

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE POBLACIONES
CRIOLLAS DE MAÍZ BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

BEY ENRIQUE SÁNCHEZ PÉREZ

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA

DE GRANOS Y SEMILLAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Abril de 2009.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE POBLACIONES
CRIOLLAS DE MAÍZ BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

TESIS

POR:

BEY ENRIQUE SÁNCHEZ PÉREZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

Dra. Norma Angélica Ruiz Torres

Asesor:

Dr. Froylán Rincón Sánchez

Asesor:

M. C. Hilda Cecília Burciaga Dávila

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril, 2009.

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater”, la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por haberme dado la oportunidad de seguir con mis estudios y formarme profesionalmente, permitiéndome alcanzar una meta más en mi vida.

Al personal del **Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas** en especial a los maestros por transmitirme parte de sus conocimientos y la amistad que me brindaron.

A la **Ph. D. Norma Angélica Ruiz Torres**, por su amistad y conocimientos brindados durante el transcurso de la maestría y permitirme colaborar en su trabajo de investigación, por orientarme en la conducción y realización del presente trabajo.

Al **Ph. D. Froylán Rincón Sánchez**, por su amistad, por transmitir sus conocimientos en el trabajo de campo y por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto tan importante, por su apoyo en el análisis estadístico de los datos, observaciones y la asesoría en la realización de este trabajo.

A la **M. C. Hilda Cecilia Burciaga Dávila**, por su valiosa participación en este trabajo de investigación, por la revisión y correcciones del mismo.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**, por brindar su valiosa amistad, por sus buenos consejos y por transmitir sus conocimientos en el aula que fueron de mucha importancia en mi formación profesional.

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

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto.

A la **L. C. Q. Magdalena Olvera Esquivel** por el apoyo en la realización del presente trabajo.

A la **T. A. Martina de la Cruz Casillas** por el apoyo en la realización del presente trabajo.

A la **T. L. Q. Sandra Luz García Valdez** encargada del Laboratorio de Semillas del (CCDTS) por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

Un agradecimiento muy especial a mis amigos de la generación de la Maestría en Tecnología de Granos y Semillas, **Pavel, Antonio, Silvia, Julio, Layner y Rosy**, por estar siempre unidos en las buenas y malas, por ayudarnos incondicionalmente cuando lo necesitamos y por la buena amistad que siempre hemos tenido.

A **José Antonio García, Elvira**, por su amistad y por la ayuda incondicional brindada en el trabajo de laboratorio, y a mucha personas más que han sido muy buenos amigos y han hecho pasar muy buenos momentos durante mi estancia en Saltillo a todos y cada uno de ellos muchas gracias.

DEDICATORIA

A **Dios** y a la **Virgen María**, por estar con migo en cada instante de mi vida, por cuidarme y protegerme a cada paso que doy, por darme la dicha y felicidad de cumplir una meta más profesionalmente.

A mis padres: **Sr. Homero Sánchez (†)** y **Sra. Natividad Pérez**, les dedico este trabajo con mucho amor y cariño, por estar siempre con migo y darme tu amor incondicionalmente, quiero que sepas que te quiero mucho.

A mis hermanos: **Andina, Norma, Miriam, Roger, Charito, Yhoni**, por darme todo su amor y cariño, por sus buenos consejos, por brindarme su apoyo moral y económico durante el transcurso de mis estudios, los quiero mucho.

A mis sobrinos: **Robert, Azucena, Nancy, Cesar, Iván, Roger, Vanesa, Karla, Kiara, Homerito, Jesús y Nico**, por ser el gran amor de mi vida, los quiero a todos por igual y siempre estaré con ustedes para lo que necesiten.

A mis cuñados: **Delmar, Limber, Carlos A, Clemen y Carlos C**, por su buenos consejos, por su amistad, por desearme todo lo mejor y más que nada por formar parte de mi linda familia.

COMPENDIO

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE POBLACIONES
CRIOLLAS DE MAÍZ BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

POR:

BEY ENRIQUE SÁNCHEZ PÉREZ

MAESTRÍA

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MARZO 2009.

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

Palabras clave: *Zea mays* L., Caracterización, Población, Desespigue, Calidad fisiológica.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: 1) Caracterizar poblaciones de maíz criollo mejorado en base a atributos físicos y fisiológicos, 2) Determinar los cambios ocurridos en las poblaciones por efecto del sistema de producción y 3) Determinar la correlación entre atributos de calidad fisiológica en las poblaciones hembra (H) y macho (M). La investigación constó de tres estudios: 1) Caracterización física de la mazorca; 2) Determinación de la calidad fisiológica de las poblaciones de

maíz en laboratorio y 3) Determinación del el índice de velocidad de emergencia de las dos poblaciones (hembra y macho) bajo invernadero. El material genético se obtuvo en el en el ciclo invierno-primavera 2006-2007, en Tepalcingo, Mor., y consistió de cien familias de maíz derivadas de una población criolla mejorada, generadas a través de dos diferentes sistemas de apareamiento. La población criolla mejorada se sembró en un lote de producción de semilla, donde se identificó surcos hembra (desespigados) y macho en proporciones similares. En el estudio I, los resultados mostraron diferencias significativas en las variables LMAZ, DMAZ y PMS. En el estudio II, se obtuvieron diferencias altamente significativas ente poblaciones para las variables V, PSP, PSR, LMP y LMR, siendo superiores en la población macho. En cuanto a la correlación entre variables para los atributos de calidad fisiológica, en la población H, la variable V correlacionó positiva y significativamente con las variables LMP y LMR. PSR y LMP se correlacionaron positivamente con PSP, además de correlacionarse positivamente con LMR. Mientras que en la población M, V mostró correlación positiva y significativa con las variables PSP, PSR y LMR, mientras que GERM se asoció positivamente con PSP y LMP. PSP se relacionó ($P \leq 0.01$) con las variables PSP, LMP y LMR. Así mismo, PSR correlacionó positiva y significativamente con LMR y LMP. En el estudio III de velocidad de emergencia, se encontró para poblaciones diferencias significativas en las variables IVE, PSP, PSR y LMR. En la correlación entre variables en la población H, el IVE correlacionó positiva y significativamente con ET. Por otra parte, ET presentó correlación positiva y significativa con PSP, LMR y LMP. PSP se asoció ($P \leq 0.01$) con PSR, LMP y LMR. PSR

correlacionó positiva y significativamente con LMP y LMR. En la población M, el IVE correlacionó positiva y significativamente ($P \leq 0.05$) con la variable ET; la variable PSP, se asoció con las variables PSR, LMP y LMR al observarse una correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$). Sin duda, la calidad física y fisiológica de las semillas fue afectada por el método de desespigue aplicado en la población H, modificando el comportamiento fisiológico de las plantas, lo cual resultó en un comportamiento inferior en comparación a la población macho.

ABSTRACT

**PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF TWO MAIZE
LANDRACE POPULATIONS UNDER TWO PRODUCTION SYSTEMS**

BY

BEY ENRIQUE SÁNCHEZ PÉREZ

MASTER

GRAIN AND SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MARCH 2009.

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

Key words: Zea mays L., characterization, population, detasseling, physiological quality.

The objectives of this research work were: 1) To characterize improved landrace maize populations based on physical and physiological attributes, 2) To determine the changes due to the effect of the production system, 3) To determine the correlation between physiological seed quality attributes in both populations male (M) and female (H). There were three studies: 1) Ear physical characterization; 2) Determination of the physiological quality in laboratory; and 3) Determination of the emergency

velocity index in both populations (female and male) under greenhouse conditions. The genetic material was obtained in the spring-winter 2006-2007 cycle, in Tepalcingo, Mor., and it consisted of one hundred maize families derived from an improved landrace population, produced through two different mating systems. The seed was planted in a production area, where female (detasseled) and male rows were identified in similar proportions. In the first study, the results showed significant differences for, LMAZ (ear length), DMAZ (ear diameter) and PMS (thousand seed weight). In the second study, there were significant differences between populations for V (vigor), PSP and PSR (plumule and radicle mean dry weight), and LMP and LMR (plumule and radicle mean length), being superior the male population. For the physiological seed quality, the H population showed significant correlation between V and LMP and LMR. On the other side, PSR and LMP had a significant positive correlation with PSP and LMR. In the M population, V showed a positive and significant correlation with PSP, PSR and LMR, while Germ (germination percentage) showed a positive and significant correlation with PSP and LMP. PSP had a positive correlation ($P \leq 0.01$) with PSR, LMP and LMR. PSR had a significant correlation with LMR and LMP. In the third study (emergency index), there were found significant differences for IVE (emergency speed index), PSP, PSR and LMR. For the correlation among variables, IVE correlated positive and significantly with ET (total emergency). On the other hand, ET correlated positively with PSP, LMR and LMP. PSP showed positive correlation ($P \leq 0.01$) with PSR, LMP and LMR. PSR showed a positive and significant correlation with LMP and LMR. In the male population, the IVE correlated positively ($P \leq 0.05$) with ET; the PSP variable,

was associated positively ($P \leq 0.01$) with PSR, LMP and LMR. The physiological seed quality was affected by the detasseling method applied to the female population, modifying the physical and physiological quality of the seed, resulting in an inferior performance in comparison to the male population.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Mejoramiento genético del maíz criollo.....	5
Caracterización agronómica.....	8
Desespigue en maíz.....	10
Calidad de semilla de maíz.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
Estudio I: Caracterización física de poblaciones.....	16
Estudio II. Estudio de la capacidad de germinación en semilla de poblaciones.....	19
Estudio III. Determinación del índice de velocidad de emergencia (IVE) en invernadero de poblaciones.....	21
Análisis estadístico.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Estudio I. Caracterización física de poblaciones.....	25
Estudio II. Estudio de la capacidad de germinación en semilla de poblaciones.....	31
Estudio III. Determinación de índice de velocidad de emergencia (IVE) en invernadero de poblaciones.....	38
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. RESUMEN.....	48
VII. LITERATURA CITADA.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de la caracterización física de la mazorca para las poblaciones.....	26
Cuadro 4.2. Comparación de medias de la caracterización física de la mazorca para las poblaciones.....	26
Cuadro 4.3. Valores máximos y mínimos para variables evaluadas en poblaciones.	27
Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones.....	31
Cuadro 4.5. Comparación de medias de los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones	32
Cuadro 4.6. Valores máximos y mínimos para los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones.....	32
Cuadro 4.7. Correlación de variables para los atributos de calidad fisiológica para la población hembra.....	36
Cuadro 4.8. Correlación de variables para los atributos de calidad fisiológica para la población macho.....	37
Cuadro 4.9. Cuadrados medios del análisis de varianza para el índice de velocidad de emergencia en poblaciones.....	38
Cuadro 4.10. Comparación de medias de los atributos de índice de velocidad de emergencia en poblaciones.....	39
Cuadro 4.11. Valores máximos y mínimos de las variables evaluadas en invernadero para las poblaciones	39
Cuadro 4.12. Correlación de variables evaluadas en invernadero para la población hembra.....	43
Cuadro 4.13. Correlación de variables evaluadas en invernadero para la población macho.....	44

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*), es uno de los tres cereales más importantes en el mundo, el cual es utilizado como alimento para consumo humano, animal, uso industrial y como semilla. Es considerado una prodigiosa herencia vegetal, actualmente adaptados a casi todas las regiones del mundo, constituye un tesoro genético para el desarrollo de nuevas y mejores variedades (CECCAM, 2006).

