

**EFFECTO DEL AMBIENTE EN ATRIBUTOS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS DEL
MAÍZ CRIOLLO**

MARVIN FILIBERTO MORALES AGUIRRE

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA

DE GRANOS Y SEMILLAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México., Noviembre de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

EFFECTO DEL AMBIENTE EN ATRIBUTOS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS DEL
MAIZ CRIOLLO

TESIS


POR:

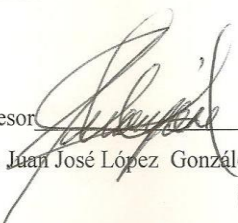
MARVIN FILIBERTO MORALES AGUIRRE


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: 
Ph. D. Norma Angélica Ruiz Torres

Asesor 
Dr. Juan José López González

Asesor: 
M.C. Hilda Cecilia Burciaga Dávila

Asesor 
M.C. Myrna Julieta Ayala Ortega


Dr. Fernando Ruiz Zarate

Subdirector de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por apoyarme con la beca, ya que se hizo posible finalizar estos estudios.

A la **Ph D. Norma A. Ruíz Torres**, por su amistad, confianza, disposición, tiempo, dedicación al trabajo presente y su ética profesional fue posible concluir satisfactoriamente esta investigación y he ganado a una gran amiga.

Al **Dr. Juan José López González**, por aceptar la participación en la revisión del presente trabajo y la gran amistad de un amigo desde los viejos tiempos de mi licenciatura hasta el día de hoy.

A la **M. C. Hilda Cecilia Burciaga**, por su colaboración en la revisión y conclusión de este trabajo, así como su amistad brindada.

Al **Ph D. Froylán Rincón Sánchez**, por la contribución y apoyo ilimitado brindado desde el proyecto hasta la elaboración de esta investigación, por aportar los materiales de estudio, reconocer que es una gran persona y amigo a pesar de las adversidades.

Al **Personal Académico y Administrativo** del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología y Semillas (**CCDTS**) por aportar las herramientas del conocimiento durante mi formación gracias.

DEDICATORIA

A mí ángel querido, por darme la vida que desde el cielo sé que me cuida junto al lado del señor ella es: **María Ventura Aguirre Rodríguez (†)**.

Más que un padre, para mí siempre serás mi gran amigo: **Filiberto Morales Martínez**, te agradezco por todo lo que me has compartido de tu vida en los momentos más alegres y difíciles de mí vida hasta el día de hoy.

Con mucho respeto y cariño para mi hermano: **Aurelio Morales Aguirre**, que no me deja caer, ya que siempre tiene un consejo para mí y seguir adelante “gracias”.

Para mi hermana: **Laidi Araly Morales Aguirre**, desde lo más profundo de mi corazón te quiero y te respeto gracias por estar con migo.

A mis **Familiares y Amigos**, que admiro y quiero a la vez por todos los momentos buenos y alegres de la vida que he pasado junto a ellos siempre estarán en mi corazón.

A mi cuñada: **Gina Solís Ramírez** y mi cuñado **Oscar Torres**, gracias son un ejemplo a seguir.

A mis sobrina: **Meztli Amilamia Morales Solís**, **Samanta Torres Aguirre** y **Oscar Aurelio Morales Solís**, por ser en mi vida algo tan importante los quiero mucho.

COMPENDIO

EFECTO DEL AMBIENTE EN ATRIBUTOS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS DEL MAIZ CRIOLLO

POR:

MARVIN FILIBERTO MORALES AGUIRRE

MAESTRÍA

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA. NOVIEMBRE DE 2012

Dra. Norma A. Ruiz Torres – Asesor –

Palabras Clave: *Zea mays L.* Ambiente, Calidad de semilla, Maíz criollo.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: caracterizar poblaciones de maíz criollo adaptadas a altitudes altas, intermedias y bajas, evaluadas en dos ambientes diferentes, en base a atributos físicos y fisiológicos, así como determinar el efecto del ambiente en estos atributos. Las poblaciones de maíz criollo proceden de una evaluación llevada a cabo en los ambientes del Mezquite en Galeana N.L. y en General Cepeda Coahuila. En el ciclo anterior a la evaluación, la semilla de las poblaciones fue incrementada en Tepalcingo, Morelos y en General Cepeda, Coah. La investigación consta de tres estudios: I) Calidad física: Peso de mil granos, caracterización y dureza de grano, II)

Germinación y vigor de la semilla, y III) Velocidad de emergencia y emergencia total.

Estudio I. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre ambientes, genotipos y procedencia de la semilla y las interacciones ambiente x genotipo, ambiente x procedencia de la semilla, genotipo x procedencia de la semilla y ambiente x genotipo x procedencia de la semilla para las variables índice de flotación, peso de mil granos, largo, ancho y espesor de grano. Así mismo para adaptación a diferentes altitudes. Entre ambientes de evaluación en la variable índice de flotación que es un indicador de la dureza, se observó un rango de 25.04 (General Cepeda 2) a 37.47 % (Mezquite 2), indicando que son granos duros con un tiempo de cocción de 40 minutos. La comparación por genotipos mostró que únicamente el 30 y el 75 se clasificaron como granos muy duros, con un tiempo de cocción de 45 minutos. El genotipo 73 obtuvo el mayor peso de mil granos con 338.35 g. Por procedencia de la semilla para índice de flotación, Tepalcingo 2009 (30.19 %) superó a General Cepeda 2008 (27.58 %), sin embargo ambos se clasifican en la categoría de granos duros. Se observó que los genotipos adaptados a altitudes intermedias son de granos con dureza intermedia con un tiempo de cocción de 35 minutos y con mayor peso de mil granos (297.03 g). Se observó correlación positiva entre peso de mil granos y largo, ancho y espesor de granos.

Estudio II. De acuerdo a los análisis de varianza, en la variable vigor se observaron diferencias significativas entre genotipos, procedencia de la semilla, adaptación y en la interacción genotipo x semilla. En el porcentaje de germinación, se obtuvieron diferencias significativas entre ambientes, genotipos, procedencia de la semilla, adaptación así como en la interacción ambiente x genotipo y ambiente x genotipo x procedencia de la semilla. Mayor vigor de la semilla se observó en el genotipo 2 con 76.33 %. El rango de porcentaje de germinación fue de 89.16 % (genotipo 84) a 96.57 % (genotipo 29). En cuanto a procedencia de la semilla, mayor porcentaje de germinación y de vigor de

la semilla se observó para Tepalcingo 2009. Genotipos con adaptación a altitud alta mostraron el mayor vigor con 74.39 %, por otra parte genotipos con adaptación a altitud alta e intermedia obtuvieron los mayores porcentajes de germinación con 96.54 % y 96.23 %, respectivamente. Correlación positiva y significativa se observó entre germinación y vigor de la semilla. Estudio III. Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre genotipos y adaptación a diferentes altitudes para el índice de velocidad de emergencia, emergencia total, longitud de plúmula, longitud de radícula y peso seco de plántula. Mayor índice de velocidad de emergencia se obtuvo en el genotipo 6 con 4.28. El rango de emergencia total fue de 86.25 % en el genotipo 84 a 96.50 % en el genotipo 30, sin embargo el peso seco que también es un indicador de vigor fue mayor en el genotipo 23 con 101.5 mg/plántula. Genotipos adaptados a altitud alto obtuvieron mayor índice de velocidad de emergencia con 4.15, por otra parte los genotipos con adaptación a altitud intermedia mostraron mayor emergencia total (95.56 %), longitud de plúmula (8.58 cm) y peso seco (98.17 mg/plántula). Se observó correlación positiva y significativa entre el índice de velocidad de emergencia y emergencia total, longitud de plúmula y de radícula y peso seco de plántula. También entre emergencia total y longitud de plúmula y peso seco de plántula. Asimismo entre longitud de plúmula y longitud de radícula y peso seco.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL EFFECT IN PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES IN MAIZE LANDRACES

BY:

MARVIN FILIBERTO MORALES AGUIRRE

MASTER

TECNOLOGÍA EN GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA. NOVEMBER 2012.

Dra. Norma A. Ruiz Torres – Asesor –

Key words: Zea mays, environment, seed quality, maize landrace

The objectives of this research were to characterize maize landrace populations adapted to high, intermediate and low altitudes, evaluated in two different environments, based on physical and physiological attributes. The landrace maize populations came from an evaluation carried out in two environments, El Mezquite, Galaneana, N.L. and General Cepeda, Coahuila. In the cycle previous to the evaluation, the populations' seed was increased in Tepalcingo, Morelos and in General Cepeda, Coahuila. The research includes three studies: I). Physical Quality: Thousand grains weight, description and grain hardness.

II). Seed germination and vigor, and III). Speed of emergence and total emergence. Study I. The analysis of variance showed significant differences between environments, genotypes and seed origins and for the environment x genotype, environment x seed origin, genotype x seed origin and environment x genotype x seed origin interactions for the flotation index, thousand grains weight, and length, wide, and thickness grain. Also significant differences were found for genotype adaptation to different altitudes. Among evaluation environments in the flotation index variable which is hardness indicator, a range of 25.04 (General Cepeda 2) a 37.47 % (El Mezquite 2), indicating that are hard grains with a 40 minutes cooking time. The comparison by genotypes showed that only the 30 and the 75 were classified as very hard grains, with a cooking time of 45 minutes. The genotype 73 had the highest one thousand grain weight with 338.35 g. By seed origin for the flotation index Tepalcingo 2009 (30.19 %) outstand General Cepeda 2008 (27.58 %), however both are classified as hard grains. It was observed that the genotypes adapted to intermediate altitudes have grains with intermediate hardness with a 35 minutes cooking time and with highest one thousand grain weight (297.03 g). Positive correlations among one thousand grains weight and length, wide and thickness grains were found. Study II. Significant differences were found for seed vigor among genotypes, seed origin, adaptation and in the genotype x seed origin interaction. In seed germination percentage there were significant differences among environments, genotypes, seed origin, adaptation as well as in the environment x genotype and environment x genotype x seed origin. Higher seed vigor was observed in the genotype 2 with 76.33 %. The seed germination range was from 89.16 % (genotype 84) to 96.57 (genotype 29). For the seed origin, higher germination percentage and seed vigor was observed for Tepalcingo 2009. Genotypes with adaptation to high altitude showed greatest vigor with 79.34 %, on the other hand genotypes adapted to high

and intermediate altitude had the best germination percentages with 96.54 % and 96.23 %, respectively. A positive and significant correlation was observed between germination and seed vigor. Study III. The analysis of variance showed significant differences between genotypes and adaptation to different altitudes for the emergence speed index, total emergence, plumule and radicle length and dry seedling dry weight. Higher speed emergence index was obtained in the genotype 6 with 4.28. The total emergence range was from 86.25 % in the genotype 84 to 96.5 % in the genotype 30; however the seedling dry weight that is also a seed vigor indicator was higher in the genotype 23 with 101.5 mg/seedling. Genotypes adapted to high altitude had higher emergence speed index with 4.15, on the other hand the genotypes adapted to intermediate altitude showed higher total emergence (95.56 %), plumule length (8.58 cm) and seedling dry weight (98.17 mg/seedling). A positive and significant correlation was observed among emergence speed index and total emergence, plumule and radicle length and seedling dry weight. Also among total emergence and plumule length and seedling dry weight. As well as for plumule length and radicle length and seedling dry weight.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página.
COMPENDIO.....	v
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Maíz criollo.....	4
Efecto del ambiente en la expresión de caracteres en maíz.....	5
Calidad Física.....	6
Calidad Fisiológica.....	10
Índice de Velocidad de Emergencia.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Material genético.....	13
Localización.....	15
Estudio I. Calidad Física.....	15
Estudio II. Germinación y Vigor.....	17
a. Laboratorio.....	17
Estudio III. Índice de Velocidad de Emergencia y Emergencia Total.....	18

b. Invernadero.....	18
Análisis Estadístico.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
ESTUDIO I. Calidad Física.....	22
ESTUDIO II. Germinación y Vigor.....	34
ESTUDIO III. Índice de Velocidad de Emergencia y Emergencia Total.....	46
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. LITERATURA CITADA.....	57
APÉNDICE.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

	Página.
Cuadro 3.1. Genotipos en estudio.....	14
Cuadro 3.2. Índice de dureza para grano de maíz y tiempos de nixtamalización.....	17
Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos físicos considerando el genotipo.....	23
Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos físicos considerando la adaptación de los genotipos en estudio.....	24
Cuadro 4.3. Comparación de medias por ambientes para atributos físicos.....	26
Cuadro 4.4. Comparación de medias por genotipo para atributos físicos.....	28
Cuadro 4.5. Comparación de medias por procedencia de semilla para atributos físicos	29
Cuadro 4.6. Comparación de medias por altitud de adaptación de genotipos para atributos físicos.....	30
Cuadro 4.7. Coeficientes de correlación para atributos físicos.....	33
Cuadro 4.8. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica en laboratorio considerando genotipos.....	35
Cuadro 4.9. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica considerando la adaptación de los genotipos.....	37
Cuadro 4.10. Comparación de medias por ambientes para atributos fisiológicos.....	39
Cuadro 4.11. Comparación de medias por genotipo para atributos fisiológicos.....	40
Cuadro 4.12. Comparación de medias por ambientes para atributos fisiológicos.....	41

Cuadro 4.13. Comparación de medias por adaptación para atributos fisiológicos.....	42
Cuadro 4.14. Coeficientes de correlación para atributos fisiológicos.....	45
Cuadro 4.15. Cuadrados medios del análisis de varianza para índice de velocidad de emergencia y emergencia total considerando genotipos.....	47
Cuadro 4.16. Cuadrados medios del análisis de varianza para índice de velocidad de emergencia considerando adaptación de los genotipos.....	48
Cuadro 4.17. Medias por ambientes para índice de velocidad de emergencia.....	49
Cuadro 4.18. Comparación de medias por genotipo para índice de velocidad de emergencia.....	50
Cuadro 4.19. Medias por semilla para índice de velocidad de emergencia.....	51
Cuadro 4.20. Comparación de medias por adaptación para índice de velocidad de emergencia.....	52
Cuadro 4.21. Coeficientes de correlación para atributos evaluados en invernadero....	54
Cuadro A.1. Interacción ambiente por genotipo para variables físicas.....	68
Cuadro A.2. Interacción ambiente por semilla para variables físicas.....	69
Cuadro A.3. Interacción genotipo por semilla para variables físicas.....	70
Cuadro A.4. Interacción ambiente por adaptación para variables físicas.....	71
Cuadro A.5. Interacción ambiente por semilla para índice de flotación.....	72
Cuadro A.6. Interacción adaptación por semilla para variables físicas.....	72
Cuadro A.7. Interacción ambiente por genotipo para variables fisiológicas.....	73
Cuadro A.8. Interacción ambiente por semilla para longitud de radícula.....	74
Cuadro A.9. Interacción genotipo por semilla para variables fisiológicas.....	75

Cuadro A.10. Interacción ambiente por adaptación para variables fisiológicas.....	76
Cuadro A.11. Interacción ambiente por semilla para variables fisiológicas.....	77
Cuadro A.12. Interacción ambiente por genotipo para variables fisiológicas del estudio de emergencia.....	78
Cuadro A.13. Interacción ambiente por semilla para variables fisiológicas del estudio de emergencia.....	79
Cuadro A.14. Interacción genotipo por semilla para variables del estudio de emergencia.....	80
Cuadro A.15. Interacción ambiente por adaptación para variable del estudio de emergencia.....	81
Cuadro A.16. Interacción adaptación por semilla para peso seco de plántula del estudio de emergencia.....	82

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es la forma domesticada de la gramínea silvestre mexicana conocida como teocintle (*Zea mexicana*). En México el maíz juega un papel importante en la vida económica, social y cultural de la población. En el año 2008, México ocupó el 4° lugar mundial en la producción de maíz, con una superficie sembrada de 7.94 millones de hectáreas y una producción de 24.4 millones de toneladas (Financiera Rural, 2009).

