

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE MAÍZ Y SU RELACIÓN
CON EL AMBIENTE DE PRODUCCIÓN**

Por:

HUBERTO SANDOVAL RODAS

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

TESIS

CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON EL
AMBIENTE DE PRODUCCIÓN

POR:

HUBERTO SANDOVAL RODAS

Que somete a consideración del H. jurado examinador como requisito para
obtener el título de

Ingeniero Agrónomo en Producción

Aprobado por:

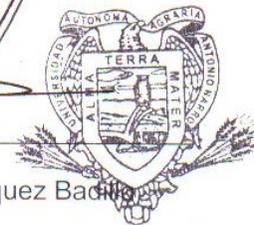
Dr. Froylán Rincón Sánchez

Asesor principal:

Dr. Norma Angélica Ruiz Torres

Dr. Juan M. Martínez Reyna

Dr. Mario Ernesto Vázquez Bacallao



Coordinación de la División de Agronomía
División de Agronomía

DEDICATORIAS

A mi Padre el señor Ariel Sandoval Rodas, a mi Madre la señora Delia Rodas Gómez por haberme dado la oportunidad de formarme como profesionista por creer en mi y darme su apoyo incondicional por sus consejos y por enseñarme que todo es posible cuando uno se lo propone.

A mis hermanos Rusbel Sandoval Rodas y Hugo Alberto Sandoval Rodas porque son parte importante de mi vida y que sin su apoyo jamás lo hubiera logrado, gracias a ambos por su comprensión y consejos.

A mi Esposa Martha Elena De los Santos Vásquez por su gran apoyo todo este tiempo juntos, gracias por los momentos tan gratos que he pasado a su lado.

Mi hijo Brian Alejandro Sandoval De los Santos por los momentos de felicidad que me regala todos los días desde el momento en que nació.

A mis abuelos(a) Segundo Sandoval Ramírez, Elvira Rodas Hernández, Carlos Rodas Estrada, María Gomes Vilchis por su gran cariño y haber hecho de mi un hombre de bien.

Quiero que sepan que esto que he logrado ha sido gracias a ustedes porque a pesar de todo nunca me dejaron solo y siempre estuvieron a mi lado, los quiero mucho y toda mi vida voy a recordar lo que han hecho por mí.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente gracias a Dios por haberme dado la vida y las fuerzas necesarias para llegar hasta donde hoy he llegado.

Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), por el financiamiento otorgado en la realización del presente trabajo de investigación.

A mi “Alma Mater” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme preparado en el ámbito profesional, y darme la oportunidad de crecer como persona.

De manera muy especial al Dr. Froylán Rincón Sánchez por haberme brindado su amistad, conocimientos y tiempo para la realización de este trabajo que sin su apoyo no hubiera sido posible.

A todo el comité de asesores la Dra. Norma A. Ruiz Torres, al Dr. Juan Manuel Martínez Reyna por sus valiosas sugerencias en la revisión del presente trabajo.

Para Guillermina Macchi Leite que fue una persona importante en la realización del presente trabajo, gracias por tu gran apoyo y tus consejos.

A Marcelino Avendaño Sánchez por haberme ayudado y apoyado en estos meses de la realización del experimento que no le importó quedarse hasta tarde apoyándome.

A mis compañeros de generación Fernando, Yuri, Denis, Cesia, Anita, Yesenia, Reyna, Armando, Héctor, Gabriel, Roel, Rosauero, David, Carlos, Niño, Rafa, Abner, Jau, Raúl, Maga. A todos ellos gracias por su valiosa amistad, pero sobre todo el apoyo que me brindaron en los momentos difíciles, gracias por ser mis amigos y pasar conmigo esos momentos que nunca olvidare.

A José Leonardo Acosta Méndez, Manuel Treviño Torres y Roberto Treviño Villanueva colaboradores del área de invernaderos de la UAAAN.

De manera especial para Lic. Sandra Rosana López Betancourt encargada del centro de cómputo de la carrera de producción quien me brindo su amistad y ayuda durante la realización de la carrera.

