

## Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

**Potencial germinativo de tres variedades de maíz nativo en Soteapan,  
Veracruz, México**

**Germination potential of three native corn varieties in Soteapan, Veracruz,  
Mexico**

Authors/Autores: Lechuga-Hidalgo, E. del C. Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D. A., Cuevas-Díaz, M. del C., Hernández Domínguez, E.

ID: e1986

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1986>

Received/Fecha de recepción: May 30<sup>h</sup> 2025

Accepted /Fecha de aceptación: May 20<sup>th</sup> 2026

Available online/Fecha de publicación: June 05<sup>th</sup> 2026

Please cite this article as/Como citar este artículo: Lechuga-Hidalgo, E. del C. Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D. A., Cuevas-Díaz, M. del C., Hernández Domínguez, E. (2026). Germination potential of three native corn varieties in Soteapan, Veracruz, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 13, e1986. <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1986>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Artículo original

## Potencial germinativo de tres variedades de maíz nativo en Soteapan, Veracruz, México

### Germination potential of three native corn varieties in Soteapan, Veracruz, Mexico

Potencial germinativo del maíz nativo /

Germination potential of native corn

Lechuga-Hidalgo, E. del C.<sup>1</sup> (ORCID), Vázquez-Luna, D.<sup>1,2\*</sup> (ORCID), Lara-Rodríguez, D. A.<sup>1,2</sup> (ORCID), Cuevas-Díaz, M. del C.<sup>3</sup> (ORCID), Hernández Domínguez, E.<sup>4</sup> (ORCID)

<sup>1</sup>Maestría en Desarrollo Agropecuario. Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Carretera Costera del Golfo km 220, Col. Agrícola y Ganadera Michapan, Acayucan, Veracruz, México. C. P. 96000.

<sup>2</sup>Centro de Estudios Interdisciplinarios en Agrobiodiversidad, Universidad Veracruzana. Carretera Costera del Golfo km. 220, Col. Agrícola y Ganadera Michapan, C.P. 96100, Acayucan, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. Av. Universidad Veracruzana, Col. Santa Isabel, C.P. 96538, Coatzacoalcos, Veracruz, México.

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México Campus Acayucan. Carretera Costera del Golfo km 216.4, Col. Agrícola Michapan, Acayucan, Veracruz, México. C. P. 9610

#### \*Corresponding Author:

Dinora Vázquez-Luna. Centro de Estudios Interdisciplinarios en Agrobiodiversidad, Universidad Veracruzana. Carretera Costera del Golfo km. 220, Col. Agrícola y Ganadera Michapan, C.P. 96100, Acayucan, Veracruz, México. Teléfono: (924) 247 9122. E-mail: [divazquez@uv.mx](mailto:divazquez@uv.mx)

#### RESUMEN

El maíz nativo es un cultivo de gran importancia en México, especialmente en comunidades rurales donde representa una fuente fundamental de alimento e ingresos; sin embargo, el potencial germinativo del maíz es importante para asegurar una producción exitosa. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial germinativo de tres variedades de maíz nativo de Soteapan, Veracruz, México. Se recolectaron muestras de semillas con diferentes agricultores de la región, y se realizó una caracterización física de las semillas, analizando variables como peso y longitud de la semilla, porcentaje de pureza, porcentaje de germinación, cinética de imbibición, potencial de germinación y viabilidad de la semilla. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas en el potencial germinativo ( $p \leq 0.05$ ), siendo de 84 % para el maíz blanco Tuxpeño, seguido del maíz negro con 76 % y el maíz morado con 41 %. Esto se reflejó en la poca o nula viabilidad, la cual fue del 52 % en el maíz morado y del 17 % en el maíz blanco. Mientras el mayor porcentaje de pureza lo alcanzó el maíz morado ( $97.52 \pm 0.41$  %), seguido del maíz blanco Tuxpeño ( $96.50 \pm 1.08$  %) y el maíz negro ( $95.57 \pm 1.09$  %). Se concluye que el mayor potencial germinativo fue del blanco tuxpeño, mientras que el maíz morado mostró un potencial muy bajo.

#### PALABRAS CLAVE:

*Zea mays*, germinación, sustentabilidad.

## ABSTRACT

Native maize is a very important crop in Mexico, especially in rural communities, where it is a fundamental source of food and income; however, its germination potential is crucial to ensure successful production. Therefore, the objective of this study was to evaluate the germination potential of three native corn varieties from Soteapan, Veracruz, Mexico. Seed samples were collected from different farmers in the region, and a physical characterization of the seeds was performed, including analyses of seed weight and length, purity percentage, germination percentage, imbibition kinetics, germination potential, and seed viability. The results obtained showed significant differences in germination potential ( $p \leq 0.05$ ), with 84 % for Tuxpeño white corn, followed by 76 % for black corn and 41 % for purple corn. This was reflected in the low or nonexistent viability, at 52 % for purple corn and 17 % for white corn. The highest purity was achieved with purple corn ( $97.52 \pm 0.41$  %), followed by Tuxpeño white corn ( $96.50 \pm 1.08$  %) and black corn ( $95.57 \pm 1.09$  %). It is concluded that Tuxpeño white corn had the highest germination potential, while purple corn showed very low potential.

## KEY WORDS:

*Zea mays*, germination, sustainability.