Kato *et al.* (2009) comentan que a nivel nacional se señalan a más de dos millones de agricultores a pequeña escala o marginados que existen en el país. Son ellos los guardianes del germoplasma nativo de maíz, ya que conservan, mantienen e incluso modifican la diversidad genética presente en sus territorios mediante el intercambio, flujo genético y experimentación de nuevas semillas.

En México las variedades criollas son cultivadas en aproximadamente el 70 por ciento de la superficie nacional, sin embargo presentan bajo potencial productivo debido a las condiciones de temporal en que es sembrado.

Vázquez *et al.* (2010) menciona que los productores de las regiones temporales prefieren sus maíces criollos, por la adaptación a las condiciones ambientales, facilidad para su procesamiento y las características de los alimentos que con ellos se preparan, siendo estos atributos que están ligados sobre todo a aspectos culturales.

Martin *et al.* (2008) encuentran que la pérdida continua de la diversidad de los maíces nativos ha renovado el interés por su rescate, conservación y aprovechamiento, de tal forma que a partir del 2003 se han apoyado proyectos para recolectar, evaluar y caracterizar maíces nativos en diferentes regiones y estados de México.

Por otra parte, el ambiente tiene un efecto en la expresión de los atributos de calidad, modificándolos de acuerdo a la capacidad de adaptación a las diferentes condiciones climáticas.

En base a lo anterior, el propósito del presente trabajo de investigación fue caracterizar poblaciones de maíz criollo en base a atributos físicos y fisiológicos y determinar el efecto del ambiente de cultivo.

OBJETIVOS

Caracterizar poblaciones de maíz criollo adaptadas a altitudes altas, intermedias y bajas y evaluadas en dos ambientes diferentes, en base a atributos físicos y fisiológicos.

Determinar el efecto del ambiente de producción en los atributos físicos y fisiológicos.

HIPÓTESIS

El ambiente de producción modifica la expresión de atributos físicos y fisiológicos.

II. REVISION DE LITERATURA

Maíz criollo

México y los países centroamericanos son considerados como centro de la diversidad de maíz con 59 razas. Actualmente, el maíz es uno de los cuatro principales cultivos producidos en el mundo, y en México su producción ocupa el 50.3 % de la superficie agrícola (CONABIO, 2008)

Carballoso *et al.* (2000) comentan que en gran medida la diversidad del maíz se puede también atribuir a la selección practicada por el hombre desde su domesticación, así como a los numerosos nichos ecológicos y los efectos ambientales que cada condición climática ejerce sobre las poblaciones para determinar la adaptación de esta.

Al respecto López *et al.* (2005), indican que la diversidad del maíz (*Zea mays* L.) ha sido objeto de estudio con varios propósitos, siendo uno de estos conocer la variabilidad y plantear su clasificación en razas.

Ramírez *et al.* (2000) señalan que cada raza tiene características especiales de uso y adaptación a las diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción. Hay variedades de maíz para casi cualquier necesidad específica; existen variedades de 1.5 a 5 metros de altitud; con diferentes grados de tolerancia al calor, frío o sequía; y adaptación a diferentes tipos de suelo, altitud y latitud.

SAGARPA (2011) indica que las 59 razas detectadas y clasificadas constituyen un reservorio genético en el que se pueden encontrar variedades que crecen en diversos climas. Comenta que con las tendencias que tenemos de cambio climático, podemos ir a estas razas que tienen mayor resistencia a las sequías para buscar las características genéticas, sacarlas y de ahí obtener nuevas variedades.

Perales *et al.* (2003) mencionan que entre las características físicas que determinan el uso de semillas criollas se puede señalar que poseen mejor capacidad de adaptación tanto a sequías, suelos pobres y condiciones climáticas extremas, incluso son más resistentes a plagas.

Efecto del ambiente en la expresión de caracteres en maíz

Los distintos tipos de maíz presentan una multiplicidad de formas, tamaños, colores, texturas y adaptación a diferentes ambientes, constituyendo numerosas variedades primitivas o tradicionales que son cultivadas actualmente (Gear, 2006).

Zepeda *et al.* (2009) comentan que las condiciones agroclimáticas en cada año de producción agrícola modificaron los componentes estructurales del grano.

Sierra *et al.* (2010) indican que el valor nutritivo de los componentes del endospermo y del embrión del grano de maíz puede variar según el tipo y la variedad, por efecto del ambiente y del manejo agronómico.

López *et al.* (2000) mencionan que el ambiente de producción es el conjunto de factores, controlables y no controlables, en el que se desarrolla un cultivo, los primeros son propios del manejo agronómico y los segundos son debidos al ambiente.

Espinoza *et al.* (2001) asumen que un factor ambiental que afecta el crecimiento y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de campo, es la sequia.

Sahagún *et al.* (2008) señalan que las variedades interactúan con el ambiente, por lo que las repuestas en rendimiento a un cierto ambiente son muy específicas.

Ibañez *et al.* (2006) consideran que el rendimiento de grano de maíz es significativamente afectado por el efecto del genotipo, del ambiente y, en menor grado, por la de la interacción genotipo-ambiente.

Ortiz *et al.* (2007) indican que el ambiente de producción de la semilla tiene efecto en la calidad de la misma.

Calidad Física

Una semilla de calidad física es la que presenta un alto porcentaje de semilla pura y un mínimo contenido de semilla de malezas de otros cultivos y materia inerte. Otros atributos físicos son el contenido de humedad, el tamaño, la uniformidad y la densidad de la semilla (Álvarez, 2007).

Hernández *et al.* (2000) mencionan que la calidad de la semilla se puede evaluar mediante variables de calidad física, como el contenido de humedad, peso de mil semillas y peso volumétrico, entre otras.

Ramírez (2010) hace referencia a otros factores físicos que incluyen peso por volumen, color, peso de mil semillas y el daño por hongos e insectos.

Pérez *et al.* (2006) comentan que las variables de calidad física de mayor importancia para clasificar variedades de maíz forrajero por su tamaño de semilla fueron las medidas de longitud, ancho y espesor y en menor proporción el peso de mil semillas.

Gutiérrez *et al.* (2006) aseguran que el peso de mil semillas es el parámetro fundamental para seleccionar variedades con buena calidad física en trigo.

Salazar *et al.* (2009) consideran que el factor ambiente es el componente más importante para la expresión de características físicas: pericarpio, índice de flotación, peso hectolítrico y peso de cien granos; que contribuyen también significativamente con los caracteres de nixtamalización pericarpio retenido, color de la tortilla y color de la masa.

Los atributos físicos son importantes para la calidad del nixtamal. El nivel y la uniformidad de la calidad del grano de maíz empleado como materia prima para la nixtamalización son importantes en la calidad del producto final (Vázquez *et al.*, 2003).

La norma NMX-034 (2002) para maíz blanco destinado al proceso de nixtamalización, incluye principalmente variables de calidad del grano, entre las que destaca la dureza, así como pericarpio retenido en el nixtamal, pérdida de sólidos y humedad del nixtamal.

La dureza del grano es la resistencia que posee a la acción mecánica. Esa resistencia, que determina la calidad que posee el grano para su uso, se relaciona en forma directa con la dureza del endospermo, que a su vez, se debe a la relación entre los endospermos córneo y harinoso. Tanto mayor es la dureza del grano, cuanto mayor es la proporción de endospermo córneo que lo compone INTA (2006).

Antuna *et al.* (2008) especifican que los términos “duro” y “suave” se emplean para designar la relación de áreas harinosa/ cristalina presentes en el endospermo del grano, característica que influye en la dureza del grano. En este caso, las razas Tuxpeño y Dulce presentaron la mayor dureza entre todos los criollos estudiados.

Salinas *et al.* (2010) mencionan que la dureza del grano está relacionada con el tiempo de nixtamalización que requiere el grano de maíz, mientras más duro más tiempo de cocimiento para lograr un nixtamal con características adecuadas para tener masa de calidad.

Salinas *et al.* (2003) indican que es importante seleccionar maíces que preserven su color durante la nixtamalización, y que reúnan además las características físicas de grano necesarias para la elaboración de tortillas, como una dureza de endospermo intermedia o dura.

Mauricio *et al.* (2004) comentan también que los granos para producir tortillas se caracterizan por tener valores intermedios de las características evaluadas como tamaño, dureza y gravedad específica.

Billeb y Bressani (2001) reportan que una característica del grano muy importante en nixtamalización es la dureza, que es un indicador de la composición del endospermo establecido por la densidad del grano y el índice de flotación.

Rangel *et al.* (2004) encuentran que las variedades de maíz mejoradas son inadecuadas para los productores porque en su proceso de obtención se ignoran los patrones varietales y las características de calidad de los criollos tales como: fácil nixtamalización, dureza y adhesividad de la masa, extensividad, tiempo de cocción, perfiles nutricionales, suavidad, sabor y durabilidad de la tortilla.

En un estudio realizado por Salinas *et al.* (2008), mencionan que las variedades nativas de maíz mostraron menor dureza de grano que los materiales mejorados por la prueba de índice de flotación, que es una medida indirecta de la dureza del grano, determinada por la proporción de endospermo harinoso y córneo.

Mauricio *et al.* (2004) indican que la característica de mayor definición, respecto al producto alimenticio obtenido, es la dureza del grano, característica estudiada que se relaciona con el uso alimenticio al cual se destinan los granos de maíz, y que pueden ser útiles para definir la calidad industrial del grano respecto al producto que se desee elaborar.

Bonifacio *et al.* (2005) asumen que la forma del grano y su densidad verdadera son características que se relacionan con el tiempo de cocimiento para reventado. Las colectas de grano grande y con forma redondeada globosa fueron las de mejor calidad pozolera en maíz.

Narvaéz *et al.* (2007) mostraron que los granos duros presentaron gránulos de almidón pequeño, mientras que en los granos suaves fueron grandes. El tamaño del gránulo de almidón influencia grandemente las propiedades térmicas y de pastificado de las harinas de maíz.

Calidad Fisiológica

La capacidad germinativa y el vigor son los principales atributos involucrados dentro del componente de calidad fisiológica en semillas. La germinación es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y se desarrollan a partir del embrión aquellas estructuras esenciales, para la formación de una planta normal bajo condiciones favorables. El concepto de vigor en semillas es un tanto complejo, sin embargo, en forma muy general se podría decir que, es el potencial biológico de la semilla que favorece un establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones incluso desfavorables de campo (Quiroz y Carrillo, 2008).

Azcon y Tolon (2003) señalan que la germinación se inicia con la imbibición y termina con la emergencia. La imbibición es la toma de agua por parte de la semilla seca, sin importarles si esta se encuentra viable o no, y la emergencia es el proceso por el cual el eje

embrionario en especies dicotiledóneas o radícula en monocotiledoneas crece se extiende y atraviesa la estructura que lo rodea.

Barros (2003) comenta que habitualmente se ha considerado la germinación como uno de los aspectos más importantes que deben ser evaluados a la hora de determinar la calidad de un lote de semillas. Sin embargo, con los años se ha visto que esto es insuficiente para clasificarlos. Es por esto que ha sido necesario complementar los resultados de la prueba de germinación con otras evaluaciones, como las que se obtienen a partir de las pruebas de vigor.

Molina *et al.* (2003) consideran que la máxima calidad fisiológica (germinación y vigor) de las semillas de maíz no siempre coincide con la máxima acumulación de materia seca, pero se asocia mejor con la aparición de la capa negra.

Por el contrario, Mendoza *et al.* (2004) mencionan que el máximo en germinación y vigor no se alcanza con la madures fisiológica de la semilla, sino esto se atribuye a la máxima acumulación de materia seca.

Índice de Velocidad de Emergencia

Es la capacidad de la semilla que tiene en emerger en un cierto periodo de tiempo en condiciones buenas y adversas. Indica el vigor que tiene la semilla para lograr un buen establecimiento en campo.

En un estudio llevado a cabo por Pérez *et al.* (2007), encontró que las poblaciones de maíz del Valle de Chalco y otros estados, en general, fueron superiores en vigor a los de la sierra Purépecha, mostrando valores más altos en variables como velocidad de emergencia, peso seco de mesocótilo, longitud de mesocótilo y coleóptilo, variables que pueden considerarse como índice del vigor inicial y calidad fisiológica de la semilla.

Esquivel *et al.* (2009) indican que en maíz la longitud del mesocótilo es una característica relevante para determinar la capacidad de emergencia de un genotipo, ya que permitirá a la plántula emerger más rápido cuando la semilla se siembre a profundidades donde la humedad esté disponible.

Antuna *et al.* (2003) consideran que la asociación positiva y significativa entre los caracteres de viabilidad (germinación estándar y emergencia en invernadero) con los de vigor (primer conteo y velocidad de emergencia) permiten inferir un buen establecimiento del cultivo de maíz.

Martínez *et al.* (2010) sugieren que para seleccionar líneas de maíz con alto vigor, se proponen índices de velocidad de emergencia superiores a 3.1, 6.8, 10.3 y 13.7; para tamaños de muestra de 25, 50, 75 y 100 semillas por repetición, respectivamente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo consta de tres estudios: 1) Calidad física: Peso de mil granos, caracterización y dureza de la semilla, 2) Germinación y vigor y 3) Velocidad de emergencia y emergencia total.

Material Genético

Procede de una evaluación de poblaciones llevada a cabo en dos ambientes, el Mezquite en Galeana N.L. y en General Cepeda Coahuila. Estas poblaciones fueron clasificadas de acuerdo a su adaptación a altitudes altas, intermedias y bajas. En el ciclo anterior a la evaluación, la semilla de las poblaciones fue incrementada en Tepalcingo, Morelos y en General Cepeda, Coah. (Cuadro 3.1).

La localidad de El Mezquite pertenece al municipio de Galeana, estado de Nuevo León, ubicado a 24° 49' de latitud Norte y a los 100° 05' de longitud Oeste, a una altitud de 1890 msnm; predominando los suelos sedimentarios del periodo jurásico, con una precipitación media anual de 412.9 mm y temperatura media anual de 15.8 °C. El municipio de General Cepeda se localiza en el sureste del estado de Coahuila, ubicado a 25° 22' Latitud Norte y a los 101°28' Longitud Oeste, a una altitud de 1460 msnm. La precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros y la temperatura media anual es de 18 a 20°C. Tepalcingo, Morelos se localiza a los 18° 35' Latitud Norte y 98° 50' Longitud Oeste, a una altitud promedio de 1,152 msnm. Con una precipitación promedio anual de 885.3 mm y una temperatura media anual de 24.3 °C.

Cuadro 3.1. Genotipos en estudio.