Y a todas aquellas personas que me brindaron su amistad y que se escapan de mi mente, muchas gracias o todos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
Factores de producción.....	4
Desespigue.....	4
Concepto de semilla.....	6
Calidad de semilla de maíz.....	6
Germinación.....	7
Vigor.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
Material genético.....	10
Evaluación.....	11
Diseño experimental.....	12
Germinación estándar.....	12
Variedades estudiadas.....	13
Análisis.....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
V. CONCLUSIONES	21
VI. LITERATURA CITADA	22

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para orígenes de semilla de las variables en estudio.....	15
Cuadro 2. Medias de las poblaciones por origen de semilla de las variables en estudio.....	16
Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza de la primera generación para las variables en estudio.....	17
Cuadro 4. Medias de las poblaciones correspondientes a la primera generación.....	18
Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para la segunda generación.....	19
Cuadro 6. Medias de las poblaciones correspondientes a la segunda generación de las variables en estudio.....	19

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: a) determinar el efecto del ambiente de producción en la calidad fisiológica de la semilla de poblaciones de maíz y b) determinar el potencial germinativo y de vigor en relación con los métodos de selección y mantenimiento de poblaciones de maíz. Se utilizó una población denominada “JAGUAN” en la cual se aplicó selección masal durante dos generaciones usando un esquema de producción de semillas. En cada generación se establecieron surcos hembra (H) (desespigados) y surcos macho (M) (polinización libre). En la primera generación (G_1) se determinaron los tratamientos (poblaciones) (H y M), en el ciclo otoño-invierno 2006-2007 en Tepalcingo, Morelos. La segunda generación (G_2) fue generada en 2007 en el Mezquite, Galeana, N.L., donde fueron obtenidas cuatro combinaciones de tratamientos (poblaciones) como sigue: HH, HM, MH, MM, dando como resultado total a seis tratamientos. La calidad fisiológica de la semilla (germinación y vigor) fue determinada en 387 familias que representaron a las seis poblaciones. Se establecieron experimentos (Ensayos) con 90 unidades experimentales (15 familias por cada combinación de tratamiento). En total se realizaron cinco ensayos donde fueron evaluados 35 y 32 familias para las combinaciones H y M, en tanto que los tratamientos HH, HM, MM, y MH fueron representados con 80 familias cada una. En el análisis de varianza se encontró diferencias estadísticas ($P = 0.01$)

entre las dos localidades de producción (origen) en todas las variables de estudio. La localidad El Mezquite, mostró valores superiores en vigor, germinación, peso seco por plántula y peso de 100 semillas. Con base en las diferencias en el origen de la semilla se realizó el análisis de varianza por generación de incremento y selección de semilla. En la primera generación se observó diferencia estadística ($P= 0.05$) entre las poblaciones para porcentaje de germinación, con valores de 95.2 y 97.4 % para la población macho y hembra, respectivamente. En la segunda generación se encontró diferencia estadística ($P = 0.01$) entre poblaciones macho (MH y MM) y hembra (HH y HM), en el peso seco de plántula y de ($P = 0.05$) en peso de 100 semillas. En ambos casos, la población hembra fue superior al macho con valores de 88.1 y 91.1 % en el peso seco de plántula y de 31.5 y 33.0 g en el peso de 100 semillas, respectivamente. Las poblaciones mostraron diferente calidad fisiológica de la semilla en relación con el origen de producción, atribuido primeramente a las condiciones ambientales. En el esquema de selección y mantenimiento de una población durante dos generaciones, no se encontró evidencia de cambios en los niveles de calidad fisiológica de las semillas de maíz.

Palabras clave: *Zea mays*, germinación, desespigue en maíz, calidad fisiológica.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz *Zea mays* L., es uno de los tres cultivos más importantes del mundo. México es el centro de origen, y constituye la base alimenticia de la dieta mexicana por ser preparado de múltiples formas como atoles, tamales, pozoles y tortillas.

La conservación y aprovechamiento de la diversidad genética de poblaciones nativas de maíz es fundamental para la seguridad alimentaria y el desarrollo agrícola de México.

