

## Viabilidad y germinación en semillas de maíz criollo del estado de Guerrero

### Viability and germination in creole corn seeds from the state of Guerrero

José Luis Escobar-Álvarez<sup>1</sup> ,  
Omar Ramírez-Reynoso<sup>2</sup> ,  
Pedro Cisneros-Saguilán<sup>3</sup> ,  
Roberto Gutiérrez-Dorado<sup>4</sup> ,  
María de los Ángeles Maldonado-  
Peralta<sup>5</sup> ,  
José Luis Valenzuela-Lagarda<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km. 36.5, CP. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica, Universidad Autónoma de Guerrero, Florencio Villarreal, CP. 418006. Guerrero, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias, Instituto Tecnológico de Pinotepa, Tecnológico Nacional de México, Av. Tecnológico s/n, Col. Dispensario, CP. 71600. Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca, México.

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa, Calle Josefa Ortiz de Domínguez esq. Blvd. de Las Americas, Ciudad Universitaria Culiacán, CP. 80000. Sinaloa, México.

<sup>5</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional, Km 197, CP. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

\*Autor de correspondencia:  
joseluislagarda@uagro.mx

#### Artículo científico

Recibido: 04 de marzo 2021

Aceptado: 10 de septiembre 2021

**Como citar:** Escobar-Álvarez JL, Ramírez-Reynoso O, Cisneros-Saguilán P, Gutiérrez-Dorado R, Maldonado-Peralta MA, Valenzuela-Lagarda JL (2021) Viabilidad y germinación en semillas de maíz criollo del estado de Guerrero. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. II: e2963. DOI: 10.19136/era.a8nII.2963

**RESUMEN.** México es considerado el centro de origen del maíz, debido a la diversidad de genotipos que se han identificado y caracterizado morfológicamente. Actualmente, se cuenta con 64 maíces criollos, y en el estado de Guerrero se han identificado 15. El objetivo del presente estudio fue evaluar la cinética de imbibición, germinación y viabilidad en semillas de maíces criollos del estado de Guerrero. Las variables que se evaluaron fueron: porcentaje de humedad, tasa de imbibición, porcentaje de germinación estándar, índice y coeficiente de velocidad de germinación y viabilidad. Se estableció un diseño completamente al azar unifactorial (maíces criollos o tratamientos) y con los datos obtenidos de las variables se realizaron las pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianza. Como los datos fueron normales y se cumplió con el supuesto de homogeneidad de varianza, se compararon las medias de los tratamientos, empleando la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) con el programa estadístico SAS. Respecto a la tasa de imbibición, Punta Cuata presentó mayores porcentajes de absorción respecto a las demás semillas de maíces criollos, sin diferencia estadística ( $p \leq 0.4411$ ) entre ellas. Morado y Olotillo mostraron menor velocidad en germinar y los cuatro criollos tuvieron una viabilidad mayor a 98%. La calidad de semilla de los maíces criollos evaluados en este estudio, presentan alta capacidad para su reproducción y conservación.

**Palabras clave:** Calidad en semillas, conservación de semilla, reproducción sexual, índice de Kotowsky, tetrazolio.

**ABSTRACT.** Mexico is considered the center of origin of maize, due to the diversity of genotypes that have been identified and morphologically characterized. Currently, there are 64 landraces of corn, and in the state of Guerrero 15 have been identified. The objective of this study was to evaluate the kinetics of imbibition, germination and viability in seeds of Creole corn in the state of Guerrero. The variables evaluated were: moisture percentage, imbibition rate, standard germination percentage, index and coefficient of germination speed and viability. A completely randomized unifactorial design was established (Creole corn or treatments) and with the data obtained from the variables, the tests of normality and homogeneity of variance were carried out. As the data were normal and the assumption of variance homogeneity was fulfilled, the means of the treatments were compared, using the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ) with the SAS statistical program. Regarding the imbibition rate, Punta Cuata presented higher absorption percentages with respect to the other Creole corn seeds, with no statistical difference ( $p \leq 0.4411$ ) among them. Morado and Olotillo showed slower germination speed and the four Creoles had a viability greater than 98%. The seed quality of the creole maize evaluated in this study has a high capacity for its reproduction and conservation.