## Introducción

El maíz, *Zea mays* L., es el cultivo alimentario básico más importante de México, con una producción de 27 millones de toneladas en una superficie de más de 7 millones de hectáreas (SADER, 2023), albergando una vasta diversidad de maíces nativos, cada uno adaptado a nichos ecológicos y culturales específicos. Dicha diversidad se manifiesta a través de la presencia de razas primarias, mezclas genéticas entre ellas y la pluralidad de agroecosistemas donde se cultivan, lo que propicia la presencia de patrones etnogenéticos o varietales (Vidal-Martínez *et al.*, 2018), en el contexto de la agricultura de subsistencia, donde los productores a menudo dependen de variedades de semillas nativas transmitidas de generación en generación, la evaluación de la viabilidad y el potencial germinativo adquiere una importancia aún mayor (Carrión *et al.*, 2021). La conservación y el uso sostenible de estos recursos fitogenéticos son fundamentales para la seguridad alimentaria, la resiliencia agrícola y la preservación del patrimonio cultural (Castro-Nava *et al.*, 2018). Asimismo, el potencial de germinación de las semillas es un factor crucial que determina el éxito del establecimiento del cultivo y, en última instancia, el rendimiento agrícola (Ruíz *et al.*, 2017); sin embargo, mucho depende de la viabilidad y la calidad de la semilla, siendo factores decisivos en el éxito de la siembra (Padilha-Dubal *et al.*, 2020).

La viabilidad de las semillas se define como la capacidad que tiene una semilla de germinar y producir una plántula normal en condiciones favorables, y depende de que el embrión esté vivo y no haya sufrido daños irreparables (Corona-Mendoza *et al.*, 2018), siendo una de las características más importantes y que está definida por el porcentaje de semillas puras que germinan en un período determinado (Skonieski *et al.*, 2019), las cuales pueden evaluarse mediante la prueba con tetrazolio, lo que ayuda a determinar la capacidad de germinación (Hernández-Villaseñor *et al.*, 2025).

La germinación, en esencia, representa la reanudación del crecimiento embrionario, un proceso fisiológico intrincado que se desencadena por la imbibición de agua y la activación de vías metabólicas específicas (Wang *et al.*, 2023). La cinética de imbibición es un proceso fundamental en la germinación de semillas, que comprende la activación de procesos metabólicos y el inicio del crecimiento embrionario (Pompelli *et al.*, 2023). Por otro lado, el peso de la semilla también es un factor determinante de la calidad fisiológica, donde las semillas más pesadas suelen tener mayores reservas de nutrientes, favoreciendo una germinación más rápida (Padilha-Dubal *et al.*, 2020).

La evaluación de la viabilidad de las semillas de maíz nativo en Soteapan, Veracruz, México, reviste una importancia significativa debido al papel crucial que desempeña el maíz en la alimentación y la economía de la región (Castañeda-Hidalgo, 2020). El estado de Veracruz ocupa el octavo lugar a nivel nacional en la producción de maíz, aunque sus rendimientos, situados en  $2.2 \text{ t ha}^{-1}$ , son inferiores al promedio nacional de  $3.2 \text{ t ha}^{-1}$  (Carrión *et al.*, 2021). Este contexto subraya la necesidad de investigar y optimizar las prácticas agrícolas locales para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los cultivos de maíz, ya que no solo es un componente esencial de la dieta diaria de los habitantes, sino que también representa una fuente importante de ingresos para los agricultores locales (Barragán *et al.*, 2006). Además, el maíz nativo posee un valor cultural y genético inestimable, adaptado a las condiciones agroecológicas específicas de la región a lo largo de generaciones de cultivo (Ibarrola-Rivas & Galicia, 2017).

Las semillas de maíz nativo a menudo se caracterizan por su diversidad genética, lo que puede traducirse en una variabilidad en el potencial germinativo, por lo que es imperativo evaluar este rasgo en diferentes variedades nativas para identificar aquellas con un alto potencial germinativo y adaptabilidad a las condiciones locales (Huang *et al.*, 2024). Dicho análisis abarca la evaluación de diversos parámetros, como el porcentaje de germinación y la velocidad de germinación, estos indicadores proporcionan información valiosa sobre la calidad de las semillas (Mubarak *et al.*, 2023). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial germinativo de tres variedades de maíz nativo de Soteapan, Veracruz, México, mediante la cinética de imbibición y la viabilidad en semillas.

## Material y Métodos

### Ubicación del área de estudio

En el presente estudio se evaluaron tres variedades de semillas de maíz nativo en el estado de Veracruz, cosechadas durante el ciclo otoño-invierno de 2024. Se colectaron tres genotipos con el mismo período de cosecha del 8 al 12 de noviembre y se seleccionaron a los productores que llevaran a cabo el mismo método de secado tradicional (secado al sol), para asegurar la homogeneidad. El maíz morado se colectó en el municipio de Tatahuicapan de Juárez; el maíz negro fue procedente de Ocozotepec, y el maíz blanco Tuxpeño, de San Fernando, comunidades pertenecientes al municipio de Soteapan, Veracruz (Figura 1).

### Caracterización física de las semillas

La caracterización física de las semillas de cada una de las variedades de maíz se determinó mediante el peso individual de 100 semillas, el peso promedio de 100 semillas y el peso de semillas dañadas (visiblemente no viables), así como la medición de longitud de las semillas (Hernández-Salinas *et al.*, 2022; Japundžić-Palenkić *et al.*, 2022), la metodología por variable se muestra a continuación:

**Peso de una semilla:** Se seleccionaron al azar 100 semillas por variedad, las cuales se pesaron individualmente utilizando una balanza analítica con precisión de  $\pm 0.0001 \text{ g}$  (marca Denver Instrument, TP-114, USA), esto con la finalidad de determinar el peso promedio de la semilla.

**Peso de 100 semillas:** Para determinar la calidad física de la semilla, se tomaron tres lotes de 100 semillas cada uno, por variedad de maíz (Guillen-de laCruz *et al.*, 2018). Se determinó el peso de cada lote en una balanza analítica (VELAB™, Modelo VE-5000, Serie PB).