ENTRADA	GENOTIPO	SEMILLA	ADAPTACIÓN ALTITUD
1	2	Tepalcingo2009	ALTA
2	6	Tepalcingo2009	ALTA
3	9	Tepalcingo2009	ALTA
4	23	Tepalcingo2009	INTERMEDIA
5	28	Tepalcingo2009	ALTA
6	29	Tepalcingo2009	INTERMEDIA
7	30	Tepalcingo2009	INTERMEDIA
8	73	Tepalcingo2009	BAJA
9	75	Tepalcingo2009	BAJA
10	76	Tepalcingo2009	BAJA
11	84	Tepalcingo2009	BAJA
12	86	Tepalcingo2009	BAJA
13	2	Coahuila 2008	ALTA
14	6	Coahuila 2008	ALTA
15	9	Coahuila 2008	ALTA
16	23	Coahuila 2008	INTERMEDIA
17	28	Coahuila 2008	ALTA
18	29	Coahuila 2008	INTERMEDIA
19	30	Coahuila 2008	INTERMEDIA
20	73	Coahuila 2008	BAJA
21	75	Coahuila 2008	BAJA
22	76	Coahuila 2008	BAJA
23	84	Coahuila 2008	BAJA
24	86	Coahuila 2008	BAJA

Localización

El trabajo se realizó en los laboratorios del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. El estudio de invernadero se realizó en el área de invernaderos de la misma Universidad.

Estudio I. Calidad Física

La calidad física que es un atributo de la calidad total de la semilla se determinó por medio de las siguientes variables.

Peso de mil semillas: Se tomaron 2 repeticiones de 100 semillas de cada material, se pesaron en una balanza de precisión, el resultado se usó para estimar el peso de mil semillas.

Caracterización de semillas: Se tomaron mediciones en 10 semillas consecutivas de una hilera en el punto medio de cada mazorca en cada población, midiendo la longitud, ancho y espesor de la semilla expresado en (cm), con la ayuda de una regla.

Dureza de la semilla: Este método se basa en el principio de que los granos duros son de mayor densidad y por lo tanto tales granos flotan en menor cantidad que los granos de menor densidad. Se preparó una solución de nitrato de sodio (300 ml) y se ajustó a 1.250

g/ml (± 0.001) de densidad, medida mediante un picnómetro, se introdujeron 100 granos limpios (libres de impurezas) a la solución en un vaso de precipitado, separando los granos uno de otro agitando la solución por medio de un agitador de vidrio, después de un minuto se dejó de agitar y se dejó reposar para después iniciar el conteo del número de granos que flotaron en la solución. Cada dos repeticiones se revisó la densidad de la solución.

Esta prueba nos indica el uso industrial que se le puede dar, así como el tiempo de cocción en el proceso de nixtamalización. Entre más duro sea el grano, es menor el porcentaje de granos flotantes y mayor el tiempo de cocción y en cuanto más suave es el grano, el número de granos flotantes es mayor y el tiempo de cocción es más rápido (Cuadro 3.1).

Para el cálculo del porcentaje de granos flotantes se utilizó la siguiente fórmula:

$$IF = \left[\frac{\text{Granos} \cdot \text{que} \cdot \text{flotaron}}{\text{Total} \cdot \text{de} \cdot \text{granos}} \right] \times 100$$

Cuadro. 3.2. Índice de dureza para grano de maíz y tiempos de nixtamalización.

Granos flotantes	Dureza	Tiempo de cocción (min.)
0-12	Muy Duros	45
13-37	Duros	40
38-62	Intermedios	35
63-87	Suaves	30
88-100	Muy Suaves	25

Estudio II. Germinación y Vigor

a. Laboratorio

Germinación: Esta prueba se llevó a cabo basándose en lo establecido por las reglas de la ISTA (2004) con algunas modificaciones. Se sembraron tres repeticiones de 25 semillas por cada población en papel Anchor previamente humedecido, posteriormente se enrollaron formando “tacos”; aleatoriamente se acomodaron cuatro tacos por bolsa de plástico dentro de una canasta y se establecieron en una cámara germinadora Lab-line Instruments a una temperatura de 25° C durante siete días.

Se realizaron dos evaluaciones, la primera fue tomada como indicador de vigor, que consistió en evaluar a los cuatro días después de la siembra el número de plántulas normales y la segunda se llevó a cabo el séptimo día, se contaron las plántulas normales, anormales y semillas sin germinar, de esta manera se obtuvo el porcentaje de germinación.

Desarrollo y evaluación de las plántulas: Consistió en medir en las plántulas normales obtenidas en el ensayo de germinación, la longitud de la plúmula y de la radícula reportando estos datos en centímetros. Esta prueba se realizó con el propósito de evaluar el vigor.

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

Estudio III. Índice de Velocidad de Emergencia y Emergencia Total

a. Invernadero

Se sembraron dos repeticiones de 25 semillas de cada población, con una profundidad de 5 cm y a una distancia de 4 cm una de otra, en camas de 1 m de ancho por 11 m de largo, en arena de río tratada con Tecto 60 para evitar el daño por hongos.

Velocidad de emergencia: La prueba se realizó contando diariamente las plántulas emergidas, tomando como emergidas aquellas que sobresalieron aproximadamente 1 cm por encima del sustrato. Una vez que emergieron las plántulas por 10 días, se terminó el conteo. El índice se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

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

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

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

Desarrollo y evaluación de las plántulas: Se tomaron 10 plántulas normales representativas de cada parcela, a las cuales se les midió la longitud de plúmula y radícula, reportando estos datos en centímetros. Se le consideró a esta evaluación indicador de vigor.

Peso seco de las plántulas: todas las plántulas normales se colocaron en bolsas de papel de estraza perforada e identificada, posteriormente se depositaron en la estufa de secado Lab-Line modelo 3478M, a 70 °C durante 24 hrs. Una vez transcurrido el tiempo se pesaron las plúmulas y las radículas, reportando los datos en miligramos/plántula.

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial. Se realizaron dos análisis, el primero para determinar el efecto del genotipo 4x12x2 (4 ambientes, 12 genotipos y 2 procedencias de semilla) y el segundo para determinar el efecto de las altitudes de adaptación 4x3x2 (4 ambientes, 3 altitudes de adaptación y 2 procedencias de semilla), con los modelos estadísticos siguientes:

$$Y_{ijkl} = \mu + r_i + A_j + G_k + AG_{jk} + S_l + AS_{jl} + GS_{kl} + AGS_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = respuesta de la unidad experimental ; μ = media general;

r_i = repetición ; A_j = ambientes ; G_k = genotipos ;

AG_{jk} = ambiente x genotipo ; S_l = procedencia de la semilla ;

GS_{kl} = genotipo x procedencia de la semilla ;

AGS_{jkl} = ambiente x genotipo x procedencia de la semilla ;

ε_{ijkl} = error experimental .

$$Y_{ijkl} = \mu + r_i + A_j + D_k + AD_{jk} + S_l + AS_{jl} + DS_{kl} + ADS_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = respuesta de la unidad experimental ; μ = media general;

r_i = repetición ; A_j = ambientes ; D_k = adaptación de la semilla;

AD_{jk} = ambiente x adaptación de la semilla ;

S_l = procedencia de la semilla ; AS_{jl} = ambiente x semilla;

DS_{kl} = adaptación de la semilla x procedencia de la semilla;

ADS_{jkl} = ambiente x adaptación de la semilla x procedencia de la semilla;

ε_{ijkl} = error experimental .

La comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESTUDIO I. Calidad Física.

En el análisis de varianza para los atributos físicos considerando el genotipo, se encontraron diferencias significativas para las variables índice de flotación, peso de mil granos, largo ancho y espesor de grano en la fuente de variación ambiente, genotipo, ambiente x genotipo, semilla, ambiente x semilla, genotipo por semilla y ambiente x genotipo x semilla. Se observó que el efecto del genotipo fue el más importante en las variables índice de flotación, peso de mil granos, ancho y largo de grano. Por otra parte, el efecto del ambiente fue el de mayor magnitud en la variable largo de grano (Cuadro 4.1.).

Zepeda et al. (2009) estudiaron la calidad física en ocho híbridos de maíz adaptados a la región de Valles Altos Centrales de México, con diferentes días a floración masculina, producto de un programa de mejoramiento genético dirigido a la calidad de grano para la industria de la tortilla, encontraron que la interacción genotipo x ambiente (G x A) fue altamente significativa para índice de flotación.

En un estudio realizado en maíz híbrido por Salazar *et al.* (2009), reportaron que el análisis de varianza combinado mostró diferencias significativas entre genotipos, ambientes y la interacción genotipo ambiente para la variable índice de flotación determinado en grano.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos físicos considerando el genotipo.

F.V	GL	IF	PMG	LARGO	ANCHO	ESPESOR
		(%)	(g)	(cm)	(mm)	(mm)
REPETICION	1	37.70NS	10.18NS	0.000055NS	0.132413NS	0.014712NS
AMBIENTE (AMB)	3	1586.70**	4097.20**	0.040432**	0.438320**	0.076571NS
GENOTIPO (GEN)	11	3596.68**	8110.43**	0.033199**	8.349501**	0.517512**
AMB*GEN	30	1281.79**	5810.42**	0.020804**	0.489634**	0.129958**
SEMILLA (SEM)	1	174.39**	5865.18**	0.000002NS	2.315605**	0.015745NS
AMB*SEM	3	937.85**	1108.88**	0.010238**	0.356018NS	0.023113NS
GEN*SEM	11	1024.63**	2409.37**	0.009972**	0.351414**	0.203083**
AMB*GEN*SEM	27	412.90**	1782.48**	0.006895**	0.554917**	0.111482**
ERROR	86	12.93	49.27	0.001704	0.070437	0.054131
C.V (%)		12.44	2.45	3.34	3.34	5.44

** = Nivel de significancia al 0.01; NS = No significativo; GL = Grados de libertad; IF = Índice de flotación; PMG = Peso de mil granos; Largo, ancho y espesor de grano.

En el análisis de varianza para atributos físicos considerando la adaptación de los genotipos en el estudio, se obtuvieron diferencias significativas para las variables índice de flotación, peso de mil granos, largo, ancho y espesor de grano para la fuente de variación adaptación. Por otra parte, para la interacción ambiente x adaptación se obtuvieron diferencias significativas para índice de flotación, peso de mil granos y largo de grano. En la fuente de variación semillas se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para peso de mil granos y ($P \leq 0.01$) para ancho de grano. La interacción ambiente x semilla mostró diferencia

(($P \leq 0.05$) para la variable índice de flotación, la interacción adaptación x semilla obtuvo diferencia ($P \leq 0.05$) para índice de flotación y largo de grano (Cuadro 4.2).

En un estudio realizado en poblaciones de maíz criollo por Oviedo (2011), reportó diferencias altamente significativas para colectas en las variables peso de mil semillas e índice de flotación.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos físicos considerando la adaptación de los genotipos en estudio.

F.V	GL	IF (%)	PMG (g)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)
REPETICION	1	37.70NS	10.18NS	0.000552NS	0.132441NS	0.014712NS
AMBIENTE (AMB)	3	728.00NS	4605.74*	0.037951NS	0.455538NS	0.040988NS
ADAPTACIÓN (ADAP)	2	7639.69**	5329.07*	0.117944**	35.412054**	0.595033**
AMB*ADAP	6	4332.94**	23509.07**	0.058220**	0.471616NS	0.062221NS
SEMILLA(SEM)	1	247.09	4996.96*	0.007357NS	2.414630**	0.039935NS
AMB*SEM	3	1106.12*	1177.32NS	0.003738NS	0.304199NS	0.037448NS
ADAP*SEM	2	1251.69*	815.09NS	0.015667*	0.015588NS	0.004002NS
AMB*ADAP*SEM	6	629.62NS	1048.11NS	0.004881NS	0.516420NS	0.152628NS
ERROR	149	370.99	1195.81	0.005074	0.310206	0.109587
C.V (%)		66.64	12.10	5.76	7.01	7.75

* , ** = Nivel de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; GL = Grados de libertad; IF = Índice de flotación; PMG = Peso de mil granos; Largo, ancho y espesor de grano.

En la comparación de medias por ambiente para atributos físicos, la variable de índice de flotación (IF), obtuvo 37.47 por ciento para el ambiente del Mezquite 2 y 25.04 por ciento para Gral. Cepeda 2, aunque se obtuvo diferencias significativas entre ambientes, en todos los casos el grano se clasificó como duro de acuerdo a la norma NMX-034 (2002). La

duresa del grano está relacionada con el tiempo de nixtamalización que requiere el grano de maíz, mientras más duro más tiempo de cocimiento para lograr un nixtamal con características adecuadas para tener masa de calidad (Salinas *et al.*, 2010). En este estudio, el tiempo de cocción de los genotipos es de 40 minutos, de acuerdo a resultados del índice de flotación.

Para la variable peso de mil granos (PMG), el máximo valor lo obtuvo la localidad el Mezquite 1 con 296.18 g y el mínimo Gral. Cepeda 2 con 276.82 g.

En la variable de largo de grano, se presentó un rango de 1.26 cm en el Mezquite 2 a 1.20 cm en Gral. Cepeda 1; por otra parte en la variable ancho de grano, el rango fue de 8.07 cm en el Mezquite 2 a 7.84 cm en Gral. Cepeda 1.

En un estudio realizado por Billeb y Bressani (2001), encontraron que el peso de 1,000 granos sugiere el tamaño del grano de la variedad. Un peso de 1,000 granos bajo corresponde a una muestra con gran porcentaje de granos pequeños, y por el contrario un peso alto, se obtiene cuando los granos son grandes. Los resultados obtenidos para las 11 variedades que estudiaron estuvieron entre 272.38 ± 7.34 g (HR-15) y 364.10 ± 10.02 g (HS-5G), con un promedio de 312.50 ± 33.87 g, prefiriéndose para procesamiento las variedades de peso mayor. Las diferencias entre variedades fueron significativas estadísticamente.

En un estudio realizado por Martin *et al.* (2008), encontraron que las características más distintivas de algunas razas, con base en las 36 características evaluadas, fueron: grano más ancho de 1.3 cm y más largo con 1.5 cm. Por su parte Antuna *et al.* (2008), reportó que el

largo del grano osciló entre 1.19 cm a 1.87 cm, valores que corresponden al maíz Dulce y Pepitilla, respectivamente. Así mismo en un estudio llevado a cabo por Pérez *et al.*, (2006), obtuvo que la mayoría de las variedades estudiadas registraron valores de 0.7 a 0.8 cm en ancho de grano, con una media de 0.7 cm y de 0.3 a 0.4 cm para espesor de grano, con una media de 0.4 cm.

En este estudio, el espesor de grano fue estadísticamente igual en los ambientes evaluados (Cuadro 4.3.).

Cuadro 4.3. Comparación de medias por ambientes para atributos físicos.

AMBIENTE DE EVALUACIÓN		IF (%)	PMG (g)	LARGO (cm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)
Mezquite	1	26.66a	296.18a	1.25a	7.84 b	4.34a
Mezquite	2	37.47a	291.18 b	1.26a	8.07a	4.25a
Gral. Cepeda	1	25.58 b	282.50 c	1.20 b	7.84 b	4.26a
Gral. Cepeda	2	25.04 b	276.82 d	1.22 b	7.96ab	4.24a
Media		28.90	285.69	1.23	7.94	4.27
Tukey		2.06	4.025	0.02	0.15	0.13

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); IF = Índice de flotación; PMG = Peso de mil grano; Largo, ancho y espesor de grano.

En la comparación de medias por genotipo (Cuadro 4.4.), para atributos físicos, la variable de índice de flotación (IF), mostró un rango de 49.93 por ciento para el genotipo 76 a 5.16 por ciento en el genotipo 75.

Salazar *et al.* (2009) evaluaron el índice de flotación en maíz híbrido y obtuvo valores entre 55 y 2 por ciento, mostrando una diferencia de 53 por ciento.

Por otra parte Salinas *et al.* (2008), ensayaron 26 muestras de maíces amarillos (19 criollos, 4 muestras de la variedad mejorada Ultra y 3 variedades experimentales), además de cuatro muestras de maíces amarillos de importación, encontraron que el índice de flotación presentó el valor más alto en los maíces de importación con 46.3 por ciento y el más bajo en las variedades mejoradas con 11.8 por ciento respectivamente.