Las poblaciones nativas de maíz son conservadas por los agricultores a través de esquemas de selección masal tradicional. El manejo y conservación de la diversidad genética de las poblaciones y la obtención de semilla de calidad para la siembra pueden lograrse a través de esquemas de selección y manejo del germoplasma.

La calidad fisiológica de la semilla está asociada tanto con la calidad genética, como con los factores de producción que incluye el manejo agronómico (prácticas culturales, aplicación de pesticidas, etc.) y el ambiente de producción. Este último determinado por las condiciones climáticas específicas

de precipitación y temperatura, las cuales tienen implicaciones directas en la expresión de los niveles de calidad física y fisiológica de las semillas.

En el presente trabajo de investigación se analizó la calidad de la semilla considerando los ambientes de producción, así como los factores asociados con la selección y mantenimiento de poblaciones de maíz.

Objetivos

- 1) Determinar el efecto del ambiente de producción en la calidad fisiológica de la semilla de poblaciones de maíz.
- 2) Determinar el potencial germinativo y de vigor en relación con los métodos de selección y mantenimiento de poblaciones de maíz.

Hipótesis

Las poblaciones obtenidas en ambientes diferentes tendrán un comportamiento diferente en la calidad fisiológica de la semilla. Los esquemas de selección pueden influir en los niveles de calidad fisiológica de la semilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

México es considerado el centro de origen del maíz (*Zea mays L.*). Se ha documentado la presencia de alrededor de 60 razas adaptadas a diferentes condiciones climáticas, que van de 0 a 2700 msnm (Sánchez, 2003).

El maíz es por mucho el cultivo más importante de México, desde el punto de vista alimentario, político y social. Este grano se siembra en dos ciclos productivos: primavera-verano y otoño-invierno, bajo las más diversas condiciones agroclimáticas de humedad (temporal y riego).

En México durante el periodo 1996-2006 se produjo un promedio anual de 19.3 millones de toneladas de maíz. La superficie sembrada promedio anual durante el periodo de análisis (1996-2006) fue equivalente a 8.4 millones de hectáreas. Por lo que se refiere a la modalidad hídrica, el 85.5 % del total se cultiva en superficie de temporal, proporción que representa 7.2 millones de hectáreas en promedio anual; mientras que 1 millón 217 mil hectáreas se siembran bajo condiciones de riego, que representa 14.5 % del total. El rendimiento promedio a nivel nacional en el periodo de referencia fue equivalente a 2.254 t ha⁻¹ (SAGARPA-SIAP, 2007).

Factores de producción

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

Córdova (1991) señala que la interacción genotipo-ambiente merece gran importancia en la evaluación de cultivos desarrollados para diferentes ambientes de producción, las diferencias entre ambientes y años pueden cambiar la magnitud de la respuesta relativa de los cultivos a ambientes contrastantes.

Desespigue en maíz

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (CIMMYT, 1999) recomienda el método desespigue (surcos hembras y surcos macho) para el mantenimiento y producción de semilla de variedades mejoradas, en el cual se desespigan todas las plantas hembras.

El desespigamiento permite el cruzamiento entre los progenitores deseados en la producción de semilla híbrida. Sin embargo, esta actividad debe realizarse en forma eficaz y oportuna para mantener la calidad genética correspondiente al híbrido que se desea obtener (Tadeo *et al.*, 2007).

El desespigue mantiene la calidad genética y evita contaminaciones con polen que genera autofecundaciones cuando no se hace oportunamente. Frecuentemente se elimina la espiga junto con una o más hojas para agilizar y facilitar la actividad (Espinosa y Tadeo, 1995).

Espinosa y Tadeo (1998) realizaron una evaluación de tres niveles de desespigue: 1) espiga + 1 hoja, 2) espiga + 2 hojas, 3) espiga + 3 hojas, 4) testigo sin desespigue, con la cual concluyeron que para lograr un fácil y seguro desespigue en las cruzas evaluadas se podría adoptar la eliminación de la espiga junto con tres hojas.

Barrales (1997) evaluó la productividad de maíz y frijol en la región del Valle de Cuapiaxtla, Taxcala, Mex., ante la incidencia de heladas. Una helada a los 126 días causó daños en las plantas de maíz, observando que donde se realizó desespigue, se encontraron rendimientos de 62.53 g/planta y 10 % de plantas sin mazorcas, mientras que en plantas normales la producción fue de 28.23 g/planta, y de 30% de plantas improductivas.

