

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



Componentes de calidad fisiológicas y físicas en líneas de maíz

POR:

Bernardo Alvarado Bravo

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

Componentes de calidad fisiológicas y físicas en líneas de maíz

Por:

Bernardo Alvarado Bravo

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

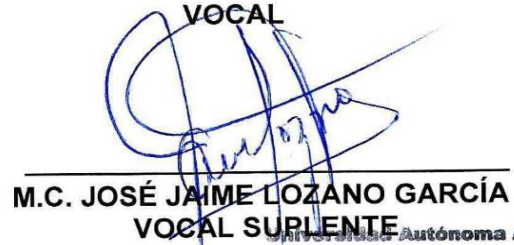
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA
PRESIDENTE


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA
VOCAL


DR. JORGE QUIROZ MERCADO
VOCAL


M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
VOCAL SUPLENTE


DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA
COORDINADOR DE LA DIVISION DE CARRERA AGRONOMICAS


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONOMICAS

TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

Componentes de calidad fisiológicas y físicas en líneas de maíz

Por:

Bernardo Alvarado Bravo

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR:



DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA
ASESOR PRINCIPAL



DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA
ASESOR



DR. JORGE QUIROZ MERCADO
ASESOR



M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
ASESOR



DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA
COORDINADOR DE LA DIVISION DE CARRERA AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

ENERO DE 2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por haberme brindado personas que me apoyaron en muchas situaciones buenas y malas, por darme salud y regalarme una vida que hoy presumo por el gusto cumplir mis sueños, muchas gracias.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna:

Por haberme aceptado como parte de su familia estudiantil, por formarme en su casa estudiantil, brindándome la preparación y que hoy me brinda la satisfacción de terminar mis estudios profesionales

A los Profesores del Depto. de Parasitología y de la División de Agronomía:

Por compartirme sus conocimientos y darme las herramientas necesarias con los que hoy cuento al terminar mis estudios, muchas gracias.

A mis Asesores:

Dr. Armando Espinoza Banda y a la Dra. Oralia Antuna Grijalva, por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis, por apoyarme con sus consejos y guiarme en todo este proceso, así como por la paciencia que me tuvieron.

A las Laboratoristas del Depto. de Fitomejoramiento:

Nancy y Celeste, por brindarme su apoyo, colaborando en este proyecto de tesis gracias por su apoyo.

Al Ing. Mauricio:

Por estar apoyándome en todo el proceso de tesis por los consejos y toda su paciencia que me brindo, gracias.

DEDICATORIA

A mis padres:

Martín Alvarado Cruz y Cristina Bravo Jiménez, por haberme brindado la vida, así como apoyarme en mis decisiones, ayudarme a cumplir mi sueño concluyendo con mis estudios profesionales.

A mis hermanos:

Pablo Alvarado Bravo y Margarito Alvarado Bravo, por brindarme su apoyo incondicional, animarme, guiarme para que mi sueño se hicieran realidad, así como nunca dejar de creer en mí, hoy y siempre les estaré eternamente agradecido.

A mi hermana:

María Alvarado Bravo, gracias por siempre brindarme tus consejos y apoyo para que esto que fue un sueño hoy sea una realidad, por ser mi mayor apoyo en esta etapa de mi vida, agradezco la confianza en mí, y brindarme tu apoyo y poder terminar mis estudios profesionales, gracias.

A mi familia:

A mi tío, tía, sobrinos, cuñada, primos y primas que me apoyaron como siempre lo han hecho, les agradezco por su apoyo incondicional y hoy poder terminar mis estudios profesionales.

A mis amigos

José Manuel, María Teresa, Ana Karen, Roberto, Pablo, Brayan, José Miguel, Claudia, Julissa, Joselyn y Fernanda, porque me han apoyado en mi etapa escolar por ser parte de este sueño hoy se hace realidad muchas gracias por creer en mí, brindarme su apoyo, así como estar en mi camino.

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue determinar la calidad fisiológica y clasificar con base en el vigor inicial de semillas y plántulas las líneas de maíz sobre salientes e introducirlas en un programa de mejoramiento genético. La investigación se realizó durante el año 2022 en el laboratorio de semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. El material genético consistió en 18 líneas de maíz, 11 con el carácter del gen braquitico. Se analizó la calidad fisiológica de la semilla, mediante el ensayo de germinación estándar y la prueba de vigor de Longitud de plúmula. Se evaluó la calidad física de la semilla a través de peso de mil semillas (P1000S), peso volumétrico (PV), largo (LS), ancho (AS), espesor de semilla (ES) y la relación de largo y ancho de semilla (RLA). Los tratamientos fueron estadísticamente diferentes en todas las variables evaluadas. En GE, se encontró un mayor porcentaje en las líneas L23, EN0812 y L24 con 100%, respectivamente. Las líneas EN042, EN0812 y L24 presentaron un mediano vigor. Se observó que las líneas de mayor LS presentaron pesos mayores de PV y PMS