A nivel mundial se estimó una producción de maíz de 772 millones de toneladas, siendo los principales productores de esta grano Estados Unidos con 43%, China 18.8 %, Brasil 6.9 %, Unión Europea 6.2 % y México 2.9 % siendo este el quinto productor mundial (Cázares, 2008).

En México durante el periodo 1996-2006 se produjo un promedio anual de 19.3 millones de toneladas de maíz, de los cuales cinco entidades contribuyeron con el 55 %, por orden de importancia se encuentran: Jalisco con 15.4 %, Sinaloa con 14.4 %, Estado de México con 9.9 %, Chiapas con 9.0 % y Michoacán con 6.5 % (SAGARPA, 2007).

Para la sociedad mexicana, el maíz es parte importante de su alimentación, además de tener un significado cultural. El grano es

imprescindible por representar la mitad del volumen total de alimentos que se consumen anualmente. Sin embargo, durante los últimos años la producción no ha tenido incrementos significativos (Chauvet, 2002).

Estas producciones se han obtenido en su mayoría donde se utiliza semilla criolla, ya que estas variedades son cultivadas en aproximadamente 85.5 % de la superficie nacional, las cuales están adaptadas a diferentes condiciones climáticas, presentando tolerancia a sequía ya otros factores, por lo que se producen en temporal (SIAP, 2007).

La adaptación a ambientes adversos es una característica muy importante de los maíces criollos, sin embargo presentan baja productividad debido principalmente a que se siembran bajo condiciones de temporal en suelos pobres, con bajo nivel de materia orgánica y erosionada. Los materiales criollos con algún atributo nuevo como resistencia a insectos, mejor adaptación a ciertos suelos, o mayor calidad nutricional, podrían contribuir a incrementar su productividad y/o proporcionar una dieta de mejor calidad (Chauvet, 2002).

Por lo anteriormente mencionado, en el presente trabajo de investigación se propuso determinar el efecto de diferentes sistemas de apareamiento en la producción y calidad del maíz.

Objetivos

- 1) Caracterizar poblaciones de maíz criollo mejorado en base a atributos físicos y fisiológicos.
- 2) Determinar los cambios ocurridos en las poblaciones por efecto del sistema de producción.
- 3) Determinar la correlación entre atributos de calidad fisiológica en las poblaciones hembra y macho.

Hipótesis

Los dos sistemas de producción contribuyen a diferenciar las poblaciones, lo cual se manifiesta en los atributos físicos y de calidad fisiológica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

México es reconocido como un país de megadiversidad biológica, también es considerado como uno de los países con mayor diversidad de plantas cultivadas y de sistemas agrícolas. Toda evidencia arqueológica y biológica señala que en México se originó el maíz. México ha aportado 40 razas de maíz adaptadas a diferentes condiciones climáticas, que van de 0 a 2700 metros sobre el nivel del mar. La producción depende de la capacidad humana de mantener la fuente continua de genes para llevar a cabo la obtención de maíces de alto rendimiento que, además, estén adaptados a las condiciones cambiantes del ambiente. Gran diversidad de genes utilizados para ello provienen de maíces criollos producidos en las parcelas campesinas por las cruces con otros maíces (Sánchez, 2005).

Martín *et al.* (1976) aseguran que los cultivos son más productivos cuando se desarrollan en regiones donde están adaptados, reflejándose en un crecimiento normal y uniforme, así como un alto rendimiento, añade también que al extraer un cultivo de su área de adaptación requiere de mayor cuidado para que estos puedan mantener una productividad satisfactoria.

Petrovich y Prokofeva (1996) mencionan que una buena producción de semilla depende de los factores genéticos, y de la interacción que se

establezca con los factores del medio ambiente, tales como temperatura, luz, la humedad, condiciones de suelo y velocidad del aire entre otros.

Chauvet (2002) indica que la producción en tierras de temporal es mayormente de semillas criollas, las cuales se adaptan a diferentes ambientes y alturas. Quienes producen bajo estas condiciones son campesinos de escasos recursos, con mínimos apoyos gubernamentales e insuficiente asesoría técnica, que repercute en bajos rendimientos por hectárea; a nivel nacional no llega ni a las dos toneladas y media por hectárea.

A estas carencias hay que agregar que la baja productividad proviene de problemas agronómicos, como son las plagas tanto en campo como en almacenamiento, así como inclemencias climáticas, que su situación les impide enfrentar.

Mejoramiento genético del maíz criollo

El mejoramiento de las especies es el arte y la ciencia que permiten cambiar y mejorar la herencia de las plantas. Dicho mejoramiento se practicó por primera vez, cuando el hombre aprendió a seleccionar las mejores plantas, por lo cual la selección se convirtió en el primer método de mejoramiento de las cosechas (Poehlman, 1979).

Márquez (1988) indica que las poblaciones regionales o adaptadas son de interés para los mejoradores de maíz ya que a través de años de selección natural o inducida por los agricultores, se han concentrado alelos de interés económico, como resistencia a factores adversos, entre otros muchos atributos, sin embargo, estos tienen deficiencias agronómicas que limitan su aprovechamiento, de ahí la importancia de su mejoramiento.

La selección de plantas basada en métodos convencionales de mejoramiento genético ha sido efectiva para mejorar el rendimiento de grano en sorgo (Andrews and Bramel-Cox, 1993), maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y otros cultivos (Duvick, 1996). Ello se ha logrado usando como criterio de la selección a características morfológicas y al rendimiento de grano, y raramente con base en la selección de componentes del rendimiento o características fisiológicas.

Según Cervantes y Carrera (2002), mediante la selección en Montecillos estado de México (Valles Altos), se logró la adaptación de poblaciones de maíz tropical, la cual se manifestó en su precocidad, sanidad de planta y rendimiento de grano, alcanzándose niveles similares a la de híbridos comerciales de ciclo intermedio.

Moreno *et al.* (2000) en un estudio realizado en maíz criollo, encontraron que partiendo de la diversidad genética, la selección masal visual y estratificada permiten intensificar el mejoramiento tradicional, ya que con la aplicación de la selección masal obtuvieron incrementos en el

rendimiento con respecto a los materiales originales, 2.9 % para el primer ciclo de selección, 4.7 % para el segundo, 13 % para el tercero y 14.2 % para el cuarto ciclo.

En maíz Odhiambo y Compton (1987), señalaron que 20 ciclos de selección fueron efectivos para incrementar el peso de mil granos en 4.68 g por ciclo, pero que esta ganancia no produjo un incremento significativo en el rendimiento; en cambio Gritti *et al.* (1994) además de lograr ganancias de 8.0 % por ciclo en peso de 200 granos, obtuvieron ganancias de 4.6 % por ciclo en rendimiento de grano.

Crossa *et al.* (1990) en un estudio de las cruzas posibles entre 25 razas de maíz, encontraron heterosis en rendimiento hasta de 200 % en la craza Cacahuacintle x Reventador, en la mayoría de las cruzas los valores oscilaron entre 20 y 40 %.

En un estudio realizado por Rincón *et al.* (2000) en maíz, encontraron que las cruzas de materiales criollos con un donador previamente identificado pueden ser usadas para la formación de variedades de polinización libre.

Sánchez *et al.* (1973) mencionan que el método de la retrocruza se ha utilizado ampliamente para introducir diferentes dosis de germoplasma exótico e incrementar la frecuencia de genes favorables con acción aditiva para el rendimiento de grano.

Caracterización agronómica

Sánchez *et al.* (1998) indican que 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.

Entre las variables para caracterizar un material genético se puede mencionar 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 (Hernández y Esquivel, 2004).

En un estudio realizado por Herrera *et al.* (2000) donde se llevó a cabo una encuesta muestral completamente al azar de 543 productores en 16 regiones, ubicados en 15 estados de la República Mexicana, encontraron que los caracteres morfológicos utilizados en la selección de mazorca para semilla, en orden de importancia son: tamaño de la mazorca (81.2 %), sanidad (69.2 %), olote delgado (38 %), número de hileras (36.9 %) y (12.4 %) para peso de mazorca, número de granos, color del grano, hileras uniformes y forma de la mazorca. Estos mismos autores comentan que el número de caracteres tomados en cuenta por los agricultores durante la selección de la mazorca es diferente: 52.8 % considera tres; 31.4 % a dos; 11.4 % a uno y 4.4 % a cuatro. En ellos sobresalen: tamaño de mazorca (T),

sanidad (S) y olote delgado (O), con 23.6 %, T y S con 11.5 %, T con 7.0 % y T-S-O y número de hileras con 3.9 %, respectivamente.

Guzmán y Guzmán (1991) al evaluar el efecto de diferentes dosis y forma de aplicación de fertilizante sobre el crecimiento de maíz criollo, encontraron en la variedad CENIAP 69 una media de 4.74 cm para el diámetro de la mazorca, siendo este valor superior al encontrado para la variedad CENIAP- Dulce.

Viera (2004) encontró que la longitud de la mazorca mostró diferencias significativa ($P \leq 0.01$). La diferencia entre la mazorca de mayor diámetro y la de menor diámetro fue de 3.8 cm, teniendo la mayor longitud el MAIZON y la menor la variedad mejorada NB-S.

Arellano *et al.* (2003) al comparar las localidades de Ahuatepec y Tlachichuca, Puebla, cuyas condiciones ambientales fueron desfavorables, con respecto a los resultados de El Seco, Puebla, que fue la mejor localidad, se encontró que el rendimiento de grano en maíz se redujo de 42 a 48 %, con mayor periodo de floración femenina de 10 a 17 días, con mayor intervalo de floración de 3.6 a 4.5 días, con menor altura de planta de 66 a 64 cm, y con una menor relación de mazorcas por planta del 2 al 9 %.

Desespigue en maíz

Consiste en quitar en el periodo adecuado, la espiga de cada planta hembra antes de que inicie a liberar polen (Anuario de Agricultura, 1980).

Poehlman (1979) comenta que en los grandes campos de producción de semillas se utilizan comúnmente máquinas sobre las cuales van los trabajadores que efectúan el desespigue, en el cual debe tenerse cuidado de no eliminar hojas juntamente con la espiga, ya que la eliminación de hojas reduce el rendimiento de la planta.

Según Serrato (1995 a) el desespigamiento es usado en la producción de híbridos de maíz (cruzas, simples, dobles, triples) con el objeto de que la hembra solo reciba polen del progenitor macho, por lo tanto el desespigamiento en la hembra debe hacerse antes de que la espiga de la misma libere polen. Además, no se deben de eliminar hojas pues se ha demostrado una disminución hasta del 20 % de rendimiento, dependiendo de la cantidad de hojas que se eliminen.