Concepto de semilla

La semilla es el óvulo fertilizado y maduro, conformado por las siguientes partes: una cubierta o testa que protege las partes internas, el endospermo o tejido de reserva del alimento, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión. En algunas semillas como en las leguminosas el endospermo está mal representado y la reserva de energía en forma de alimento es almacenada en los cotiledones, y que funciona como lugar de almacenamiento de reservas alimenticias (Villarreal, 1993).

En términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. Una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el epispermo (Moreno, 1996).

En maíz como en todas las gramíneas la semilla está representada por el fruto o cariósido

Calidad de semilla de maíz

Besnier (1989) señala que el éxito en la producción comercial de semillas, está determinada por un conjunto de atributos que la hacen deseable

para su siembra, donde la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica juega un papel importante, que se manifiesta directamente en su vigor.

Molina *et al.* (2003) mencionan que es posible asociar los cambios fenológicos de la semilla de maíz con los niveles de calidad fisiológica de la misma. También mencionan que la máxima calidad fisiológica de las semillas de maíz no siempre coincide con la máxima acumulación de la materia seca.

Ruiz *et al.* (2009) determinaron los cambios ocurridos por efecto del sistema de producción (desespigue), observando que la población machos fue superior a la población hembra en las variables de vigor, peso seco de plúmula y radícula, longitud de plúmula y radícula. Mencionan que las diferencias se pueden atribuir al daño causado en las hojas de la planta, al eliminar las espigas manualmente, lo cual repercute en una reducción en el área foliar fotosintéticamente activa.

Germinación

La germinación es la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1996). Ruiz (1983) menciona que la germinación es el fenómeno por el cual el embrión pasa del estado de vida latente en que se encuentra en la semilla a un estado de vida activa. Por su parte, Cronquist (1986) señala que la germinación

es el proceso que ocurre desde el momento en que el embrión reinicia su crecimiento hasta que la plántula se establece. En otras palabras, es el desarrollo y transformación del embrión en una nueva y pequeña planta.

Ellis y Roberts (1982) proponen que después del porcentaje de viabilidad, la tasa de germinación de un lote de semilla, posiblemente sea una de las manifestaciones más obvias del vigor, por lo que recomiendan que cualquier consideración de la calidad de la semilla deba incluir este componente. Con frecuencia se afirma que a medida que progresa el deterioro dentro de un lote de semilla, éstas demoraran más en germinar en condiciones estándar.

Martínez (1989) menciona que las semillas planas, grandes y pesadas de maíz son de mayor calidad que las de menor tamaño y peso, ya que presentan mayor peso seco de plántulas y porcentaje de germinación.

Hartmann y Kester (1995) mencionan que para que se inicie la germinación se necesita que: a) la semilla sea viable, es decir, que tenga un embrión vivo capaz de germinar; b) no deben existir barreras fisiológicas, físicas y químicas que induzcan el letargo e inhiban la germinación; c) debe estar expuesta a condiciones ambientales adecuadas que favorezcan la germinación.

La International Seed Testing Association (ISTA) describe a la germinación en laboratorio como el desarrollo de las estructuras esenciales del embrión a un grado tal que manifiestan su habilidad para continuar con un desarrollo normal bajo condiciones óptimas (ISTA, 2009).

Vigor

El vigor según la International Seed Testing Association (ISTA) es la suma total de las características de la semilla que determinan el nivel de la actividad y del funcionamiento de la semilla o la porción de la semilla durante la germinación y la aparición de la planta (ISTA, 2009).

Moreno (1996) menciona que el vigor es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividades y comportamientos de la semilla durante su germinación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético utilizado proviene de la población de maíz criollo mejorada "JAGUAN", la cual fue sometida a dos generaciones de selección y mantenimiento de calidad genética.

Se utilizó un esquema de producción de semilla por dos generaciones para obtener el material incluido en el estudio. El esquema de producción de semilla utilizado consistió en el establecimiento de surcos hembra (H) (desespigados) y surcos macho (M) (polinización libre).