Palabras clave: *Zea mays* L., Líneas de maíz, Calidad de semilla fisiológica, Calidad física de semilla, Tamaño de semilla.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	iii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Componentes de calidad de semilla.....	6
Variables de Calidad fisiológica de la semilla.....	15
Variables de Calidad física de la semilla	16

INTRODUCCIÓN

La calidad de la semilla es un elemento esencial para considerar en la producción de las mismas, tanto para evitar la contaminación y cumplir los estándares de calidad requeridos, como para obtener los volúmenes adecuados de semilla aprovechable. La calidad fisiológica implica la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos que permiten a la semilla mantener altos índices de viabilidad. Los principales indicadores de la calidad fisiológica son la germinación y el vigor, que dependen del genotipo y del cuidado de su desarrollo en la producción y del manejo post cosecha. Se conoce como calidad de la semilla la sumatoria de los atributos genéticos, fisiológicos, físicos y sanitarios, responsables de la capacidad y niveles de productividad (Antuna *et al.* 2003).

“El Control de Calidad de las semillas dispone de ciertas metodologías de laboratorio que nos permiten alcanzar un importante grado de confiabilidad en la toma de decisiones comerciales (Ruíz, 2009).

En el momento de la siembra, o bien para evaluar su posibilidad de almacenamiento. Evaluar la calidad de un lote tiene como objetivo poder estimar su comportamiento una vez sembrado en el campo; debemos recordar que, en este ambiente real de germinación, no podemos controlar con precisión la gran mayoría de los factores como temperatura, luz, humedad, sales, nitratos, exudados de otras plantas, residuos de herbicidas etc. que afectan la emergencia y el establecimiento inicial de las plántulas” (Ruíz, 2009).

La calidad de la semilla es un estándar de excelencia o atributo que puede determinar el funcionamiento de ésta al momento de la siembra o almacenamiento. Los componentes de calidad de la semilla se pueden agregar en categorías, donde se menciona la descripción, higiene y potencial de funcionamiento; en este último, se toma en cuenta el vigor y la germinación.” (Salinas *et. al.*, 2001).

Objetivo

Determinar la calidad y clasificar con base en el vigor inicial de semillas y plántulas, las líneas de maíz sobre salientes e introducirlas en un programa de mejoramiento genético.

Hipótesis

Ha: Todas las líneas de maíz se encuentran dentro de los estándares de calidad fisiológica y física.

Ho: Al menos una línea de maíz cumple con los estándares de calidad fisiológica y física.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la calidad semilla

La disponibilidad de una semilla con alta calidad es esencial para la utilidad de la industria semillera, y el mantenimiento o crecimiento de una agricultura productiva (Molina *et al.* 1990). El aspecto de calidad de semilla, para ello, son cuatro los componentes que originan que una semilla sea de máxima calidad, el genético, fisiológico, físico y fitopatológico, no obstante, las causas de muerte de la semilla son muy diversas, pero se ha estudiado más desde el punto de vista fisiológico y de sanidad (Mendoza *et al.*, 2010).

La agricultura moderna demanda semilla de alta calidad, siendo esta el principal insumo que en la agricultura debe cumplir con diferentes atributos, entre estos se encuentran: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria (García *et al.*, 2016).

Las pruebas de germinación y de viabilidad han sido utilizadas ampliamente en la evaluación de la calidad de las semillas, cabe destacar que la calidad fisiológica hace referencia a mecanismos intrínsecos de la semilla que determinan su capacidad de germinación, la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales para producir una plántula normal bajo condiciones favorables, Sin embargo, en los últimos años se ha dado énfasis en la medición de otros parámetros, tales como: el vigor y las variables asociadas con este parámetro (García *et al.*, 2016).

2.2 Calidad de semilla

La calidad fisiológica implica la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos que permiten a la semilla mantener altos índices de viabilidad. Los principales indicadores de la calidad fisiológica son la germinación y el vigor, que dependen del genotipo y del cuidado de su desarrollo en la producción y del manejo post cosecha (Antuna *et al.*, 2003).

Las determinaciones del vigor de la semilla son útiles para predecir el comportamiento de un lote cuando las condiciones del ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia de las plántulas, así como para estimar el periodo de almacenamiento de estas al que pueden ser sometidas, ya que se ha demostrado que el vigor y la longevidad están altamente relacionados (Moreno, 1984).

