Acta Agrícola y Pecuaria 11 (núm. esp. 2): e0111037. | e-ISSN: 2395-874X.
https://doi.org/10.30973/aap/2025.11.0111037 (4 de marzo de 2026)

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Germinación de semillas y calidad de plántulas de chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) en respuesta a tratamientos pregerminativos

Seed germination and seedling quality of Amashito peppers (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) in response to pregerminative treatments

Lucero Polanco-Arjona[1], Rubén Humberto Andueza-Noh[2]*, Rene Garruña-Hernández[2], Carlos Juan Alvarado-López[2], Manuel Jesús Zavala-León[3], Vianey González-Jimenez[4], Alfonso Pérez-Gutiérrez[1]

[1] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n, 97345, Conkal, Yucatán, México.

[2] SECIHTI-Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n, 97345, Conkal, Yucatán, México.

[3] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochá, km 24 Antigua Carretera Mérida-Motul, 97454, Mococha, Yucatán, México.

[4] Universidad Popular de la Chontalpa, Division de Ciencias Básicas e Ingeniería, Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 2, 86529, Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor para correspondencia: ruben.andueza@itconkal.edu.mx

Fecha de recepción:
27 de octubre de 2025

Fecha de aceptación:
4 de febrero de 2026

Disponible en línea:
4 de marzo de 2026

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Cómo citar:
Polanco-Arjona, L., Andueza-Noh, R. H., Garruña-Hernández, R., Alvarado-López, C. J., Zavala-León, M. J., González-Jimenez, V., & Pérez-Gutiérrez, A. (2025). Germinación de semillas y calidad de plántulas de chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) en respuesta a tratamientos pregerminativos. *Acta Agrícola y Pecuaria, 11*(núm. esp. 2), e0111037. https://doi.org/10.30973/aap/2025.11.e0111037

RESUMEN

El chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) es una especie de importancia económica en México; sin embargo, su producción se limita por la baja germinación de sus semillas. El objetivo de este estudio fue evaluar la germinación, emergencia y calidad de plántulas mediante distintos tratamientos pregerminativos. Las semillas se sometieron a siete tratamientos: T1) inmersión en agua destilada 36 h; T2) hidrotermia 50 °C 10 min; T3) ácido giberélico (AG_3) a 5,000 ppm 36 h; T4) hidrotermia 50 °C 10 min + AG_3 5,000 ppm 36 h; T5) Biozyme TF® 8 ml, 36 h; T6) hidrotermia 50 °C 10 min + Biozyme TF® 8ml 36 h; y T7) testigo. El contenido de humedad inicial fue de 10 % y 11 %. El tratamiento T3 presentó el mayor porcentaje de germinación (69 %) y emergencia (75 %), seguido de T4 (49 % y 70 %, respectivamente). El tratamiento T6 mostró el mayor índice de calidad de Dickson. En general, T3, T4 y T6 mejoraron la germinación, la emergencia y desarrollo de plántulas de calidad. Estos resultados aportan alternativas prácticas para mejorar del establecimiento comercial del chile Amashito.

PALABRAS CLAVE

Porcentaje de germinación, contenido de humedad, emergencia de plántula, vigor de semilla, hidrotermia.

ABSTRACT

Amashito chili (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) is a species of economic importance in Mexico; however, its production is limited by the low germination capacity of its seeds. The objective of this study was to evaluate germination, seedling emergence, and seedling quality using different pre-germination treatments. Seeds were subjected to seven treatments: T1) immersion in distilled water for 36 h; T2) hydrothermal treatment at 50 °C for 10 min; T3) gibberellic acid (GA3) at 5,000 ppm for 36 h; T4) hydrothermal treatment at 50 °C for 10 min + GA3 at 5,000 ppm for 36 h; T5) Biozyme TF® (8 mL) for 36 h; T6) hydrothermal treatment at 50 °C for 10 min + Biozyme TF® (8 mL) for 36 h; and T7) control. Initial seed moisture content ranged from 10 % to 11 %. Treatment T3 showed the highest germination (69 %) and emergence (75 %), followed by T4 (49 % and 70 %, respectively). Treatment T6 exhibited the highest Dickson Quality Index. Overall, T3, T4, and T6 improved germination, emergence, and the development of high-quality seedlings. These results provide practical alternatives to enhance the commercial establishment of Amashito chili.