En un estudio realizado por Vázquez *et al.* (2003), encontraron que el índice de flotación de los maíces criollos varió desde 97.5 por ciento, para el blando de Sonora, hasta 22 por ciento, para el complejo Serrano correspondientes a muy suaves y granos duros, respectivamente.

Así mismo en otro estudio realizado por Rangel *et al.* (2004), encontró que los maíces amarillos y la variedad ocho que segregó maíces rojos, fueron de los más duros. El índice de flotación, indicativo de dureza, fluctuó entre 4.1 y 58.3 por ciento.

Por otra parte, en este estudio la variable peso de mil granos (PMG), el mínimo valor se obtuvo en el genotipo 2 con 257.47 g y el máximo en el genotipo 73 con 338.35 g. En la variable largo de grano, el genotipo 2 superó a los genotipos 30, 73, 76, 84 y 86. En la variable ancho de grano se obtuvo un rango de 6.75 mm en el genotipo 2 a 9.15 mm en el 73. En la variable espesor de grano se encontró una variación de 3.89 mm en el genotipo 75 a 4.52 mm en el 29.

Cuadro 4.4. Comparación de medias por genotipo para atributos físicos.

GENOTIPO	IF	PMG	LARGO	ANCHO	ESPESOR
	(%)	(g)	(cm)	(mm)	(mm)
2	19.12 d	257.47 g	1.29 a	6.75 g	4.25 abc
6	26.57 c	289.60 d	1.28 ab	7.17 ef	4.39 ab
9	32.50 b	266.35 f	1.27 ab	6.97 fg	4.47 ab
23	15.12 d	315.36 b	1.25 abcd	8.21 cd	4.43 ab
28	17.12 d	280.61 e	1.26 abc	7.36 e	4.28 abc
29	36.14 b	291.09 d	1.25 abcd	7.38 e	4.52 a
30	9.31 e	283.90 de	1.17 ef	8.02 d	4.06 cd
73	46.14 a	338.35 a	1.21 def	9.15 a	4.40 ab
75	5.16 e	300.70 c	1.21 cde	8.53 bc	3.89 d
76	49.93 a	283.23 de	1.24 bcd	8.48 bc	4.20 bc
84	45.93 a	260.78 fg	1.16 f	8.63 b	4.23 abc
86	45.66 a	261.39 fg	1.18 ef	8.67 a	4.04 cd
Media	28.90	285.69	1.23	7.94	4.27
Tukey	4.52	8.82	0.05	0.33	0.29

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); IF = Índice de flotación; PMG = Peso de mil grano; Largo, ancho y espesor de grano.

En el cuadro de comparación de medias por procedencia de la semilla (Cuadro 4.5), se observó para la variable de índice de flotación (IF), que la localidad de Tepalcingo 2009 superó estadísticamente a Gral. Cepeda 2008 que obtuvo 27.58 %, sin embargo ambos se clasificaron como granos duros requiriendo 40 minutos para cocción.

En un estudio realizado por Billeb y Bressani (2001), comentan que el índice de flotación da resultados específicos diferenciando claramente entre un grano suave (arriba de 80 %), uno semi duro (40-80 %), un duro (25-48 %) y uno muy duro (abajo de 25 %). En sus resultados confirmaron que todos los granos fueron muy duros, con un rango de $2.67 \pm 1.15\%$ (P-3001) a $18.33 \pm 2.31\%$ (HR-5), y un promedio de $9.49 \pm 5.27\%$.

Para peso de mil granos, General Cepeda 2008 superó a Tepalcingo 2009 por 8.22 g. Por otra parte, en la variable largo de grano Tepalcingo 2009 obtuvo 1.24 cm y Gral. Cepeda 1.22 cm, respectivamente. General Cepeda 2008 superó estadísticamente a Tepalcingo 2009, en las variables ancho y espesor de grano con 8.07 mm y 4.27 mm, respectivamente.

Cuadro 4.5. Comparación de medias por procedencia de semilla para atributos físicos.

PROCEDENCIA DE SEMILLA	IF (%)	PMG (g)	LARGO (cm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)
Gral. Cepeda 2008	27.58 b	289.84a	1.22 b	8.07a	4.27a
Tepalcingo 2009	30.19a	281.62 b	1.24a	7.81 b	4.26a
Media	28.90	285.69	1.23	7.94	4.27
Tukey	1.08	2.11	0.01	0.08	0.07

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); IF = Índice de flotación; PMG = Peso de mil granos; Largo, ancho y espesor de grano.

La comparación de medias por adaptación a diferentes altitudes (Cuadro 4.6), mostró que los genotipos con adaptación a altitud baja presentaron mayor índice de flotación con 39.85 por ciento, con una dureza intermedia y un tiempo de cocción de 35 min. Por otra parte, los genotipos con adaptación a altitud alta presentaron en promedio 23.13 por ciento

y los adaptados a altitud intermedia 19.50 por ciento, estos se clasifican como duros con tiempo de cocción de 40 minutos. El peso de mil granos (PMG) fue estadísticamente superior en los genotipos con adaptación a altitud intermedia con 297.03 g. El ancho de grano en genotipos con adaptación a altitud baja obtuvo 8.69 mm, siendo estadísticamente diferente a los genotipos con adaptación a altitud alta (7.07 mm) y a los genotipos con adaptación a altitud intermedia (7.89 mm). Para largo y espesor de grano, los genotipos con adaptación a altitud alta superaron estadísticamente a genotipos con adaptación a altitud baja e intermedia.

En un estudio llevado a cabo por Mauricio *et al.* (2004), comentan que en maíz perteneciente al grupo racial de los indígenas antiguas, se distinguen valores promedio pequeños para peso de mil granos con 177.8 g y de ancho del grano con 6.4 mm.

Cuadro 4.6. Comparación de medias por altitud de adaptación de genotipos para atributos físicos.

ADAPTACIÓN	IF	PMG	LARGO	ANCHO	ESPESOR
ALTITUD	(%)	(g)	(cm)	(mm)	(mm)
ALTA	23.13 b	273.44 b	1.28a	7.07 c	4.34a
BAJA	39.85a	288.37ab	1.20 b	8.69a	4.17 b
INTERMEDIA	19.50 b	297.03a	1.22 b	7.89 b	4.33a
Media	28.90	285.69	1.23	7.94	4.27
Tukey	8.59	15.42	0.03	0.24	0.13

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); IF = Índice de flotación; PMG = Peso de mil granos; Largo, ancho y espesor de grano; Baja < 1000 msnm; Intermedia 1001 – 2000; Alta > 2001 msnm.

En la interacción ambiente x genotipo, la localidad del Mezquite 2 obtuvo un índice de flotación de 90.25 % en el genotipo 86, clasificándose como muy suave con un tiempo de cocción de 25 minutos (Cuadro A. 1). El menor índice de flotación lo obtuvo el genotipo 75 en la localidad de Gral. Cepeda 2, con 2.75 %, clasificándose como muy duro y con un tiempo de cocción de 45 minutos. Para las variables peso de mil granos y ancho de grano, el genotipo 73 presentó el valor más alto con 367.05 g y 9.97 mm, respectivamente.

En la interacción ambiente x semilla, el ambiente de evaluación del Mezquite 2 con la procedencia de semilla de Tepalcingo 2009 obtuvo un índice de flotación de 38.08 por ciento, clasificándose como intermedio, con un tiempo de cocción de 35 minutos (Cuadro A. 2). Por otra parte, la variable peso de mil granos en el Mezquite 2 con la procedencia de Coahuila 2008 presentó el valor más alto con 302.50 g.

En la interacción genotipo x semilla, el genotipo 84 procedente de Coahuila 2008 obtuvo un índice de flotación de 64.50 por ciento clasificándose como suave con un tiempo de cocción de 30 minutos (Cuadro A. 3). Para las variables peso de mil granos y ancho de grano, el genotipo 73 procedente de Tepalcingo 2009, presentó el valor más alto con 339.13 g y 9.26 mm, respectivamente.

La interacción ambiente x adaptación a diferentes altitudes, mostró que los genotipos con adaptación a altitud baja presentaron mayor índice de flotación en el ambiente de evaluación del Mezquite 2 con 66.55 por ciento, clasificados como suaves y un tiempo de cocción de 30 minutos (Cuadro A. 4). Por otra parte, la variable peso de mil granos en los

genotipos con adaptación a altitud alta presentaron el valor más alto en el ambiente de evaluación del Mezquite 1 con 321.84 g.

En la interacción ambiente x semilla, el ambiente de evaluación del Mezquite 2 con la procedencia de Tepalcingo 2009 obtuvo un índice de flotación de 38.08 por ciento, clasificándose como intermedios, con un tiempo de cocción de 35 minutos (Cuadro A. 5).

En la interacción adaptación x semilla, se observó que los genotipos con adaptación a altitud baja procedentes de Coahuila 2008, presentaron mayor índice de flotación con 40.97 por ciento, clasificándose como intermedios y un tiempo de cocción de 35 minutos (Cuadro A. 6).

En el coeficiente de correlación (Cuadro 4.7), para atributos físicos se encontró correlación negativa y altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre peso de mil granos (PMG) y el índice de flotación (IF) con $r = -0.3484$. La correlación entre peso de mil granos y las variables largo, ancho y espesor de grano resultó positiva y altamente significativa con $r = 0.4685$, $r = 0.4279$ y $r = 0.2569$, respectivamente. La correlación entre índice de flotación y largo de grano también fue negativa y significativa ($P \leq 0.05$) con $r = -0.1584$. Una correlación positiva y significativa se observó entre índice de flotación y ancho de grano con $r = 0.1749$. Una correlación negativa y significativa se obtuvo entre largo y ancho de grano ($P \leq 0.05$) con $r = -0.1714$.

En un estudio realizado en maíz por Salinas *et al.* (2008), encontró que de las variables relacionadas con la dureza del grano, el peso hectolítrico presentó una correlación positiva y altamente significativa ($P \leq 0.01$), en tanto que con el índice de flotación fue negativa y sólo significativa ($P \leq 0.05$).

Cuadro 4.7. Coeficientes de correlación para atributos físicos.

	IF	LARGO	ANCHO	ESPESOR
PMG	-0.3484**	0.4685**	0.4279**	0.2569**
IF		-0.1584*	0.1749*	-0.0009NS
LARGO			-0.1714*	0.1202NS
ANCHO				-0.1481NS

* , ** = Nivel de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; PMG = Peso de mil granos, IF = Índice de flotación; Largo, ancho y espesor de grano.

ESTUDIO II. Germinación y Vigor.

En el análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica en laboratorio considerando genotipos (Cuadro 4.8), se encontraron diferencias altamente significativas para las variables vigor, longitud de plúmula y peso seco en la fuente de variación repetición lo cual puede indicar variación en los criterios de evaluación o efecto de la cámara de crecimiento al ubicar los genotipos dentro de la misma. Las diferencias observadas ($P \leq 0.05$) entre bloques dentro de repetición, en las variables vigor, longitud de plúmula, longitud de radícula y peso seco de plántula se pueden atribuir a la ubicación de los bloques dentro de la cámara de germinación. En la fuente de variación ambiente se obtuvieron diferencias significativas para por ciento de germinación, plántulas anormales, longitud de radícula y peso seco de plántula. El genotipo presentó diferencias significativas para todas las variables en estudio, observándose el mayor efecto en por ciento de germinación y plántulas anormales. Para la fuente de variación ambiente x genotipo se observó diferencias ($P \leq 0.01$) para germinación, plántulas anormales y $P \leq 0.05$ para longitud de radícula. Se observó que en el efecto de la semilla fue el más importante en la variable semillas sin germinar ($P \leq 0.01$) y $P \leq 0.05$ para vigor y germinación. La interacción ambiente x semilla mostró diferencia significativa para longitud de radícula. Por otra parte, para la interacción genotipo x semilla se obtuvieron diferencias significativas para vigor, peso seco de plántula y $P \leq 0.05$ para longitud de plúmula. Así mismo para la interacción ambiente x genotipo x semilla se observó diferencias ($P \leq 0.01$) para germinación, plántulas anormales y $P \leq 0.05$ para semillas sin germinar, peso seco de plántula.

Cuadro 4.8. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica en laboratorio considerando genotipos.

F.V	GL	Vigor (%)	Germinación (%)	PA (%)	SSG (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (mg/plántula)
REPETICION (REP)	2	10593.34**	26.17NS	20.59NS	12.19NS	26.81**	0.29NS	538.27**
BLOQUE (REP)	6	701.26**	15.55NS	12.33NS	5.82NS	16.55**	12.86**	388.53**
AMBIENTE (AMB)	3	499.38NS	90.70**	103.60**	4.22NS	3.08NS	9.38*	445.35**
GENOTIPO (GEN)	11	4491.20**	125.99**	119.76**	15.58*	15.13**	8.06**	502.96**
AMB*GEN	30	300.08NS	100.40**	58.04**	10.43NS	2.14NS	4.08*	378.31NS
SEMILLA (SEM)	1	945.80*	93.07*	5.96NS	51.91**	1.33NS	1.74NS	3.58NS
AMB*SEM	3	170.44NS	9.01NS	12.88NS	2.02NS	1.76NS	11.04**	120.60NS
GEN*SEM	11	663.50**	9.00NS	9.96NS	0.94NS	4.57*	3.47NS	264.97**
AMB*GEN*SEM	27	251.40NS	42.00**	23.01**	10.88*	2.61NS	3.12NS	90.15*
ERROR	166	214.25	16.98	10.22	6.96	2.05	2.42	47.89
C.V (%)		24.55	4.35	95.29	132.48	11.16	7.70	9.01

*,** = Niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; GL = Grados de libertad; Vigor = Plántulas normales al primer conteo; Germinación = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS=Peso seco de plántula.

En el análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica considerando la adaptación de los genotipos (Cuadro 4.9.), se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) para la variable peso seco de plántula y $P \leq 0.05$ para plántulas anormales y longitud de radícula. Por otra parte, la fuente de variación adaptación a diferentes altitudes mostró diferencias altamente significativas para las variables vigor, germinación, plántulas anormales, longitud de plúmula y peso seco de plántula. Se observó que el efecto de la adaptación fue el más importante en las variables vigor, germinación, plántulas anormales y longitud de plúmula. El efecto del ambiente por adaptación resultó altamente significativo para germinación, plántulas anormales y peso seco de plántulas y $P \leq 0.05$ para longitud de radícula. La fuente de variación semilla mostró diferencia significativa únicamente para semillas sin germinar. Por otra parte, la interacción ambiente por semilla mostró diferencias significativas para longitud de radícula y peso seco de plántula.

Mendoza *et al.* (2004) estudiaron la calidad fisiológica en una variedad sintética de maíz Roque 1 y encontraron diferencias significativas para porcentaje de germinación.

Por otra parte, en un estudio realizado por Bautista (2010), encontró para atributos fisiológicos en maíz criollo mejorado diferencias altamente significativas en las variables longitud de plúmula y peso seco de plántula.

Cuadro 4.9. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica considerando la adaptación de los genotipos.