La longevidad de la semilla es una característica determinada genéticamente, por lo que es importante conocerla en el material genético de un programa de mejoramiento o de producción de semillas. El Control de Calidad de las semillas dispone de ciertas metodologías de laboratorio que nos permiten alcanzar un importante grado de confiabilidad en la toma de decisiones comerciales, en el momento de la siembra, o bien para evaluar su posibilidad de almacenamiento (Cervantes *et al.*, 2016).

Evaluar la calidad de un lote tiene como objetivo poder estimar su comportamiento una vez sembrado en el campo; debemos recordar que, en el ambiente real de germinación, no podemos controlar con precisión la gran mayoría de los factores - temperatura, luz, humedad, sales, nitratos, exudados

de otras plantas, residuos de herbicidas- que afectan la emergencia y el establecimiento inicial de las plántulas (Cervantes *et al.*, 2016).

La industria de la semilla requiere métodos de análisis rápidos; determinar la viabilidad de las semillas lo cual indica la capacidad potencial de germinación, es en este aspecto el método idea. La calidad de la semilla está definida por la suma de atributos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, los cuales determinan su germinación, vigor y longevidad (Cervantes *et al.*, 2016).

El uso de semillas con alta calidad favorece la mayor productividad en campo, debido a que un establecimiento deficiente del cultivo en campo se traduce en rendimiento bajo en la mayoría de las especies cultivadas. Por tanto, es importante investigar el efecto genético y su relación con la calidad de la semilla (Cervantes *et al.*, 2016).

En la industria de las semillas el porcentaje de germinación es el parámetro más importante para evaluar los lotes de producción de semilla, ya que este valor es utilizado para la certificación y comercialización del producto como punto de referencia de la calidad del lote en cuestión (Martínez *et al.*, 2010).

Componentes de calidad de semilla

Según Garay (1989) la calidad de la semilla comprende cuatro componentes esenciales:

Calidad Genética: Constituye el primer componente esencial de la calidad total de la semilla. El impacto de este componente está en su capacidad de producir plantas con las mismas características genéticas a través del tiempo. Esta

calidad comprende la pureza varietal, homogeneidad, potencia] de productividad, resistencia a insectos y enfermedades, precocidad y calidad del producto.

Calidad Física: La calidad física se asocia con la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto a la semilla; estos contaminantes pueden ser materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, y semillas de otros cultivos. La condición física está caracterizada por el contenido de humedad, tamaño, color, densidad, apariencia y daños mecánicos.

Calidad Sanitaria: Las semillas deben poseer resistencia o tolerancia a ciertas enfermedades para proteger y mantener su calidad. La sanidad de la semilla comprende la presencia o la ocurrencia de hongos, bacterias, virus, nemátodos, insectos y otros.

Calidad Fisiológica: Se define como la capacidad que posee la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. una buena calidad fisiológica implica integridad de estructuras y procesos fisiológicos que le permiten a la semilla mantenerse no solo vivas sino con alto índice de vitalidad

2.4 Evaluación de la Calidad de semilla

Análisis de germinación La capacidad que posee la semilla para germinar, desarrollar plántulas normales bajo condiciones favorables de temperatura, oxígeno y humedad se mide a través del ensayo o prueba de germinación.

2.4.1 Pruebas de germinación

La capacidad que posee la semilla para germinar y desarrollar plántulas normales bajo condiciones favorables de temperatura, oxígeno y humedad se mide a través del ensayo o prueba de germinación. Métodos y procedimientos específicos para las pruebas de germinación se describen en las reglas para las pruebas de germinación de la Asociación Internacional para Ensayos de Semilla (ISTA), dado que las diferentes clases de semillas varían en sus requerimientos óptimos para germinar (Delouche, 1969).

Según el mismo autor el proceso de germinación comprende tres fases:

- 1) Absorción de humedad. Primera fase del proceso es la imbibición de agua, que se realiza más rápidamente a alta temperaturas. La imbibición es necesaria para la hidratación de las células y para acelerar las actividades metabólicas. Las semillas necesitan un abastecimiento óptimo de humedad. Para el caso de las gramíneas necesitan un contenido de humedad entre 30 a 35% para su germinación, mientras que las fabáceas requieren de un 50 a 55%.
- 2) Movilización del alimento dentro de la semilla. Ciertas reacciones enzimáticas se inician cuando el nivel de hidratación de la semilla se incrementa bajo temperatura favorable. Esas reacciones involucran la transformación de las reservas alimenticias complejas y no desplazables, a simples y desplazables a regiones metabólicas activas del embrión,

donde la respiración provee la energía necesaria para su crecimiento y diferenciación.

- 3) Crecimiento y diferenciación. El crecimiento del embrión, evidencia visible de la germinación, es consecuencia del alargamiento o división celular, que se inicia en los meristemas de la semilla 24 horas después de empezar la absorción de agua.