**Key words:** Seed quality, seed preservation, sexual reproduction, Kotowsky index, tetrazolium.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta originaria de Mesoamérica, perteneciente a la familia de las *poaceae* (Gutiérrez-Peralta y Castañeda-Sifuentes 2017). Actualmente en México, se han descrito 59 razas nativas (Sánchez *et al.* 2000, Kato *et al.* 2009, CONABIO, 2012). Además, su grano sigue siendo el cereal básico más importante en la alimentación de la población mexicana (González-Cortés *et al.* 2016) con un consumo promedio, per cápita, de 196.4 kg de maíz blanco al año (SIAP 2017). Se menciona que se usa en la cocina tradicional (Fernández-Suárez *et al.* 2013), además de su composición nutricional (Salinas-Moreno *et al.* 2017) y la semilla de variedades criollas locales o poblaciones nativas se utiliza en la reproducción (Ángeles-Gaspar *et al.* 2010).

El estado de Guerrero se encuentra ubicado en la región Pacífico Sur en este estado se caracteriza por presentar gran diversidad genética de maíz (Gómez *et al.* 2010, Gómez-Montiel *et al.* 2017); ya que, se han identificado 15 razas puras, siendo la más sobresaliente Pepitilla, que permiten su producción en fisiografías accidentadas de laderas con pendientes mayores a 10% y suelos con baja fertilidad (Gómez-Montiel *et al.* 2014). Se ha reportado que los maíces criollos de este estado presentan características nutrimentales destacadas que pueden ser aprovechadas para la elaboración de alimentos con alto contenido nutrimental (Rivera-Castro *et al.* 2020). Es importante que la semilla mantenga su calidad física, fisiológica, genética y sanitaria (Raya-Pérez *et al.* 2012), debido a que estos atributos contribuyen a la preservación de la especie, mejor resistencia a condiciones ambientales-nutricionales adversas y la obtención de mayores rendimientos (Doria 2010).

Para el cultivo de maíces criollos el campesino selecciona como semillas los mejores granos de la cosecha, utilizando criterios de selección tradicionales: selección de la planta más vigorosa con mazorca de mayor tamaño, mazorca con mayor número de hileras y granos por hilera, granos de mayor tamaño y de forma más definida. Debido a la im-

portancia en la producción agrícola, las semillas son utilizadas como insumo en la reproducción de las especies cultivadas (Victoria *et al.* 2006, Maldonado-Peralta *et al.* 2016) y es necesario que los mecanismos involucrados para la germinación y generación de una plántula se lleven a cabo adecuadamente. Suárez y Melgarejo (2010) describen tres fases de germinación: la primera, es el proceso de absorción de agua por la semilla, definido como imbibición, independientemente si la semilla es viable o no (Méndez-Natera *et al.* 2008), activación del metabolismo en el embrión y ruptura de la testa para la salida del hipocotilo y epicótilo (Rodríguez-Quilón y Gilles 2008).

La viabilidad expresa la calidad genética y potencial que presenta la semilla para germinar que puede determinarse mediante la tinción con tetrazolio (2,3,5-cloruro trifeníl tetrazolio) en las áreas esenciales (Lakon 1949, Victoria *et al.* 2006, Rodríguez-Quilón y Gilles 2008, Maldonado-Peralta *et al.* 2016). A nivel de semilla, se expresa el vigor de la planta que es afectada por factores exógenos y daños mecánicos (Gutiérrez-Hernández *et al.* 2007) que influyen en el rendimiento del cultivo, desde la siembra hasta la emergencia de la plántula (Ellis, 1992). Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue cuantificar la tasa de imbibición, porcentaje de germinación, viabilidad y vigor en semillas de maíces criollos del Municipio de Florencio Villarreal, Guerrero, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio se evaluaron cuatro variedades de semillas de maíz criollo nativas del estado de Guerrero, colectadas durante el ciclo primavera-verano de 2017. Dos Puntas y Olotillo, se obtuvieron de parcelas comerciales ubicadas en el municipio de Ayutla de los Libres (16° 57' 1.69" LN y 99° 3' 55.98" LO, a 636 msnm); Morado se obtuvo de una parcela establecida en el municipio de Florencio Villarreal (16° 44' 13.1" LN y 99° 07' 37.0" LO, a 25 msnm) y Toro fue obtenida de un huerto de traspatio ubicado en el municipio de Cuautepéc (16° 43' 00" LN y 98° 58' 00" LO, a 366 msnm) y se almacenaron

en recipientes herméticos a temperatura de  $4 \pm 2$  °C.

### Selección de la semilla

Se realizó de forma manual, al considerar los principales criterios que toman en cuenta los productores de la región (tamaño uniforme, sanidad, sin malformación, ausencia de daños físicos, entre otros) y la sección de la mazorca utilizada (Magdaleno-Hernández *et al.* 2016).