Por su parte Schwanke (1965), indica que un método para incrementar la producción es el desespigue, ya que concluyó que eliminado la espiga a altas densidades de población en el momento que esta emerge se incrementa la producción del grano, manifestándose mayor tamaño y número de mazorcas.

Poehlman (1979) menciona que los rendimientos con esterilidad pueden ser más altos que los rendimientos de las líneas con fertilidad masculina desespigados, ya que en el proceso de desespigue causa con frecuencia daño a la planta reduciendo por lo tanto su producción. Además, la energía que normalmente se consume en la formación de polen puede derivarse hacia la producción de semilla.

En un estudio realizado por Saldaña *et al.* (2000 a), donde compararon el desespigue manual y mecánico en la calidad de semilla de un híbrido triple de maíz (*Zea mays L.*), encontraron que para el caso de los métodos, el desespigue manual presentó el mejor comportamiento para peso volumétrico y peso de mil semillas en relación al desespigue mecánico, mientras que en el llenado de mazorca, vigor y germinación el desespigue mecánico presentó el mejor comportamiento al registrado en el método manual. Concluyen que al hacer la comparación de los dos métodos de desespigue, muestra que no hay diferencias significativas entre ellos para las variables evaluadas. En la defoliación para este material genético, se observó que en el desespigue + 5 hojas, no es afectada la germinación y vigor de la semilla, y en el desespigue mecánico se puede realizar al 50 % en dos cortes, por lo cual asumen con confianza que se pueden aplicar estos tratamientos en sus respectivos métodos para desespigar, sin tener daños en la calidad de las semillas.

Espinosa y Tadeo (1998) evaluaron tres niveles de desespigue 1) espiga + 1 hoja; 2) espiga + 2 hojas; 3) espiga + 3 hojas; 4) testigo sin

desespigue, encontraron para rendimiento, porcentaje de semilla grande y mediana, porcentaje de grano, diferencias significativas entre genotipos, pero no así para desespigue mecánico y tampoco para la interacción. La cruza simple M17 x M18 presentó el rendimiento más alto con 6.5 t ha^{-1} y con 47.9 % de semilla grande, en cambio M36 x M37 mostró el rendimiento más bajo con 2.0 t ha^{-1} y 16.1 % de semilla grande; la menor expresión por desespigue ocurrió bajo la práctica + una hoja con 4.6 t ha^{-1} y la más alta fue desespigue + tres hojas con 5.2 t ha^{-1} . Con base en los resultados para lograr un fácil y seguro desespigue en las cruzas evaluadas se podría adoptar la eliminación del órgano masculino junto con tres hojas.

Ramírez (1976) estudió el incremento y la translocación de la proteína en maíz con relación al desespigamiento en cuatro fenotipos de maíz y en tres ambientes en forma separada: a) Densidades de población; b) Niveles de humedad y c) Niveles de fertilización nitrogenada. Encontró que el contenido de proteína se incrementa cuando se desespiga e igualmente aumenta la translocación hacia la mazorca en el período de formación del grano.

En un trabajo realizado por Espinosa *et al.* (1998), donde utilizaron 19 líneas con nivel de endogamia superior a 0.95 %, encontraron que hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre las líneas para desespigue comparada con el testigo sin desespigar en las variables: rendimiento, floración femenina, porcentaje de semilla grande y mediana, peso de 50 semillas, longitud de mazorca, calificación de mazorca y peso de

espiga. Concluyeron que las líneas de maíz expresaron respuesta diferencial al desespigue, en promedio aumentaron 30.3 % de la producción de semilla por efecto del desespigue, sin embargo, tres de las líneas redujeron en 4.1, 14.7, y 32.3 % su rendimiento, por lo que es conveniente definir la respuesta específica de cada material para establecer su mejor orden de participación en cruza simples y en programas de producción de semillas.

Espinosa y Tadeo (1995) en un trabajo similar, encontraron que otras variables (porcentaje de semilla grande, peso volumétrico, peso de 50 semillas), fueron modificadas positivamente con el desespigue, lo que se debe a una eliminación de la dominancia apical, propiciándose que los fotosintatos se dirigieran al llenado de grano.

Saldaña *et al.* (2000 b) en un estudio en maíz practicaron dos métodos de desespigue: manual y mecánico, donde el método manual contempló seis tratamientos de defoliación: desespigue, desespigue + 1, 2, 3, 4 y 5 hojas; el desespigue mecánico se realizó a tres diferentes alturas de corte: al 50 % de la espiga en dos cortes, al 90 % en dos cortes y 90 % en un corte, no encontraron diferencias marcadas entre los métodos de desespigue para la mayoría de las variables estudiadas peso volumétrico, peso de mil semillas, llenado de mazorca, número de granos por mazorca, vigor y germinación. El desespigue + la defoliación de un hoja dentro del método manual es el más recomendable, ya que fue el que obtuvo mejor comportamiento en las variables estudiadas, sin embargo, en el desespigue mecánico, el mejor tratamiento con relación a la pérdida de calidad física y

fisiología fue cuando se realizó a una altura de la espiga del 50 por ciento en dos cortes.

Calidad de semilla de maíz

La semilla no es solamente algo que los agricultores siembran, es la portadora del potencial genético que permite obtener una producción más alta (Douglas, 1982).

Harrington (1972) postuló que la máxima calidad fisiológica de las semillas medida por la germinación y vigor, coincide con la madurez fisiológica; los trabajos de Tekrony *et al.* (1980) en soya (*Glycine max L.*), confirmaron tal hipótesis.

Besnier (1989) comenta que el éxito en la producción comercial de semillas, depende de la calidad del producto terminal, la cual esta determinada por un conjunto de atributos que la hacen deseable para su siembra, donde la calidad genética, física, sanitaria y biológica juegan un papel importante, manifestándose directamente en su vigor inicial y en la productividad de los cultivos.

Douglas (1982) indica que la calidad de la semilla es muy importante, al ser la semilla esencial para la supervivencia de la humanidad, está almacena el más alto potencial genético que la ciencia pudiera llegar a

desarrollar y además la considera como un elemento vital para el desarrollo de la agricultura moderna.

Perry (1983) menciona que en la calidad de las semillas, el vigor es un criterio que junto con la prueba de germinación estándar, permiten evaluar la calidad fisiológica; sin embargo, se debe tener en cuenta que la calidad fisiológica de la semilla puede ser alterada por la constitución genética, el desarrollo y nutrición de la planta madre y el tipo de progenitores. Así los niveles de vigor en lotes de semillas, determinados por las cualidades genotípicas, pueden ser modificados al alterar el tipo de progenitores que intervienen en la fecundación.

Según Garay (1989), la calidad física de la semilla está relacionada con la presencia o ausencia de contaminantes distintos a la semilla. Estos pueden ser materia inerte, semillas de malezas comunes y nocivas, semillas de otros cultivos, insectos, quistes de nemátodos, etc. La calidad física es uno de los mecanismos claves para evitar la diseminación de malezas e insectos.

Martínez (1989) demostró que las semillas planas, grandes y pesadas de maíz son de mayor calidad que las otras categorías, al presentar mayor peso seco de plántulas y porcentaje de germinación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se analiza la variación de dos poblaciones generadas a partir de una población criolla mejorada “JAGUAN” utilizando un sistema de producción de semilla con surcos desespigados (Hembra) y surcos macho, este último simulando el incremento en un lote aislado. El trabajo de investigación constó de tres estudios: El primero consistió en la caracterización física de la mazorca; el segundo, en determinar la calidad fisiológica de las poblaciones de maíz en laboratorio y el tercero fue llevado a cabo en invernadero para determinar el índice de velocidad de emergencia de las dos poblaciones criollas de maíz.

Estudio I: Caracterización física de poblaciones

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 23' latitud norte y 101° 00' longitud este y con una altura media de 1743 msnm.

Material genético

El material genético utilizado provino del ciclo invierno-primavera (2006-2007), el cual se obtuvo en el Campo Experimental Dr. Mario Castro Gil ubicado en el Municipio de Tepalcingo, Estado de Morelos, el cual se encuentra localizado geográficamente entre los paralelos 18° 26' de latitud norte y los 98° 18' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1,100 msnm, y con un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con una temperatura media anual de 24.3 °C, y una precipitación promedio anual de 885.3 mm³.

El material consistió de 100 familias de maíz derivadas de una población criolla mejorada, generadas a través de dos diferentes sistemas de apareamiento.

La población criolla mejorada se sembró en un lote de producción de semilla, donde se identificó surcos hembra y macho en proporciones similares. En los surcos hembra se eliminó la espiga manualmente obteniéndose familias de medios hermanos (FMH #), en tanto que en el macho permanecieron las plantas completas, obteniéndose familias de medios hermanos (FMH # PL).

A la cosecha se realizó selección masal dentro cada población (población H y M). Posteriormente, de cada población se obtuvieron 50 mazorcas completas tomadas al azar las cuales fueron caracterizadas de

manera individual de acuerdo a los descriptores del (IBPGR, 1991).

Variables evaluadas

- **Peso de la mazorca:** Se pesó cada mazorca de manera individual y se reportó su peso en gramos ajustando al 12 % la humedad.
- **Longitud de la mazorca:** Se midió en centímetros de la base a la punta de la mazorca.
- **Diámetro de mazorca y olote:** Se midió con un vernier digital y se reportó en milímetros.
- **Número de hileras en la mazorca:** Se contó el número de hileras en la mazorca.
- **Peso de las semillas:** Una vez desgranada la mazorca, se reportó el peso en gramos, ajustado a 12 % de humedad.
- **Peso de mil semillas:** Se seleccionaron dos repeticiones de 50 semillas del total y se reportó su peso en gramos, ajustando al 12 % de humedad, para determinar peso de mil semillas.
- **Contenido de humedad de la semilla:** Se pesó aproximadamente cinco gramos de semilla de cada muestra, las cuales fueron sometidas a secado en una estufa a 130 °C de temperatura por un

periodo de dos horas, para después tomar el peso de las semillas; con los dos pesos se calculó el porcentaje de humedad del grano.

$$\text{Hum} = \left[\frac{\text{PH} - \text{PS}}{\text{PH}} \right] * 100$$

Donde: Hum = humedad de la semilla; PH = peso de la muestra humedad; PS = peso seco de la muestra.

Estudio II. Estudio de la capacidad de germinación en semilla de las poblaciones

La evaluación de la germinación de las dos poblaciones (Hembra y Macho) de maíz se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Prueba de germinación

- 1. Germinación estándar.** La germinación se determinó mediante la prueba estándar (ISTA, 2004) con algunas modificaciones, en semillas de las dos poblaciones (hembra y macho). La prueba consistió en tres repeticiones de 25 semillas, las cuales fueron colocadas en toallas de papel Anchor humedecido, posteriormente se enrollaron para formar tacos, se sujetaron en los extremos con ligas, se colocaron al azar cinco tacos por bolsa y se mantuvieron en una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C, durante siete días.