El porcentaje de germinación, pureza y sanidad son criterios establecidos para evaluar la calidad de la semilla en pruebas rutinarias de laboratorio. La germinación estándar es la prueba más común y aceptada para evaluar la calidad; sin embargo, no es la más adecuada para evaluar el establecimiento de la semilla, por lo que se sugiere como factor adicional el vigor (Rincón y Malina, 1989).

2.4.2 Análisis de Vigor. El vigor es la sumatoria de los tributos de la semilla y de la plántula que, promueven o permiten una germinación uniforme sobre una amplia diversidad de ambientes culminando con un buen crecimiento a lo largo del ciclo vegetativo (Rincón y Molina, 1989).

En cambio Popiginis (1985) define el vigor como la suma de todas las propiedades de la semilla que determinan el máximo potencial de actividades y desempeño de la semilla durante la germinación y emergencia de la planta.

Salgado (1989) indica que el buen vigor en la semilla, en plántulas y plantas se puede manifestar mediante:

- a. Alta velocidad de germinación.

b Germinación uniforme y buen desarrollo de plantas bajo condiciones adversas.

c. Habilidad de emergencia

d. Desarrollo morfológico normal de las plántulas.

e. Buen comportamiento de la semilla en el almacenamiento bajo condiciones óptimas y adversas.

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material genético

El material genético consistió en 18 líneas de maíz, de las cuales 11 incluían el gen Braquitico (BR2) .

3.2 Análisis de laboratorio

3.2.1 Pruebas de calidad fisiológica:

3.2.2 Prueba de germinación estándar

Para realizar esta prueba se contaron 75 semillas, para establecer tres repeticiones de 25 semillas cada una. Las semillas se colocaron entre dos hojas de papel anchor y se enrollaron en forma de taco, colocando una liga de caucho en cada extremo. Los rollos se colocaron en una bolsa de plástico, en forma vertical y fueron colocadas dentro de una cámara para germinación en la germinadora “A-3920” (a una temperatura de 25°C. Una vez transcurridos siete días se contaron las plántulas normales, anormales, semillas duras y semillas muertas, de acuerdo con la metodología establecida por las ISTA (2004).

Plántulas normales. Son aquellas plantas que poseen todas las estructuras esenciales como son: sistema radicular bien desarrollado, hipocotilo bien desarrollado e intacto, plúmula intacta, y un cotiledón en el caso del maíz.

Plántulas anormales. Son aquellas plantas que presentan deficiencia o ausencia en el desarrollo de cualquiera de sus estructuras esenciales.

Semillas duras. Son las que permanecen duras hasta el final de la prueba de germinación, ya que no absorben agua porque tienen la cubierta impermeable.

Semillas muertas. Son las que no germinan y comúnmente presentan una apariencia descolorida y flácida (Velasco, 1996).

El resultado de la prueba de germinación se obtuvo con el promedio de las tres repeticiones de 25 semillas y se expresó con el porcentaje de las plántulas normales.

3.2 Prueba de vigor

3.2.1 Prueba de crecimiento de plántulas.

En esta prueba se dibujó una línea en la parte central de la hoja de papel anchor, posteriormente se marcaron cinco líneas paralelas, cada una a una distancia de 2 cm desde la línea central, después se colocó cinta masking tape sobre la línea central y se colocaron 25 semillas equidistantes y orientadas con el embrión hacia abajo, luego se enrollaron y se colocaron en una bolsa de plástico en posición vertical y fueron llevada al interior de una cámara germinadora, donde permanecieron por un período de siete días a una temperatura de 25°C, esta prueba se realizó con tres repeticiones.

Terminado el período para esta prueba, se midió la longitud del coleóptilo incluyendo la plúmula. Se contabilizaron el número de plántulas normales cuyos extremos estaban situados en los espacios entre las diferentes líneas paralelas.

Se calculo la longitud media de las plántulas en cm según la siguiente fórmula:

$$L = \frac{n_1X_1 + n_2X_2 + n_3X_3 + n_4X_4 + n_5X_5 + n_6X_6}{n}$$

donde:

L = longitud media y n = número de semillas de cada repetición

3.3 Calidad física:

3.3.1 Peso volumétrico o hectolitro. Se utiliza un recipiente de volumen conocido. Se verterá la semilla colocándola a una altura de 5 cm sobre la parte central del recipiente, donde debe de sobrepasar el borde del recipiente, lo cual permitirá que el llenado sea uniforme, el exceso de semilla se eliminará mediante el paso de una regla de madera dejando ésta al ras del recipiente. Posteriormente se empleará una balanza para obtener el peso de la semilla, esta operación se realizará tres veces (repeticiones), el resultado será el promedio de las repeticiones y se reportará en kilogramos hectolitro.