F.V	GL	Vigor (%)	Germinación (%)	PA (%)	SSG (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (mg/plántula)
REPETICION (REP)	2	10593.34**	26.17NS	20.59NS	12.19NS	26.81**	0.29NS	538.27**
BLOQUE (REP)	6	1557.50**	51.51NS	36.19NS	13.54NS	27.31**	18.25**	703.43**
AMBIENTE (AMB)	3	413.65NS	49.73NS	64.61*	4.52NS	3.81NS	9.23*	511.37**
ADAPTACIÓN(ADAP)	2	21637.67**	252.97**	342.68**	7.05NS	45.29**	3.89NS	997.56**
AMB*ADAP	6	225.30NS	182.92**	113.56**	14.18NS	1.16NS	6.38*	1494.96**
SEMILLA (SEM)	1	973.60NS	72.85NS	3.70NS	43.69*	3.21NS	0.10NS	32.48NS
AMB*SEM	3	195.66NS	5.57NS	7.27NS	0.81NS	2.37NS	9.11*	251.72*
ADAP*SEM	2	237.08NS	14.15NS	15.95NS	0.15NS	6.92NS	1.27NS	236.22NS
AMB*ADAP*SEM	6	300.12NS	41.41NS	32.12NS	8.39NS	1.67NS	3.07NS	43.66NS
ERROR	229	270.06	28.89	17.01	7.92	2.52	2.90	84.31
C.V (%)		27.56	5.67	122.89	141.27	12.36	8.43	11.96

*,** = Niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; GL = Grados de libertad; Vigor = Plántulas normales al primer conteo; Germinación = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

En la comparación de medias por ambiente (Cuadro 4.10), para atributos fisiológicos, la variable vigor no mostró diferencias significativas. Por otra parte, la variable germinación en la localidad de Gral. Cepeda 2 (95.83 por ciento) superó estadísticamente a Mezquite 2 que obtuvo 93.11 por ciento. Para plántulas anormales, Mezquite 2 superó al resto de las localidades. Para semillas sin germinar, longitud de plúmula y de radícula no se observaron diferencias significativas entre ambientes. Para la variable peso seco de plántula, los ambientes del Mezquite 1 y 2 superaron estadísticamente a Gral. Cepeda 1 y 2, con 79.39 y 79.19 mg/plántula respectivamente.

En un estudio realizado por Bautista (2008) en calidad fisiológica de semilla, en dos poblaciones de maíz criollo mejorado, reportó en la comparación de medias para la variable germinación que la población Selección Precoz presentó el mejor valor con 92.40 %, con respecto a la población Jagüey que obtuvo 89.22 %. En el mismo estudio, para las variables longitud de plúmula y peso seco, la población selección Precoz presentó mayor crecimiento (11.86 cm) y cantidad de materia seca (74.94 mg/plántula) en comparación a la población de Jagüey (11.05 cm y 60.65 mg/plántula, respectivamente). Además para la variable longitud de radícula la población Jagüey mostró ser superior (19.94 cm) a la población Selección Precoz, la cual presentó 18.83 cm de longitud.

Por otra parte en un estudio realizado por Pérez (2008), observó diferencias numéricas para vigor, en donde sobresalieron las PMCI (Poblaciones de maíz criollo incrementadas en Tepalcingo, Morelos) con un porcentaje de 10.49 % estando por arriba de la media general (8.99). Por el contrario, en la variable germinación las poblaciones con más alto porcentaje

fueron las PMCR (Poblaciones de maíz criollo recolectadas en Saltillo Coahuila) con 73.4 por ciento.

Cuadro 4.10. Comparación de medias por ambientes para atributos fisiológicos.

AMBIENTE DE EVALUACIÓN		Vigor (%)	G (%)	PA (%)	SSG (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (mg/plántula)
Mezquite 1	1	61.24a	94.84ab	3.28 b	1.86a	12.45a	20.49a	79.39a
Mezquite 2	2	56.00a	93.11 b	5.00a	1.88a	12.88a	20.59a	79.19a
Gral. Cepeda 1	1	60.50a	94.88ab	2.83 b	2.27a	12.78a	20.03a	74.34 b
Gral. Cepeda 2	2	61.33a	95.83a	2.27 b	1.88a	13.10a	19.88a	75.09 b
Media		59.61	94.65	3.35	1.99	12.843	20.22	76.76
Tukey		6.78	1.91	1.48	1.22	0.66	0.72	3.21

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); Vigor = Plántulas normales al primer conteo; G = Germinación = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

En la comparación de medias por genotipo (Cuadro 4.11) para atributos fisiológicos, la variable de vigor mostró un máximo de 76.33 por ciento para el genotipo 2 y un mínimo de 37.50 por ciento en el genotipo 84. Por otra parte, en la variable germinación todos los genotipos resultaron estadísticamente iguales excepto por el genotipo 84. En la variable plántulas anormales el rango fue de 9.33 por ciento en el genotipo 84 a 1.14 por ciento en el genotipo 29. En la variable semillas sin germinar se encontró una variación de 4.00 por ciento en el genotipo 86 a 0.76 por ciento en el genotipo 73. En la variable longitud de plúmula, el genotipo 9 superó a los genotipos 73, 76, 84 y 86. Por otra parte, en la variable longitud de radícula se encontraron valores entre 18.55 cm en el genotipo 86 a 21.11 cm en

el genotipo 75. Para peso seco el genotipo 75 obtuvo 83.98 mg/plántula superando a los genotipos 2, 9, 76, 84 y 86.

Méndez *et al.* (2008) ensayaron semilla de maíz certificada y encontraron valores de 97.7 por ciento para vigor al 4° día y de 97.0 por ciento en germinación al 8° día. Por otra parte, en un estudio realizado en semilla de maíz por Martínez *et al.* (2010), observaron que el genotipo 9 fue superior para las variables longitud de radícula con 16.8 cm y peso seco de plántula con 700 mg/plántula, en la prueba de germinación.

Cuadro 4.11. Comparación de medias por genotipo para atributos fisiológicos.

GENOTIPO	Vigor (%)	Germinación (%)	PA (%)	SSG (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (mg/plántula)
2	76.33a	95.33a	2.00 cd	2.66ab	13.43a	20.04abc	72.80 cd
6	70.09abc	95.04a	2.66 cd	2.28ab	13.55a	20.70ab	79.05abc
9	75.11ab	95.11a	2.44 cd	2.44ab	13.92a	20.36ab	75.40 bc
23	60.16 cd	96.33a	2.16 cd	1.50ab	13.38a	19.52 bc	82.16ab
28	75.66ab	96.50a	2.16 cd	1.33ab	13.31ab	20.81ab	78.07abc
29	72.38abc	96.57a	1.14 d	2.85ab	13.33ab	20.79ab	82.40ab
30	61.50 bc	95.83a	1.50 d	2.66ab	12.88ab	20.39ab	78.42abc
73	45.71 de	94.28a	4.95 bc	0.76 b	11.88 bcd	20.53ab	78.65abc
75	59.77 de	96.22a	2.00 cd	1.77ab	13.85a	21.11a	83.98a
76	41.66 e	95.16a	3.66 bcd	1.16 b	11.83 cd	19.49 bc	75.40 bc
84	37.50 e	89.16 b	9.33a	1.50ab	11.52 cd	20.40ab	67.45 d
86	39.55 e	89.77 b	6.22ab	4.00a	11.38 d	18.55 c	67.73 d
Media	59.61	94.65	3.35	1.99	12.84	20.22	76.76
Tukey	14.81	4.17	3.23	2.67	1.45	1.57	7.00

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); Vigor = Plántulas normales al primer conteo; Germinación = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

En el cuadro de comparación de medias por procedencia de la semilla en atributos fisiológicos (Cuadro 4.12), se observó para la variable de vigor que la localidad de Tepalcingo 2009 superó a Gral. Cepeda 2008 por 5.44 por ciento. Para germinación la localidad de Tepalcingo 2009 superó estadísticamente a Gral. Cepeda 2008 que obtuvo 93.89 por ciento. Por otra parte, en la variable semillas sin germinar, Gral. Cepeda 2008 obtuvo 2.44 por ciento y Tepalcingo 2009 1.54 por ciento. El resto de las variables fueron estadísticamente iguales para procedencia de la semilla.

Cuadro 4.12. Comparación de medias por ambientes para atributos fisiológicos.

PROCEDENCIA DE SEMILLA	Vigor (%)	Germinación (%)	PA (%)	SSG (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (mg/plántula)
Gral. Cepeda 08	56.86 b	93.89 b	3.65a	2.44a	12.76a	20.24a	76.78a
Tepalcingo 09	62.30a	95.39a	3.06a	1.54 b	12.92a	20.20a	76.74a
Media	59.61	94.65	3.35	1.99	12.843	20.22	76.76
Tukey	3.57	1.00	0.78	0.64	0.35	0.38	1.69

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); Vigor = Plántulas normales al primer conteo; Germinación = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

La comparación de medias para atributos fisiológicos por adaptación a diferentes altitudes (Cuadro 4.13), señala que el vigor en los genotipos con adaptación a altitudes altas obtuvo 74.39 por ciento, siendo estadísticamente diferente a los genotipos con adaptación a altitud bajas (44.26 por ciento) y a los genotipos con adaptación a altitud intermedia (64.34 por ciento). El porcentaje de germinación, la longitud de plúmula y el peso seco de plántula fueron estadísticamente superiores en los genotipos con adaptación a altitud intermedia con

96.23 por ciento, 13.19 cm y 80.93 mg/plántula, respectivamente. Para plántulas anormales, la adaptación a altitud baja superó estadísticamente a genotipos con adaptación a altitud alta e intermedia.

En un estudio realizado en maíz por Pérez *et al.* (2006), encontraron en el híbrido Promesa los valores más altos en peso seco con 1200 mg/plántula, seguido del HS-2 con 1200 mg/plántula y finalmente el VS-22 con 1000 mg/plántula.

Cuadro 4.13. Comparación de medias por adaptación para atributos fisiológicos.

ADAPTACIÓN	Vigor	G	PA	SSG	LP	LR	PS
ALTITUD	(%)	(%)	(%)	(%)	(cm)	(cm)	(mg/plántula)
ALTA	74.39a	95.54a	2.29 b	2.16a	13.35a	20.48a	76.30 b
BAJA	44.26 c	92.87 b	5.37a	1.75a	12.04 b	20.02a	74.39 b
INTERMEDIA	64.34 b	96.23a	1.62 b	2.14a	13.19a	20.21a	80.93a
Media	59.61	94.65	3.35	1.99	12.843	20.22	76.76
Tukey	5.96	1.95	1.49	1.02	0.57	0.61	3.33

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); Vigor = Plántulas normales al primer conteo; Germinación = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula; Baja < 1000 msnm; Intermedia 1001 – 2000; Alta > 2001 msnm.

En la interacción ambiente x genotipo, el genotipo 23 evaluado en el ambiente del Mezquite 2, obtuvo una germinación de 99.33 por ciento, mientras que el genotipo 84 presentó el valor más bajo con 76.66 por ciento (Cuadro A. 7).

En la interacción ambiente x semilla, al semilla procedente de Coahuila 2008 evaluada en el ambiente de Mezquite 1 mostró una longitud de radícula de 20.84 cm, mientras que la semilla procedente de Coahuila 2008 evaluada en el ambiente de Gral. Cepeda 1 obtuvo 18.48 cm (Cuadro A. 8).

En la interacción genotipo x semilla, el genotipo 2 procedente de la localidad de Tepalcingo 2009 obtuvo el vigor más alto con 81.66 por ciento (Cuadro A. 9). Para las variable peso seco de plúmula en la misma localidad se presentó un rango de 65.59 (genotipo 84) a 86.50 (genotipo 23) mg/plántula.

En la interacción ambiente x adaptación a diferentes altitudes, se observó que los genotipos con adaptación a altitud alta evaluados en el ambiente del Mezquite 1, presentaron mayor germinación con 97.60 por ciento (Cuadro A. 10). Por otra parte, la variable peso seco de plántula en los genotipos con adaptación a altitud alta y evaluados en el ambiente del Mezquite 1, presentaron el valor más alto con 86.66 mg/plántula, mientras que el valor más bajo se presentó en el mismo ambiente pero en los genotipos con adaptación a altitud baja con un valor de 65.25 mg/plántula.

En la interacción ambiente x semilla, la semilla procedente de la localidad del Tepalcingo 2009 evaluada en el ambiente del Mezquite 1 obtuvo un peso seco de plántula de 83.06 mg/plántula (Cuadro A. 11).

En un estudio realizado por Pérez *et al.* (2006), en calidad fisiológica de semillas de maíz, encontraron que los promedios del híbrido H-358 en las variables porcentaje de germinación al 4° día fue de 90.0 y al 7° día fue de 91.0; la variedad VS-2000 mostró en las variables porcentaje de germinación al 4° día 69.5 y en el 7° día un porcentaje de 77.0. Así mismo, se encontró para peso seco de las diferentes estructuras de la planta, que el híbrido Promesa presentó los valores más altos en peso seco de plúmula con 1.2 g y peso seco radícula con 1.0 g.

Por otra parte, en un estudio realizado en maíz híbrido trilineal por Hernández *et al.* (2000), obtuvieron valores máximos en la comparación de medias para variables de calidad fisiológica en laboratorio como vigor, germinación, peso seco de plúmula y de radícula con 93 por ciento, 96 por ciento, 3.7 g y 1.9 g respectivamente, esto en el material T97PGR (Tocuilá 97 semilla plana grande). Por otra parte, en este estudio se obtuvieron los valores mínimos para las mismas variables con 79 por ciento, 82 por ciento, 2.2 g y 1.0 g respectivamente, en el material M95BCH (Montecillo 95 semilla tipo bola).

El coeficiente de correlación (Cuadro 4.14), para atributos fisiológicos, se encontró correlación positiva y altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre vigor y germinación con $r=0.4290$. La correlación entre vigor y las variables plántulas anormales y semillas sin germinar resultó negativas y altamente significativa con $r=-0.4330$ y $r=-0.1674$, respectivamente. La correlación de vigor y las variables longitud de plúmula, longitud de radícula y peso seco de plántula resultó positiva y altamente significativa con $r=0.6312$, $r=0.1929$ y $r=0.2936$, respectivamente. La correlación entre germinación y las variables plántulas anormales y semillas sin germinar resultó negativa y altamente significativa con

$r=-0.8845$ y $r=-0.6036$, respectivamente. La correlación entre germinación y las variables longitud de plúmula, longitud de radícula y pesos seco de plúmula resultaron positivas y altamente significativas con $r=0.3335$, $r=0.1838$ y $r=0.3646$, respectivamente. La correlación entre plántulas anormales y semillas sin germinar fue positiva y altamente significativa con $r=0.1621$. La correlación de plántulas anormales y la longitud de plúmula fue negativa y altamente significativa ($P\leq 0.01$) con $r=-0.3634$. Una correlación negativa y significativa se observó entre plántulas anormales y longitud de radícula ($P\leq 0.05$) con $r=-0.1570$. Una correlación negativa y altamente significativa se observó entre plántulas anormales y peso seco de plántulas $r=-0.3428$. Una correlación negativa y altamente significativa se obtuvo entre semillas sin germinar y peso seco de plántula con $r=0.1854$. La correlación entre longitud de plántula y las variables longitud de radícula y peso seco de plúmula resultó positiva y altamente significativa con $r=0.3258$ y $r=0.3390$, respectivamente. Una correlación positiva y altamente significativa se obtuvo entre longitud de radícula y peso seco de plántula ($P\leq 0.01$) con $r=0.3054$.

Cuadro 4.14. Coeficientes de correlación para atributos fisiológicos.

	Germinación	PA	SSG	LP	LR	PS
Vigor	0.4290**	-0.4330**	-0.1674**	0.6312**	0.1929**	0.2936**
Germinación		-0.8845**	-0.6036**	0.3335**	0.1838**	0.3646**
PA			0.1621**	-0.3634**	-0.1570*	-0.3428**
SSG				-0.0843NS	-0.1204NS	-0.1854**
LP					0.3258**	0.3390**
LR						0.3054**

* , ** = Nivel de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; Vigor = Plántulas normales al primer conteo; Germinación = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; SSG = Semillas sin germinar; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

ESTUDIO III. Índice de Velocidad de Emergencia y Emergencia total.