**Porcentaje de pureza:** Se determinó el número de semillas dañadas por cada variedad de maíz, seleccionando al azar 100 semillas por cada variedad y separando aquellas que presentaban daños físicos visibles, como roturas, grietas o perforaciones. Posteriormente, se pesaron las semillas

dañadas de cada variedad en una balanza analítica (VELAB™, Modelo VE-5000, Serie PB), para obtener el peso total de las semillas dañadas por variedad.

Longitud promedio de las semillas: Con ayuda de un microscopio estereoscópico binocular (VELAB™ VE-S3, EUA), se midió la longitud de 20 semillas por variedad, esto con la finalidad de determinar la longitud promedio de las semillas de estudio.

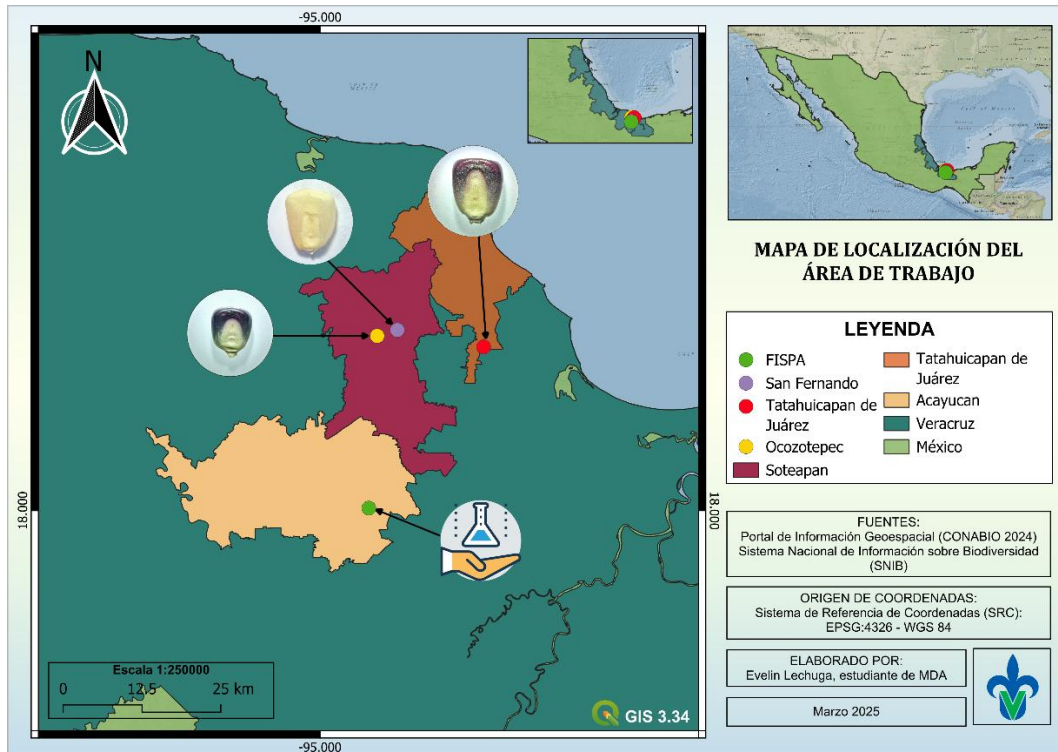


Figura 3. Mapa de localización del área de estudio y la distribución geográfica de las principales localidades de donde se colectaron las variedades de maíz morado, negro, y blanco.

### Cinética de imbibición

La velocidad de hidratación de las semillas permite estimar el tiempo previo a la germinación (Alcalá-Rico *et al.*, 2019). Esta prueba se realizó para determinar la permeabilidad de las semillas de maíz mediante la metodología reportada por Milivojević *et al.* (2021), para lo cual se utilizaron 100 semillas por variedad, divididas en lotes de 25 semillas cada uno. Las semillas fueron distribuidas de manera uniforme en recipientes de plástico, cubiertas en el fondo y la superficie con algodón saturado con agua destilada. Los lotes se pesaron en una báscula digital (Noval Mh300) con una precisión de  $\pm 0.01$  g, evaluando la ganancia de peso cada 2 horas durante 40 horas. Antes de realizar cada pesaje, se retiró el exceso de agua externa de la semilla con ayuda de papel absorbente. Los datos obtenidos por variedad de maíz para realizar cinéticas de imbibición, en términos peso y volumen, considerando para este último, que 1 g de peso aumentado era igual a 1 mL de volumen imbibido.

### Potencial de germinación del maíz

Se utilizaron cuatro lotes de 25 semillas por variedad, las cuales se colocaron en recipientes de plástico cubiertos con algodón saturado con agua destilada durante 60 h. Se registró la hora inicial de germinación para cada variedad de maíz, cuando la radícula comenzó a emerger; finalmente se realizó un conteo del total de semillas germinadas considerando solo a aquellas semillas con un crecimiento radicular mayor o igual a 2 mm (Japundžić-Palenkić *et al.*, 2022).

### Prueba de viabilidad

La viabilidad de las semillas de maíz nativo se determinó mediante la técnica con bromuro de tetrazolio, seleccionando aleatoriamente 100 semillas por cada una de las variedades de los maíces nativos y se embebieron en 200 mL de agua destilada durante 12 h a temperatura ambiente (Japundžić-Palenkić *et al.*, 2022; Milivojević *et al.*, 2021). Se eliminó el agua y se realizó un corte longitudinal a cada semilla por el eje embrional. Después, se depositaron cuidadosamente en cajas Petri de vidrio con el corte hacia abajo y se añadieron 20 mL de la solución de bromuro tetrazolio (1 %, p/v) durante 4 h a 25 °C ± 2 ° C. Se retiró la solución y se enjuagaron las semillas con agua destilada. Finalmente, se observó la tinción de las semillas con el apoyo de un microscopio estereoscópico binocular (VELAB™ VE-S3, EUA). Las semillas se clasificaron según su coloración (Figura 2).