3.3.2 Peso de mil semillas. En cada genotipo se tomaron al azar ocho repeticiones de cien semillas, cada una de las repeticiones se pesará y se reportará en gramos; esta operación se realizará con una balanza electrónica. Con los datos de cada repetición se calculó la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación con las siguientes fórmulas:

$$S^2 = \frac{n(\sum x_1^2) - (\sum x_1)^2}{n(n-1)}$$

dónde: S^2 =varianza, S = desviación estándar, x = peso en gramos en cada repetición, n = número de repeticiones y Σ = sumatoria

$$CV = \frac{Sx100}{\bar{x}}$$

dónde: CV = coeficiente de variación, S = desviación estándar y \bar{x} .

3.3.3 Tamaño de la semilla: Para caracterizar el tamaño de la semilla de cada genotipo, se utilizarán muestras de diez semillas tomadas al azar y se medirán con un vernier digital las variables de:

Largo de Semilla (LS), Ancho de semilla (AS) y Espesor de semilla (ES)

3. 4 Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones y dieciocho tratamientos.

Modelo lineal:

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

donde: Y_{ij} =Son las observaciones obtenidas la j -ésima vez que se repite el experimento, con el tratamiento i ésimo, μ = media general; τ_i = efecto del tratamiento i ; β_j = efecto del repeticiones j y ε_{ij} = efecto del error experimental de la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

IV. RESULTADOS

En el Cuadro 4.1 se presenta el análisis de varianza de cada una de las variables evaluadas. Se midieron dos parámetros de calidad fisiológica de la semilla, donde se observa que en las variables de Germinación Estándar (GE) y Longitud Plúmula (LP) los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

En cuanto a calidad física de la semilla, los tratamientos presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los parámetros de Peso Volumétrico (PV), Peso de Mil Semillas (PMS), Largo de Semilla (LS), Ancho de Semilla (AS), Espesor de Semilla (ES) y en Relación Largo Ancho de Semilla (RLA).

Los coeficientes de variación oscilaron de 2.03% a 10.85% considerándose aceptables de acuerdo con Pérez (2006).

Cuadro 4.1 Análisis de varianza de variables de calidad de semilla de líneas de maíz.

FV	gl	GE	LP	PV	PMS	LS	AS	ES	RLA
Trat.	17	0.0017**	2.065**	56.27**	52.13**	2.88**	0.98**	0.75**	0.072**
Rep	2	0.0000018ns	0.219ns	8.44ns	1.17ns	0.64ns	0.13ns	0.78ns	0.005ns
Error	34	0.0003	0.256	4.18	2.88	0.11		0.10	0.003
Total	53								
CV(%)		2.03	10.85	2.76	6.81	3.59	3.62	7.09	5.08

*, ** Niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; GE: Germinación Estándar; LP: Longitud Plúmula; PV: Peso Volumétrico; PMS: Peso de Mil Semillas; LS: Largo de Semilla; AS: Ancho de Semilla; ES: Espesor de Semilla y RLA: Relación Largo Ancho de Semilla

Variables de Calidad fisiológica de la semilla

En el Cuadro 4.2 se presenta la comparación de medias, para las variables evaluadas. En GE, se encontró un mayor porcentaje en las líneas L23, EN0812 y L24 con 100%, respectivamente. El menor valor de GE fue las líneas L28, EN067 con 94% y 91% en la línea L26. En general no presentaron diferencias en los resultados, indicando una mayor estabilidad entre líneas. Los porcentajes de germinación son considerados aceptables de acuerdo con ISTA (2004),

indicando que las líneas presentan una buena emergencia de la radícula (Sarkissian *et al.*, 1964).

En LP siete líneas se agrupan como de mediano vigor de acuerdo con Peretti (1994) quien señala que plántulas con longitud de plúmula de 5 cm a 6.9 cm son consideradas como de mediano vigor. Las líneas EN042, EN0812 y L24 presentaron los valores más altos con respecto a las demás líneas de este grupo, con valores 66.66 cm, 5.80 cm y 5.33 cm respectivamente. El resto de los materiales son considerados como de bajo vigor (Peretti, 1979).

Las líneas L28 (3.96 cm), EN039 (3.89 cm), L26 (3.85 cm) y EN067 (3.31cm) y presentaron la menor longitud de plúmula.

Se observó que las líneas obtuvieron un alto porcentaje de germinación, sin embargo en la prueba de vigor (LP) se clasificaron como de mediano a bajo vigor. Estos resultados coinciden con Serrato (1995) quien menciona que una alta germinación está asociada con alto vigor, aunque no siempre, las semillas con alta germinación tienen alto vigor, de aquí la importancia de utilizar una prueba de vigor como completo.