En el análisis de varianza para índice de velocidad de emergencia y emergencia total considerando genotipos, se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) entre genotipos para las variables índice de velocidad de emergencia, emergencia total, longitud de plúmula, longitud de radícula, peso seco de plántula siendo el efecto más importante. Por otra parte se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) para la variable emergencia total y $P \leq 0.01$ para peso seco de plántula, en la interacción ambiente x genotipo. El efecto de la interacción ambiente por semilla resultó significativo para índice de velocidad de emergencia y peso seco de plántula. Por otra parte, la interacción genotipo por semilla fue significativo en la variable emergencia total y longitud de radícula (Cuadro 4.15.).

En un estudio realizado por Bautista (2010), en maíz criollo mejorado reportó para el ensayo del índice de velocidad de emergencia, diferencias altamente significativas en las variables índice de velocidad de emergencia, emergencia total, longitud de plúmula y de radícula.

Cuadro 4.15. Cuadrados medios del análisis de varianza para índice de velocidad de emergencia y emergencia total considerando genotipos.

F.V	GL	IVE	ET	LP	LR	PS
			(%)	(cm)	(cm)	(mg/plántula)
REPETICION	1	0.57NS	2.29NS	0.06NS	8.44NS	684.05*
AMBIENTE (AMB)	3	0.06NS	31.43NS	0.93NS	3.53NS	295.33NS
GENOTIPO (GEN)	11	1.94**	107.24**	8.53**	8.98**	984.73**
AMB*GEN	30	0.22NS	66.50*	1.83NS	2.60NS	619.49**
SEMILLA (SEM)	1	0.13NS	60.21NS	1.34NS	0.00NS	2.45NS
AMB*SEM	3	0.44*	20.07NS	1.22NS	1.98NS	384.15*
GEN*SEM	11	0.24NS	78.62*	1.48NS	5.57*	243.38NS
AMB*GEN*SEM	27	0.14NS	40.62NS	1.79NS	2.69NS	199.93NS
ERROR	86	0.14	39.69	1.45	2.41	140.80
C.V (%)		9.77	6.74	15.00	9.88	12.57

*,** = Niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; GL = Grados de libertad; IVE = Índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

En el análisis de varianza para índice de velocidad de emergencia considerando adaptación de los genotipos (Cuadro 4.16.), se obtuvieron diferencias significativas para las variables índices de velocidad de emergencia, emergencia total, longitud de plúmula, longitud de radícula y peso seco de plántula para la fuente de variación adaptación. Por otra parte, se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) para el índice de velocidad de emergencia y $P \leq 0.01$ para emergencia total y peso seco de plántula, para la interacción ambiente x adaptación. El efecto de la interacción adaptación x semilla resultó significativo para peso seco de plántula. El mayor efecto se obtuvo en la fuente de variación de adaptación.

En un estudio realizado por Antuna *et al.* (2003), encontraron diferencias altamente significativas entre cruza simples en maíz para las variables de calidad fisiológica determinada mediante emergencia en invernadero y velocidad de emergencia.

Cuadro 4.16. Cuadrados medios del análisis de varianza para índice de velocidad de emergencia considerando adaptación de los genotipos.

F.V	GL	IVE	ET	LP	LR	PS
			(%)	(cm)	(cm)	(mg/plántula)
REPETICION	1	0.57NS	2.29NS	0.06NS	8.44NS	684.05NS
AMBIENTE (AMB)	3	0.01NS	9.76NS	0.55NS	4.12NS	625.50*
ADAPTACIÓN(ADAP)	2	8.49**	215.88*	37.15**	39.05**	2400.64**
AMB*ADAP	6	0.43*	138.87**	0.77NS	4.52NS	2227.20**
SEMILLA (SEM)	1	0.03NS	24.37NS	1.93NS	0.01NS	9.58NS
AMB*SEM	3	0.40NS	19.48NS	1.65NS	1.26NS	424.15NS
ADAP*SEM	2	0.22NS	129.56NS	1.10NS	2.65NS	666.43*
AMB*GEN*SEM	6	0.12NS	34.33NS	3.15NS	2.65NS	88.48NS
ERROR	149	0.18	46.80	1.59	2.59	213.41
C.V (%)		10.96	7.32	15.70	10.25	15.47

*,** = Niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; NS = No significativo; GL = Grados de libertad; IVE = Índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

En las medias por ambiente (Cuadro 4.17), para las variables evaluadas en este estudio, se encontraron únicamente diferencias numéricas. Se obtuvieron valores medios de 3.90, 93.44 %, 8.03 cm, 15.71 cm y 94.39 mg/plántula para índice de velocidad de emergencia,

emergencia total, longitud de plúmula, longitud de radícula y peso seco de plántula, respectivamente.

Cuadro 4.17. Medias por ambientes para índice de velocidad de emergencia.

AMBIENTE	IVE	ET (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (mg/plántula)
Mezquite 1	3.94a	94.00a	8.21a	15.70a	96.96a
Mezquite 2	3.85a	92.58a	8.10a	16.04a	97.08a
Gral. Cepeda 1	3.91a	94.16a	7.90a	15.37a	91.85a
Gral. Cepeda 2	3.89a	93.25a	7.97a	15.71a	92.62a
Media	3.90	93.44	8.03	15.71	94.39
Tukey	0.21	3.61	0.69	0.89	6.80

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); IVE = Índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

En la comparación de medias por genotipo (Cuadro 4.18.), para el estudio de velocidad de emergencia, la variable índice de velocidad de emergencia mostró un rango de 4.28 para el genotipo 6 a 3.16 en el genotipo 84. Por otra parte, la variable de emergencia total mostró un máximo de 96.50 por ciento para el genotipo 30 y un mínimo de 86.25 por ciento en el genotipo 84. En la variable longitud de plúmula se encontró una variación de 8.90 cm en el genotipo 23 a 6.79 cm en el 84. En la variable longitud de radícula, el genotipo 2 superó a los genotipos 75, 84 y 86. Por otra parte, en la variable peso seco de plántula se encontraron valores entre 101.50 mg/plántula en el genotipo 23 a 74.08 mg/plántula en el genotipo 86.

En un estudio realizado en dos poblaciones de maíz criollo mejorado por Bautista (2008), observó en la comparación de medias que la población Selección Precoz mostró superioridad en emergencia total con 97.126 % de plántulas emergidas, con respecto a la población Jagüey. Por otra parte encontró mayor longitud de plúmula en la población Jagüey con 14.256 cm.

Cuadro 4.18. Comparación de medias por genotipo para índice de velocidad de emergencia.

GENOTIPO	IVE	ET (%)	LP (cm)	LR (cm)	PS (mg/plántula)
2	4.20a	93.00ab	8.56ab	16.90a	99.31a
6	4.28a	93.42ab	8.88a	16.87a	100.14a
9	4.00abc	93.33ab	8.56ab	16.53ab	92.41ab
23	4.04ab	95.25a	8.90a	16.12ab	101.50a
28	4.08ab	93.50ab	8.32abc	15.98ab	96.50a
29	4.27a	94.85a	8.79a	15.70ab	99.14a
30	4.13a	96.50a	8.06abcd	15.50ab	94.00ab
73	3.66 bcd	93.42ab	7.75abcd	15.03ab	99.00a
75	3.85abcd	96.00a	7.46abcd	14.67 b	98.50a
76	3.56 cde	93.50ab	7.15 bcd	15.41ab	95.50a
84	3.16 e	86.25 b	6.79 d	14.67 b	80.00 bc
86	3.49 de	93.00ab	7.01 cd	14.91 b	74.08 c
Media	3.90	93.44	8.03	15.71	94.39
Tukey	0.47	7.91	1.51	1.95	14.91

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); IVE = Índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

En las medias por procedencia de la semilla (Cuadro 4.19), para índice de velocidad de emergencia y variables asociadas, se observaron diferencias numéricas, sobresaliendo la localidad de Tepalcingo 2009 con 3.90 (IVE), 93.81 (ET), 8.16 (LP) 15.73 (LR) y 95 mg/plántula (PS).

Cuadro 4.19. Medias por semilla para índice de velocidad de emergencia.

PROCEDENCIA DE SEMILLA	IVE	ET	LP	LR	PS
		(%)	(cm)	(cm)	(mg/plántula)
Gral. Cepeda 08	3.89a	93.81a	7.89a	15.68a	93.59a
Tepalcingo 09	3.90a	93.09a	8.16a	15.73a	95.18a
Media	3.90	93.44	8.03	15.71	94.39
Tukey	0.11	1.89	0.36	0.46	3.57

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); IVE = Índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

En la comparación de medias por adaptación a diferentes altitudes para velocidad de emergencia (Cuadro 4.20), el índice de velocidad de emergencia fue estadísticamente superior en la adaptación de los genotipos a altitud alta con respecto a la altitud intermedia. El porcentaje de emergencia total, longitud de plúmula y peso seco de plántula fueron estadísticamente superiores en los genotipos con adaptación a altitud intermedia con 95.56 por ciento, 8.58 cm y 98.17 mg/plántula, respectivamente. Por otra parte, se observó que la longitud de radícula en los genotipos con adaptación a altitud alta obtuvo 16.56 por ciento, siendo estadísticamente diferente a los genotipos con adaptación a altitud baja (14.95 por ciento) y a los genotipos con adaptación a altitud intermedia (15.78 por ciento).

Cuadro 4.20. Comparación de medias por adaptación para índice de velocidad de emergencia.

ADAPTACIÓN	IVE	ET	LP	LR	PS
ALTITUD		(%)	(cm)	(cm)	(mg/plántula)
ALTA	4.15a	93.31ab	8.57a	16.56a	97.31a
BAJA	3.52b	92.17 b	7.22 b	14.95 b	89.50 b
INTERMEDIA	4.14a	95.56a	8.58a	15.78 c	98.17a
Media	3.90	93.44	8.03	15.71	94.39
Tukey	0.19	3.05	0.56	0.71	6.51

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05 %); IVE = Índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula; Baja < 1000 msnm; Intermedia 1001 – 2000; Alta > 2001 msnm.

En el estudio de velocidad de emergencia, la interacción ambiente x genotipo mostró un rango de 100.00 por ciento en el genotipo 73 evaluado en el ambiente del Mezquite 1 a 77 por ciento en el genotipo 84 evaluado en el ambiente del Mezquite 2 (Cuadro A. 12). Para la variable peso seco de plántula se observó una variación de 58.00 (genotipo 84 evaluado en el ambiente Mezquite 1) a 118.00 mg/plántula en el ambiente del Mezquite 2.

En la interacción ambiente x semilla, la semilla procedente de Tepalcingo 2009 evaluada en el ambiente de Gral. Cepeda 1 presentó un índice de velocidad de emergencia de 4.03 (Cuadro A. 13). La variable peso seco de plántula en la procedencia de semilla de Coahuila 2008 y evaluada en el ambiente del Mezquite 2 obtuvo el valor más alto con 100.04 mg/plántula.

En la interacción genotipo x semilla, en la procedencia de Tepalcingo 2009 el genotipo 23 obtuvo el valor más alto con 99.50 por ciento (Cuadro A. 14). Para la variable longitud de radícula, el rango fue de 13.91 cm en el genotipo 86 procedente de Coahuila 2008 a 17.49 cm en el genotipo 9 procedente de la localidad de Coahuila 2008.

La interacción ambiente x adaptación, el índice de velocidad de emergencia presentó valores entre 3.33 en el ambiente de evaluación del Mezquite 1 para semillas adaptadas a altitud baja a 4.27 en el ambiente de evaluación del Mezquite 1 para semillas con adaptación a altitud alta (Cuadro A. 15).

En la interacción adaptación x semilla, la semilla con procedencia de Tepalcingo 2009 con adaptación a altitud intermedia obtuvo el máximo valor de peso seco con 102.33 mg/plántula (Cuadro A. 16).

En el coeficiente de correlación (Cuadro 4.21), para atributos evaluados en invernadero se encontró correlación positiva y altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre índice de velocidad de emergencia (IVE) y la emergencia total (ET) con $r=0.7296$. La correlación entre índice de velocidad de emergencia y las variables longitud de plúmula, longitud de radícula y peso seco de plúmula resultó positiva y altamente significativa con $r=0.5701$, $r=0.2682$ y $r=0.3926$, respectivamente. La emergencia total se correlacionó positiva y altamente significativa ($P \leq 0.01$) con longitud de plúmula y peso seco de plántula con valores de $r=0.2078$ y $r=0.2859$, respectivamente. La correlación entre longitud de plúmula y las variables longitud de radícula y peso seco de plántula resultó positiva y altamente

significativa con $r=0.3944$ y $r=0.3583$, respectivamente. Una correlación positiva y altamente significativa se observó entre longitud de radícula y peso seco de plántula con $r=0.3651$.

Gutiérrez *et al.*,(2006) estudió la calidad fisiológica en trigo y encontró para la variable velocidad de emergencia correlación significativa y negativa con peso seco de plántula, longitud de radícula y longitud de plántula, con valores de -0.68^{**} , -0.76^{**} y -0.66^{**} , respectivamente; mientras que la correlación entre peso seco y longitud de coleóptilo resultó positiva y significativa (0.74^{**}); asimismo, se tuvo una correlación positiva y significativa entre longitud de coleóptilo y longitud de plántula (0.86^{**}).

Cuadro 4.21. Coeficientes de correlación para atributos evaluados en invernadero.

	ET	LP	LR	PS
IVE	0.7296**	0.5701**	0.2682**	0.3926**
ET		0.2078**	0.1008NS	0.2859**
LP			0.3944**	0.3583**
LR				0.3651**

** = Nivel de significancia al 0.01, respectivamente; NS = No significativo; IVE = Índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; LP = Longitud de plúmula; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco de plántula.

V. CONCLUSIONES

Estudio I. Calidad Física

En los atributos físicos se observó diferencias significativas en las fuentes de variación ambientes de evaluación, genotipos, adaptación a diferentes alturas y procedencia de la semilla, mostrando mayor efecto el genotipo en las variables índice de flotación y peso de mil granos.

El endospermo de los genotipos 30 y 75 se clasificó como muy duro y el resto como de endospermo duro. Por otra parte, el genotipo 73 obtuvo el mayor peso de mil granos con 338.35 g.

La semilla procedente de Tepalcingo, Morelos 2009, obtuvo mayor índice de flotación que la de General Cepeda 2008, sin embargo ambos se clasificaron como de endospermo duro. En el peso de mil granos General Cepeda 2008 superó a Tepalcingo, Morelos 2009. El endospermo de los genotipos con adaptación a altitudes bajas se clasificó como de dureza intermedia, además mayor peso de mil granos se obtuvo altitudes intermedias.

Estudio II. Germinación y Vigor

En los atributos fisiológicos evaluados en laboratorio, se encontraron diferencias significativas entre genotipos, procedencia de la semilla y adaptación a diferentes altitudes para vigor de la semilla y germinación.

El mayor por ciento de vigor en la semilla se obtuvo en el genotipo 2, por otra parte, el genotipo 29 presentó mejor por ciento de germinación, y en cuanto a ganancia de peso seco el genotipo 75 superó al resto.

En cuanto a procedencia de la semilla, mayor porcentaje de germinación y de vigor de la semilla se observó para Tepalcingo, Morelos 2009.

