parte, se observó que el desempeño de las semillas de ambas poblaciones en esta variable, fue superior al por ciento de germinación expresado en laboratorio, lo cual se puede atribuir a una interacción positiva con las condiciones en el invernadero, las cuales favorecieron la respiración en la semilla, proporcionando la energía requerida para expresar su potencial germinativo. Al respecto De Viseer *et al.* (1990) y Stewart *et al.* (1990), mencionan que los principales factores que intervienen en la respiración para proporcionar la energía en la germinación, son los sustratos almacenados, la temperatura, el oxígeno y el CO₂. En cuanto a las diferencias registradas entre ambas pruebas, Molina *et al.* (1992) informan que es frecuente que ocurra esto cuando se comparan trabajos de laboratorio con invernadero.

Cuadro 4.6. Comparación de medias de los atributos fisiológicos de las poblaciones Selección Precoz y Jagüey evaluados en invernadero (Semilla original 2005).

Poblaciones	IVE	ET (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)
Precoz	3.567 a	97.126 a	10.913 b	14.333 a	32.583 b	11.954 a
Jagüey	3.485 a	91.436 b	14.256 a	14.123 a	38.127 a	12.604 a
Media	3.531	94.612	12.390	14.240	35.032	12.241
Tukey	0.126	1.610	0.338	0.354	2.083	0.972

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$ %); IVE = índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula; PSP = Peso seco de plúmula; PSR= Peso seco de radícula.

En la variable longitud media de plúmula (LMP), la población Jagüey fue la que presentó mayor longitud (14.256 cm) respecto a la población Selección Precoz (10.913 cm). Tomando en cuenta que en el invernadero en el cual se llevó a cabo el estudio existe variación de temperatura diaria (día/noche), este resultado nos indica que la población Jagüey presenta mayor tolerancia a la variación de temperatura, lo que puede ser atribuido a que los maíces criollos presentan mayor tolerancia a condiciones adversas. Al respecto Miedema (1982), menciona que los efectos de las temperaturas se manifiestan sobre las funciones enzimáticas y se ponen en evidencia por la reducción de la tasa fotosintética, del crecimiento y de la extensión de las hojas.

En la variable peso seco de plúmula (PSP), la población Jagüey obtuvo mayor acumulación de materia seca, presentando 38.127 mg/plúmula, superando a la población Selección Precoz, la cual obtuvo 32.583 mg/plúmula. Se observó, una relación directa entre la longitud de plúmula y el peso seco, ya que la población Jagüey que presentó mayor longitud correspondió un mayor peso seco. Esta superioridad de la población Jagüey en longitud de plúmula así como peso seco de plúmula, se puede atribuir a que los maíces criollos poseen características de mayor eficiencia en acumulación de materia seca. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Ávila (2006), quien al comparar poblaciones mejoradas contra poblaciones criollas, encontró que estas últimas desarrollaron mayor longitud de plúmula y por consiguiente acumularon mayor contenido de materia seca, además de presentar mayor tasa de asimilación de CO₂.

Al no registrarse diferencia entre poblaciones en las variables índice de velocidad de emergencia (IVE), longitud media de radícula (LMR) y peso seco de radícula (PSR), los cuales son indicativos de vigor, se puede atribuir a que ambas poblaciones contienen germoplasma criollo Jagüey en su constitución genética, además ambas semillas fueron producidas en la misma localidad. En este sentido, Delouche (1980) menciona que la calidad de la semilla depende del clima y de las condiciones de crecimiento y desarrollo del cultivo, por su parte Hampton (1991), señala que el vigor de las semillas son definidas por la constitución genética y el ambiente.

Al analizar los datos de las variables en forma conjunta se pueden observar similitudes entre las poblaciones evaluadas, las cuales se pueden atribuir a que ambas poblaciones contienen germoplasma criollo en su constitución genética. Un resultado similar obtuvo Antonio *et al.* (2004), quienes no encontraron diferencias en emergencia de plántulas en variedades criollas de maíz azul raza chalqueño. En cuanto a las diferencias registradas, se pueden atribuir a que la población Selección Precoz contiene germoplasma mejorado, lo cual difiere de la población Jagüey, al respecto Moreno (1984) informa que el genotipo es una de las causas de mayor variabilidad en el vigor de las semillas. Asimismo estos resultados corroboran lo reportado por Hernández (1998), quien al utilizar la prueba de emergencia de plántulas en microtunel detectó diferencias significativas entre genotipos de maíz.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en este trabajo de investigación y relacionándolos con los resultados anteriormente mencionados, se concluye lo siguiente:

La población Selección Precoz mostró un comportamiento agronómico sobresaliente en el rendimiento superando en un 31.08 por ciento a la población Jagüey, sin embargo, ambas poblaciones se comportaron de manera similar en días a floración femenina, acame de raíz y altura de planta y mazorca.