Variables de Calidad física de la semilla.

En la variable PV, las líneas que presentaron un mayor valor fueron EN0616 con 78.8 kg hL⁻¹, seguido de la línea L24 con 78.76 kg hL⁻¹ y L2 con 78.43 kg hL⁻¹. El menor peso fue en las líneas EN067, EN042 y EN042 con valores de 72.80 kg hL⁻¹, 72.33 kg hL⁻¹ y 64.56 kg hL⁻¹, respectivamente (Cuadro 4.2).

En general a excepción de EN067, EN042 y EN042, el PV de las líneas se encuentran dentro de los estándares de calidad para semilla de maíz, señalados por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, quien señalan que se consideran semillas de calidad aquellas que tengan un peso volumétrico de 75 kg hL⁻¹ (Moreno, 1996).

En lo que respecta al PMS, nueve líneas se clasificaron dentro de los estándares mencionados por Peretti (1979) quien señala que en el cultivo de maíz con peso de mil semillas alrededor de 250 a 400 g son de buena calidad.

Dentro de este grupo sobresalen las líneas EN039 con 325.37 g, EN042 con 311.40 g y EN061 con 306.77 g.

Los menores valores de PMS fueron en L3, L28, EN0812 y EN0510 con valores que oscilaron de 205.57 g a 180.43 g.

La variación observada en el LS entre las líneas fue de 12.29 mm a 8.30 mm. Las líneas EN042, EN0616 y EN 086 presentaron los mayores promedios en esta variable, mientras que la líneas L28, EN027 y EN0515 registraron los valores más pequeños con 8.69 mm, 8.61mm y 8.30 mm respectivamente.

En cuanto al AS el mayor, se observó que las líneas EN039 (9.11mm), EN067 (8.90 mm) y EN061 (8.85 mm) tuvieron los valores más altos. El menor AS fue en las líneas EN0216 con 7.42 mm, EN0510 con 7.23 mm y EN086 con un valor de 7.03 mm.

En ES los mayores valores fueron desde 5.63 mm a 5.36 mm en las líneas EN067, EN027 y EN039. El menor promedio fue en EN0812 con 4.17 mm, L3 con 4.04 y EN042 3.95 mm.

En cuanto a la RLA las líneas EN042, EN086 y EN 0616 presentaron mayores valores promedio, los cuales fueron 1.57 a 1.36. Los menores promedio fueron en las L24 con 1.03, EN061 con 1.01 y EN067 con 1.00.

Referente a la LS y a la RLA, las líneas EN042, EN016 y EN086 fueron las de mayor tamaño semillas y también fueron las que registraron los valores más altos de RLA.

El efecto del tamaño de la semilla, se observo casi en la mayoría de las líneas, ya que al emplear semillas de tamaño grande se presento un buen peso PV y de PMS. Por lo tanto se considera que la clasificación de la semilla por tamaño es adecuada para diferenciar genotipos (Pérez *et. al*, 2006).

Las semillas de mayor longitud corresponde una cantidad más alta de sustancias de reserva y un embrión de mayor tamaño, lo que podría al mismo

tiempo verse reflejado en un incremento en el porcentaje y en la velocidad de emergencia de las plántulas (Wood *et al.*, 1977) y también con la capacidad de realizar el proceso fotosintético de una manera más rápida (Thomson, 1979).

La evaluación de la calidad de la semilla permite diferenciar y sugerir los mejores progenitores para la formación de híbridos, así como los ambientes más adecuados para su producción (Espinosa y Carballo, 1986; Sierra *et al.*, 2008)

Cuadro 4.2. Comparación de medias de variables de calidad de semillas en líneas de maíz.