Los genotipos con adaptación a altitud alta mostraron el mayor vigor de semilla, sin embargo los genotipos con adaptación a altitud intermedia obtuvieron superior por ciento de germinación y mayor peso seco.

Estudio III. Índice de Velocidad de Emergencia y Emergencia Total.

Las diferencias observadas en el índice de velocidad de emergencia y en la emergencia total, se debieron principalmente al efecto del genotipo.

La procedencia de la semilla, modificó la expresión de las variables relacionadas con el vigor de la misma.

Las poblaciones adaptadas a altitudes altas e intermedias presentaron mayor índice de velocidad de emergencia, emergencia total y longitud de plúmula, todas relacionadas con el vigor de la semilla.

Se observó correlación positiva y significativa entre atributos evaluados en invernadero.

LITERATURA CITADA

- Álvarez L., G. M. 2007. Importancia de la semilla. Producción, comercio y certificación de semillas en México. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Dirección de estudios sobre nueva rural y soberanía alimentaria. DESANR / IN / 002: 1-44.
- Antuna G., O., S. A. Rodríguez H., G. Arámbula V., A. Palomo G., E. Gutiérrez A., A. Espinoza B., E. F. Navarro O. y E. Andrio E. 2008. Calidad nixtamalera y tortilla en maíces criollos de México. Revista Fitotecnia Mexicana 31 (3): 23-27.
- Antuna G., O., F. Rincón S., E. Gutiérrez del R., N. A. Ruiz T. y L. Bustamante G. 2003. Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en línea de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana 26 (1): 11-17.
- Azcon B., J. y M. Talón. 2003. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw Hill/ Interamericana. Barcelona, España. 522 p.
- Bautista M., V. M. 2008. Caracterización agronómica y calidad fisiológica de dos poblaciones de maíz criollo mejorado. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 57 p.

- Bautista P., L. J. 2010. Determinación de la calidad fisiológica de semillas de maíz criollo mejorado obtenida bajo diferentes estrategias de producción. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 60 p.
- Barros W., M. M. 2003. Pruebas de vigor de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su correlación con la emergencia. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Departamento de Ciencias Vegetales. 53 p.
- Billeb de S., A. C. y R. Bressani. 2001. Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz. Alan 51 (1). 86-94.
- Bonifacio V., E. I., Y. Salinas M., A. Ramos R. y A. Carrillo O. 2005. Calidad pozolera en colectas de maíz cacahuacintle. Revista Fitotecnia Mexicana 28(3): 253- 260.
- Borrajo I., C. 2006. Importancia de la calidad de semillas. Curso internacional en ganadería bovina subtropical. Sitio Argentino de Producción Animal. 8 p.
- Carballoso T., V., A. Mejía C., S. Balderrama C., A. Carballo C. y F. V. González C. 2000. Divergencia en poblaciones de maíz nativas de Valles Altos de México. Agrociencia 34 (2): 167-174.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2008. El maíz y el mundo. Documento de trabajo por el taller: “Agrobiodiversidad en México: el caso del maíz.” CONABIO, INE, SAGARPA. 64 p.

Espinoza P., N., F. Montiel A. y J. L. Rodríguez O. 2001. Efecto del déficit hídrico en el patrón electroforético de proteínas totales en dos variedades de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24 (1): 121-128.

Esquivel E., G., F. Castillo G., J. M. Hernández C., A. Santacruz V., G. García de los S., J. A. Acosta G. y A. Ramírez H. 2009. Aptitud combinatoria y heterosis en etapas tempranas del desarrollo del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32 (4): 311-318.

Financiera Rural. 2009. Monografía de maíz grano. Dirección General Adjunta de Planeación Estrategia y Análisis Social.

Gear E., J. R. 2006. Maíz y nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación de ILSI Argentina serie de informes especiales. Vol. II. 80 p.

Gonzales R., J., R. Torres., D. de Greef., A. Bonald., J. Robutti., F. Borrás. 2005. Efecto de la dureza del endospermo del maíz sobre las propiedades de hidratación y cocción. *Alan* 55 (4): 354-360.

Gutiérrez G., A. S., A. Carballo C., J. A. Mejía C., M. Vargas H., R. Trethowan. y H. E. Villaseñor M. 2006. Caracterización de trigos harineros mediante parámetros de calidad física y fisiológica de la semilla. *Agricultura Técnica en México* 32 (1): 45-55.

Hernández G., J. A., A. Carballo C., A. Hernández L. y F. V. Gonzales C. 2000. Ponderación de variables de calidad fisiológica para la medición del vigor en semillas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23: 239-250.

Ibañez M., A., M. Cavanagh M., N. Bonamico C. y M. Direnzo A. 2006. Análisis gráfico mediante biplot del comportamiento del híbrido de maíz .INTA, Argentina. *RIA* 35 (3):83-93.

INTA Balcarce. 2006. Calidad del grano de maíz. Argentina. 3 p. Disponible en la página: www.produccion-animal.com.ar. Fecha de consulta 07 Abril de 2011.

International Seed Testing Association. ISTA. 2004. *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. 243 p

Kato Y., T. A., C. Mapes S., L. M. Mera S., J. A. Serrato H., y R. A. Bye. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad. México, D. F. 116 p.

- López P., A., A. Carballo C., A. Martínez G. y H. López S. 2000. Producción de semilla de híbridos de maíz en suelos con diferente capacidad de retención de humedad en el Valle de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23: 227-238.
- López R., G., A. Santacruz V., A. Muños O., F. Castillo G., L. Córdova T. y H. Vaquera H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30 (5): 284-290.
- Martínez S., J., J. Virgen V., M. G. Peña O. y A. Santiago R. 2010. Índice de de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 1 (3): 289-304.
- Martin L., J., J. Ron P., J. J. Sánchez G., L. de la Cruz L., M. Morales R., J. A. Carrera V., A. Ortega C., V. A. Vidal M., M. de J. Guerrero H. 2008. Caracterización agronómica y morfológica de maíces nativos en el noroccidente de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31 (4): 331-340.
- Mauricio S., R. A., J. D. Figueroa C., S. Taba., M. L. Reyes V., F. Rincón S. y A. Mendoza G. 2004. Caracterización de accesorios de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27 (3): 213-222.
- Molina M., J. C., V. A. Gonzales H., A. Carballo C., M. Livera M., F. Castillo G. y M. L. Ortega D. 2003. Cambios en la calidad fisiológica y su asociación con la madurez de la semilla de maíz durante su formación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26 (4): 271-277.

Mendoza E., M., L. Latournerie., E. Moreno., G. Castañón., J. Cruz C., C. León., J. G. García.
2004. Cambios en la calidad de las semillas de maíz durante su desarrollo y maduración.
Agronómica Mesoamericana 15 (2): 155-160.

Narváez G., E. D., J. de D. Figuera C., S. Taba., E. Castaño T. y R. A. Martínez P. 2007. Efecto del tamaño del gránulo de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de pastificado. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30 (3): 269-277.

Norma Mexicana (NMX-FF-034/1-SCFI-2002). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado-especificaciones y métodos de prueba. Disponible en la página:

http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Lists/Instrumentos%20Tcnicos%20Normalizacin%20y%20Marcas%20Colecti/Attachments/97/NMX_MAIZ_BLANCO. 22 p. Fecha de consulta 03 de Enero de 2011.

Ortiz M., J.I., N. Palacios R., E. Meny., K. Pixley., R. Trethowan and R. J. Peña. 2007. Enchacing the mineral and vitamin content of wheat and maize through plant breeding. *Journal of Cereal Science*, vol. 46. pp. 293-307.

Oviedo C., E. 2011. Análisis de los atributos físicos y químicos de poblaciones de maíz criollo. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 50 p.

- Perales, R. H., S. B. Brush., C. O. Qualset. 2003. Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Econ. Bot.* 57:7–20.
- Pérez M., C., A. Hernández L., F. V. Gonzales C., G. García de los S., A. Carballo C., T. R. Vásquez R. y 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.
- Pérez de la C., F. de J., L. Córdova T., A. Santacruz V., F. Castillo G., E. Cárdenas S. y A. Delgado A. 2007. Relación entre el vigor inicial, rendimiento y sus componentes en poblaciones de maíz chalqueño. *Agricultura Técnica en México* 33 (1): 5-16.
- 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. 69 p.
- Quiroz O., W. y O. Carrillo A. 2008. La importancia del insumo semillas de buena calidad. Oficina Nacional de Semillas. 9 p. Disponible en la página:
<http://www.docstoc.com/docs/3248119/LA-IMPORTANCIA-DEL-INSUMO-SEMILLA-DE-BUENA-CALIDAD>. Fecha de Consulta 10 Enero de 2011.
- Rangel M., E., A. Muñoz O., G. Vázquez C., J. Cuevas S., J. Merino C. y S. Miranda C. 2004. Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia* 38 (1): 53-61.

Ramírez V., M. de la L. 2010. Calidad fisiológica en la semilla e industria en el grano de *Amaranthus hypochondriacus* en la fertilización y densidad de poblaciones. Tesis. Doctorado en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 103 p.

Ramírez V., P., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S. y F. Zavala G. 2000. Recursos Fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura, Informe Nacional Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana Fitogenética A. C. Chapingo, México. 163 p.

Salazar M., J., A. Guevara E., G. Malda B., C. H. Rivera F. y Y. Salinas M. 2009. Componentes de varianzas de caracteres de maíz asociados al nixtamal. *Alimentos* 3 (2): 74-83.

SAGARPA. 2011. Contabilizan 59 razas de maíz en toda la Republica. SICDE portal V 1.0. Disponible en la página:

<http://www.sicde.gob.mx/portal/bin/nota.php?accion=buscar¬aId=656641554d92032c55208>.

Fecha de consulta 01 Mayo de 2011.

Sahagún C., L., E. Barrera G., F. Márquez S., N. Gomes M., A. Trujillo C., H. Castro G., B. Coutiño E., J. A. Carrera V., A. Castellano S. y J. M. Luevano V. 2008. Evaluación de variedades de maíz del CENREMMAC mejorado por retrocruza limitada para resistencia a

sequillas. Revista de Geografía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, México 43: 100 p.

Salinas M., Y., F. Martínez B., M. Soto H., R. Ortega P. y J. L. Arellano V. 2003. Efecto del nixtamalización sobre las antocianinas del grano de maíces pigmentados. Agrociencia 37: 617-628.

Salinas M., Y., S. Saavedra A., J. Soria R. y E. Espinosa T. 2008. Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces (*Zea mays* L.) amarillo cultivados en el Estado de México. Agricultura Técnica en México 34 (3): 357-364.

Salinas M., Y., N. O. Gómez M., J. E. Cervantes M., M. Sierra M., A. Palafox C., E. Betanzos M. y B. Coutiño E. 2010. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. Revista Mexicana Ciencia Agrícola 1 (4): 509-523.

Sierra M., M., A. Palafox C., G. Vázquez C., F. Rodríguez M. y A. Espinosa C. 2010. Caracterización agronómica, calidad industrial y nutrición de maíz para el trópico mexicano. Agronomía Mesoamericana 21 (1); 21-29.

Vázquez C., M. G., L. Guzmán B., J. L. Andrés G., F. Márquez S. y J. Castillo M. 2003. Calidad de grano y tortilla de maíces criollos y sus retrocruzas. Revista Fitotecnia Mexicana 26 (4): 231-238.

Vázquez C., M. G., J. P. Pérez C., J. M. Hernández C., M. De la L. Marrufo D. y E. Martínez R.

2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (4): 49-56.

Zepeda B., R., A. Carballo C. y C. Hernández A. 2009. Interacción genotipo – ambiente en la

estructura y calidad del nixtamal – tortilla del grano en híbridos de maíz. *Agrociencia* 43: 695-706.

APÉNDICE

Estudio I. Calidad Física.

Cuadro A.1. Interacción ambiente por genotipo para variables físicas.

AMBIENTE	GENOTIPO	IF (%)	PSM (g)	LARGO (cm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (cm)
1	2	13.50	309.15	1.34	7.07	4.57
1	6	37.00	357.50	1.47	7.45	4.30
1	23	9.25	335.25	1.27	8.45	4.25
1	28	8.75	316.70	1.32	7.32	4.45
1	29	10.50	347.95	1.39	7.35	4.90
1	30	11.00	280.22	1.14	7.72	4.15
1	73	51.00	313.30	1.10	8.75	4.55
1	76	67.50	248.45	1.21	8.32	4.15
1	84	40.75	222.25	1.12	8.12	4.12
2	2	23.50	302.25	1.41	7.10	4.15
2	6	13.50	332.50	1.35	7.20	4.37
2	9	21.50	298.35	1.44	6.92	4.45
2	23	14.75	329.52	1.25	8.50	4.32
2	28	5.50	321.15	1.30	7.57	4.35
2	29	28.25	316.42	1.30	7.47	4.77
2	30	10.00	284.07	1.16	8.15	3.95
2	73	73.25	307.80	1.21	8.60	4.50
2	75	8.75	284.87	1.19	8.67	3.75
2	76	76.75	255.52	1.20	8.92	4.17
2	84	83.75	249.32	1.17	9.27	4.35
2	86	90.25	212.37	1.18	8.55	3.85
3	2	14.25	233.92	1.24	6.65	4.05
3	6	32.00	250.82	1.15	6.97	4.42
3	9	44.50	233.12	1.13	6.80	4.52
3	23	21.50	296.65	1.24	8.32	4.75
3	28	18.25	236.87	1.18	7.02	4.07
3	29	34.50	283.70	1.24	7.17	4.20
3	30	9.25	289.95	1.19	8.12	4.05
3	73	33.75	352.72	1.21	9.07	4.37
3	75	4.00	315.90	1.23	8.60	4.00
3	76	35.25	326.70	1.27	8.50	4.25
3	84	27.75	280.57	1.14	8.37	4.22
3	86	32.00	289.15	1.18	8.55	4.30
4	2	25.25	184.57	1.16	6.17	4.22
4	6	29.00	251.52	1.25	7.22	4.42
4	9	31.50	267.57	1.25	7.20	4.45
4	23	15.00	300.02	1.24	7.60	4.42
4	28	36.00	247.72	1.24	7.55	4.27
4	29	58.50	244.72	1.16	7.52	4.40
4	30	7.00	281.37	1.19	8.10	4.10
4	73	29.00	367.05	1.25	9.97	4.25
4	75	2.75	301.35	1.23	8.32	3.92
4	76	20.25	302.27	1.27	8.17	4.25
4	84	31.50	291.00	1.19	8.75	4.25
4	86	14.75	282.65	1.19	8.92	3.97

IF = Índice de flotación; PMS = Peso de mil semillas; Largo, ancho y espesor de grano.

Cuadro A.2. Interacción ambiente por semilla para variables físicas.

AMBIENTE	SEMILLA	IF (%)	PMS (g)	LARGO (cm)
1 Mezquite	COAHUILA 08	35.64	293.21	1.22
1 Mezquite	TEPALCINGO 09	18.81	298.78	1.27
2 Mezquite	COAHUILA 08	36.87	302.50	1.26
2 Mezquite	TEPALCINGO 09	38.08	279.85	1.26
3 Gral. Cepeda	COAHUILA 08	23.58	282.42	1.18
3 Gral. Cepeda	TEPALCINGO 09	27.58	282.59	1.22
4 Gral. Cepeda	COAHUILA 08	17.58	282.65	1.21
4 Gral. cepeda	TEPALCINGO 09	32.50	270.98	1.23

IF = Índice de flotación; PMS = Peso de mil semillas; Largo de grano.

Cuadro A.3. Interacción genotipo por semilla para variables físicas.