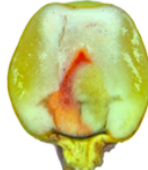
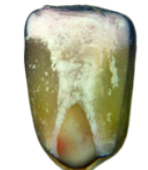
CLASE	VIABILIDAD	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
1	<b>Altamente viables</b>	Semillas con tinción total y uniforme	
2	<b>Viables</b>	Semillas con tinción en más del 80% de la radícula y el embrión	
3	<b>Poco viables</b>	Semillas teñidas en más del 50% de los cotiledones y tinción rosa en el 50% de la radícula	
4	<b>Inviabiles</b>	Semillas con poca o nula tinción	

Figura 2. Clasificación de la viabilidad de semillas de maíz (*Zea mays* L.) basada en tinción con bromuro de tetrazolio, clasificada en cuatro clases de viabilidad (altamente viables, viables, poco viables e inviabiles) de acuerdo con la tinción de los cotiledones y la radícula, acompañada de fotografías representativas, así como los criterios incluyen la uniformidad y el porcentaje de tinción, evaluados para determinar la calidad de las semillas.

### Análisis de resultados

Los datos se sometieron a una prueba de homogeneidad de las varianzas con la prueba de Levene. Los resultados fueron analizados con el software JASP® versión 0.18.1, utilizando el ANOVA con prueba de Tukey ( $p = 0.05$ ).

## Resultados

### Caracterización física de la semilla

La caracterización física de las semillas, que el maíz morado y el blanco tuvieron diferencias en peso y longitud de la semilla ( $p = 0.006$ ), siendo el maíz negro el que presenta las semillas más pequeñas con  $0.295 \pm 0.019$  g y  $0.9 \pm 0.09$  cm (Tabla 1). En cuanto al peso promedio de 100 semillas, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas entre las tres variedades ( $p = 0.001$ ), siendo el maíz blanco tuxpeño el que presentó mayor peso con  $34.67 \pm 1.18$  g; seguido del maíz morado con  $30.57 \pm 0.27$  g, y finalmente, el maíz negro con  $25.65 \pm 0.83$  g. Estos resultados sugieren alta variabilidad en el tamaño de los granos de cada variedad de maíz nativo. La determinación de la pureza de las semillas sugiere que las tres variedades se encontraban visualmente en condiciones óptimas con un porcentaje de pureza de  $95.57 \pm 1.09$  % para el maíz negro,  $96.50 \pm 1.08$  % para el maíz blanco Tuxpeño y de  $97.52 \pm 0.41$  % para el maíz morado.

**Tabla 1. Caracterización física de las semillas de maíz nativo representada por los valores promedio de humedad, peso por semilla, peso de 100 semillas, longitud promedio y porcentaje de pureza.**

Variedad de maíz	Humedad (%)	Peso promedio por semilla (g)	Peso promedio de 100 semillas (g)	Longitud promedio (cm)	Porcentaje de Pureza (%)
Morado	$17.5 \pm 2^a$	$0.374 \pm 0.03^a$	$30.57 \pm 0.25^b$	$1.16 \pm 0.07^a$	$97.52 \pm 0.41^a$
Negro	$10.6 \pm 2^b$	$0.295 \pm 0.01^b$	$25.65 \pm 0.83^c$	$0.94 \pm 0.09^b$	$95.57 \pm 1.09^b$
Blanco Tuxpeño	$10.6 \pm 1^b$	$0.371 \pm 0.02^a$	$34.67 \pm 1.18^a$	$1.17 \pm 0.11^a$	$96.50 \pm 1.08^{ab}$

Se representa la media  $\pm$  error estándar. Letras diferentes expresan diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

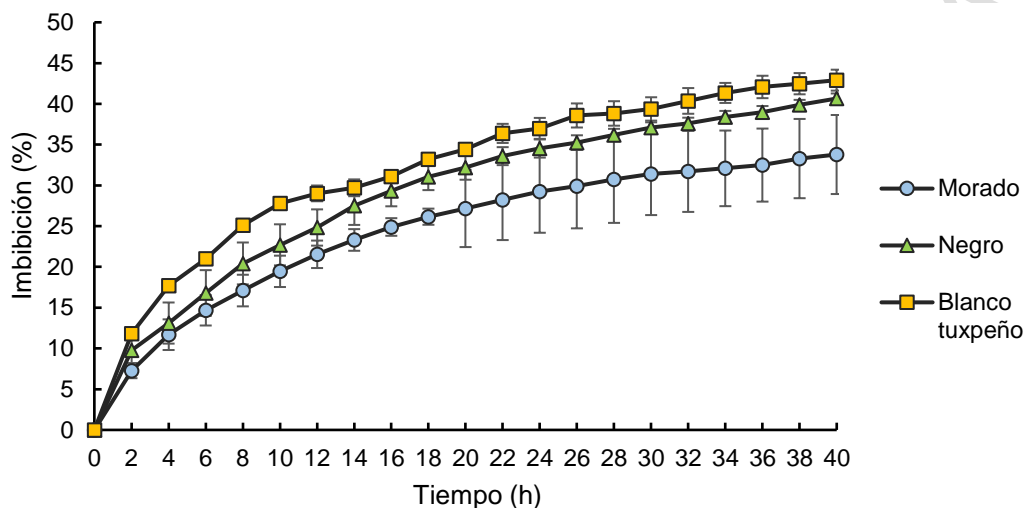
Fuente: Elaboración propia en base en los resultados.