TRAT.	GE (%)	LP	PV	PMS	LS	AS	ES	RLA
L23	100 a	5.21abcd	74.40ab	221.50efghi	9.76cde	7.84cdef	4.52bcde	1.24bcde
EN0812	100 a	5.80ab	62.90c	202.00i	8.9defg	7.85cdef	4.17de	1.13efg
L24	100 a	5.33abcd	78.76a	269.60bcde	8.85efg	8.56abc	4.44cde	1.03fg
EN039	99.3 a	3.89de	73.53ab	325.30a	9.92cd	9.11a	5.36abc	1.08efg
EN042	99.3 a	6.66a	72.33b	311.40ab	12.29a	7.83cdef	3.95e	1.57a
EN027	99 a	5.01bcd	77.93ab	258.90cdefg	8.61fg	7.93cdef	5.51ab	1.08efg
EN0510	98 a	4.31bcde	73.30ab	180.40i	9.53cdef	7.23ef	4.47cde	1.32bcd
EN086	98 a	5.05bcd	73.83ab	216.70fghi	10.01c	7.03f	4.48de	1.42ab
L6	98 a	5.46abc	77.56ab	275.60abcd	9.46cdef	8.27abcd	4.18de	1.14defg
EN0216	98 a	4.05cde	74.30ab	212.20hig	8.99cdefg	7.42def	5.04abcd	1.21cdef
EN061	98 a	4.45bcde	74.03ab	306.70abc	8.94defg	8.85ab	4.89abcde	1.01g
EN0616	97 a	4.41bcde	78.8a	246.80defgh	11.12b	8.18bcd	4.24de	1.35bc
L2	97 a	4.78bcde	78.43ab	273.50abcde	9.77cde	8.42abc	4.35de	1.16defg
EN0515	97 a	4.25bcde	75.16ab	236.80 defgh	8.30g	7.70cdef	4.89abcde	1.08efg
L3	96 ab	4.06cde	73.23ab	205.50hi	8.72fg	7.89cdef	4.04de	1.10efg
L28	94 ab	3.96cde	64.56c	205.00hi	8.69fg	8.04bcde	4.48cde	1.08efg
EN067	94ab	3.31e	72.80ab	264.10cdefg	8.99cdefg	8.90ab	5.63a	1.00g
L26	91b	3.85de	76.43ab	268.60bcde	8.97cdefg	8.57abc	4.46cde	1.04fg
Media	97	4.66	74.01	248.90	9.43	8.09	4.60	1.17
Tukey	0.061	1.55	6.29	5.21	1.044	0.90	1.00	0.18

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$), GE: Germinación Estándar; LP: Longitud Plúmula; PV: Peso Volumétrico; PMS: Peso de Mil Semillas; LS: Largo de Semilla; AS: Ancho de Semilla; ES: Espesor de Semilla y RLA: Relación Largo Ancho de Semilla

V. CONCLUSIONES

- En GE, se encontró un mayor porcentaje en las líneas L23, EN0812 y L24 con 100%, respectivamente. En general no presentaron diferencias en los resultados, indicando una mayor estabilidad entre líneas.
- Las líneas EN042, EN0812 y L24 presentaron los valores más altos de LP, sin embargo fueron consideradas como de mediano vigor.
- En general a excepción de EN067, EN042 y EN042, el PV de las líneas se encuentran dentro de los estándares de calidad para semilla de maíz.
- En PMS sobresalen las líneas EN039, EN042 g y EN061 y fueron consideradas como semillas de calidad.
- Se observó que las líneas de mayor LS presentaron pesos mayores de PV y PMS.
- La evaluación de la calidad de la semilla permite diferenciar y sugerir los mejores progenitores para la formación de híbridos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Antuna, O., Rincón, F., Gutiérrez, E., Ruiz, N. A., & Bustamante, L. (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(1), 11-17.
- Besnier, R. F. 1989. *Semillas, biología y tecnología*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- Cervantes-Ortiz, F., Hernández-Esparza, J., Rangel-Lucio, J. A., Andrio-Enríquez, E., Mendoza-Elos, M., Rodríguez-Pérez, G., & Guevara-Acevedo, L. P. (2016). Aptitud combinatoria general y específica en la calidad de semilla de líneas S3 de maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(3), 259-268.
- Copeland, L. G. 1976. *Principles of the seed science and technology*. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota, USA. 369 p.
- De León CH, Rincón-Sánchez F, Reyes-Valdez HM, Sámano-Garduño D, Martínez-Zambrano G, Cavazos-Cadena R, Figueroa-Cárdenas JD (2005) Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(2): 135-143.
- Delouche, J.C., 1969. Prueba de Germinación, Análisis y Evaluación de Semillas, In: memoria de Cursos sobre Tecnología de Semilla. El Zamorano, Honduras, p.534-553.
- Espinosa, C. A. y Carballo, C. A. 1986. Productividad y calidad de semillas en líneas e híbridos de maíz para la zona de transición "El Bajío-Valles Altos de México". *Fitotecnia* 8:35-53.
- Fakorede M A B, S B Agbana (1983) Heterosis effects and association of seedling vigor with mature plant characteristics and grain yield in some tropical maize cultivars. *Maydica* 38: 327-338.
- Garay, A,E. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes. La semilla en el contexto agrícola Primer Curso Avanzado sobre Sistemas de semillas para pequeños agricultores, CIAT.
- Garay, A. E. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes, La semilla en el contexto agrícola, Trabajo presentado en el Primer Curso Avanzado sobre Sistemas de semillas para pequeños agricultores, CIAT.
- García-López, J I., N A Ruiz-Torres, R H Lira-Saldivar, I Vera-Reyes y Méndez-Argüello B (2016) Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. 2° Mini

SIMPOSIO-TALLER AGRONANO TECNOLOGÍA. CONACYT-CIQA.
Saltillo Coah.