En la evaluación en laboratorio, la población Selección Precoz presentó mayor eficiencia fisiológica en las variables germinación (92.40 %), longitud media de plúmula (11.86 cm) y producción de materia seca (74.94 mg/plántula).

En invernadero la población Selección Precoz presentó mayor porcentaje de emergencia total (97.12 %), sin embargo, la población Jagüey obtuvo mayor longitud de plúmula (14.25 cm) y acumulación de materia seca en plúmula (38.12 mg/plúmula).

Considerando las tres etapas del presente trabajo y los resultados obtenidos, en la mayoría de las variables evaluadas la población Selección Precoz presentó los mejores resultados, por lo cual se exhibe la contribución positiva del germoplasma mejorado hacia la población criolla.

RESUMEN

El acopio de información en la caracterización del germoplasma a utilizar en los programas de mejoramiento ayuda a los fitomejoradores al aprovechamiento de los caracteres favorables de acuerdo con los propósitos que persigue, la asociación entre caracteres agronómicos de campo y atributos de calidad fisiológica de semillas en laboratorio e invernadero son componentes importantes para ampliar la caracterización. Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) Evaluar el comportamiento agronómico de dos poblaciones de maíz criollo mejorado; 2) Determinar la calidad fisiológica de semilla de las dos poblaciones; y 3) Determinar los cambios ocurridos en la población criolla en respuesta al mejoramiento genético. Las poblaciones estudiadas fueron: 1) población criolla Jagüey generada a partir de selección recurrente de hermanos completos (C3); y 2) población Selección Precoz la cual se obtuvo por selección recurrente de familias de hermanos completos a partir de la combinación del germoplasma criollo Jagüey con una población precoz mejorada (C3). La investigación se realizó en tres etapas: 1) campo, se evaluó el comportamiento agronómico de ambas poblaciones, se estableció en la localidad ejido "El Mezquite", Galeana N.L.; 2) laboratorio, se determinó la calidad fisiológica de la semilla mediante ensayos de germinación y vigor; y 3) invernadero, se evaluó la velocidad de emergencia, emergencia total y otros parámetros de vigor.

Los resultados del comportamiento agronómico mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) entre poblaciones en la mayoría de los caracteres evaluados. En la variable rendimiento la población Selección Precoz, mostró el mejor resultados con 10.84 t ha^{-1} superando en un 31.08 por ciento a la población Jagüey. Al evaluar los datos obtenidos en laboratorio se encontró diferencia entre poblaciones ($P \leq 0.01$), siendo la población Selección Precoz, la que mostró mayor eficiencia fisiológica en por ciento de germinación (92.40 %), longitud media de plúmula (18.86 cm) y producción de materia seca (74.94 mg/plántula). En cuanto a la calidad fisiológica evaluada en invernadero se encontró diferencias entre poblaciones ($P \leq 0.01$), siendo la población Selección Precoz la que presentó mayor porcentaje de emergencia total (97.126 %), sin embargo la población Jagüey obtuvo mayor acumulación de materia seca en plúmula (38.127 mg/plúmula). El sobresaliente comportamiento agronómico de la población Selección Precoz mostrando un rendimiento superior a la población Jagüey, se atribuye a la contribución del germoplasma mejorado hacia la población criolla. Las diferencias entre poblaciones en cuanto a niveles de calidad fisiológica, registradas en el laboratorio, se pueden atribuir a que la Selección Precoz contiene germoplasma mejorado, lo cual difiere de la población Jagüey. Las diferencias en niveles de calidad entre poblaciones registradas en invernadero, indican la respuesta de estas hacia el mejoramiento genético, ocasionando un efecto en la emergencia y desarrollo de plántula en invernadero.

LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: Seed Biology. Vol. 2. Kozlowski, T. T. (ed.). Academic Press. N. Y. pp. 238-315.
- Aceves, R. E., A. Turrent, J. I. Cortes y V. Volke H. 2002. Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el valle de Puebla. Rev. Fitotec. Mex. 25(4): 339-347.
- Almekinders, C. 1998. ¿Por qué Fitomejoramiento Participativo? In: Memorias del Seminario de Fitomejoramiento Participativo. Experiencias y Oportunidades en Mesoamérica. 16 – 17 de Marzo de 1998. San José, Costa Rica. pp. 3-11.
- Allard, R. W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Primera edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. pp. 13, 65-70.
- Anderson, J. D. 1973. Metabolic Changes associated with senescence. Seed Sci. Technol. 1:401-416.
- Antonio, M. M., J. L. Arellano V., G. García de los S., S. Miranda C., J. A. Mejía C. y F. V. González C. 2004. Variedades criollas de maíz azul raza chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27(1): 9-15.
- Antuna G., O. F., F. Rincón S., E. Gutiérrez R., N. A, Ruiz T. y L. Bustamante G. 2003. Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 26(1): 11-17.

- Arellano V., J. L., C. Tut C., A. María R., Y. Salinas M. y O. R. Taboada G. 2003. Maíz azul de los valles altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 26 (2): 101-107.
- Ávila U., G. 2006. Estrategias para la producción de semilla de maíz criollo mejorado. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 47 p.
- Bänzinger, M. and M. Cooper. 2001. Breeding for low input conditions and consequences for participatory plant breeding examples from tropical maize and wheat. *Euphytica*. Vol. 122(3): 503-519.
- Bellon, M. R. 2002. Métodos de investigación participativa para evaluar tecnologías: Manual para científicos que trabajan con agricultores. CIMMYT (Pub). México. 96 p.
- Bergvinson, J. D., A. Ramírez., D. Flores V. y S. García-Lara. 2007. Mejoramiento de maíces criollos por integración de alelos. México, D.F. CIMMYT. 1 p.
- Castillo G., F. 1994. Aprovechamiento de la diversidad genética del maíz en México. *In*. Memorias de II Congreso Latinoamericano de genética. XV Congreso de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Monterrey N. L., México. pp. 79-79.
- Castillo R., A. 1994. Mejoramiento comprensivo aprovechando una base genética amplia y selecta de maíces para regiones semiáridas de México. Tesis de Maestría en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 67 p.
- Carabolloso, T. V., A. Mejía C., S. Valderrama C., A. Carballo C. y F. V. González C. 2000. Divergencia en poblaciones de maíz nativas de valles altos de México. *Agrociencias* 34:167-174.
- Carrera V., M. A. 2003. Aptitud combinatoria general y específica en la germinación y vigor de semilla de maíz de alta calidad proteica y normal. Tesis de Licenciatura Ingeniero Agrónomo en Producción. Universidad

Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. pp. 54-55.

Chapman S. and G. Edmeades. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: II. Direct and correlated responses among secondary traits. *Crop Sci.* 39: 1315-1324.

Creech, R. G. 1985. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize. *Genetics* 52: 1170-1175.

Crossa, J., C. O. Gardner and R. F. Mumm. 1987. Heterosis among populations of maize (*Zea mays* L.) with different levels of exotic germplasm *Theor. Appl. Genet.* 73:445-450.

De la Cruz, L. E., E. Gutiérrez del R., A. Palomo G. y S. Rodríguez H. 2003. Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 26 (4): 279-284.

De la cruz, L. E., J. Ron P., J. L. Ramírez D., J. J. Sánchez G., M. M. Morales R., M. Chuela B., S. A. Hurtado de la P. y S. Mena M. 2003. Heterosis y aptitud combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:1-10.

Delouche, J. C. 1980. Environmental effect on seed development and seed quality. *Hortscience* 15: 775-780.

De Visser, R., H. M. Dekhuijzen, and D. R. Verkerke. 1990. Control of seed respiration and growth in *Vicia faba* by oxygen and temperature: No evidence for an oxygen diffusion barrier. *Plant Physiol.* 93:668-672.

Dobzhansky, T. 1982. *Genetics and the origin of species*. Columbia University Press. Series: The Columbia Classics in Evolution. New York. 364 p.

Doebley, J., M. Goodman M. and C. Stuber W. 1984. Isonzymatic variation in *Zea* (Gramineae). *Syst. Bot.* 9(2): 203 - 218.