- 2. Primer conteo de germinación.** Es una prueba de vigor, se realizó al cuarto día después de la siembra y se contó el número de plántulas normales (PN).
- 3. Segundo conteo de germinación.** Es una prueba de viabilidad, se realizó al séptimo día, en el se contaron nuevamente plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), y semillas sin germinar (SSG). Los datos se reportaron en por ciento en ambos conteos.
- 4. Longitud de plúmula y radícula.** Este método es aplicable a las plántulas normales obtenidas en la prueba de germinación, la cual consistió en medir la longitud de la plúmula y radícula en centímetros. Para esto se tomaron diez plántulas al azar de cada repetición. Esta prueba es considerada como indicativo de vigor.
- 5. Peso seco de plúmula y radícula.** De las diez plántulas que se evaluaron para longitud de plúmula y radícula, se depositaron plúmulas y radículas por separado en bolsas de papel estraza perforadas para determinar el peso seco de las mismas, en una estufa a 70 °C por 24 horas. El peso seco se reportó en miligramos/plántula.

Estudio III. Determinación de índice de velocidad de emergencia (IVE) en invernadero de las poblaciones

La evaluación se realizó en el invernadero del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Se sembraron dos repeticiones de 20 semillas por cada familia, cabe señalar que la población macho estuvo compuesta por 48 familias (no se tuvo semilla suficiente de dos familias) y por 50 familias la población hembra. Se sembró a una profundidad uniforme de 3 cm, a una distancia entre plantas de 3.5 cm y una distancia entre surcos de 5 cm. Se aplicó riego cada tercer día en forma manual.

La siembra se realizó en una cama de concreto de 10 metros de largo, cubierta con un plástico grueso, la cama se dividió en dos partes de 5 metros de longitud por 0.75 metros de ancho, para realizar por separado la siembra de las poblaciones hembra y macho, como sustrato se empleó arena de arroyo, desinfectada previamente con Bromuro de Metilo. Durante el ensayo se tomaron los siguientes datos fisiológicos:

- 1. Índice de velocidad de emergencia.** Para la estimación de esta variable se realizaron conteos diarios del número de plántulas emergidas, considerando aquellas que sobresalían sobre la superficie del suelo y para mayor precisión los conteos se realizaron a la misma hora. Se realizaron cinco conteos a partir de las primeras plántulas emergidas hasta el día de la evaluación final.

El índice de velocidad emergencia es una prueba de vigor y se determinó por el conteo diario de plántulas emergidas, empleando la siguiente fórmula.

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

La determinación del por ciento de emergencia (ensayo de viabilidad) se realizó tomando en cuenta el número total de plántulas emergidas en el último conteo, empleando la siguiente fórmula:

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

- 2. Longitud de plúmula y radícula.** Este método es aplicable a las plántulas normales, consistió en medir la longitud de la plúmula y radícula en cm. Este método es considerado indicativo de vigor. Se tomaron cinco plántulas normales al azar de cada repetición y se realizó la medición de la plúmula y la radícula.

- 3. Peso seco de plántula.** Las cinco plántulas por repetición en donde se midieron longitudes, se separaron en plúmula y radícula. Las cuales se colocaron en bolsas de papel de estraza perforadas y se metieron a la estufa a 70 °C por 24 horas. Posteriormente se determinó el peso de las plúmulas y de las radículas por separado y se expresó en miligramos (mg).

Análisis estadístico

En el estudio I (Caracterización física de la mazorca) se utilizó un diseño completamente al azar cuyo modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t; \quad j = \text{Poblaciones}$$

Donde:

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

En los estudios II (Calidad fisiológica) y III (Índice de velocidad de emergencia), se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, cuyo modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t; \quad j = 1, \dots, b$$

i = poblacones; j = bloques

Donde:

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

Los datos de las variables evaluadas se procesaron con el paquete estadístico (SAS, 2004). Para la fuente de variación que resultó significativa estadísticamente, se efectuó la correspondiente comparación de medias a través de la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados y la interpretación de los tres estudios: Estudio 1: Caracterización física de la mazorca; Estudio 2: Determinación la calidad fisiológica de las poblaciones de maíz; Estudio 3: Estudio en invernadero para determinar el índice de velocidad de emergencia.

Estudio I. Caracterización física de poblaciones

En el (Cuadro 4.1) se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza de la caracterización física de las mazorcas, de las poblaciones H (Hembra) y M (Macho). Donde se encontró diferencias altamente significativas para la variable PMS; mientras que en las variables LMAZ, DMAZ se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), el resto de las variables fueron no significativas, lo que demuestra diferente respuesta entre las poblaciones al aplicar el desespigue en incremento de poblaciones de maíz.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de la caracterización física de mazorca de las poblaciones

F.V	GI	HIL	LMAZ (cm)	DMAZ (mm)	DOLO (mm)	PMS (g)	PMAZ (g)	PSEM (g)	DESG (%)
Pob	1	0.75	15.94*	47.65*	14.55	13885.32**	130.46	115.99	0.0004
Error	197	3.77	2.42	8.78	4.98	1327.14	268.83	199.55	0.0032
C.V (%)		13.60	11.91	7.49	9.61	18.20	17.35	18.06	6.859

*, ** = niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; HIL= Hileras; LMAZ = Longitud de la mazorca; DMAZ = Diámetro de la mazorca; DOLO = Diámetro del olote; PMS = Peso de mil semillas; PMAZ = Peso de la mazorca; PSEM = Peso de semillas; DESG = Por ciento de desgrane.

En los Cuadros 4.2 y 4.3 se presenta la comparación de medias y valores máximos y mínimos respectivamente, para las variables en estudio.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de la caracterización física de la mazorca para las poblaciones

FV	HIL	LMAZ (cm)	DMAZ (mm)	DOLO (mm)	PMS (g)	PMAZ (g)	PSEM (g)	DESG (%)
H	14	13.34 a	39.05 b	23.48	191.74 b	93.68	77.45	0.82
M	14	12.78 b	40.03 a	22.94	208.45 a	95.30	78.97	0.83
Media	14	13.06	39.54	23.21	200.06	94.49	78.20	0.82
Tukey	0.54	0.43	0.82	0.62	10.18	4.58	3.94	0.01

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$); HIL = Número de hileras; LMAZ = Longitud de la mazorca; DMAZ = Diámetro de la mazorca; DOLO = Diámetro del olote; PMS = Peso de mil semillas; PMAZ = Peso de la mazorca; PSEM = Peso de semillas; DESG = Por ciento de desgrane.

Cuadro 4.3. Valores máximos y mínimos para variables evaluadas en poblaciones

VARIABLE	HILL	LMAZ (cm)	DMAZ (mm)	DOLO (mm)	PMS (g)	PMAZ (g)	PSEM (g)	DES (%)
<u>HEMBRA</u>								
Máximos	20	17.5	48.44	28.87	268.2	131.3	106.38	0.89
Mínimos	10	9	31.64	19.41	120.2	54.25	45.89	0.72
Media	14	13.34	39.05	23.48	191.74	93.68	77.45	0.82
S ²	3.62	2.18	8.68	4.38	1207.24	259.90	180.69	0.001
S	1.90	1.47	2.94	2.09	34.74	16.12	13.44	0.03
<u>MACHO</u>								
Máximos	20	19	51.00	29.21	308.2	135.68	112.86	0.91
Mínimos	10	9.1	32.27	17.49	115.5	65.18	41.30	0.43
Media	14	12.78	40.03	22.94	208.45	95.30	78.97	0.83
S ²	3.92	2.66	8.88	5.58	1448.28	277.85	218.61	0.005
S	1.98	1.63	2.98	2.36	38.05	16.66	14.78	0.07

HIL= Número de hileras; LMAZ = Longitud de la mazorca; DMAZ = Diámetro de la mazorca; DOLO = Diámetro del olote; PMS= Peso de mil semillas; PMAZ = Peso de la mazorca; PSEM = Peso de semillas; DESG = Por ciento de desgrane, S² = Varianza; S = Desviación estándar.

Para la variable LMAZ, se encontró mayor longitud media en la población H con 13.34 cm, mientras que para la población M se observó una longitud media de 12.7, obteniendo una diferencia de 0.56 cm a favor de la población H. Para esta variable la varianza no mostró muchas diferencias entre las poblaciones, ya que los resultados presentaron mayor estabilidad. Esta variable es importante, ya que al tener una mayor longitud de mazorca el rendimiento del grano o semilla tiende a aumentar, siempre y cuando las plantas hembra hayan tenido una buena polinización por parte del progenitor macho; al respecto Reyes (1990), afirma que la longitud de la mazorca es un carácter de gran importancia por ser un elemento correlativo con el rendimiento del grano y que estos caracteres se ven sumamente afectados por la condiciones ambientales. Adetiloye y Ezedlma (1984) mencionan que

la longitud de la mazorca es uno de los componentes de mayor importancia en el rendimiento del maíz y está influenciado por las condiciones ambientales (clima y suelo), y disponibilidad de nutrientes. La máxima longitud de la mazorca depende en gran medida de la humedad del suelo, nitrógeno y radiación solar.

En la variable DMAZ, la población M presentó un mayor diámetro (40.03 mm) en comparación con la población H (39.05 mm), observándose una diferencia de 0.98 mm, mayor en la población M. Saldaña y Calero (1991) indican que el diámetro de la mazorca está relacionado directamente con la longitud de la mazorca y es un buen parámetro para medir el rendimiento, ambas variables están determinadas por factores genéticos y ambientales; si los factores ambientales son adversos afectará el tamaño de la mazorca en formación, y por consiguiente se obtendrán menores diámetros de mazorcas, lo que al final repercuten bajos rendimientos.

En lo que respecta al PMS, la población M fue estadísticamente superior a la población H, obteniendo una media general de 208.45 g, con una diferencia de 16.71 g para esta población. Cabe señalar que la varianza fue mayor en la población M, debido a que los pesos obtenidos para esta variable presentaron mayor dispersión. Alizaga (1990) encontró diferencias significativas en el peso de mil semillas de frijol, entre los cultivares Río Tibagí y Turrialba- 4 y se debieron al factor genético; Gómez y Minelli (1990) comentan que el peso de mil semillas permite calcular la cantidad que se

debe emplear en la siembra, además está relacionada al tamaño de las mismas que frecuentemente determinan el vigor y la pureza varietal.

La variable HIL presentó un comportamiento estadísticamente igual en ambas poblaciones (Hembra y Macho), ya que se obtuvieron 14 hileras para cada población, presentando rangos de 10 a 20 hileras cada una. Al respecto Contreras (1994), afirma que la fisiología del maíz está determinada en gran medida por el factor genético, pero que el diámetro de la mazorca puede aumentar relativamente con la fertilización, no así el número de hileras por mazorca.