- Guerrero-Guerrero, C., Espinoza-Banda, A., Palomo-Gil, A., Gutiérrez-del Río, E., Zermeño-González, H., & Castillo, G. (2011). Aptitud combinatoria del rendimiento y sus componentes en dos grupos de líneas de maíz. *Agronomía mesoamericana*, 22(2), 257-267.
- HAMPTON, J. G. 1991. Herbage seed lot vigour – do problems start with seed production? *Journal of Applied Seed Production* 9:87-93.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 4:3-177.
- Martínez Solís, J., Virgen Vargas, J., Peña Ortega, M. G., & Santiago Romero, A. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(3), 289-304.
- Martínez Solís, J., Virgen Vargas, J., Peña Ortega, M. G., & Santiago Romero, A. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(3), 289-304.
- MATTHEWS, S. 1980. Controlled deterioration; a new vigour test for crops seeds. In: P. D. Hebblethwaite (eds). *Seed Production*. London; Butterworths. pp. 467-660.
- Mendoza-Elos, M., Latournerie, L., Moreno, E., Castañón, G., Cruz-Carrillo, J., De León, C., & García, J. G. (2004). Cambios en la calidad de la semilla de maíz durante su desarrollo y maduración. *Agronomía Mesoamericana*, 155-160.
- MOLINA, M. J.; ESTRADA, J. A.; LIVERA, M. M.; GONZÁLEZ, V. A. 1990. Análisis de la enseñanza, producción e investigación de semillas en México. SOMEFI. Chapingo, México. 205 p.
- Moreno, E. (1984). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM.
- Peretti, A. (1979). Pautas metodológicas para el análisis de semillas.
- Pérez Mendoza, C., Hernández Livera, A., González Cossio, F. V., García de los Santos, G., Carballo Carballo, A., Vásquez Rojas, T. R., & Tovar Gómez, M. D. R. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México*, 32(3), 341-352.
- Perry D A (1972) Seed vigour and field establishment. *Hort. Abstr.* 42:334-342
- Pimentel, F. 1985. Curso de estadística experimental Livraria Nobel S.A. San Pablo Brazil
- Popinigis F (1985) Fisiología da Semente. 2ª Ed. Brasilia. 289 p.

- POWELL, A. A. 1988. Seed vigour and field establishment. *Advances in research and technology of seeds* 16:419- 426.
- RASYAD, A.; VAN SANFORD, D. A.; TEKRONY, D. M. 1990. Changes in seed viability and vigour during wheat seed maturation. *Seed science and technology* 18:259-267.
- Rincón, F. y J. Malina, 1989. Efecto del método de Envejecimiento acelerado sobre la germinación de las semillas de maíz. Trabajo presentado en la XX Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras.
- Rincón, F. y J. Malina, 1989. Efecto del método de Envejecimiento acelerado sobre la germinación de las semillas de maíz. Trabajo presentado en la XX. Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras, Abril 1989.
- Ruiz, M. A. (2009). El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas. *Caso de estudio: cebadilla chaqueña. EEA INTA Anguil Argentina (77)*, 1-19.
- Salgado, L, 1989. Evaluación del deterioro de la semilla de maíz del híbrido H-27 después de madurez fisiológica. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.
- Salinas, A. R., Yoldjian, A. M., Craviotto, R. M., & Bisaro, V. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(2), 371-379.
- Sarkissian, B. I.; Kessinger, M. A. and Harris, W. 1964. Differential rates of development of heterotic and nonheterotic young maize seedlings. I Correlation of differential morphological development with physiological differences in germinating seed. *Proc. Nath. Acad. Sci. USA.* 51:212-218.
- Sierra, M. M.; Palafox, C. A. F.; Rodríguez, M.; Espinosa, C. A.; Gómez, M. N.; Caballero, H. F.; Barrón, F. S.; Zambada, M. A. y Vázquez, C. G. 2008. H-520 híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 34:119-122.
- Thomson J., R. 1979. Introducción a la tecnología de semillas. Acribia. España. 301 p.
- Velasco N., R. 1996. Manual para la evaluación de la calidad de semilla de maíz. Folleto técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Guadalajara, Jal., México.
- Villaseñor, M. H. E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 149 p.
- Wood, D. W.; Longden, C. P. and Scott, K. R. 1977. Seed size variation; its extent, source and significance in field crops. *The Netherlands. Seed Sci. Tech.* 5:332-352.