La primera generación (G_1) de los tratamientos (H y M) fue realizada en el ciclo otoño-invierno 2006-2007 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Tepalcingo, Morelos. El cual se encuentra localizado geográficamente entre los paralelos $18^{\circ} 26'$ de latitud norte y los $98^{\circ} 18'$ de longitud oeste, a una altura de 1,182 msnm, con una temperatura media anual de 24.3°C , y una precipitación promedio anual de 885.3 mm. La segunda generación (G_2) fue obtenida en 2007 en el Mezquite, Galeana, N.L., ubicado entre los paralelos, $25^{\circ} 18.06'$ latitud Norte y $101^{\circ} 16.69'$ longitud Oeste, a una altura de 1,890 msnm, con una temperatura media anual

de 18 °C, y una precipitación promedio anual de 300 mm, donde fueron obtenidas cuatro combinaciones de tratamientos (poblaciones) como sigue: HH, HM, MH, MM, dando como resultado total a seis tratamientos en las dos generaciones. En cada combinación de tratamiento se obtuvo cien mazorcas (familias) por selección. El material utilizado en el presente estudio fue obtenido como una muestra de las familias seleccionadas. Cabe señalar que la semilla fue almacenada a una temperatura de 4 °C hasta la realización de los ensayos de germinación en el 2009.

Evaluación

La evaluación de la calidad fisiológica de las semillas se realizó en el laboratorio de calidad de semilla del Centro Regional de Conservación de Semilla del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

La calidad fisiológica de la semilla (germinación y vigor) fue obtenida en 387 familias que representaron a las seis combinaciones de tratamientos (poblaciones). Se establecieron experimentos (Ensayos) con 90 unidades experimentales (15 familias por cada combinación de tratamientos).

Diseño experimental

Cada experimento fue establecido como un diseño de bloques incompletos con arreglo a-látice con dos repeticiones por ensayo. En total se realizaron cinco ensayos los cuales contemplaron a seis combinaciones de tratamientos con 35 y 32 familias para las combinaciones H y M respectivamente, en tanto que los tratamientos HH, HM, MM, y MH fueron representados con 80 familias cada una. La combinación de tratamientos en la segunda generación dio origen a un experimento factorial 2 x 2, dos poblaciones (hembra y macho) y dos métodos de producción (desespigue y polinización libre).

Germinación estándar

El porcentaje de germinación fue determinado en base al método de la International Seed Testing Association (ISTA, 2009) con las siguientes modificaciones: Se utilizó papel de germinación tipo anchor previamente humedecido, donde se colocaron 25 semillas por cada combinación de tratamientos - repetición, con el embrión hacia abajo del papel de germinación. La semilla fue tratada previamente con Captán en polvo con el fin de controlar el desarrollo de hongos debido a la alta temperatura y humedad. Posteriormente se enrollaron en forma de taco, se sujetó los extremos con ligas, se colocaron en bolsas de polietileno introduciendo seis tacos por bolsa, después se acomodaron en una cámara de germinación Thermo Scientific 844 por siete días a una temperatura de 25 ° C.

Variables estudiadas

Primer conteo de germinación. Es la prueba para evaluar el vigor de la semilla. Este conteo se realizó a los cuatro días después de la siembra obteniéndose el número de plántulas normales (PN). Se consideró plántulas normales las que presentaron plúmula y radícula mayor a 2.5 cm, con sus partes morfológicas bien desarrolladas, la prueba de vigor fue expresada en porcentaje.

Segundo conteo de germinación. Es una prueba de viabilidad, la cual se realizó al séptimo día. Se determinó el número de plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semilla sin germinar (SSG). Se tomaron como plántulas anormales aquellas plántulas que presentaron una combinación de defectos en sus estructuras esenciales que limitan la continuación de su crecimiento y desarrollo. Las semillas sin germinar fueron las que no iniciaron el proceso crecimiento y emergencia de una nueva planta. Los resultados de la prueba de germinación fueron expresadas en porcentaje.