GENOTIPO	SEMILLA	IF	PSM	LARGO	ANCHO	ESPESOR
		(%)	(g)	(cm)	(mm)	(cm)
2	COAHUILA 08	12.62	277.81	1.27	7.00	4.45
2	TEPALCINGO 09	25.62	237.13	1.31	6.50	4.05
6	COAHUILA 08	26.83	280.95	1.27	7.41	4.28
6	TEPALCINGO 09	26.37	296.08	1.29	7.00	4.47
9	COAHUILA 08	27.66	275.25	1.25	7.31	4.33
9	TEPALCINGO 09	37.33	257.45	1.30	6.63	4.61
23	COAHUILA 08	21.37	320.98	1.25	8.38	4.41
23	TEPALCINGO 09	8.87	309.73	1.25	8.05	4.46
28	COAHUILA 08	7.00	263.23	1.22	7.20	4.30
28	TEPALCINGO 09	27.25	297.98	1.30	7.53	4.27
29	COAHUILA 08	29.00	316.78	1.26	7.65	4.75
29	TEPALCINGO 09	41.50	271.82	1.25	7.18	4.35
30	COAHUILA 08	8.50	281.38	1.19	7.97	3.98
30	TEPALCINGO 09	10.12	286.42	1.14	8.07	4.13
73	COAHUILA 08	36.50	337.76	1.20	9.06	4.40
73	TEPALCINGO 09	59.00	339.13	1.22	9.26	4.40
75	COAHUILA 08	5.16	305.41	1.20	8.71	3.86
75	TEPALCINGO 09	5.16	296.00	1.23	8.35	3.91
76	COAHUILA 08	48.50	277.73	1.20	8.50	4.23
76	TEPALCINGO 09	51.37	288.73	1.27	8.46	4.17
84	COAHUILA 08	64.50	272.46	1.15	8.70	4.26
84	TEPALCINGO 09	27.37	249.11	1.16	8.56	4.21
86	COAHUILA 08	41.33	267.58	1.20	8.86	3.98
86	TEPALCINGO 09	50.00	255.20	1.16	8.48	4.10

IF = Índice de flotación; PMS = Peso de mil semillas; Largo, ancho y espesor de grano.

Cuadro A.4. Interacción ambiente por adaptación para variables físicas.

AMBIENTE	ADAPTACIÓN	IF	PMS	LARGO
	ALTITUD	(%)	(g)	(cm)
1 Mezquite	ALTA	16.30	321.84	1.36
1 Mezquite	BAJA	53.50	250.94	1.15
1 Mezquite	INTERMEDIA	10.20	315.78	1.24
2 Mezquite	MALTA	16.00	313.56	1.37
2 Mezquite	BAJA	66.55	261.98	1.19
2 Mezquite	INTERMEDIA	17.66	310.00	1.23
3 Gral. Cepeda	ALTA	27.25	238.68	1.18
3 Gral. Cepeda	BAJA	26.55	313.01	1.21
3 Gral. Cepeda	INTERMEDIA	21.75	290.10	1.22
4 Gral. Cepeda	ALTA	30.43	237.85	1.23
4 Gral. Cepeda	BAJA	19.65	308.86	1.22
4 Gral. Cepeda	IINTERMEDIA	26.83	275.37	1.20

IF = Índice de flotación; PMS = Peso de mil semillas; Largo de grano.

Cuadro A.5. Interacción ambiente por semilla para índice de flotación.

AMBIENTE	SEMILLA	IF
		(%)
1 Mezquite	COAHUILA 08	35.64
1 Mezquite	TEPALCINGO 09	18.81
2 Mezquite	COAHUILA 08	36.87
2 Mezquite	TEPALCINGO 09	38.08
3 Gral. Cepeda	COAHUILA 08	23.58
3 Gral. Cepeda	TEPALCINGO 09	27.58
4 Gral. Cepeda	COAHUILA 08	17.58
4 Gral. Cepeda	TEPALCINGO 09	32.50

IF = Índice de flotación.

Cuadro A.6. Interacción adaptación por semilla para variables físicas.

ADAPTACIÓN	SEMILLA	IF	LARGO
		(%)	(cm)
ALTA	COAHUILA 08	17.28	1.25
ALTA	TEPALCINGO 09	28.60	1.30
BAJA	COAHUILA 08	40.97	1.19
BAJA	TEPALCINGO 09	38.67	1.21
INTERMEDIA	COAHUILA 08	18.77	1.23
INTERMEDIA	TEPALCINGO 09	20.16	1.21

IF = Índice de flotación; Largo de grano.

Estudio II. Germinación y Vigor.

Cuadro A.7. Interacción ambiente por genotipo para variables fisiológicas.

AMBIENTE	GENOTIPO	PN (%)	PA (%)
1	2	98.00	0.66
1	6	98.66	0.00
1	23	92.00	4.66
1	28	96.66	2.00
1	29	98.66	0.00
1	30	95.33	2.00
1	73	97.33	2.66
1	76	94.00	4.66
1	84	88.00	9.33
2	2	98.66	0.00
2	6	95.33	4.00
2	9	96.66	2.00
2	23	99.33	0.66
2	28	95.33	2.00
2	29	98.00	0.66
2	30	95.33	2.00
2	73	95.33	4.00
2	75	96.00	4.00
2	76	89.33	8.00
2	84	76.66	20.00
2	86	81.33	12.66
3	2	89.33	6.00
3	6	94.66	2.66
3	9	94.00	2.66
3	23	97.33	1.33
3	28	96.00	3.33
3	29	94.00	3.33
3	30	95.33	2.00
3	73	96.00	3.33
3	75	94.66	2.00
3	76	98.66	0.66
3	84	98.00	2.00
3	86	90.66	4.66
4	2	95.66	1.33
4	6	93.33	2.66
4	9	94.66	2.66
4	23	96.66	2.00
4	28	98.00	1.33
4	29	96.66	0.00
4	30	97.33	0.00
4	73	90.00	8.66
4	75	98.00	0.00
4	76	98.66	1.33
4	84	94.00	6.00
4	86	97.33	1.33

PN = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales.

Cuadro A.8. Interacción ambiente por semilla para longitud de radícula.

AMBIENTE	SEMILLA	LR (cm)
1 Mezquite	COAHUILA 08	20.84
1 Mezquite	TEPALCINGO 09	20.18
2 Mezquite	COAHUILA 08	20.91
2 Mezquite	TEPALCINGO 09	20.27
3 Gral. Cepeda	COAHUILA 08	19.48
3 Gral. Cepeda	TEPALCINGO 09	20.58
4 Gral. Cepeda	COAHUILA 08	19.99
4 Gral. Cepeda	TEPALCINGO 09	19.77

LR = Longitud de radícula.

Cuadro A.9. Interacción genotipo por semilla para variables fisiológicas.

GENOTIPO	SEMILLA	VIGOR (%)	LP (cm)	PS (mg/plántula)
2	COAHUILA 08	71.00	13.58	77.00
2	TEPALCINGO 09	81.66	13.28	68.00
6	COAHUILA 08	64.88	13.14	72.56
6	TEPALCINGO 09	74.00	13.86	83.93
9	COAHUILA 08	74.22	14.41	80.25
9	TEPALCINGO 09	76.00	13.42	70.55
23	COAHUILA 08	53.00	12.87	77.81
23	TEPALCINGO 09	67.33	13.88	86.50
28	COAHUILA 08	75.66	12.95	73.20
28	TEPALCINGO 09	75.66	13.66	82.95
29	COAHUILA 08	62.22	12.66	83.27
29	TEPALCINGO 09	80.00	13.84	81.74
30	COAHUILA 08	65.66	12.84	78.91
30	TEPALCINGO 09	57.33	12.92	77.93
73	COAHUILA 08	55.66	12.63	77.10
73	TEPALCINGO 09	32.44	10.89	80.70
75	COAHUILA 08	55.11	14.43	85.92
75	TEPALCINGO 09	64.44	13.26	82.03
76	COAHUILA 08	41.66	11.89	74.59
76	TEPALCINGO 09	41.66	11.78	76.21
84	COAHUILA 08	29.00	10.60	69.31
84	TEPALCINGO 09	46.00	12.43	65.59
86	COAHUILA 08	36.44	11.73	73.74
86	TEPALCINGO 09	42.66	11.03	61.71

Vigor; LP = Longitud de plúmula; PS = Peso seco.

Cuadro A.10. Interacción ambiente por adaptación para variables fisiológicas.

AMBIENTE	ADAPTACIÓN	PN	PA	LR	PS
	ALTITUD	(%)	(%)	(cm)	(mg/plántula)
1 Mezquita	ALTA	97.60	1.00	20.80	86.66
1 Mezquite	BALA	92.26	6.13	20.68	65.25
1 Mezquite	INTERMEDIA	94.66	2.66	19.97	86.26
2 Mezquite	ALTA	96.50	2.00	21.52	85.02
2 Mezquite	BAJA	87.73	9.73	19.76	71.21
2 Mezquite	INTERMEDIA	97.55	1.11	20.74	84.72
3 Gral.Cepeda	ALTA	93.50	3.66	19.78	67.75
3 Gral.Cepeda	BAJA	95.60	2.53	20.12	79.61
3 Gral.Cepeda	INTERMEDIA	95.55	2.22	20.21	74.35
4 Gral.Cepeda	ALTA	95.33	2.00	19.93	69.67
4 Gral.Cepeda	BAJA	95.60	3.46	19.85	76.91
4 Gral.Cepeda	INTERMEDIA	96.88	0.66	19.87	79.28

PN = Plántulas normales; PA = Plántulas anormales; LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco.

Cuadro A.11. Interacción ambiente por semilla para variables fisiológicas.

AMBIENTE	SEMILLA		LR	PS
			(cm)	(mg/plántula)
1 Mezquite	COAHUILA 08		20.84	75.20
1 Mezquite	TEPALCINGO 09		20.18	83.06
2 Mezquite	COAHUILA 08		20.91	81.29
2 Mezquite	TEPALCINGO 09		20.27	77.09
3 Gral. Cepeda	COAHUILA 08		19.48	73.77
3 Gral. Cepeda	TEPALCINGO 09		20.58	74.92
4 Gral. Cepeda	COAHUILA 08		19.99	76.19
4 Gral. Cepeda	TEPALCINGO 09		19.77	73.99

LR = Longitud de radícula; PS = Peso seco.

Estudio III. Índice de Velocidad de Emergencia y Emergencia Total.

Cuadro A.12. Interacción ambiente por genotipo para variables fisiológicas del estudio de emergencia.

AMBIENTE	GENOTIPO	ET (%)	PS (mg/plántula)
1	2	98.00	116.00
1	6	98.00	106.00
1	23	97.00	102.25
1	28	93.00	115.25
1	29	98.00	108.00
1	30	97.00	97.00
1	73	100.00	90.00
1	76	87.00	85.00
1	84	85.00	58.00
2	2	96.00	114.00
2	6	92.00	106.00
2	9	92.00	96.00
2	23	96.00	116.00
2	28	99.00	102.00
2	29	97.00	118.00
2	30	95.00	96.00
2	73	92.00	90.00
2	75	95.00	97.50
2	76	93.00	90.00
2	84	77.00	75.00
2	86	87.00	60.25
3	2	86.00	88.75
3	6	95.00	96.25
3	9	93.00	78.75
3	23	97.00	89.75
3	28	94.00	81.25
3	29	91.00	91.00
3	30	98.00	88.75
3	73	94.00	106.25
3	75	96.00	94.50
3	76	97.00	107.75
3	84	93.00	94.75
3	86	96.00	84.75
4	2	92.00	78.50
4	6	91.00	95.00
4	9	95.00	102.00
4	23	91.00	98.00
4	28	88.00	87.50
4	29	95.00	84.00
4	30	96.00	93.00
4	73	91.00	104.00
4	75	97.00	103.50
4	76	97.00	98.25
4	84	90.00	89.00
4	86	96.00	77.25

ET = Emergencia total; PS = Peso seco.

Cuadro A.13. Interacción ambiente por semilla para variables fisiológicas del estudio de emergencia.

AMBIENTE	SEMILLA	IVE	PS
			(mg/plántula)
1 Mezquite	COAHUILA 08	3.93	95.78
1 Mezquite	TEPALCINGO 09	3.94	98.00
2 Mezquite	COAHUILA 08	3.91	100.04
2 Mezquite	TEPALCINGO 09	3.79	94.12
3 Mezquite	COAHUILA 08	3.80	88.58
3 Mezquite	TEPALCINGO 09	4.03	95.16
4 Mezquite	COAHUILA 08	3.95	90.87
4 Mezquite	TEPALCINGO 09	3.84	94.37

IVE = Índice de velocidad de emergencia; PS = Peso seco.

Cuadro A.14. Interacción genotipo por semilla para variables del estudio de emergencia.

GENOTIPO	SEMILLA	ET	LR
		(%)	(cm)
2	COAHUILA 08	93.00	16.73
2	TEPALCINGO 09	93.00	17.07
6	COAHUILA 08	94.66	17.10
6	TEPALCINGO 09	92.50	16.71
9	COAHUILA 08	96.66	17.49
9	TEPALCINGO 09	90.00	15.57
23	COAHUILA 08	91.00	15.02
23	TEPALCINGO 09	99.50	17.21
28	COAHUILA 08	93.50	16.21
28	TEPALCINGO 09	93.50	15.75
29	COAHUILA 08	94.66	15.74
29	TEPALCINGO 09	95.00	15.68
30	COAHUILA 08	96.50	16.34
30	TEPALCINGO 09	96.50	14.67
73	COAHUILA 08	97.50	14.55
73	TEPALCINGO 09	88.00	15.67
75	COAHUILA 08	95.33	14.89
75	TEPALCINGO 09	96.66	14.45
76	COAHUILA 08	92.00	15.51
76	TEPALCINGO 09	95.00	15.31
84	COAHUILA 08	89.00	14.90
84	TEPALCINGO 09	83.50	14.43
86	COAHUILA 08	93.33	13.91
86	TEPALCINGO 09	92.66	15.91

ET = Emergencia total; LR = Longitud de radícula.

Cuadro A.15. Interacción ambiente por adaptación para variable del estudio de emergencia.

AMBIENTE	ADAPTACIÓN	IVE	ET (%)	PS (mg/plántula)
1 Mezquite	ALTA	4.27	96.00	113.70
1 Mezquite	BAJA	3.33	88.80	75.90
1 Mezquite	INTERMEDIA	4.21	97.20	101.30
2 Mezquite	ALTA	4.22	94.75	104.68
2 Mezquite	BAJA	3.34	88.80	83.15
2 Mezquite	INTERMEDIA	4.21	96.00	110.16
3 Gral.Cepeda	ALTA	4.09	92.00	86.25
3 Gral.Cepeda	BAJA	3.63	95.20	97.60
3 Gral.Cepeda	INTERMEDIA	4.14	95.33	89.83
4 Gral.Cepeda	ALTA	4.04	91.50	90.75
4 Gral.Cepeda	BAJA	3.69	94.20	94.55
4 Gral.Cepeda	INTERMEDIA	4.03	94.00	91.91

IVE = Índice de velocidad de emergencia; ET = Emergencia total; PS = Peso seco.

Cuadro A.16. Interacción adaptación por semilla para peso seco de plántula del estudio de emergencia.

ADAPTACIÓN	SEMILLA	PS
		(mg/plántula)
ALTA	COAHUILA 08	95.50
ALTA	TEPALCINGO 09	95.26
BAJA	COAHUILA 08	88.97
BAJA	TEPALCINGO 09	90.05
INTERMEDIA	COAHUILA 08	93.63
INTERMEDIA	TEPALCINGO 09	102.33

PS = Peso seco.