### Cinética de imbibición y potencial de germinación

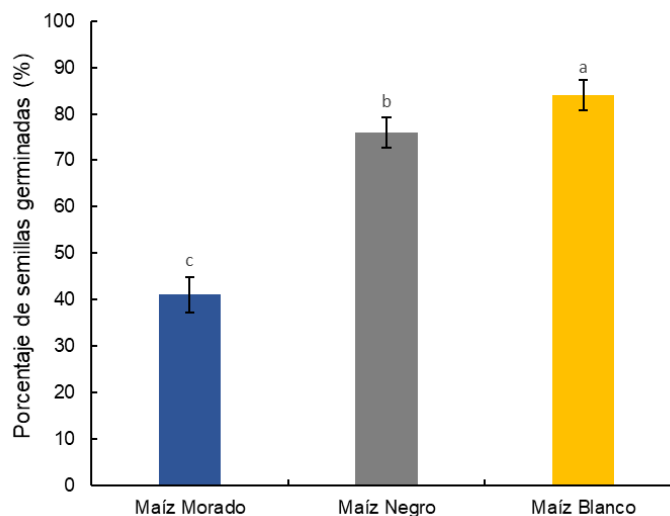
A partir de las 4 h después de sumergirlas en agua se empezaron a encontrar diferencias altamente significativas entre los genotipos ( $p \leq 0.01$ ), ya que el maíz blanco presentó mayor absorción, seguido del morado y negro. Situación que se mantuvo durante las horas que duró el proceso, concluyendo con 42.91 % de absorción en el blanco, seguido del negro con 40.65 % y el morado con 33.78 % (Figura 3). Como resultado, a las 60 horas, el menor potencial de germinación se registró en el maíz morado (41 %), seguido del maíz negro con 76 %, siendo el mejor el maíz blanco con 84 % (Figura 4).

### Viabilidad de la semilla

En respuesta a lo anterior, se encontraron diferencias significativas en cuanto a la viabilidad de los genotipos; por tanto, el maíz con el más bajo potencial de germinación fue el morado, el cual presentó 52 % de semillas con poca y nula viabilidad; mientras que el blanco tuxpeño fue el mejor genotipo con 17 % (Tabla 2).



**Figura 3. Cinética de imbibición de las semillas de las variedades de maíz morado, negro y blanco Tuxpeño a lo largo de 40 horas, mostrando las diferencias en la absorción de agua con el tiempo.** Los datos incluyen barras de error estándar donde se expresan diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



**Figura 4. Potencial de germinación de las semillas de maíz morado, negro y blanco Tuxpeño a lo largo de 60 horas.** Los datos incluyen barras de error estándar. Letras diferentes expresan diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 2. Porcentaje de viabilidad de las semillas de maíz utilizando la prueba de tetrazolio.**

Variedad de maíz	Altamente viables	Viables	Poco viables	Inviabiles
Morado	17 ± 10 <sup>a</sup>	31 ± 6.0 <sup>a</sup>	22 ± 5.2 <sup>a</sup>	30 ± 5.2 <sup>a</sup>
Negro	31 ± 3.8 <sup>b</sup>	49 ± 6.0 <sup>b</sup>	13 ± 6.8 <sup>ab</sup>	7 ± 3.8 <sup>b</sup>
Blanco Tuxpeño	37 ± 3.8 <sup>b</sup>	46 ± 5.2 <sup>b</sup>	10 ± 2.3 <sup>b</sup>	7 ± 2.0 <sup>b</sup>

Los valores de las medias con diferente letra de cada columna indican diferencias estadísticamente significativas. ±: desviación estándar. Fuente: Elaboración propia con base en los resultados.

## Discusión

La caracterización física inicial demostró variabilidad en el tamaño y el peso de las semillas indicando diferencias significativas entre las variedades de maíz morado, blanco y negro, lo que podría influir en su capacidad de germinación y establecimiento temprano (Japundžić-Palenić *et al.*, 2022). Cabe mencionar que el peso de la semilla está relacionado con la cantidad de reservas en el endospermo (Guillen-de laCruz *et al.*, 2018), el cual es un tejido triploide característico de las semillas de angiospermas, que representa una fuente esencial de nutrientes que sustenta el desarrollo embrionario y la germinación (Rangel *et al.*, 2020). Sin embargo, estos datos contrastaron con el análisis de imbibición, ya que las semillas de maíz negro presentaron mayor velocidad de absorción de agua en comparación con el morado. Esto podría deberse a que la variedad de maíz negro presenta una testa más permeable que facilita la entrada de agua a los tejidos internos de la semilla (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2021; Yewle *et al.*, 2023). Esto es importante, ya que la germinación es un proceso fisiológico complejo que depende de la capacidad de la semilla para absorber agua, movilizar las reservas almacenadas y activar las vías metabólicas necesarias para el crecimiento del embrión (Pompelli *et al.*, 2023). Sin embargo, la prueba de viabilidad del maíz morado presentó menor porcentaje de semillas viables en comparación con la variedad de maíz blanco, lo que podría atribuirse a daños durante el almacenamiento o a una menor calidad genética de las semillas (Padilha-Dubal *et al.*, 2020). Estos resultados resaltan la importancia de considerar las características físicas y fisiológicas de las semillas al momento de seleccionar variedades de maíz nativo para la siembra, especialmente en regiones con condiciones ambientales desafiantes (Hernández-Villaseñor *et al.*, 2025).