Peso seco de plántulas. Las plántulas normales de la prueba de germinación fueron colocadas en bolsas de papel estraza perforadas para determinar el peso seco de las mismas. Las bolsas fueron colocadas en un horno de secado Lumistell HTP-41 a 70 °C por 24 horas. Posteriormente fueron

pesadas en una balanza analítica AND Gx-600, el peso se reportó en mg plántula⁻¹.

Peso de cien semillas. Se utilizó el peso de 25 semillas (g) con dos repeticiones para estimar el peso de cien semillas (P100s).

Análisis

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza (ANVA) el cual fue procesado con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS, 2004). La comparación de medias se realizó mediante de la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Se realizó un análisis factorial 2 x 2 dos poblaciones (hembra y macho) y dos métodos de producción (desespigue y polinización libre).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que la semilla utilizada en el presente trabajo fue producida en dos localidades (Tepalcingo, Mor. y El Mezquite, Galeana, N.L.), se procedió a realizar un análisis para probar los efectos del origen de semilla.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para origen de semilla (Tepalcingo, Mor., vs El Mezquite, N.L.) indica diferencias significativas ($P = 0.01$) para las variables en estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para orígenes de semilla de las variables en estudio.

FV	gl	VIGOR %	GERM %	PSP mg plántulas ⁻¹	gl	P100s g
Ensayos (E)	4	2,397.00	26.84	2,432.79 *	4	11.89 **
Repeticiones (R) / E	11	840.91	18.72	493.20 *	5	2.37
Bloques (B)/ E x R	80	587.77 **	27.56 **	236.59 **	50	24.01
Origen	1	14,263.94 **	628.13 **	68,713.61 **	1	11,140.75 **
Error	859	187.43	16.89	121.74	712	24.28
CV %		16.73	4.19	13.69		16.28

*, **, Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuentes de variación; gl= Grados de libertad; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plántula; P100s = peso de cien semillas.

El diseño experimental en los cinco ensayos permitió identificar los efectos ambientales (ensayos, repeticiones dentro de ensayos y los bloques dentro de ensayos) los cuales varían de acuerdo a la variable en estudio. Se puede decir que el peso seco de planta fue el más sensible al ambiente

determinadas por las condiciones climáticas como son precipitación y temperatura (Cuadro 1).

En la mayoría de los casos, la semilla obtenida en El Mezquite, Galeana, N.L., mostró valores superiores a la semilla producida en Tepalcingo, Morelos (Cuadro 2). La magnitud de la diferencia fue de 15.15 % para vigor, 2.52 % en germinación, 27.16 mg en peso seco por plántula y 11.47 g en peso de 100 semillas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de las poblaciones por origen de semilla de las variables en estudio.

Localidades	VIGOR	GERM	PSP	P100s
	%	%	mg plantulas ⁻¹	g
Tepalcingo, Mor.	71.67 b [†]	96.29 b	62.44 b	20.78 b
Mezquite, N.L.	86.82 a	98.81 a	89.60 a	32.25 a
Tukey (a= 0.05)	1.85	0.55	1.49	0.92

† Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey a = 0.05); GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plántula; P100s = peso de cien semillas.

Lo anterior indica que las poblaciones muestran niveles de calidad diferencial a los ambientes de producción con mayor efecto en la determinación de vigor (primer conteo y peso seco de plántula). Las diferencias en el vigor y germinación de la semilla pueden atribuirse en parte a las condiciones ambientales entre los dos sitios de producción.

En general, la semilla proveniente de la localidad El Mezquite, Galeana, N.L. presenta mejor calidad fisiológica (Cuadro 2). Perry (1983) señala que el vigor puede ser alterado por la constitución genética y nutricional de la planta. La ISTA

(2009) por su parte menciona que la semilla que presenta un buen comportamiento es considerada de alto vigor y las que presentan un pobre comportamiento son de bajo vigor. En cuanto a la diferencia de peso seco por plántula puede atribuirse al tamaño de la semilla la cual fue menor en Tepalcingo, Mor (Cuadro 2). Pérez *et al.* (2006) realizó una comparación de medias del tamaño de la semilla en varios materiales, y observó que las semillas de mayor tamaño obtuvieron los mayores pesos de plantas en comparación de la semilla de menor tamaño.