### Tasa de imbibición

Se tomaron 100 semillas por triplicado para cada una de las variedades, de acuerdo con lo establecido por Mapúa-Larreta *et al.* (2008) con modificaciones. Se registró el peso inicial con una balanza analítica (Sartorius® , BP221S) y posteriormente, se colocaron en recipientes de polietileno con agua destilada, hasta quedar completamente sumergidas y se mantuvieron a temperatura ambiente ( $23 \pm 2$  °C). La lectura del peso se registró cada dos horas durante 36 h. La tasa de imbibición se expresó como porcentaje de incremento del peso de la semilla, por absorción de agua, respecto al peso inicial.

### Contenido de humedad

Se determinó mediante el método de la estufa a 70 °C durante 72 h; para lo cual, se tomaron 25 semillas por triplicado, se pesaron en una balanza analítica y el contenido de humedad se calculó sobre la base del peso fresco de las semillas, expresado en porcentaje (ISTA 1999, Lezcano *et al.* 2007).

$$CH = (M2 - M3) * \frac{100}{(M2 - M1)}$$

Donde: CH = Contenido de humedad en porcentaje, M1 = Peso del recipiente (g), M2 = Peso inicial del recipiente y semillas (g) y M3 = Peso final del recipiente y de las semillas (g)

### Prueba de germinación estándar

Se seleccionaron aleatoriamente 100 semillas, consideradas puras, y se colocaron en un "clamshell" de polietileno transparente, al que previamente se le colocó una capa de algodón y se humedeció con agua destilada hasta su saturación. Posteriormente,

se colocaron en la cámara de germinación con temperatura de  $25 \pm 2$  °C. El conteo se realizó de manera visual, a partir del primer día después que se colocaron en la cámara de germinación y el porcentaje de germinación se calculó al dividir el número total de plántulas entre el número total de semillas por cien.

$$PG(\%) = \frac{ni}{N} * 100$$

Donde: PG = porcentaje de germinación, ni = total de semillas germinadas y N = total de semillas de la muestra.

### Índice de velocidad de germinación

Se obtuvo mediante el conteo diario visual de las semillas germinadas considerando las semillas con la radícula brotada, a partir del primer día que se pusieron a germinar. Para determinar el índice de germinación, se utilizó la ecuación propuesta por Maguire (1962) y Martínez-Solís *et al.* (2010).

$$IVG = \sum \frac{ni}{ti}$$

Donde: IVG = índice de velocidad de germinación, ti = tiempo en horas transcurrido entre el inicio de la prueba y el fin del intervalo y ni = número de semillas germinadas dentro de los intervalos de tiempo consecutivos.

### Coefficiente de velocidad

Se determinó mediante la expresión propuesta por Kotowsky (1926) y es una medida de distribución basada en el número de semillas germinadas entre el tiempo y el número de semillas germinadas por día (González-Zertuche y Orozco-Segovia 1996).

$$CV = \frac{\sum ni}{\sum (ni * ti)}$$

Donde: CV = coeficiente de velocidad, ni = número de semillas germinadas el día i, y ti = número de días transcurridos desde la siembra.

### Viabilidad

Se realizó mediante la técnica con cloruro de tetrazolio [2,3,5-cloruro trifeníl tetrazolio  $\geq 98.0\%$  (HPLC), SIGMA-ALDRICH®] descrita por ISTA (2003) y Maldonado-Peralta *et al.* (2016). Se

seleccionaron aleatoriamente 100 semillas por triplicado y se depositaron en un frasco, se embebieron en 200 mL agua destilada; posteriormente, se colocaron en baño maría a temperatura de 35.0°C, durante 14 h. Una vez transcurrido ese periodo, se eliminó el agua y se realizó un corte longitudinalmente a cada semilla. Después, se depositaron en el frasco y se embebieron en 200 mL de solución de cloruro de tetrazolio al 1% y se colocaron dentro de baño maría a temperatura de 35 °C durante 4 h. Posteriormente, se sacaron de la solución y se enjuagaron tres veces con agua destilada. Finalmente, se colocaron en cajas Petri y se procedió a su observación con el apoyo de un microscopio estereoscopio (LEICA, EZ4<sup>®</sup>). Los embriones se clasificaron según su coloración en: 1) vivos con vigor alto, cuando estaban totalmente teñidos de rojo intenso, 2) vivos con vigor bajo, cuando su coloración era rojo pálido y 3) no viables, cuando permanecieron incoloros y se expresó como porcentaje de embriones viables y no viables.