En las variables DOLO, PMAZ, PSEM y DESG a pesar de no encontrarse diferencias significativas, se observaron diferencias numéricas. Para la variable DOLO, la diferencia entre poblaciones H y M fue de 0.54 mm obteniendo un mayor diámetro la población H, la cual presentó una media de 23.48 mm, en comparación a la población M que obtuvo 22.94 mm. Esto puede ser una característica indeseable en una mazorca, ya que al tener un diámetro de olote mayor y un diámetro de mazorca menor, la longitud del grano tiende a ser más pequeño. Lo anterior concuerda con Estrada *et al.* (2000), ya que encontraron que la VS- 2000, superó al resto de los genotipos en número de hileras y longitud de mazorca con 17.8 y 19.0 cm respectivamente, sin embargo esta superioridad no se vio reflejada en el rendimiento de grano por ser una variedad con olote ancho y con fines forrajeros.

Por otra parte la variable PMAZ tuvo una diferencia mínima (1.62 g) entre poblaciones siendo mayor para la población M, con un peso de 95.30 g. Cabe señalar que la varianza fue mayor en la población macho, debido a que presentó mayor variabilidad en los datos obtenidos respecto a la media. Al respecto Loáisiga (1990), menciona que esta variable es de suma importancia debido a que está directamente relacionada al rendimiento de la cosecha. Mientras que Rodríguez y Solís (1997) lograron determinar que el peso de la mazorca se encuentra correlacionado con el diámetro y el peso de olote.

La variable PSEM presentó numéricamente el mayor valor en la población M, con un media general de 77.45 g en la hembra y de 78.97 g en la población M. Además de que esta población presentó mayor variabilidad a la obtenida en la población H.

En lo que respecta a la variable DESG, la población M presentó ligeramente el mayor porcentaje, encontrándose una diferencia de 1.21 % entre poblaciones. López *et al.* (2000) trabajando con la VS - Malinche intermedio, encontraron que en los criollos seleccionados tuvieron muy buen aspecto de planta y mazorca, sin embargo el efecto de desgrane fue alto, representando el grano el 90 % de la mazorca.

Estudio II. Estudio de la capacidad de germinación de las poblaciones

Los cuadrados medios del análisis de varianza para los ensayos de germinación (Cuadro 4.4), muestran diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre repeticiones para las variables peso seco de plúmula (PSP), longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR); y diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para la variable peso seco de radícula (PSR). Para la fuente de variación población se presentaron diferencias altamente significativas para las variables vigor (V), peso seco de plúmula (PSP), peso seco de radícula (PSR), longitud media de plúmula (LMP), longitud media de radícula (LMR); la variable germinación (GERM) presentó un comportamiento estadísticamente igual entre poblaciones. Los resultados indican que existen diferencias en comportamiento entre las poblaciones en la calidad fisiológica de la semilla, por efecto del desespigue aplicado en la población hembra.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones

FV	GI	V (%)	GERM (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	GI	LMP (cm)	LMR (cm)
Rep	2	175.32	5.86	0.017**	0.007*	2	217.55**	215.93**
Pob	1	1122.31**	57.89	0.021**	0.053**	1	55.30**	194.80**
Error	288	76.16	70.31	0.001	0.001	2916	2.75	6.15
C.V (%)		213.07	8.99	17.91	21.94		30.12	15.99

*, ** = niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; V = Vigor; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plúmula; PSR = Peso seco de radícula; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

En los Cuadros 4.5 y 4.6 se presenta la comparación de medias y valores máximos y mínimos para los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones hembra y macho en estudio.

Cuadro 4.5. Comparación de medias de los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones

FV	V (%)	GERM (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
H	2.09 b	92.80	170.0 b	170.0 b	5.37 b	15.24 b
M	6.06 a	93.68	190.0 a	200.0 a	5.63 a	15.77 a
Media	4.09	93.24	180.0	185.0	5.50	15.51
Tukey	2.01	1.93	0.007	0.009	0.12	0.18

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$); V = Vigor; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plúmula; PSR = Peso seco de radícula; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

Cuadro 4.6. Valores máximos y mínimos para los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones

VARIABLE	V (%)	GERM (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
<u>HEMBRA</u>						
Máximos	24.0	100	270.0	290.0	12.50	22.80
Mínimos	0	68.0	100.0	80.0	2.00	3.00
Media	2.09	92.80	170.0	170.0	5.37	15.24
S ²	16.68	59.83	0.001	0.001	2.81	5.99
S	4.08	7.73	0.03	0.03	1.67	2.44
<u>MACHO</u>						
Máximos	72.0	100	300.0	320.0	15.00	26.20
Mínimos	0	40.0	120.0	110.0	2.00	4.60
Media	6.06	93.68	190.0	200.0	5.63	15.77
S ²	136.18	79.76	0.001	0.002	2.97	6.60
S	11.66	8.93	0.03	0.04	1.72	2.57

V = Vigor; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plúmula; PSR = Peso seco de radícula; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula; S² = Varianza; S = Desviación estándar.

Para la variable V, la población M presentó mejor expresión ya que superó con 3.97 % a la población H. Estas poblaciones obtuvieron una media de 6.06 y 2.09 % respectivamente, sin embargo se puede apreciar que la población macho presentó dispersión mucho más elevada a la obtenida en la población hembra. Respecto a esta variable, se puede mencionar que las semillas de la población macho presentaron mejor calidad fisiológica, esto concuerda con Perry (1983), quien señala que el vigor puede ser alterado por la constitución genética, el desarrollo y nutrición de la planta y por el tipo de progenitores tanto masculino como femenino. Por su parte la ISTA (2004) indica que las semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son llamadas semillas de bajo vigor.

Para la variable PSP se encontró una diferencia de 20 mg plántula⁻¹ entre poblaciones, siendo estadísticamente superior para la población M. Cabe señalar que la población M contó con un peso de 190 mg plántula⁻¹, mientras que la población H presentó 170 mg plántula⁻¹.

En el PSR el mayor peso lo obtuvo la población M con 200 mg plántula⁻¹, mientras que la población H registró un peso de 170 mg plántula⁻¹, las cuales presentaron una variación de 110 a 320 mg plántula⁻¹ (población M) y de 80 a 290 mg plántula⁻¹, para la población H. Pérez *et al.* (2006) al realizar una comparación de medias para el tamaño de semilla en varios materiales evaluados en laboratorio, observó que al emplear semillas de tamaño grande, estas obtuvieron mayor peso seco de radícula (0.80 g) con

respecto a la registrada con semilla de tamaño medio (0.72 g). Kaliangile y Mulioleka (1995) mencionan que la madurez fisiológica de la semilla está definida en algunos cultivos por el máximo peso seco, que es uno de los factores que influyen en el vigor de la semilla.

En la variable LMP, la población M superó a la población H por 0.26 cm, las cuales presentaron una media general para este atributo de 5.63 y 5.37 cm, respectivamente.

Para LMR se presentó una diferencia de 0.53 cm, siendo superior en la población M que obtuvo con una media de 15.77 cm, para estas dos poblaciones se encontró un rango de 3.00 a 22.80 cm en la población H y de 4.60 a 26.20 cm en la población M. Ferguson *et al.* (1990) encontraron que el deterioro de la semilla reduce la tasa respiratoria, la velocidad de emergencia de la radícula y el crecimiento de la planta, respuestas que se asociaron con la disminución del vigor de la semilla.

En lo que respecta al porcentaje de plántulas normales (GERM), no existió diferencias significativas, más sin embargo, la población macho muestra claramente que presentó mayor dispersión para esta variable. Serrato (1995 b) menciona que una alta germinación está asociada con alto vigor, aun que no siempre, las semillas con alta germinación tienen alto vigor, de aquí la importancia de utilizar una prueba de vigor como complemento.

Ducar (1970) comenta que las condiciones de germinación en el laboratorio son casi las ideales y el porcentaje de germinación alcanzado en la prueba suele ser superior al que cabe esperar en campo; las muestras de semillas con un porcentaje bajo de germinación en el laboratorio pueden dar una germinación mucho menor en el campo, así como una tasa reducida de establecimiento de las semillas que germinan a causa de un crecimiento mas débil.

Al presentar mejores resultados la población M en las variables estudiadas, se puede mencionar que el método del desespigue aplicado a la población hembra repercutió de manera desfavorable, ya que disminuyó la calidad fisiológica de las semillas, esto posiblemente a que las plantas sufrieron estrés fisiológico (a nivel de fitohormonas) con el método aplicado, teniendo también una disminución el V, PSP, PSR, LMP y LMR; no siendo así para GERM ya que la diferencia entre las poblaciones fue no significativa estadísticamente.

En el Cuadro 4.7 se presenta la correlación entre variables para los atributos de calidad fisiológica para la población hembra; el vigor correlacionó positiva y significativamente ($P \leq 0.01$) con las variables LMP ($r = 0.354$) y LMR ($r = 0.220$), mientras que GERM solo presentó correlación positiva y significativa con PSP. Los atributos PSR ($r = 0.406$) y LMP ($r = 0.565$) se correlacionaron positivamente con PSP, y esta a su vez se correlacionó positiva y significativamente con LMR ($r = 0.202$). También se observó correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$) entre LMP y LMR ($r =$

0.234). Hernández *et al.* (2000) mencionan que las variables de mayor importancia para predecir el establecimiento en campo son el peso seco de la parte aérea, peso seco de raíz y la velocidad de emergencia, en lo que se refiere a la calidad fisiológica.

La población H presentó menor correlación entre variables, y además produjo semillas que presentaron menor calidad fisiológica, debido posiblemente a cambios desfavorables en el balance hormonal de las plantas, y por consiguiente presentaron una reducción en la expresión de los atributos al establecerlas en condiciones que semejan las de campo.

Cuadro 4.7 Correlación entre atributos de calidad fisiológica para la población hembra.

VARIABLE	GERM (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
V	0.069ns	0.158	-0.166*	0.354**	0.220**
GERM		0.266*	0.153	0.123	0.134
PSP			0.406**	0.565**	0.202*
PSR				-0.012	0.134
LMP					0.234**

*, ** = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente, V = Vigor; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plúmula; PSR = Peso seco de radícula; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

En el Cuadro 4.8 se presenta la correlación entre atributos de calidad fisiológica para la población macho; el V correlacionó positiva y significativamente ($P \leq 0.01$) con las variables PSP, PSR y LMP, mientras que GERM solo presentó correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$) con las variables PSP y LMP. En un estudio realizado por Vázquez (2007), encontró que la variable por ciento de germinación correlacionó positivamente con emergencia total, longitud media de plúmula en laboratorio, peso seco total

en laboratorio y negativo con la humedad. En este estudio la variable PSP mostró correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$) con PSR, LMP y LMR.

Para la variable PSR, la correlación que se presentó con las variables LMR y LMP fue positiva y significativa. Alcocer *et al.* (2000) al trabajar en semilla de trigo, encontró que la variable plántulas normales se correlacionó positiva y altamente significativa con la longitud de radícula ($r = 0.469$) y longitud de plúmula ($r = 0.511$). Así mismo encontró correlación positiva entre LMP y LMR para este estudio.