KEYWORDS

Germination percentages, moisture content, seedling emergence, seed vigor, hydrotherm.

Introducción

El chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) presenta una amplia distribución geográfica que incluye el sur de Estados Unidos, Centro y Sudamérica (Long, 2011). Se distribuye en diferentes regiones de México con características propias regionales, donde se le conoce como: chile Amashito, chiltepín, chile piquín, chile de monte y chile ma'ax (Medina-Martínez et al., 2014). El chile Amashito ocupa un lugar importante en la gastronomía mexicana por su rico sabor y olor, por lo que representa una fuente de ingresos para las comunidades rurales que lo comercializan. Sin embargo, su cultivo como hortaliza es difícil, debido a que no está definido su manejo agronómico, y por la dificultad y heterogeneidad que presentan sus semillas para germinar (Robles Parra & Garza Lagler, 2015). Su diseminación depende de las aves, cuando ingieren el fruto completo y las semillas son distribuidas a través de las deposiciones (Bañuelos et al., 2008). Se ha observado que, bajo condiciones naturales, el chile Amashito presenta porcentajes de germinación inferiores al 5 % (Rodríguez-del Bosque, 2005). Esta dificultad en la germinación se le atribuye a la latencia fisiológica cuyas condiciones internas de la semilla le impiden germinar, a pesar de que la semilla posee las condiciones favorables para su germinación (Hernández-Verdugo et al., 2010).

Se ha reportado que en especies de *Capsicum* con dificultad para germinar, el uso de tratamientos pregerminativos ayuda a romper la latencia e incrementar los porcentajes de germinación (Beltrán-Burboa et al., 2019). Araiza Lizarde et al. (2011) señalan que al utilizar tratamientos pregerminativos en semillas de *Capsicum* se alcanzan rangos de germinación de 40 % hasta 90 %. González-Cortés et al. (2015) mencionan que al utilizar 1.6 % (v/v) de Biozyme TF® en semillas de *C. annuum* L. var. *glabriusculum* durante 0, 12, 18 y 24 horas observaron porcentajes de germinación de 61.5 %, 83.3 % y 86.6 %, respectivamente. Mireles-Rodríguez et al. (2015) observaron que, al sumergir la semilla de *C. annuum* var. *aviculare* en agua a 50 °C y 5,000 ppm de AG_3 durante seis minutos, se logró promover la germinación e incrementar el crecimiento inicial y final de las plantas. Prado-Urbina et al. (2015) encontraron que, al someter semillas de chile silvestre en una solución de AG_3 a 5,000 mg L^{-1} durante 24 horas, la germinación fue de 92 %. De la Rosa et al. (2012) observaron que la combinación de NaCl 0.5 M y AG_3 350 mg L^{-1} durante 24 h incrementó en 91 % la germinación de semillas de *C. annuum* L. Hacisalihoglu y Ross (2010) indican que los tratamientos de acondicionamiento a la semilla aumentan, revigorizan y aceleran la germinación en condiciones óptimas o adversas.

Con base en lo antes mencionado, se planteó la siguiente hipótesis: la combinación de los reguladores de crecimiento vegetal con hidrotermia incrementan la germinación de la semilla y promueven el desarrollo de plántulas de chile Amashito de buena calidad. El objetivo fue evaluar la uniformidad en la germinación de la semilla, emergencia y calidad de plántulas de chile Amashito.

Materiales y métodos

Material vegetal, extracción, limpieza y selección de semillas

Las semillas se obtuvieron de frutos silvestres de chile Amashito colectados en una huerta y en el mercado municipal de Teapa, Tabasco, México. Las colectas se realizaron en octubre de 2021. Una vez seleccionados los mejores frutos libres de síntomas de enfermedad y con buena apariencia externa, se procedió a realizar la extracción de la semilla de forma manual y con ayuda de un bisturí se eliminaron las impurezas (pericarpio) que pudieron quedar impregnadas en la semilla. Se seleccionaron las semillas de mayor tamaño, sin daño mecánico, ni síntomas de enfermedad o presencia de hongos, y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2 % durante un minuto. Posteriormente, se realizó una prueba de densidad, que consistió en sumergir las semillas en agua por 24 h, de manera que las semillas más pesadas permanecieron en la parte inferior del recipiente, mientras que las semillas vanas e impurezas, en la parte superior (Camacho, 2011). Finalmente, se seleccionaron y contabilizaron 1,400 semillas, mismas que se dividieron en grupos de 100 para someterlas a los diferentes tratamientos pregerminativos.