### Análisis de datos

Se estableció el experimento con un total de cuatro tratamientos y cada tratamiento se replicó tres veces, con un total de 100 semillas por repetición. Los datos se sometieron a un análisis de varianza, previo se realizó una prueba de homogeneidad de las varianzas con la prueba de Levene. La comparación entre medias, se realizó mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico SAS versión 9.4.

## RESULTADOS

### Cinética de imbibición

La absorción de agua a las 36 h después de sumergirlas en agua, Punta Cuata presentó mayor absorción (45.3%), seguido del Morado (40.9%), Olotillo (37.7%) y Toro (36.3%) (Figura 1). En las primeras 10 horas, las semillas absorbieron rápidamente agua, durante ese tiempo se presentó la primera fase de la imbibición en los cuatro maíces criollos evaluadas.

### Contenido de humedad (%)

Al final del experimento (72 h) el porcentaje de humedad que presentaron las semillas se encontró entre 10.4 y 13.2% (Tabla 1). Estadísticamente, presentaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ), Punta Cuata y Morado son las semillas que presentaron mayor contenido de humedad (13.2%) seguido de Toro (12.0%) y Olotillo (10.3%).

### Prueba de germinación estándar

En la Tabla 1 se muestra que el porcentaje de germinación de Punta Cuata, Olotillo y Toro fue del 100% y el criollo Morado presentó 98.9%, y estadísticamente no mostraron diferencia significativa ( $p = 0.4411$ ).

### Índice de velocidad de germinación

Respecto al índice de velocidad (Tabla 1) se observa que el promedio de días del total de semillas germinadas fue estadísticamente significativo ( $p < 0.0001$ ). Las semillas que presentaron el promedio de germinación más rápida fueron Morado y Olotillo (1.43 y 1.53 días, respectivamente). Las semillas del criollo Toro presentaron 2.23 días y Punta Cuata 2.86 días en promedio.

### Coefficiente de velocidad

La distribución de germinación por día para el criollo Olotillo y Morado fue de aproximadamente el 0.65 y 0.71, respectivamente; estos valores que se obtuvieron, no presentaron diferencias estadísticas significativas. El maíz Toro presentó un promedio de 0.45 y Punta Cuata 0.35, y el menor número de semillas germinadas por día, estadísticamente no presentaron diferencia entre ellos; pero fueron diferentes estadísticamente a Olotillo y Morado ( $p < 0.01$ ).

### Viabilidad

En general, las cuatro variedades estudiadas en este experimento presentaron porcentaje alto de semillas viables (mayor al 98%). En las semillas estudiadas, se observa que el embrión de las semillas se encuentra completamente teñido, lo cual indica que es viable (Figura 2).

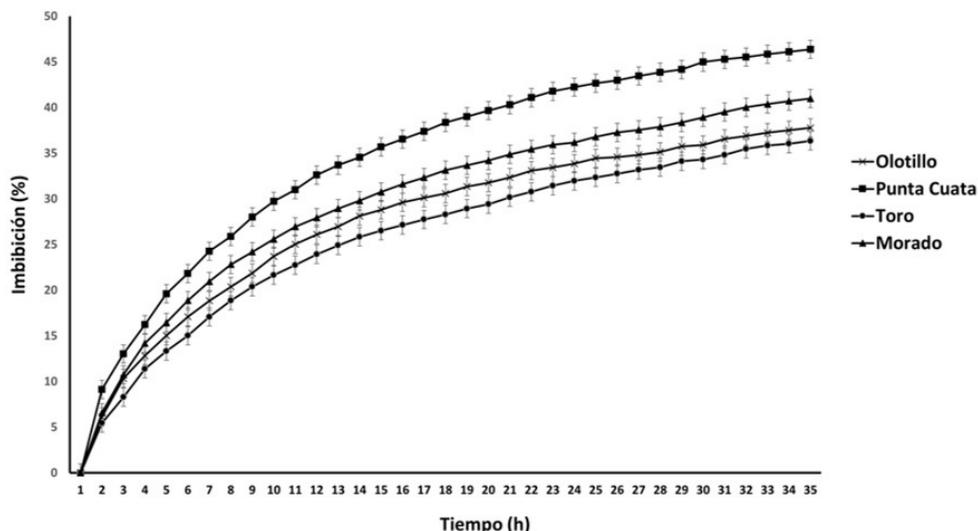


Figura 1. Curvas de imbibición en semillas de maíces criollos (*Zea mays* L.) de la Costa Chica de Guerrero.