En general la calidad fisiológica de las semillas expresó un mejor comportamiento en la población macho, además las variables en estudio mostraron estar correlacionadas en su mayoría, en comparación a la población hembra. Esto sin duda indica que el desespigue causó un efecto adverso en las plantas y por ende disminuyó la calidad fisiológica de la semilla.

Cuadro 4.8 Correlación entre atributos de calidad fisiológica para la población macho.

VARIABLE	GERM (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
V	0.107ns	0.444**	0.354**	0.536**	0.057
GERM		0.233**	0.062ns	0.251**	0.109
PSP			0.447**	0.555**	0.253**
PSR				0.248**	0.206*
LMP					0.310**

*, ** = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, V = Vigor; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plúmula; PSR = Peso seco de radícula; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

Estudio III. Determinación del índice de velocidad de emergencia (IVE) en invernadero de poblaciones

Los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en el ensayo de índice de velocidad de emergencia (IVE) se muestran en el Cuadro 4.9, se presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre repeticiones para las variables peso seco de radícula (PSR) y longitud media de plúmula (LMP); no encontrándose diferencias significativas en las variables índice de velocidad de emergencia (IVE), emergencia total (ET), peso seco de plúmula (PSP) y longitud media de radícula (LMR).

Mientras que para poblaciones se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en las variables índice de velocidad de emergencia (IVE) y peso seco de plúmula (PSP); presentándose también diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las variables peso seco de radícula (PSR) y longitud media de radícula (LMR); para las variables emergencia total (ET) y longitud media de plúmula (LMP) no se observó diferencias significativas.

Cuadro 4.9. Cuadrados medios del análisis de varianza para el índice de velocidad de emergencia en poblaciones

FV	GI	IVE	ET (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
Rep	1	0.06	2.04	78.44	2571.93**	39.87**	3.89
Pob	1	11.66**	14.24	2458.63**	260.22*	1.93	22.79*
Error	193	0.48	57.42	167.02	55.51	2.66	3.59
C.V (%)		23.06	7.91	12.13	19.13	10.87	15.79

*, ** = niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; 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.

En los Cuadros 4.10 y 4.11 se presenta la comparación de medias y valores máximos y mínimos de las variables evaluadas en invernadero para las poblaciones hembra y macho en estudio.

Cuadro 4.10. Comparación de medias de las variables evaluadas en invernadero para las poblaciones

FV	IVE	ET (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
H	2.76 b	95.45	103.04 b	37.82 b	14.90	11.66 b
M	3.25 a	95.99	110.12 a	40.12 a	15.10	12.34 a
Media	3.006	95.71	106.51	38.94	15.003	12.001
Tukey	0.19	2.13	3.64	2.09	0.45	0.53

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$ %); 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

Cuadro 4.11. Valores máximos y mínimos de las variables evaluadas en invernadero para las poblaciones

VARIABLE	IVE	ET (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
<u>HEMBRA</u>						
Máximos	4.14	100	136.0	70.0	20.18	17.72
Mínimos	0.60	55.0	46.0	22.0	10.54	7.58
Media	2.76	95.45	103.04	37.82	14.90	11.66
S ²	0.68	77.32	233.33	103.03	3.20	3.75
S	0.83	8.79	15.27	10.15	1.79	1.93
<u>MACHO</u>						
Máximos	4.17	100	126.0	50.0	18.52	17.16
Mínimos	1.80	70.0	84.0	26.0	10.90	8.48
Media	3.25	95.99	110.12	40.12	15.10	12.34
S ²	0.25	36.11	96.99	32.48	2.48	3.41
S	0.50	6.00	9.84	5.69	1.57	1.84

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; S² = Varianza; S = Desviación estándar.

Para la variable IVE, las semillas de la población M presentaron mejor calidad fisiológica, ya que superaron a la población H con un índice de 0.49. Las poblaciones hembra mostraron un valor medio de 2.76, mientras que en los machos fue de 3.25. Cabe señalar que para esta variable la población hembra presentó mayor varianza que en la población macho. Al respecto Cisse y Ejeta (2003) mencionan que la prueba de velocidad de emergencia es de las mejores para relacionar el vigor de la semilla con el establecimiento en campo, mientras que Popinigis (1977) plantea que semillas con mayor velocidad y potencial de germinación y óptimo establecimiento en campo (óptimo para cada especie), son precisamente las de mayor vigor. Perry (1981) indicó que el porcentaje de germinación al primer conteo y velocidad de emergencia, ya sea en campo o en invernadero, son importantes para evaluar el vigor de las plántulas.

La variable PSP contó con una diferencia de 7.08 mg plántula⁻¹ entre las poblaciones estudiadas, siendo mayor para la población M, que obtuvo un peso de 110.12 mg plántula⁻¹, mientras que la población H presentó un peso de 103.04 mg plántula⁻¹, además se encontró que la población hembra presentó muy alta variabilidad de los datos en comparación a la población macho. Estrada *et al.* (1999) encontraron mejor respuesta en los genotipos con textura cristalina para calidad fisiológica, y entre las variables más importantes para identificar los materiales por vigor inicial el por ciento de plántulas normales, peso de la parte aérea y de raíz y germinación al primer conteo. Por el contrario, algunos investigadores consideran que las variables

relacionadas con el peso seco producido por las plántulas, son los mejores indicadores de vigor (Sandoval, 1995).

Para el PSR la población M presentó el mayor valor con 40.12 mg plántula⁻¹, mientras que la población H registró un peso de 37.82 mg plántula⁻¹. Esto es, la diferencia que se registró para esta variable fue de 2.3 mg plántula⁻¹. Al respecto Murillo (1998) observó que al evaluar la concentración del NaCl en el agua de riego sobre características de plántulas de maíz para el carácter de sequía, el valor mayor de peso seco de raíz (0.73 g) se obtuvo con el testigo (0 dS/m).

En la variable LMR se presentó una diferencia de 0.68 cm, siendo mayor en la población M; estas poblaciones presentaron rangos de 7.58 a 17.72 centímetros para la población H, mientras que en la población macho la variación fue de 8.48 a 17.16 cm. Estas poblaciones presentaron una media de 11.66 y 12.34 cm para H y M, respectivamente.

En las variables ET y LMP no se encontraron diferencias significativas entre poblaciones, sin embargo se observan diferencias numéricas. En cuanto a la variables ET, la diferencia que se presentó entre poblaciones fue de 0.54 %, siendo mayor en la población M con 95.99 %, mientras que la población H obtuvo 95.45 %. Respecto a esta variable se puede mencionar que la población hembra presentó mayor variabilidad o dispersión en los datos obtenidos. Cabe señalar que estas poblaciones presentaron valores mínimos y máximos que van de 70 a 100 % y de 55 a 100 %, respectivamente.

respectivamente. Matthews (1980) menciona que la rápida emergencia uniforme y un alto nivel de emergencia de la semilla son el reflejo del alto vigor de la misma, contrariamente las diferencias en el vigor de la semilla es la causa de la emergencia no uniforme en campo.

Brar *et al.* (1992) indican que un alto porcentaje de germinación, y un excelente vigor de plántula son características deseables de calidad de la semilla en cualquier cereal; ambas características permiten a una plántula tolerar mejor las enfermedades y le confiere una mayor fortaleza para emerger del suelo.

En lo que respecta a la variable LMP, las diferencias numéricas fueron mínimas, siendo mayor en la población M por 0.20 cm. Al realizar la comparación de medias para esta variable se obtuvo 15.10 cm en la población M y 14.90 cm para la población H. En un estudio realizado en colectas de maíz por Pérez (2008), encontró que en las variables índice de velocidad de emergencia (IVE), emergencia total (ET), peso seco de plúmula (PSPL), longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR) no mostraron diferencias estadísticas, sin embargo numéricamente en la variable emergencia total (ET), las poblaciones de maíz criollo recolectado (PMCR) mostraron mayor porcentaje de plántulas emergidas (91.22 %) que las poblaciones de maíz criollo incrementadas (PMCI) (89.93 %).

En el Cuadro 4.12 se presenta la correlación entre las variables evaluadas en invernadero para la población hembra; el IVE correlacionó

positiva y significativamente ($P \leq 0.01$) con la variable ET ($r = 0.335$). En un estudio para predecir la emergencia en campo a través de avances genéticos y heredabilidad en parámetros de vigor, Kharb *et al.* (1994) encontraron una asociación fuerte y positiva entre la emergencia en campo y la germinación estándar, el índice de vigor y el índice de emergencia de plántulas, mientras que el peso de 1000 semillas y la conductividad eléctrica se correlacionaron negativamente.

Cuadro 4.12. Correlación de variables evaluadas en invernadero para la población hembra.

VARIABLES	ET (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
IVE	0.335**	0.005	0.015	-0.090	-0.039
ET		0.274**	0.079	0.240*	0.288**
PSP			0.503**	0.707**	0.419**
PSR				0.294**	0.201*
LMP					0.518**

*, ** = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente, 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.

La variable ET presentó correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$) con las variables PSP ($r = 0.274$) y LMR ($r = 0.288$), mientras que con la variable LMP la correlación fue positiva y significativa ($P \leq 0.05$). La variable PSP asocio positivamente ($P \leq 0.01$) con PSR, LMP y LMR.

El PSR correlacionó positivamente ($P \leq 0.01$) con LMP y ($P \leq 0.05$) con la variable LMR. También se encontró correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$) entre las variables LMP y LMR ($r = 0.518$). Pérez de la Cerda *et al.* (2007 a) en la prueba de vigor realizada en microtúnel encontró correlación

alta entre endospermo corneo y peso seco de la parte aérea, peso seco de raíz y velocidad de emergencia.

En el Cuadro 4.13 se presenta la correlación entre las variables evaluadas en invernadero para la población macho; el IVE correlacionó positiva y significativamente ($P \leq 0.05$) con la variable ET ($r = 0.216$); Pérez de la cerda *et al.* (2007 b) al evaluar la relación entre el vigor inicial, rendimiento y sus componentes en poblaciones de maíz chalqueño encontraron que las variables mejor correlacionadas con el vigor fueron velocidad de emergencia, longitud y peso de mesocotilo, y con el rendimiento del grano, el peso de 1000 semillas. Para la variable ET, la correlación que se presentó con las variables evaluadas fue no significativa. Villaseñor (1984) al evaluar líneas de maíz, encontró que no siempre las plántulas vigorosas provinieron de semillas grandes, pues la relación entre la velocidad y porcentaje de emergencia y el tamaño de semilla, resulto baja.

Cuadro 4.13. Correlación de variables evaluadas en invernadero para la población macho.

VARIABLES	ET (%)	PSP (mg/pl)	PSR (mg/pl)	LMP (cm)	LMR (cm)
IVE	0.216*	0.150	0.179	-0.096	0.132
ET		0.117	0.060	0.159	0.049
PSP			0.305**	0.524**	0.287**
PSR				-0.048	0.313**
LMP					0.377**

* ** = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente, 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.