Con base en las diferencias en el origen de la semilla, se procedió a realizar el análisis de varianza por generación debido a que cada origen representa a una generación de incremento y selección de semilla. En la primera generación proveniente de Tepalcingo, Morelos, se observó diferencia estadística (P= 0.05) entre las poblaciones definidas como hembra (H) y macho (M) en porcentaje de germinación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza de la primera generación para las variables en estudio.

FV	gl	VIGOR %	GERM %	PSP mg plantulas⁻¹	gl	P100s g
Ensayos (E)	4	2,130.67 **	63.29	1,095.19	2	15.13
Repeticiones (R) / E	7	200.64	56.31	253.13	3	2.92
Bloques (B)/ E x R	57	638.87 **	44.01 *	167.85	27	12.39
Poblaciones (Pob)	1	4.38	183.78 *	48.26	1	8.51
Error	246	286.86	30.95	134.42	100	20.47
CV %		23.63	5.78	18.57		21.77

*, **, Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuentes de variación; gl= Grados de libertad; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plántula; P100s = peso de cien semillas.

La comparación de medias indica que la población hembra superó a la población macho en la germinación en 1.23 % (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias de las poblaciones correspondientes a la primera generación.

Poblaciones	VIGOR	GERM	PSP	P100s
	%	%	mg plantulas ⁻¹	g
Hembra	71.83 a [†]	97.35 a	62.14 a	20.37 a
Macho	71.51 a	95.21 b	62.74 a	21.15 a
Tukey (a= 0.05)	3.75	1.23	2.57	1.55

† Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey a = 0.05); GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plántula; P100s = peso de cien semillas.

Lo anterior indica que existe una diferencia aunque mínima pero significativa entre las poblaciones por efecto del desespigue aplicado en la población hembra, la cual puede ser efecto del vigor expresado al eliminar plantas autógamas en la población hembra. Sánchez (2009) no encontró diferencia en germinación, las poblaciones hembra y macho se comportaron iguales. Los resultados encontrados puede deberse al tamaño de la muestra utilizados ya que Sánchez utilizó 50 familias de Hembras y 50 familias de machos, caso contrario al presente trabajo donde se utilizaron 35 y 32 familias de hembra y macho, respectivamente.

En la segunda generación producida en la localidad El Mezquite, se observó diferencia estadística ($P = 0.01$) entre poblaciones macho (M) y hembra (H), para las variables de peso seco por plántula, y diferencia significativa ($P = 0.05$) en peso de 100 semillas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para la segunda generación.

FV	gl	VIGOR %	GERM %	PSP mg plantulas⁻¹	gl	P100s g
Ensayo (E)	4	67.09	12.68	2,048.74	4	6.68 *
Repetición (R) / E	5	61.86	3.02	766.22	5	0.80
Boques(B)/ E x R	50	354.81 **	12.85 *	280.34 **	50	26.10
Poblaciones (Pob)	1	41.52	22.39	1,251.43 **	1	333.79 *
M. Producción (Prod)	1	2.44	47.42	309.98	1	17.87
Pob x Prod	1	40.33	0.03	0.36	1	33.91
Error	577	43.22	9.13	111.54	576	24.93
CV %		13.78	3.06	11.79		15.48

*, **, Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente; FV= Fuentes de variación; gl= Grados de libertad; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plántula; P100s = peso de cien semillas.

La población hembra (HH y HM) fue superior en 3 mg para el peso seco por plántula y en 1.53 g del peso de 100 semillas, con relación a la población macho (MM y MH) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias de las poblaciones correspondientes a la segunda generación de las variables en estudio.

Poblaciones	VIGOR %	GERM %	PSP mgplántulas⁻¹	P100s g
Hembra	86.17 a [†]	98.60 a	91.10 a	33.02 a
Macho	87.49 a	99.03 a	88.10 b	31.49 b
Tukey (α= 0.05)	1.86	0.47	1.64	0.78

† Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α = 0.05); GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plántula; P100s = peso de cien semillas.