La cinética de imbibición indica que la variedad del maíz blanco presentó la mayor absorción de agua en comparación con las variedades de maíz morada y negra, lo que sugiere una mayor capacidad para activar los procesos metabólicos necesarios para la germinación (Vieira *et al.*, 1995), lo que podría estar relacionado con una combinación de factores genéticos y ambientales, que podrían favorecer su desarrollo (Gonçalves-Silva *et al.*, 2021). Al respecto, se ha documentado una correlación significativa entre las características estructurales y la capacidad de germinación (Guillen-de laCruz *et al.*, 2018).

La calidad de la semilla, incluyendo su integridad estructural, contenido de nutrientes y nivel de estrés oxidativo, puede influir en su capacidad de germinación y en la uniformidad del establecimiento de las plántulas (Guzzon *et al.*, 2021). Las diferencias en la calidad de la semilla entre los diferentes tipos de maíz es un aspecto importante, porque los pequeños productores en países en desarrollo a menudo utilizan una porción de su cosecha almacenada como semilla para la próxima siembra, por lo que mantener la calidad del grano, incluso en condiciones de humedad, es crucial no solo para garantizar alimentos y piensos libres de contaminantes, sino también para asegurar la disponibilidad de semillas viables (Yewle *et al.*, 2023) y el vigor o capacidad de la semilla para germinar

rápidamente y producir plántulas normales bajo una amplia gama de condiciones ambientales (Omar *et al.*, 2022), siendo un factor crítico que determina la capacidad de las plántulas para emerger y establecerse rápidamente en condiciones ambientales variables (Milivojević *et al.*, 2021; Revens-Meneguzzo *et al.*, 2021).

Otro factor determinante es la pureza, la cual permite garantizar la uniformidad y la calidad de las semillas, que, en este caso, fue mayor en el maíz morado ( $97.52 \pm 0.41$  %), seguido del maíz blanco Tuxpeño ( $96.50 \pm 1.08$  %) y negro ( $95.57 \pm 1.09$  %). Estos altos niveles indican una correcta selección de los granos, pero subraya la importancia de medidas estrictas de control de calidad en la producción de semillas (Chassaigne-Ricciulli *et al.*, 2021) ya que, la variedad del maíz blanco presentó alto potencial de germinación, mientras que el maíz morado presentó el menor potencial, esto podría estar relacionado con diferencias en la permeabilidad de las cubiertas seminales o en la disponibilidad de reservas nutritivas (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2021) e influenciado por protocolos inadecuados de secado (Yewle *et al.*, 2023), ya que los productores secan el maíz de forma tradicional, esto consiste en extenderlo al sol en patios o azoteas, un método que, si bien es común, puede provocar fluctuaciones en la temperatura y humedad, afectando negativamente la calidad y la viabilidad de las semillas (Milivojević *et al.*, 2021). Este método tradicional de secado, aunque aparentemente benigno, expone las semillas a factores estresantes ambientales no controlados que pueden llevar a tasas de germinación reducidas y una mayor susceptibilidad a la contaminación por hongos, cuestiones particularmente críticas para la preservación a largo plazo de la diversidad genética en las razas nativas de maíz (Xu *et al.*, 2022). Asimismo, la arquitectura genética que subyace a la calidad del grano, incluyendo características como el tamaño, la densidad y la dureza del endospermo, que influye profundamente en la calidad general del producto final y su respuesta al procesamiento postcosecha (Lee *et al.*, 2012). Cabe mencionar que la variedad de maíz morado es de gran importancia alimenticia, debido a su valor nutricional y nutracéutico debido a su contenido de antocianinas, compuestos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que benefician la salud humana (Cai *et al.*, 2023; Maldonado-Astudillo *et al.*, 2021). Sin embargo, ha mostrado una tendencia gradual de desuso en algunas comunidades debido a diversos factores, incluyendo la introducción de variedades comerciales, los cambios en las prácticas agrícolas, la pérdida del conocimiento tradicional sobre su manejo y conservación (Sánchez-Nuño *et al.*, 2024) y el bajo potencial germinativo de las semillas (Rangel *et al.*, 2020). Por ello, es necesario implementar estrategias para promover su rescate y aprovechamiento que incluyan la mejora en los métodos de secado (Kim *et al.*, 2023) y de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas tradicionales (Zhao *et al.*, 2021).

## Conclusiones

Las tres variedades de maíz nativo en Soteapan, Veracruz, México, presentan diferencias significativas en su potencial germinativo, donde el maíz blanco mostró el mayor potencial y el maíz morado el menor potencial. Estos resultados resaltan la importancia de realizar estudios de caracterización y evaluación de semillas de maíz nativo para identificar aquellas variedades con mayor potencial germinativo, promover su conservación y uso en la agricultura local. El estudio proporciona información valiosa para los agricultores y tomadores de decisiones en la región, quienes pueden utilizar estos resultados para seleccionar las variedades de maíz nativo adecuadas para sus necesidades y condiciones específicas.

## Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, autor 1, autor 2, autor 3; desarrollo de la metodología, autor 1, autor 2; manejo de software, autor 2.; validación experimental, autor 1, autor 2, autor 3; análisis de resultados, autor 2.; Manejo de datos, autor 1, autor 2.; escritura y preparación del manuscrito, autor 1, autor 2.; redacción, revisión y edición, autor 1, autor 2, autor 3, autor 4; administrador de proyectos, autor 2.; adquisición de fondos autor 2, autor 3.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo: ECLH, DVL, DALR, MCCD, EHD.

## Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

## Agradecimientos

Se agradece al CONAHCyT por la beca de maestría proporcionada.

## Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## Referencias

- Alcalá-Rico, J. S. G. J. A., López-Benítez, A., Vázquez-Badillo, M. E., Sánchez-Aspeytia, D., Rodríguez-Herrera, S. A., Pérez-Rodríguez, M. A. & Ramírez-Godina, F. (2019). Seed Physiological Potential of Capsicum annuum var. glabriusculum Genotypes and Their Answers to Pre-Germination Treatments. *Agronomy*, 9(6), 325. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060325>
- Barragán, G. S., Ramos, H. O., Li, G. V., Llamas, Z. S., Ortega, C. A., & Garibay, J. M. (2006). Diseño mecánico de un prototipo de sembradora de maíz. *Revista Chilena de Ingeniería*, 14(2), 130. <http://www.redalyc.org/pdf/772/77214207.pdf>
- Cai, T., Ge-Zhang, S., & Song, M. (2023). Anthocyanins in metabolites of purple corn. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1154535>
- Carrión, J. M., Valdés-Rodríguez, O. A., & Gallardo-López, F. (2021). Sustainability of Four Agroecosystems in the State of Veracruz, Mexico. *Agro Productividad*, 14(3). [https://www.researchgate.net/publication/360189078\\_Sustainability\\_of\\_Four\\_Agroecosystems\\_in\\_the\\_State\\_of\\_Veracruz\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/360189078_Sustainability_of_Four_Agroecosystems_in_the_State_of_Veracruz_Mexico)
- Castañeda-Hidalgo, E. C. (2020). Caracterización de agroecosistemas de maíz en la planicie costera del Istmo, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1579. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2344>
- Castro-Nava, S., López-Santillán, J. A., Pecina-Martínez, J. A., Mendoza-Castillo, Ma. del C., & Reyes-Méndez, C. A. (2018). Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(4), 645. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i4.1196>
- Chassaing-Ricciulli, A. A., Mendoza-Onofre, L. E., Córdova-Téllez, L., Carballo-Carballo, A., Vicente, F. S., & Dhliwayo, T. (2021). Effective Seed Yield and Flowering Synchrony of Parents of CIMMYT Three-Way-Cross Tropical Maize Hybrids. *Agriculture*, 11(2), 161. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020161>
- Corona-Mendoza, E., Martínez-Rueda, C. G., & Estrada-Campuzano, G. (2018). Determinantes del peso de grano en cultivares nativos e híbridos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1479. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i8.1315>
- Gonçalves-Silva, R. G., García-de-Santana, D., Carvalho-Guimarães, C. & Amaral-da-Silva, E. (2021). Permeability to water and viability in heteromorphic color seeds of *Bowdichia Virgilioides* kunth. *Revista Árvore*, 45. <https://doi.org/10.1590/1806-908820210000025>
- Guillen-de laCruz, P., Velázquez-Morales, R., de la Cruz-Lázaro, E., Márquez-Quiroz, C. & Osorio-Osorio, R., (2018). Seed germination and vigor of landrace maize populations with different proportion of vitreous endosperm. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 34(2), 108-117. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902018005000304>
- Guzzon, F., Gianella, M., Juárez, J. A. V., Sánchez-Cano, C. & Costich, D. E. (2021). Seed longevity of maize conserved under germplasm bank conditions for up to 60 years. *Annals of Botany*, 127(6), 775. <https://doi.org/10.1093/aob/mcab009>
- Hernández-Salinas, G., Toledano-Toledano, F., Pérez-García, M., Sánchez-Valera, O. V., Ramírez-Rivera, E. de J., Serna-Lagunes, R., Rocandio-Rodríguez, M., Purroy-Vásquez, R., Lopez, C., López-Morales, F., & Garduño-Espinosa, J. (2022). Morpho-agronomic evaluation of native maize races associated with Mexican tropical climate agroforestry systems. *PLoS ONE*, 17(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269896>