Tabla 1. Humedad y parámetros de germinación en maíces criollos colectados de la Costa Chica, Guerrero.

Tratamiento	Variables			
	Humedad (%)	Germinación estándar (%)	Índice de velocidad	Coefficiente de velocidad <sup>£</sup>
Punta Cuata	13.2 ± 0.12 <sup>a</sup>	100 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.86 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.003 <sup>b</sup>
Morado	13.2 ± 0.43 <sup>a</sup>	98.9 ± 1.92 <sup>a</sup>	1.43 ± 0.14 <sup>c</sup>	0.71 ± 0.073 <sup>a</sup>
Olotillo	10.3 ± 0.36 <sup>c</sup>	100 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.53 ± 1.23 <sup>c</sup>	0.65 ± 0.054 <sup>a</sup>
Toro	12.0 ± 0.15 <sup>b</sup>	100 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.23 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.45 ± 0.010 <sup>b</sup>
Valor F	61.40	1.01	124.00	42.38
Valor P	<0.0001	0.4411	<0.0001	<0.0001
C.V.	2.46	0.96	5.16	8.19

Medias ± desviación estándar. Medias que no comparten literal, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). C.V. = Coeficiente de variación. <sup>£</sup>Índice de Kotowsky. n = 180.



Figura 2. Semillas de maíces criollos colectados de la Costa Chica, Guerrero. a) Dos Puntas; b) Morado; c) Toro y d) Olotillo.

## DISCUSIÓN

### Tasa de imbibición

Se observa acelerada absorción de agua durante las primeras 12 horas de imbibición (Figura 1), comportamiento similar fue observado por Rangel-Fajardo *et al.* (2014), donde la cinética de imbibición

de maíz presentó una imbibición acelerada durante las primeras 8 horas. Mientras que Méndez-Natera *et al.* (2008) relacionaron la tasa y tiempo de imbibición donde encontraron que las máximas tasas de absorción de agua ocurrieron a las 8 horas después de la imbibición en semilla de maíz tratada con carboxin ( $R^2 = 90.9\%$ ) y en maíces no tratados, se pre-

sentó de manera irregular; y después de 14 horas ocurrió la mayor tasa de absorción ( $R^2 = 99.6\%$ ). Esta característica puede deberse al espesor del pericarpio y al tipo de almidón presente en el endospermo, se sabe que el pericarpio funge como una película de protección e interacción con el medio, es decir su conformación permite el intercambio de compuestos del grano con el exterior, un pericarpio delgado se relaciona con un alta absorción de agua (García-Lara *et al.* 2019). Mientras que, el tamaño de los gránulos de almidón juegan un papel importante, pues los gránulos de mayor tamaño presentan una alta capacidad de absorción y retención de agua (Hamaker *et al.* 2019). Los resultados observados en este estudio indican que los maíces criollos del estado de Guerrero, poseen alta capacidad de imbibición, permitiendo que la semilla absorba el agua suficiente para el desarrollo de sus procesos fisiológicos de germinación.

### Porcentaje de humedad

Gutiérrez-Hernández *et al.* (2007) determinaron el contenido de humedad en dos híbridos de maíz (H28 y H3) y sus cruas simples, y encontraron valores entre 8.6 y 9.5%, menores a lo reportado en el presente estudio. Se puede atribuir que el contenido de humedad difiere por la edad de la semilla, ya que las semillas que utilizaron estos autores tenían más de seis años de almacenamiento, sin control de humedad y temperatura. Manuel-Rosas *et al.* (2007) determinaron que, en dos variedades nativas de maíz criollo negro y blanco, mantuvieron la humedad promedio de 11.2% por debajo del valor recomendado para el almacenamiento de grano de maíz (13.5%); es importante mantener este porcentaje de humedad en la semilla para que se conserve en óptimas condiciones para reducir pérdidas en la calidad física de semilla o grano de maíz.