- Estrada G., J. A., A. Hernández L., F. Hernández O., A. Carballo C. y F. Valerio C. 1999. Tipos de endospermo en maíz y su relación con la calidad de la semilla. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 22:99-109.
- Eyzaguirre, P. and M. Iwanaga. 1996. Participatory plant breeding. *Proc. Workshop on participatory plant breeding.* 26-29 July, Wageningen, The Netherlands. IPGRI, Rome. Italy, 164 p.
- Feldman, L. 1994. The maize root. *In: M. Freeling & V. Walbot (eds.). The maize handbook.* New York, NY, USA, Springer-Verlag. pp. 17-28.
- García, Z. J., J. López R., J. Molina G., y T. Cervantes S. 2002. Selección masal visual estratificada y de familias de medios hermanos en una crucea intervarietal F₂ de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25 (4):187-391.
- Hampton, J. G. 1991. Herbage seed lot vigour – do problems start with seed production? *Journal of Applied Seed Production.* 9:87-93.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda F. O. 1981. *Quantitative Genetics in Maize Breeding.* Iowa State University Press. Ames, Iowa. 468 p.
- Hernández C., J. M. 1999. La diversidad de maíz mexicano y su conservación. *IN. 2^{do}. Taller Nacional de Especies de Maíz.* Dr. Mario E. Castro Gil. Del 9 al 10 de septiembre de 1999. UAAAN (ed). Saltillo, Coahuila, México. pp. 1-15.
- Hernández C., J. M. y G. Esquivel E. 2004. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz en valles altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 27: 27-31.
- Hernández G., J. A. 1998. Estudio metodológico para estimar índices de vigor en maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Post-graduados, Montecillo, México. 118 p.
- Hernández X., E. 1972. Exploración etnobotánica en maíz. *Fitotecnia Latinoamericana* 8:46-51.

- Holland J. B., M. Goodman M. y F. Castillo G. 1996. Identification of agronomically superior Latin American maize accessions via multistage evaluations. *Crop Sci.* 36:778-784.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International Rules for Seed Testing. Ed. 2004. Bassersdorf, CH-Switzerland. 700 p.
- Latiffe, R. P., G. Granados, H. Renée L., A. Violic D. y J. Pierre M. 2001. El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y Producción. Dirección de producción y protección vegetal de la FAO. Roma, Italia.
- Louette, D. 1996. Intercambio de semilla entre agricultores y flujo genético entre variedades de maíz en sistemas agrícolas tradicionales. In: J. Antonio Serratos, Martha C. Willcox y Fernando Castillo (eds.), Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: Implicaciones para el maíz transgénico. INIFAP CIMMYT-CNBA. México. D. F. CIMMYT. pp. 60-71.
- Louette, D. and M. Smale. 1996. Genetic Diversity and Maize Seed Management in a Traditional Mexican Community: Implications for *in situ* Conservation of Maize. NRG papers 96-03. México. D. F. CIMMYT. 12 p.
- Márquez S., F. 1985. Genotecnia vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo I. AGT editor, S. A. México, D. F. 357 p.
- Márquez S., F. 1990. Back-cross theory for maize. I: Homozigosis and heterosis. *Maydica.* 35:17-22.
- Márquez S., F. 2002. Mejoramiento de tres razas de maíz para la península de Yucatán bajo retrocruza limitada. In: Simposium IPGRI: Manejo de la diversidad cultivada en los agroecosistemas tradicionales. 13 al 16 de febrero del 2002. Mérida, Yuc. México. 47 p.
- Manjarrez S., M. 2006. Efectos genéticos en la calidad de semillas de maíz de grano normal y de alta calidad proteica. Tesis de Maestría en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. pp. 95-97.

- Maya L., J. B. y J. L. Ramírez D. 2002. Selección recurrente en tres poblaciones de maíz para el subtrópico de México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25(2): 201 - 207.
- Matthews, S. 1980. Controlled deterioration; a new vigour test for crops seeds. *In: P. D. Hebblethwaite (eds.). Seed Production.* London; Butterworths. pp. 467-660.
- McDonald, M. B. 1998. Seed quality assessment. *Seed Sci. Technol.* 8:265-275.
- Miedema, P. 1982. The effects of low temperature on *Zea mays*. *Adv. Agron.*, 35:93-129.
- Molina, M. J., D. Lisakowski I. y E. Paulo Z. 1992. Pruebas de vigor para semillas de maíz y su relación con la emergencia en campo. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 15: 10 - 21.
- Montenegro T., H., F. Rincón S., N. A. Ruiz T., H. de León C. y G. Castañón N. 2002. Potencial genético y aptitud combinatoria de germoplasma tropical. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25 (2):135-142.
- Moreno M., E. 1984. Análisis físicos y biológicos de semillas agrícolas. UNAM. México, D. F. 383 p.
- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas. Tercera Edición. Instituto de Biología UNAM. México. pp. 237-303.
- Ortega P., R., J. J. Sánchez G., F. Castillo G., V. González H., J. M. Hernández C. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. *in: Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México.* R. Ortega P, G. Palomino H, F Castillo G, M. Livera M (Eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, Chapingo, México. pp: 161-185.
- Pérez, C. A., J. D. Molina G. y A. Martínez G. 2002. Adaptación a clima templado de razas tropicales y subtropicales de maíz de México por selección masal visual. Rendimiento, altura de planta y precocidad. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25(4): 435-441.