Siete tratamientos pregerminativos fueron aplicados a las semillas. T1, agua destilada: se depositaron 100 semillas en un vaso de precipitado que contenía 50 mL de agua destilada a temperatura ambiente por un tiempo de 36 h. T2, hidrotermia: se depositaron 100

semillas en un vaso de precipitado que contenía 50 mL de agua destilada a una temperatura de 50 °C, por un tiempo de 10 min, con agitación constante. T3, AG_3 a 5,000 ppm: se sumergieron 100 semillas en un vaso de precipitado que contenía 50 mL de una solución de AG_3 a una concentración de 5,000 ppm durante 36 h. T4, hidrotermia + AG_3 a 5,000 ppm: se depositaron 100 semillas en un vaso de precipitado que contenía 50 mL de agua destilada a una temperatura de 50 °C por un tiempo de 10 min con agitación constante; posteriormente, las semillas fueron retiradas del agua caliente y sumergidas en 50 mL de solución de AG_3 a 5,000 ppm durante 36 h. T5, Biozyme TF® (Arysta Lifescience de México S.A. de C.V., Benito Juárez, México) (Mezcla de AG_3, AIA, AUX, CIT, ZEA): el tratamiento cinco, es una mezcla de reguladores de crecimiento obtenida del producto comercial Biozyme TF®, clasificado como regulador de crecimiento vegetal, su formulación es a base de extractos de plantas con actividad hormonal, siendo sus ingredientes activos el ácido giberélico (AG_3), ácido indolacético (AIA), auxinas, citoquininas, zeatina y microelementos. 8 mL de Biozyme TF® fueron diluidos en 50 mL de agua destilada contenida en un vaso de precipitado y se mezcló durante un minuto; posteriormente, fueron sumergidas 100 semillas durante 36 h. T6, hidrotermia + Biozyme TF®: se depositaron 100 semillas en un vaso de precipitado que contenía 50 mL de agua destilada a una temperatura de 50 °C por un tiempo de 10 min y agitación constante, luego las semillas fueron retiradas del agua caliente y sumergidas en 50 mL del producto comercial Biozyme TF® durante 36 h. T7, testigo: las semillas fueron sembradas sin aplicar algún tratamiento pregerminativo.

Contenido de humedad

Se determinó por el método de secado en estufa. Para cada tratamiento, 100 semillas fueron secadas en un horno de convección de aire forzado a 103 °C durante 24 h. Para calcular el contenido de humedad de la semilla (MC), se utilizó el peso fresco inicial (PF) y el peso seco final (PS) de las semillas de acuerdo con la International Seed Testing Association (ISTA, 2004) con la siguiente fórmula:

$$MC = \frac{PF - PS}{PF} \times 100$$

Donde: *MC* = contenido de humedad (%), *PF*= peso fresco inicial (g) y *PS* = peso seco final (g).

Germinación estándar

La prueba de germinación se realizó con el método entre papel (Moreno Martínez, 1996), que consistió en distribuir de manera uniforme 25 semillas en toallas de papel previamente húmedas con agua destilada; posteriormente, las semillas se cubrieron con otras dos toallas de papel para formar un rollo en forma de taco; enseguida fueron colocadas de forma vertical en bolsas de polietileno transparentes. Cada tratamiento quedó conformado con cuatro repeticiones de 25 semillas y un total de 100 semillas por tratamiento. Las semillas sembradas fueron llevadas a un cuarto de crecimiento a 24 °C para su germinación. Los rollos fueron humedecidos cada dos o tres días dependiendo de las condiciones de humedad. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación (% G), tasa de germinación (TG) y vigor de la semilla.