### Prueba de germinación estándar

Rangel-Fajardo *et al.* (2014) reportaron, en semillas de maíz ortodoxas (línea 231), porcentajes de germinación superior al 93%. Martínez-Solís *et al.* (2010) realizaron una prueba de germinación estándar en 12 genotipos de maíz y obtuvieron valores

de 88.3, 86.8, 86.19 y 86.1% en cuatro tamaños de muestra (25, 50, 75 y 100 semillas, respectivamente) y observaron efecto significativo ( $p \leq 0.01$ ) solamente en el tamaño de muestra de 100 semillas. Al respecto, Guillén-De la Cruz *et al.* (2018) observaron en 35 poblaciones de maíz criollo, colectadas en 10 municipios de la región Grijalva del estado de Tabasco, e indican que el 71.4% presentó germinación mayor al 80%, consideradas como de alta germinación (Aristizábal y Álvarez, 2006), y provenían de poblaciones que contienen granos con mayor proporción de endospermo vítreo. Mientras que Manuel-Rosas *et al.* (2007) reportaron 94.5% de germinación en semilla criolla blanca y 99.0% en negra antes de ser almacenada, valores similares a lo obtenido en el presente estudio; estos autores indican que, lotes con alto poder germinativo, entre otras variables de calidad fisiológica, envejecen más lentamente. La germinación de los granos depende en gran medida de los recursos nutricionales con los que cuente el grano, así como, la biodisponibilidad de estos, según Valle-Moysén *et al.* (2017) para que un grano de maíz logre germinar se requiere de una activación por parte del agua embebida, así como, un alto contenido de proteínas y carbohidratos los cuales se obtienen de la misma semilla, la cual depende del tamaño del grano y la calidad de sus componentes. Los resultados pueden predecir la calidad de los nutrientes del grano siendo estos de gran valor nutricional.

### Índice de velocidad de germinación

Los granos Toro y Punta Cuata presentan una velocidad de germinación menor, es decir, tardan más en germinar, esto puede atribuirse al espesor de la testa en estas variedades es mayor. Rivera-Castro *et al.* (2019), reportaron valores de testa de 6.20 y 5.25% para Toro y Punta Cuata; mientras que, para Morado y Olotillo, reportaron valores de 4.35 y 5.82%. Al respecto Suárez y Melgarejo (2010), señalan que, el grosor de la testa es un factor externo que regula la germinación. Estos valores contrastan con lo reportado por Martínez-Solís *et al.* (2010) quienes proponen que líneas de maíz, con alto vigor, presentan índices de germinación con 7.1, 14.1, 21.4 y 28.3 en diferentes tamaños de muestra. Por su parte, Al-

Ansari y Ksiksi (2016) encontraron alta correlación entre el índice de germinación con otros parámetros de calidad en *Crotalaria pérsica* (Burm. f.) Merr. y *Tephrosia apollinea* (L.) Pers. y es una variable que proporciona información confiable. Al tener una tasa alta, estos materiales se pueden utilizar para evaluar el vigor de la plántula y seleccionarlos para mejoramiento genético (Maguire 1962). Así como interviene la testa en el proceso de germinación, se deben tomar en cuenta la imbibición (al ser el punto de activación), la genética del grano, la primera interviene en la velocidad de absorción de agua y la facilidad de emergencia, mientras que la segunda determina la emergencia de la radícula (Martínez-Solis et al. 2010, Suárez y Melgarejo 2010).

#### **Coefficiente de velocidad**

Existe poca información sobre este parámetro en maíz; sin embargo, en otras especies como *Hypericum silenoides* Juss. Mendoza-Urbina et al. (2012) reportaron promedios entre 6.3 a 7.5% del día 6 al día 20. Estos resultados difieren a lo obtenido en el presente trabajo y puede deberse a la estructura de la semilla, ya que estos autores escarificaron la semilla para acelerar la geminación. González-Zertuche y Orozco-Segovia (1996) indican que es un valor recíproco del tiempo medio de germinación; por lo que, estos maíces criollos presentan uniformidad en la germinación y las plantas se desarrollarán más homogéneamente.

#### **Viabilidad**

El tetrazolio es un indicador que permite determinar la viabilidad de las semillas, mediante el proceso de reducción de células vivas, capta el hidrógeno de las deshidrogenasas y produce trifenil formazán que identifica la actividad respiratoria de las mitocondrias (Suárez y Melgarejo 2010). En este sentido Maldonado-Peralta et al. (2016) con-

sideran que los embriones que se tiñen completamente de color rosa intenso presentan alta viabilidad y vigor; y los embriones que se tiñen uniformemente de color pálido, presentan la capacidad de producir plantas normales, pero la germinación es lenta; caso contrario, en el presente trabajo el color que presentaron los embriones de las semillas estudiadas fue intenso (Figura 2). En este caso, se observa que las semillas presentaron alto poder germinativo y viabilidad; Lakon (1949) considera que este método es confiable, incluso cuando no se observe la germinación, como es el caso de los cereales recién cosechados, pero estos poseen la germinabilidad inherente del grano, lo que indica que presenta alto valor germinativo para su utilización (Mapúla-Larreta et al. 2008). Martínez-Solis et al. (2010) mencionan que aunando al poder germinativo se deben implementar pruebas que permitan tener una vista objetiva del vigor y viabilidad del grano; por lo que, el uso de pruebas alternas reafirma la germinabilidad de los granos.