- Hernández-Villaseñor, L. A., Hernández-Estrada, S., Gómez-Rodríguez, V. M., Ramírez-Vega, H., Villagrán, Z., Ortega-Martínez, A., Montalvo-González, E., Ruvalcaba-Gómez, J. M., González-Silva, N., & Anaya-Esparza, L. M. (2025). Comparison of the Nutritional, Physicochemical, Technological-Functional, and Structural Properties and Antioxidant Compounds of Corn Kernel Flours from Native Mexican Maize Cultivated in Jalisco Highlands. *Crops*, 5(3), 26. <https://doi.org/10.3390/crops5030026>
- Huang, X., Luo, C., Zhang, X., Liu, L., Zhou, X., Niu, P., Jiang, P., Wang, M., & Chu, G. (2024). Screening of Ecotypes and Construction of Evaluation System for Drought Resistance during Seed Germination in Kudouzi (*Sophora alopecuroides*). *Agronomy*, 14(10), 2295. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102295>
- Ibarrola-Rivas, M. J., & Galicia, L. (2017). Rethinking Food Security in Mexico: Discussing the Need for Sustainable Transversal Policies Linking Food Production and Food Consumption. *Investigaciones Geográficas Boletín Del Instituto de Geografía*, 94. <https://doi.org/10.14350/ig.57538>
- Japundžić-Palenkić, B., Bitunjac, V., Fajdetić, N. R., Benković, R., & Marković, M. (2022). Determination of maize (*Zea mays* L.) seed vigor using laboratory methods. *Sjemenarstvo*, 32(2), 79. <https://doi.org/10.33128/s1.32.2.2>
- Kim, H. Y., Lee, K. Y., Kim, M.-J., Hong, M., Deepa, P., & Kim, S. (2023). A Review of the Biological Properties of Purple Corn (*Zea mays* L.). *Scientia Pharmaceutica*, 91(1), 6. <https://doi.org/10.3390/scipharm91010006>
- Lee, E. A., Young, J. A., Fregeau-reid, J., & Good, B. (2012). Genetic architecture underlying kernel quality in food-grade maize. *Crop Science*, 52(4), 1561. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.10.0545>
- Maldonado-Astudillo, Y. I., González, A. A. G., Rogel, Y. L. F., Arámbula-Villa, G., Casamayor, V. F., Jiménez-Hernández, J., Ramírez, M., Álvarez-Fitz, P., & Salazar, R. (2021). Propiedades morfológicas, físicoquímicas y actividad antiproliferativa de maíces pigmentados de Guerrero. *Nova Scientia*, 13(27). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052021000200110](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052021000200110)
- Milivojević, M., Srdić, J., Filipović, M., Petrović, T., Branković-Radojčić, D., Marković, K., & Boćanski, J. (2021). Application of standard germination and vigour tests for seed quality assessment of maize inbred lines. *Selekcija i Semearstvo*, 27(2), 35. <https://doi.org/10.5937/selsem2102035m>
- Morales-Ruiz, A., Díaz-López, E., Vargas-Ramírez, E. J., Resendiz-Melgar, C., Díaz-Oreján, E. T. & Trujillo-Álvarez, A. (2017). Ecophysiological Characterization of Seven Cultivars of Maize (*Zea mays* L.), in the Valley of Tehuacan. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(2), 1870. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.211>
- Mubarak, A. N. M., Mufteeth-Mohammathu, M. M. & Kumara, A. D. N. T. (2023). Will future maize improvement programs leverage the canopy light-interception, photosynthetic, and biomass capacities of traditional accessions? *PeerJ*, 11. <https://doi.org/10.7717/peerj.15233>
- Omar, S., Tarnawa, Á., Kende, Z., Ghani, R. A., Kassai, M. K., & Jolánkai, M. (2022). Germination characteristics of different maize inbred hybrids and their parental lines. *Cereal Research Communications*, 50(4), 1229. <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00250-9>
- Padilha-Dubal, I. T., Carvalho, I. R., Pimentel, J. R., Troyjack, C., Jardel-Szareski, V., Acosta-Jaques, L. B., Gelain-Conte, G., Amaral-Villela, F., Zanatta-Aumonde, T. & Pedó, T. (2020). Physical and physiological quality of corn seeds. *Research Society and Development*, 9(10), 1-22. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8687>
- Pompelli, M. F., Jarma-Orozco, A., & Rodríguez-Páez, L. A. (2023). Imbibition and Germination of Seeds with Economic and Ecological Interest: Physical and Biochemical Factors Involved. *Sustainability*, 15(6), 5394. <https://doi.org/10.3390/su15065394>
- Rangel, M. A., Burgos-Díaz, J. A., Tucuch-Haas, J. I., Benítez-Riquelme, I., & García-Zavala, J. J. (2020). Susceptibilidad de poblaciones nativas de maíz y preferencia del gorgojo en Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1469. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2081>
- Revens-Meneguzzo, M. R., Meneghello, G. E., Nadal, A. P., da Mota-Xavier, F., Morgan-Dellagostin, S., Carvalho, I. R., Pinto-Gonçalves, V., Lautenschleger, F., & Canali-Lângaro, N. (2021). Seedling length and soybean seed vigor. *Ciência Rural*, 51(7). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190495>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2023). Estadísticas de producción agrícola: Maíz. SIAP. [https://nube.agricultura.gob.mx/cierre\\_agricola/](https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/)
- Sánchez-Nuño, Y. A., Zermeno-Ruiz, M., Vázquez-Paulino, O. D., Nuño, K., & Villarruel-López, A. (2024). Bioactive Compounds from Pigmented Corn (*Zea mays* L.) and Their Effect on Health. *Biomolecules*, 14(3), 338. <https://doi.org/10.3390/biom14030338>
- Skonieski, F. R., Viégas, J., Martin, T. N., Mingotti, C. C. A., Pereira, S. N., Tonin, T. J., Dotto, L. R., & Meinerz, G. R. (2019). Effect of Nitrogen Topdressing Fertilization and Inoculation of Seeds with Azospirillum brasilense on Corn Yield and Agronomic Characteristics. *Agronomy*, 9(12), 812. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120812>

- Vidal-Martínez, V. A., Álvarez-Bravo, A., Coutiño-Estrada, B., Ruíz-Corral, J. A., Ramírez-Díaz, J. L., & Sánchez-González, J. de J. (2018). Patrones raciales etnogenéticos de maíces Tabloncillo y Tuxpeño, como mecanismos de conservación de germoplasma nativo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(8), 1727. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1487>
- Vieira, R. D., Minohara, L., Carvalho, N. M., & Bergamaschi, M. C. M. (1995). Relationship of black layer and milk line development on maize seed maturity. *Scientia Agricola*, 52(1), 142. <https://doi.org/10.1590/s0103-90161995000100023>
- Wang, S., Wu, M., Zhong, S., Sun, J., Mao, X., Qiu, N., & Zhou, F. (2023). A rapid and quantitative method for determining seed viability using 2, 3, 5-triphenyl tetrazolium chloride (TTC): with the example of wheat seed. *Molecules*, 28(19), 6828. <https://doi.org/10.3390/molecules28196828>
- Xu, P., Sun, W., Xu, K., Zhang, Y., Tan, Q., Qing, Y., & Yang, R. (2022). Identification of Defective Maize Seeds Using Hyperspectral Imaging Combined with Deep Learning. *Foods*, 12(1), 144. <https://doi.org/10.3390/foods12010144>
- Yewle, N. R., Stroshine, R. L., Ambrose, R. K., & Baributsa, D. (2023). Short-term hermetic storage of wet maize and its effect on quality. *Foods*, 12(4), 891. <https://doi.org/10.3390/foods12040891>
- Zhao, J., He, Y., Huang, S., & Wang, Z. (2021). Advances in the Identification of Quantitative Trait Loci and Genes Involved in Seed Vigor in Rice. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659307>