En cambio Sánchez (2009) encontró que no existe diferencia en el porcentaje de germinación, sin embargo las variables de vigor, peso seco de radícula y peso seco de plúmula presentaron diferencias en las cuales el macho superó a la hembra, lo cual se atribuye a daños causados por el desespigue realizado en las poblaciones hembra.

Los resultados del presente estudio no muestran evidencia que los métodos de producción (desespigue y polinización libre) tenga un efecto en la calidad fisiológica como la germinación y el vigor.

V. CONCLUSIONES

Las poblaciones mostraron diferente calidad fisiológica de la semilla en relación al origen de producción, atribuido principalmente a las condiciones ambientales.

El esquema de selección y mantenimiento en una población no influye en la calidad fisiológica de las semillas de maíz.

VI. LITERATURA CITADA

- Barrales, J. S. 1997. La asociación maíz-frijol como alternativa para agricultura con problemas de heladas. *Agronomía Mesoamericana*. 8(2): 121-126.
- Besnier, R. F. 1989. *Semillas: Biología y Tecnología*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 63 p.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1999. Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre. 2a Ed. CIMMYT. México, D.F. 11 p.
- Córdova, H. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. *Agronomía Mesoamericana*. (2): 01-10.
- Cronquist, A. 1986. *Introducción a la Botánica*. 2a Ed. Continental. México, 848 p.
- Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1982. Desiccation, rehydration, germination, inhibition injury and longevity of pea seeds (*Pisum sativum*). *Seed Sci. Technol.* 10(3): 501 – 508.
- Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1995. Desespigamiento en cruza simples de maíz y su efecto en la producción de semillas. *Rev. Fitotec. 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.
- Hartmann H. y D. E. Kester. 1995. *Propagación de Plantas*. Ed. Continental. México. 760 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2009. *International Rules for Seed Testing*. Edition 2009. The International Seed Testing Association (ISTA). Zürichstr.50 CH-8303 Bassersdorf, Switzerland. ISBN – 13 978-906549-53-8.
- Martín J. H., W. H. Leonard and A. L. Stamp 1976. *Principles of Field Crop Production*. 3rd Ed. McMillan Publishing. New York. USA. 1176 p.

- 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.
- Molina M., J., V. A. González, A. Caballero, M. Livera, F. Castillo, M. L. Ortega. 2003. Cambios en la calidad fisiológica y su asociación con la madurez de la semilla de maíz durante su formación. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(4): 271-277.
- Moreno M., E. 1996. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. 3ª edición UNAM. México, 393 p.
- Pérez, M. C., A. Hernández L., F. V. González C., G. García de los S., A. Carballo C., T. R. Vásquez R., M. del R. Tovar. G. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México.* 32 (3): 341-352
- 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 Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.
- Ruiz, O. M. 1983, Tratado Elemental de Botánica. Décima quinta edición. Edit. E.C.L.A.L.S.A. México, D.F. 730 p.
- Ruiz T., N. A., F. Rincón S., B. E. Sánchez P., M. Olvera E. 2009. Caracterización física y fisiológica de poblaciones criollas de maíz bajo dos sistemas de producción. *In: Memoria, IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal.* 19 al 24 de Noviembre. Saltillo, Coahuila. pp: 180.
- SAGARPA-SIAP. 2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 130 p.
- Sánchez, V.L. 2003. Maíces, teosintles, *Zea diploperennis* y los indígenas mexicanos. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. Disponible en línea: <http://dialogo.ugr.es/contenidos/last02/0602-iv-teosintles.htm>. Fecha de actualización: Enero de 2010.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, N.C. SAS Institute Inc. USA. 5121 p.

Tadeo, R. M., A. Espinosa, R. Martínez, M. Sierra, A. Palafox, F. Caballero, N. Gómez, R. Valdivia, C. Téllez, I. González 2007. Efecto del desespigamiento y eliminación de hojas en el rendimiento de semillas de cruces simples fértiles y androesteriles de maíz de valles altos *In*: Memoria de la II Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. 19 al 21 de septiembre, Guadalajara, Jalisco, pp: 27.

Villarreal Q., J. A. 1993. Introducción a la Botánica Forestal. 2da. Edición. Trillas. México. 151 p.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.