### **CONCLUSIONES**

Las semillas de maíces criollos analizadas en este estudio presentaron buenos valores de imbibición lo cual indica que la semilla es capaz de guardar adecuadas cantidades de agua como reserva para su germinación aún en condiciones de humedad adversas. Las cuatro variedades criollas, presentaron alta velocidad y porcentaje de germinación (dos días); lo que representa una gran ventaja para el agricultor, al asegurar el desarrollo de la plántula en sus parcelas. Estos genotipos criollos de la Costa Chica de Guerrero, presentaron alta viabilidad; por lo que, presentan larga vida útil durante el almacenamiento, permitiendo su posterior utilización y preservación.

### **LITERATURA CITADA**

- Al-Ansari F, Ksiksi T (2016) A Quantitative Assessment of Germination Parameters: The Case of *Crotalaria Pérsica* and *Tephrosia Apollinea*. The Open Ecology Journal 9: 13-21.
- Ángeles-Gaspar E, Ortiz-Torres E, López PA, López-Romero G (2010) Caracterización y rendimiento de pobla-

- ciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 287-296.
- Aristizábal LM, Álvarez LP (2006) Los efectos del nivel de vigor de la semilla pueden persistir e influenciar el crecimiento de la planta, la uniformidad de la plantación y la productividad. *Agronomía* 14: 17-24.
- CONABIO (2012) Razas de maíz de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/usuarios/maices/razas2012.html>. Fecha de consulta: Junio 20, 2019.
- Doria J (2010) Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31: 74-85.
- Ellis RH (1992) Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Regulation* 11: 249-255.
- Fernández-Suárez R, Morales-Chávez LA, Gálvez-Mariscal A (2013) Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36: 275-283.
- García-Lara, S, Chuck-Hernandez, C, Serna-Saldivar, SO (2019) Development and structure of the corn kernel in corn. In: Serna-Saldivar SO (ed.) *Corn chemistry and technology*. Third Edition. AACC International Press. pp: 147-163.
- Gómez NO, Coutiño EB, Trujillo CA (2010) Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Segunda etapa 2008-2009. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N° FZ016. México. 21p.
- Gómez-Montiel NO, Cantú-Almaguer MA, Hernández-Galeno CA, Vázquez Carrillo MG, Aragón-Cuevas F, Espinosa-Calderón A, Palemón-Alberto F (2014) V-236 P, cultivar de maíz Pepitilla para regiones de montaña baja. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7: 1309-1313
- Gómez-Montiel NO, Cantú-Almaguer MA, Vázquez-Carrillo MG, Hernández-Galeno CA, Aragón-Cuevas F, Espinosa-Calderón A, Tadeo-Robledo M (2017) Variedad mejorada de maíz azul 'V-239AZ' para las regiones semicálidas de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 1905-1910.
- González-Cortés N, Silos-Espino H, Estrada-Cabral JC, Chávez-Muñoz JA, Tejero-Jiménez L (2016) Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7: 669-680.
- González-Zertuche L, Orozco-Segovia A (1996) Métodos de análisis de datos de germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58: 15-30.
- Guillén-De la Cruz P, Velázquez-Morales R, de la Cruz-Lázaro E, Márquez-Quiroz C, Osorio-Osorio R (2018) Germinación y vigor de semillas de poblaciones de maíz con diferente proporción de endospermo vítreo. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Science* 34: 108-117.
- Gutiérrez-Hernández GF, Virgen-Vargas J, Arellano-Vázquez JL (2007) Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con envejecimiento natural. *Agronomía Mesoamericana* 18: 163-170.
- Gutiérrez-Peralta H, Castañeda-Sifuentes R (2017) Catálogo de las gramíneas (*Poaceae*) de Huancavelica, Perú. *Ecología Aplicada* 16: 63-73.
- Hamaker, BR, Tuncil YE, Shen X (2019) Carbohydrates of the kernel in corn. In: Serna-Saldivar SO (ed.) *Corn chemistry and technology*. Third Edition. AACC International Press. USA. pp. 305-318
- ISTA (1999) *International Rules for Seed Testing*. Seed Science and Technology. Bassersdorf, Switzerland. 302p.