- Pérez, F. J. 1995. Pruebas de sanidad de semillas de soya. VII curso de actualización en tecnología de semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 41 p.
- Perry, D. A. 1983. El concepto de vigor de semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semillas. P. H. Hebblehwaite (Coord.). F. Stanham (Trad.). Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 693-701.
- Popinigis, F. 1985. Fisiologia da semente. AGIPLAN, Brasilia, D. F. 289 p.
- Potts, H. E. 1977. Semillas, desarrollo, estructura y función. Curso sobre producción de semillas. Centro Internacional de agricultura tropical. Cali, Colombia.
- Ramírez M. C. A., F. Márquez S., S. A. Rodríguez H. y J. Ron P. 2003. Comportamiento de retrocruzas divergentes y cruas entre cruas de maíces criollos y mejorados. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 26(4): 215-221.
- Rincón S., F., H. De León C., N. A. Ruiz T. y J. L. Herrera A. 2002. Avances en el aprovechamiento de germoplasma de maíz bajo el enfoque de mejoramiento participativo. *In*: Simposium IPGRI: Manejo de la diversidad cultivada en los agroecosistemas tradicionales. 13 al 16 de febrero del 2002. Mérida, Yuc. México. 53 p.
- Rincón S., F., N. A. Ruiz T., H. de León C. y J. L. Herrera A. 2004. Advances on the use of maize germplasm under the participatory plant breeding approach. *In*: Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. J. L. Chavez Servia, J Tuxtill, D I Jarvis (eds.). Instituto Internacional de Recursos Fitogénéticos, Cali, Colombia. pp: 117-186.
- Rincón S., F. y N. A. Ruiz T. 2004. Comparación de estrategias de selección y manejo aplicadas a una población criolla de maíz. Rev. Fitotec. Mex.. Vol. 27(1): 33-37.
- Robles S., R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Ed. Limusa. 1ª edición. México, D. F. 477 p.

- Romero C., M. G. 1996. Evaluación de líneas tropicales S₂ de maíz en forma per-se y en cruza con dos tipos de probadores para determinar su aptitud combinatoria. Tesis de Maestría Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. México. 70 p.
- Sánchez G., J. J., T. A. Kato Y., M. Aguilar S., J. M. Hernández A., A. López R. y J. A. Ruiz C. 1998. Distribución y caracterización del Teocintle. Libro técnico No. 2. INIFAP, México. pp. 1-2.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA. 2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. México, D. F. pp. 19-26.
- Statistical applied system (SAS) INSTITUTE Inc. 2002-2003. SAS/STAT Users guide. Versión 9.1 Cary, N. C. USA. SAS INSTITUTE Inc.
- Stewart, R. C., A. Martin, L. Reding, and S. Cerwick. 1990. Respiration and alternative oxidase in corn seedling tissues during germination at different temperatures. *Plnt Physiol.* 92:755-760.
- Tallury, S. P. and M. M. Goodman. 1999. Experimental evaluation of the potencial of tropical germplasm for temperature maize improvement. *Theor. Appl. Genet.* 98:54-51.
- Turrent, F. A., R. Laird J., J. Cortes I. y A. Barrios A. 2005. Revisiting agroecosystem productivity: II. Validity for adapting technology to maize in México. *Agrociencia* 39:149-159.
- Vázquez A., A. N. 2007. Atributos agronómicos y calidad fisiológica de líneas y sus progenies en maíz derivadas de semilla criolla por mejorada. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 50 p.
- Vidrio, H. R. 2001. Estimación de componentes en dos poblaciones de maíz con diferente dosis de germoplasma. Tesis de Maestría en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 46 p.

- Weltzien E., E. Smith M., S. Meitzer L. and L. Sperling 2003. Technical and institutional issues in participatory plant breeding from the perspective of formal plant breeding. CGIAR System wide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technology Development and Institutional Development. CIAT, Cali, Colombia. 208 p.
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts E., E. Hernández X. y P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. SAG, OEE, Foll. Tec. 5, México. 237 p.