Para la variable PSP, al igual que en la población H, fue la que presentó mayor correlación con otras variables, ya que está se asoció

positiva y significativamente ($P \leq 0.01$) con PSR ($r = 0.305$), LMP ($r = 0.524$) y $P \leq 0.05$ con LMR ($r = 0.287$). También se encontró correlación positiva y significativa al ($P \leq 0.01$) entre las variable LMP y LMR ($r = 0.337$). Moreno *et al.* (1978) comenta que la constitución genética de la semilla interviene como un elemento diferencial en la calidad de la misma.

Moreno (1996) indica que evaluar el vigor de las semillas es de gran utilidad para predecir el comportamiento de un lote cuando las condiciones del medio ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia de las plántulas. Igualmente, es de valor para comparar el potencial biológico de lotes con porcentajes de germinación similares y también para tomar decisiones sobre el tiempo de almacenaje al que pueden ser sometidas las semillas, ya que se ha visto que el vigor y la longevidad están altamente correlacionados.

Urbano (2002) menciona que el vigor de las semillas es la expresión de diferentes características fisiológicas que les permite no sólo germinar más rápidamente, si no también soportar mejor condiciones adversas durante la nascencia y generar plantas mejor desarrolladas que suelen conducir a incrementos de producción.

En general este estudio (Invernadero) la población macho presentó mayor vigor, en comparación a la población hembras, lo anterior posiblemente debido a una respuesta fisiológica negativa al desespigue.

CONCLUSIONES

En la caracterización física de las mazorcas, la longitud de mazorca fue mayor en la población hembra con 13.34 cm, mientras que en la población macho, el diámetro de mazorca (40.03 mm) y peso de mil semillas (208.45 g) fueron estadísticamente superiores.

En los atributos de calidad fisiológica, la población macho superó a la población hembra en las variables vigor, peso seco de plúmula y radícula, al igual que en longitud media de plúmula y radícula.

Los atributos de calidad fisiológica que presentaron asociación positiva y altamente significativa en las poblaciones hembra fueron, vigor con longitud media de plúmula y radícula; peso seco de plúmula correlacionó positivamente con peso seco de radícula y longitud media de plúmula. En la población macho, vigor correlacionó con peso seco de plúmula, radícula y longitud media de plúmula. Así mismo, el peso seco de plúmula correlacionó con peso seco de radícula, longitud media de plúmula y radícula.

En el estudio de velocidad de emergencia, la población macho superó a la población hembra en las variables índice de velocidad de emergencia, peso seco de plúmula, peso seco de radícula y longitud media de radícula.

En los atributos evaluados en invernadero, las variables que presentaron asociación positiva y altamente significativa en la población hembra fueron, peso seco de plúmula con peso seco de radícula, longitud media de plúmula y de radícula. En la población macho, peso seco de plúmula, correlacionó positivamente con peso seco de radícula, longitud media de plúmula y de radícula.

En el estudio realizado en laboratorio se observó en la población macho mayor número de correlaciones entre variables, mientras que en el estudio en invernadero, la población hembra presentó más variables correlacionadas.

En los estudios realizados se encontró que la población macho presentó mayor calidad física y fisiológica, en comparación a la población hembra. Esto se puede atribuir al desespigue aplicado en la población hembra, ya que posiblemente modificó el metabolismo de las plantas, reflejándose en una disminución en la calidad de las semillas.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: 1) Caracterizar poblaciones de maíz criollo mejorado en base a atributos físicos y fisiológicos, 2) Determinar los cambios ocurridos en las poblaciones por efecto del sistema de producción y 3) Determinar la correlación entre atributos de calidad fisiológica en las poblaciones hembra (H) y macho (M).

La investigación constó de tres estudios: 1) Caracterización física de la mazorca; 2) Determinación de la calidad fisiológica de las poblaciones de maíz en laboratorio y 3) Determinación del índice de velocidad de emergencia de las dos poblaciones (hembra y macho) bajo invernadero. El material genético se obtuvo en el ciclo invierno-primavera 2006-2007, en Tepalcingo, Mor., y consistió de cien familias de maíz derivadas de una población criolla mejorada, generadas a través de dos diferentes sistemas de apareamiento. La población criolla mejorada se sembró en un lote de producción de semilla, donde se identificó surcos hembra (desespigados) y macho en proporciones similares. En el estudio I, los resultados mostraron diferencias significativas en las variables LMAZ, DMAZ y PMS. En el estudio II, se obtuvieron diferencias altamente significativas entre poblaciones para las variables V, PSP, PSR, LMP y LMR, siendo superiores en la población macho. En cuanto a la correlación entre variables para los atributos de

calidad fisiológica, en la población H, la variable V correlacionó positiva y significativamente con las variables LMP y LMR. PSR y LMP se correlacionaron positivamente con PSP, además de correlacionarse positivamente con LMR. Mientras que en la población M, V mostró correlación positiva y significativa con las variables PSP, PSR y LMR, mientras que GERM se asoció positivamente con PSP y LMP. PSP se relacionó ($P \leq 0.01$) con las variables PSP, LMP y LMR. Así mismo, PSR correlacionó positiva y significativamente con LMR y LMP. En el estudio III de velocidad de emergencia, se encontró para poblaciones diferencias significativas en las variables IVE, PSP, PSR y LMR. En la correlación entre variables en la población H, el IVE correlacionó positiva y significativamente con ET. Por otra parte, ET presentó correlación positiva y significativa con PSP, LMR y LMP. PSP se asoció ($P \leq 0.01$) con PSR, LMP y LMR. PSR correlacionó positiva y significativamente con LMP y LMR. En la población M, el IVE correlacionó positiva y significativamente ($P \leq 0.05$) con la variable ET; la variable PSP, se asoció con las variables PSR, LMP y LMR al observarse una correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$). Sin duda, la calidad física y fisiológica de las semillas fue afectada por el método de desespigue aplicado en la población H, modificando el comportamiento fisiológico de las plantas, lo cual resultó en un comportamiento inferior en comparación a la población macho.

LITERATURA CITADA

- Adetiloye P., B. O. y E. Ezedlma. 1984.** Responses by maize plant and ear short character to growth in southern Nigeria. Field Crops Research. Dep. of Crop Sci., Nigeria, Univ. Nigeria.
- Alcocer E., B., G. Martínez Z., M. E. Vázquez B., A. R. Peña C. y M. Colín R. 2000.** Imbibición, atributos de calidad de semilla de trigo (*Triticum turgidum* L.) y su efecto sobre el establecimiento del cultivo. Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 a 20 Octubre, Irapuato, Guanajuato, México. 208 p.
- Alizaga, R. 1990.** Alteraciones fisiológicas y bioquímicas en semillas de tres cultivares de *Phaseolus vulgaris* de alto y bajo vigor inducido. Agronomía Costarricense: 14 (2) 162-168.
- Anuario de Agricultura. 1980.** Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Ed. Continental, S. A México. Séptima impresión. 275 p.
- Andrews, J. D. and P. J. Bramel-Cox. 1993.** Breeding cultivars for sustainable crop production in low input dryland agriculture in the tropics. *In*: International Crop Sciences I. D. R. Buxton, R. Shibles, R. A. Forsberg, B. L. Blad, K. H. Asay, G. M. Paulsen, and R. F. Wilson (eds.). CSSA, Madison, WI. pp. 211 - 223.
- Arellano V., J. L., C. Tut C., A. Maria R., M. Salinas. y O. R. Taboada G. 2003.** Maíz azul de los Valles Altos de México. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Rev. Fit. Mex. 26 (2): 101 - 107.
- Brar G. S., L. Steiner J., W. Unger P, and S. Phrihar S. 1992.** Modeling sorghum seedling establishment from soil wetness and temperature of drying seed zones. Agron. Journal. 84: 905-910.
- Besnier R., F. 1989.** Semillas: Biología y Tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 63 p.
- Caraboloso 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. Agrociencia 34: 167 - 174.

- Cázares M, E. Comité Ciudadano de Evaluación de Estadística Económica de Sinaloa (CEEES). 2008.** Situación mundial del maíz. En línea: <http://www.cee.es.com.mx/publico/eventos/uploadfiles//EstudiosEconomicos/Situaci%C3%B3n%20Mundial%20Maiz.pdf>. Fecha de actualización: Marzo de 2009.
- Centro de estudios para el cambio en el campo Mexicano (CECCAM). 2006.** Producción e importancia de maíz en México. A partir de fuentes oficiales como la Secretaría de Agricultura (SAGARPA), Banco de México, Informes de Gobierno y Documentos Oficiales del TLC. En línea: <http://www.foroendefensadelmaiz.galeon.com/productos363869.html>. Fecha de actualización: Abril de 2007.
- Cervantes S. T, y J. A. Carrera V. 2002.** Comportamiento *per se* y en cruza de poblaciones tropicales de maíz seleccionadas en valles altos. Rev. Agrociencia. Vol. 36, No. 006. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. Méx. pp. 693 - 701.
- Chauvet, M. 2002. SAGARPA.** Efectos de los organismos genéticamente modificados en el maíz criollo. En línea: <http://www.laneta.apc.org/xilotl/AgendaLocal/ogmymaizcriollo.doc>. Fecha de actualización: Marzo de 2007.
- Cisse, N. and G Ejeta. 2003.** Genetic variation and relationships among seedling vigor traits in sorghum. Crop Sci. 43 (3): 824-828.
- Contreras Z., J. 1994.** Influencia de rotación de cultivo y control de malezas; el crecimiento, rendimiento y comportamiento del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. 49 p.
- Crossa J., S. Taba., E. J. Wellhausen. 1990.** Heterotic patterns among mexican races of Mexico. Corp. Sci. 30: 1182 - 1190.
- Douglas, J. E. 1982.** Programas de semilla. Guía de planeación y manejo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Serie CIAT. 82. Cali, Colombia. pp. 1, 123 - 163.
- Ducar, M. P. 1970.** Producción de semillas pratenses. Manuales de técnica agropecuaria. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 142 p.
- Duvick, D. N. 1996.** Plant breeding, an evolutionary concept. Crop Sci. 36: 539 - 548.
- Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1995.** Desespigamiento en cruza simples de maíz y su efecto en la producción de semillas. Rev. Fit. Mex.18 (1): 9 - 15.

- Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1998.** Evaluación de desespigue mecánico en híbridos dobles de maíz, en los valles altos de México. Nota Técnica. *Agronomía Mesoamericana*. 9 (1): 90 - 92.
- Espinosa C., A., J. Ortiz C., A. Ramírez F., N. O. Gómez M. y Á. Martínez G. 1998.** Efecto del desespigue sobre la producción de semilla de líneas tropicales de maíz (*Zea mays L.*). Memoria del XVII Congreso de Fitogenética. 5 al 9 de Octubre. Acapulco, Guerrero. 490 p.
- Estrada C., G., C. G. Martínez R., E. J. Morales R. y C. Gonzáles V. 2000.** Rendimiento y componentes de rendimiento en híbridos y cultivares de maíz para valles altos. Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 Octubre. Irapuato. Guanajuato, México. 21 p.
- Estrada G., J. A., A. Hernández L., F. Hernández O., A. Carballo C, y F. V. Gonzáles C. 1999.** Tipos de endospermo en México y su relación con la calidad de semilla. *Rev. Fit. Mex.* 22: 99 - 109.
- Ferguson, J. M., D. M. TeKrony and D. B. Egli. 1990.** Changes during early soybean seed and axes deterioration: Seed quality and mitochondrial respiration. *Crop Sci.* 30: 175-179.
- Garay E., A. 1989.** La calidad de las semillas y sus componentes. *In: Memorias del primer curso avanzado sobre sistemas de semillas para pequeños agricultores.* CIAT. Cali, Colombia. pp. 2 - 11.
- Gritti, O., M. Bertolini and M. Motto. 1994.** Recurrent selection for increasing seed size in maize. *Maydica* 39: 149 - 154.
- Gómez A., O. y M. Minelli. 1990.** La producción de semillas. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA). Managua, Nicaragua. 36 p.
- Guzmán, A. y L. Guzmán. 1991.** Efecto de diferentes dosis, forma de aplicación de fertilizante y tiempo de reabono sobre el crecimiento de maíz (*Zea mays L.*) para el Municipio Urica, estado Anzoátegui. Trabajo de Grado; Ingeniero Agrónomo, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente. Jusepín, Estado Monagas, Venezuela. 89 p.
- Harrington, J. F. 1972.** Seed storage and longevity *In: Seed Biology* Kozlowski T. T. Volume III. Academic Press. New York. pp. 145 - 245.
- 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. Fit. Mex.* 27: 27 - 31.

- Hernández G. A., A. Carballo C., A. Hernández L. y F. V. González C. 2000.** Ponderación de variables de calidad fisiológica para la medición de vigor en semillas de maíz. *Rev. Fit. Mex.* 23: 239 - 250.
- Herrera C., B. E., A. Macias L., R. Díaz R., M. Valadez R. y A. Delgado A. 2000.** Uso de semillas criollas y caracteres de mazorca para la selección de semilla. *Rev. Fit. Mex.* 25 (1): 17 - 23.
- International Board Plant Genetic Resources (IBPGR). 1991.** Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/ Rome.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004.** International Rules for Seed Testing. Ed. 2004. Bassersdorf, CH-Switzerland. 700 p.
- Kaliangile, T. y W. Mulioleka S. 1995.** Seed development. *In* S. W. Mulioleka (Ed). Zambia Seed Technology Handbook. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, Zambia. pp. 28-34.
- Kharb R., P. S., P. S. Lather B. and P. Deswal D. 1994.** Prediction of field emergence through heritability and genetic advance of vigour parameters. *Seed Sci. Technol.* 22: 461-466.
- Loáisiga C., H. 1990.** Caracterización y evaluación de treinta cultivares de maíz (*Zea mays L.*). Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA), Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. 86 p.
- López P., A., H. López S., A. Muñoz O y L. Trejo H. 2000.** Formación de variedades sintéticas de maíz para la región "La Malinche" en el estado de Puebla. Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 Octubre. Irapuato. Guanajuato, México. 13 p.
- Martin, J. H., W. H. Leonard and A. L. Stamp. 1976.** Principles of field crop production. 3rd Ed. McMillan Publishing. New York. USA. pp. 29 - 65.
- Martínez M., V. 1989.** Efecto de las características físicas sobre la calidad de semillas de maíz. Tesis de Licenciatura. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 34 p.
- Márquez S., F. 1988.** Genotecnia Vegetal. Métodos teoría resultados. Tomo I. AGT Editor, S. A. México, D. F. pp. 1 - 60.
- Matthews, S. 1980.** Controlled deterioration; a new vigour test for crops seeds. *In*: P. D. Hebblethwaite (eds). Seed Production. London; Butterworths. pp. 467 – 660.

- Moreno F., V., R. Ortega P. y F. Castillo G. 2000.** Selección masal visual estratificada en criollos de maíz de la región Chalco - Americana. Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética, 15 al 20 Octubre. Irapuato, Guanajuato, México. 10 p.
- Moreno, M. E. 1996.** Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. Tercera edición. Ed FAO. México, D. F. 237 p.
- Moreno M. E., R. Morones R., L. Gutiérrez R. 1978.** Diferencias entre líneas, cruza simples y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento. Turrialba 28: 233-237.
- Murillo A. B., J. M. Urbalejo R., E. Troyo D., R. Pargas L y F. H. Ruiz E. 1998.** Efecto del NaCl en características morfológicas de plántulas de maíz. Memoria del XVII Congreso de Fitogenética. 5 al 9 de Octubre. Acapulco, Guerrero. 457 p.
- Odhambo M., O. and W. A. Compton. 1987.** Twenty cycles of divergent mass selection for seed size in corn. *Corp. Sci.* 27: 1113 - 1116.
- Petrovich I. P. and I. V. Prokofeva. 1996.** Influence of climatic factors on the formation of the reproductive organs of Lucerne. *Seed abstracts* 19(3): 123. England.
- Pérez, M. C., A. Hernández L., F. V. González C., G. García S., A. Carballo C., T. R. Vásquez R. y Ma. R. Tovar G. 2006.** Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México*, Septiembre - Diciembre, año/vol. 32, número 003. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, México. pp. 341-352.
- Pérez C., S. 2008.** Evaluación de atributos de calidad en poblaciones de maíz criollo cultivado en ambientes diferentes. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 44 – 45.
- Pérez de la Cerda, F. J., A. Carballo C., A. Santacruz V., A. Hernández L y J. C. Molina M. 2007 a.** Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agricultura Técnica en México*, Enero -Abril, año/vol. 33, número 001. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, México. pp. 53-61.
- Pérez de la Cerda, F. J., L. Cordova T., A. Santacruz V., F. Castillo G., E. Cárdenas S y A. Delgado A. 2007 b.** Relación entre el vigor inicial, rendimiento y sus componentes en poblaciones de maíz chalqueño. *Agricultura Técnica en México*, Enero-Abril, año/vol. 33, número 001. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, Mexico. pp 5-16.

- Perry, D. A. 1981.** Seedling growth and seedling evaluation tests. *In:* Pery, D. A. (ed.). Handbook of Vigour Test Methods. ISTA. Zurich, Switzerland. p. 10-20.
- Perry, D. A. 1983.** El concepto de vigor de la semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semillas. F. Stanham (Trad.). Editorial Hemisfério Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 693-701.
- Poehlman, J. M. 1979.** Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa S. A. México. p. 22, 278, 279.
- Popinigis, F. (1977).** Fisiología de la semilla. Brasília. 2ª Ed. 289 p.
- Ramírez, R. E. 1976.** Estudio del incremento y traslocación de proteína en la planta de maíz. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 91 p.
- Reyes C. P. 1990.** El maíz y su cultivo. 3ª edición. AGT Editor. México, D. F. 460 p.
- Rincón S. F., H. de León C., R. Vidrio H., y N. A. Ruiz T. 2000.** Componentes genéticos de dos poblaciones de maíz con diferentes proporciones de germoplasma criollo y mejorado. Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 Octubre. Irapuato, Guanajuato, México. p. 15.
- Rodríguez, L. y T. Solís. 1997.** Evaluación de cuatro tipos de biofertilizantes sobre crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays L.*). Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. 45 p.
- Saldaña Z., R., M. E. Vázquez B., M. Estrella M., V. M. Zamora V. y M. C. Vega S. 2000 a.** Desespigue manual y mecánico en la calidad de semilla de un híbrido triple de maíz (*Zea mays L.*). Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 Octubre. Irapuato, Guanajuato, México. 204 p.
- Saldaña Z., R., M. E. Vázquez B., M. Estrella M., V. M. Zamora V. y M C. Vega S. 2000 b.** Desespigue manual y mecánico en la calidad de semilla de un híbrido simple de maíz (*Zea mays L.*). Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 Octubre. Irapuato. Guanajuato, México. 205. p.
- Saldaña, F. y M. Calero. 1991.** Efecto de la rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de las malezas en los cultivos de maíz (*Zea mays L.*), sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) y pepino (*Cucumis sativus L.*). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Managua, Nicaragua. 63 p.

- Sánchez G., J. J., T. A. Kato Y., M. Aguilar S., J. M. Hernández., A. López R. y J. A. Ruiz C. 1998.** Distribución y caracterización del teocintle. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Libro Técnico No. 2, CIPAC-INIFAP-SAGAR, Guadalajara, Jalisco, México. pp. 1 - 2.
- Sánchez M. R., J. D. Molina G., y E. Casas D. 1973.** Efecto de dosis de germoplasma exótico y de citoplasma tropical sobre el rendimiento de cruza tropicales. X Mesa Central de Maíz (*Zea mays L.*). *Agrociencia* 11: 151 – 179.
- Sánchez V., L. 2005.** Maíces, teosintles, *Zea diploperennis* y los indígenas mexicanos. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. En línea: <http://dialogo.ugr.es/contenidos/last02/0602-iv-teosintles.htm>. Fecha de actualización: Marzo de 2007.
- Sandoval Z., H. 1995.** Agotamiento de sustancias de reservas: una prueba para medir el vigor de la semilla. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 34 p.
- Schwanke, R. K. 1965.** Alteration of reproductive attributes of corn varieties by population and intolerant of density planting. *Agronomy Journal* 52: 482 - 484.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2007.** Índice de maíz. En línea: http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Maiz/Descripci%C3%B3n.pdf. Fecha de actualización: Mayo de 2007.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA. 2007.** Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996 - 2012. México, D. F. 19 - 26.
- Serrato C., V. M. 1995 a.** Curso de capacitación en tecnología de semillas a extensionistas. Consultaría en tecnología de semillas. Cap. VII. Pureza varietal. Desespigamiento. San Salvador, El Salvador, Centro América. p. 114-115.
- Serrato C., V. M. 1995 b.** Manual de procedimientos de control de calidad en el campo, en la producción de semillas de maíz. Consultaría en tecnología de semillas. Vol. II. San Salvador, El Salvador, Centro América. 6 p.
- Statistical applied system. SAS Institute Inc. 2004.** SAS/STAT 9.1 User's Guide Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- Tekrony, D. M., D. B. Egli. and A. D. Phillips. 1980.** Effect of field weathering on the viability and vigour of soybean seed. *Agron. J.* 72: 749 - 753.

- Urbano, T. P. 2002.** Fitotecnia, ingeniería de la producción vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 259 p.
- Vázquez A., A. N. 2007.** Atributos agronómicos y calidad fisiológica de líneas y sus progenitores 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. pp. 46.
- Viera A., L. 2004.** Caracterización y evaluación de seis híbridos y seis variedades de polinización libre de maíz (*Zea mays L.*) en el viejo, Chinandega. Trabajo de Diploma. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Managua, Nicaragua. 25. p
- Villaseñor, M. H. E. 1984.** Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad en Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 149 p.