- ISTA (2003) International Rules for Seed Testing. Working sheets on tetrazolium testing. Basserdoft, Switzerland. 310p.
- Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RB (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. 116p.
- Lakon G (1949) The topographical tetrazolium method for determining the germinating capacity of seeds. *Plant Physiology* 24: 389-394.
- Lezcano JC, Navarro M, González Y, Alonso O (2007) Determinación de la calidad de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú almacenadas al ambiente. *Pastos y Forrajes* 30: 107-118.
- Magdaleno-Hernández E, Mejía-Contreras A, Martínez-Saldaña T, Jiménez-Velázquez MA, Sánchez-Escudero J, García-Cué JL (2016) Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 13: 437-447.
- Maguire JD (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- Maldonado-Peralta MA, García de los Santos G, García-Nava JR, Ramírez-Herrera C, Hernández-Livera A, Valdez-Carrasco JM, Torres-Corona T, Cetina-Alcalá VW (2016) Seed viability and vigour of two nanche species (*Malpighia mexicana* and *Byrsonima crassifolia*). *Seed Science & Technology* 44: 1-9.
- Manuel-Rosas I, Gil-Muñoz A, Ramírez-Valverde B, Hernández-Salgado JH, Bellon M (2007) Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 69-78.
- Mapúla-Larreta M, López-Upton J, Vargas-Hernández JJ, Hernández-Livera A (2008) Germinación y vigor de semillas en *Pseudotsuga menziesii* de México. *Ra Ximhai* 4: 119-134.
- Martínez-Solís J, Virgen-Vargas J, Peña Ortega MG, Santiago-Romero A (2010) Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1: 289-304.
- Méndez-Natera JR, Merazo-Pinto JF, Montañón-Mata NJ (2008) Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.). *Revista UDO Agrícola* 8: 61-66.
- Mendoza-Urbina FA, Gutiérrez-Miceli FA, Ayora-Talavera TR, Rincón-Rosales R (2012) Scarification of seeds of *Hypericum silenoides* Juss. and its effect on germination. *Gayana-Botanica* 69: 1-6.
- Rangel-Fajardo MA, Córdova-Téllez L, Cárdenas-Soriano E (2014) Pérdida de tolerancia a la desecación durante la imbibición-germinación en semillas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 833-845.
- Raya-Pérez JC, Aguirre-Mancilla CL, Medina-Ortíz JG, Ramírez-Pimentel JG, Andrio-Enriquez E, Castellanos-Sánchez A, Covarrubias-Prieto J (2012) Calidad física y fisiológica de semilla en función de la densidad de población en dos híbridos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 633-641.
- Rivera-Castro VM, Muy-Rangel MD, Gutiérrez-Dorado R, Escobar-Álvarez JL, Hernández-Castro E, Valenzuela-Lagarda JL (2020) Nutritional, physicochemical and anatomical evaluation of creole corn varieties from the region of the Costa Chica of Guerrero. *Food Science and Technology* 40: 938-944.
- Rodríguez-Quilón I, Gilles A (2008) Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas, Reporte Técnico. *Agricultura* 8: 836-842.

- Salinas-Moreno Y, Hernández-Martínez V, Trejo-Téllez LI, Ramírez-Díaz JL, Iñiguez-Gómez O (2017) Composición nutricional y de compuestos bioactivos en tortillas de poblaciones nativas de maíz con grano azul/morado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 1483-1496.
- Sánchez JA, Orta BR, Muñoz C (2001) Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense* 25: 67-91.
- Sánchez JJ, Goodman MM, Stuber CW (2000) Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany* 54: 43-59.
- SAS (2019) Statistical Analysis System Institute Inc. BASE/SAS<sup>®</sup> 9.4 Procedures Guide, Seventh Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA: 378p.
- SIAP (2017) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Planeación Agrícola Nacional. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, Ciudad de México. 22p.
- Suárez D, Melgarejo LM (2010) Biología y germinación de semillas. In: Melgarejo LM (ed.) Experimentos en fisiología vegetal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp: 13-24.
- Valle-Moysén R, Covarrubias-Prieto J, Ramírez-Pimentel JG, Aguirre-Mancilla CL, Iturriaga-de-la-Fuente G, Raya-Pérez JC (2017) Efecto del osmoacondicionamiento sobre la germinación del maíz tipo palomero. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas* 8: 307-319.
- Victoria JA, Bonilla C, Carmen R, Sánchez O, Manuel S (2006) Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. *Acta Agronómica* 55: 31-41.