Para la evaluación del porcentaje de germinación, se contabilizó diariamente el número de semillas germinadas de cada tratamiento durante 21 días. Se consideró que una semilla germinó cuando se observó la protrusión radicular. El porcentaje de germinación y la tasa de germinación fueron calculados utilizando las fórmulas propuestas por ISTA (2004):

$$\%G = \frac{n}{N} \times 100$$

Donde: $\%G$ = porcentaje de germinación, n = número total de semillas germinadas al final de la evaluación y N = número de semillas sembradas.

$$GR = \sum \frac{ni}{Ti}$$

Donde: *GR* = tasa de germinación, *ni* = número de semillas germinadas durante el intervalo de tiempo *Ti*; *Ti* = tiempo desde la siembra hasta el día de conteo.

El vigor de la semilla se evaluó a través del registro del porcentaje de plántulas normales, plántulas anormales, semillas duras y semillas muertas de acuerdo con ISTA (1993).

Emergencia de plántulas

Para evaluar la emergencia de plántulas, cuatro repeticiones de 25 semillas por tratamiento fueron sembradas en charolas germinadoras de polietileno con sustrato de turba o *peat moss* (Mix 3, Sunshine®, sungro® Horticulture, Agawam, Canada), utilizando un total de 100 semillas por tratamiento. Las charolas se cubrieron con un plástico negro para mantener la humedad y temperatura óptima hasta que se observó la emergencia de plántula. El riego se aplicó diario, y cuando las plántulas presentaron hojas verdaderas, se inició la fertilización tres veces por semana con ácidos húmicos obtenidos del producto Humitron®12L (Arysta Lifescience de México, S.A. de C.V., Saltillo, México) a una dosis de 50 mL L^{-1} de agua. Posteriormente, se aplicó el fungicida Metilbenzimidazol-2-il carbamato (Derosal®, Aventis Cropscience, S.A., Miguel Hidalgo, México) a una concentración de 3 mL L^{-1} de agua con la finalidad de prevenir ataques de hongos. La evaluación de las semillas emergidas se realizó todos los días de acuerdo con Garruña-Hernández et al. (2014). Las variables evaluadas fueron porcentaje de emergencia (% E), tasa de emergencia (ER), número de hojas, altura de plántula, diámetro del tallo e índice de calidad de Dickson (ICD).

Para calcular el porcentaje de emergencia (% E), se utilizó la fórmula del porcentaje de germinación descrita anteriormente. Para evaluar la tasa de emergencia (ER), se contabilizó diariamente por cada tratamiento el número de plántulas emergidas durante 35 días y se utilizó la fórmula descrita anteriormente con la que se calculó la tasa de germinación (TG).

Para evaluar la calidad de la plántula, se contabilizo el número de hojas verdaderas, diámetro del tallo, altura y biomasa (masa seca) de las plántulas a los 60 días después de la siembra con la fórmula de Dickson et al. (1960):

$$ICD = \frac{Peso\ seco\ total\ de\ la\ planta\ (g)}{\left(\frac{Altura\ (cm)}{Diámetro\ de\ cuello\ de\ la\ raíz\ (cm)}\right) + \left(\frac{Peso\ seco\ de\ la\ parte\ aérea\ (g)}{Peso\ seco\ de\ la\ raíz\ (g)}\right)}$$

Donde ICD = Índice de Calidad de Dixon.

Análisis estadístico

El trabajo se llevó a cabo bajo un diseño experimental completamente al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos de porcentaje se transformaron con la ecuación Arcsen (X/100) para ajustar la normalidad. El análisis de datos se realizó con el programa InfoStat versión 2017.1.2, mediante un análisis de varianza (ANOVA). Finalmente, se realizó la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

Contenido de humedad de semillas de chile Amashito

El contenido de humedad en los dos lotes de semillas evaluados osciló entre 10 % y 11 % de humedad. El análisis de varianza determinó que no existen diferencias significativas en el contenido de humedad de cada uno de los lotes de semilla evaluados ($p < 0.05$), lo que concuerda con lo recomendado por Copeland y McDonald (2001). Por otro lado, Reveles-Hernández et al. (2013) y San Juan Martínez et al. (2019) reportan en especies de *C. annuum* porcentajes de humedad de 8 % a 10 %. Los resultados de humedad de la semilla observados en este estudio se encuentran dentro del rango recomendado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2014), institución que establece un máximo de 10 % de humedad de la semilla en todas las categorías (básica, registrada, certificada y habilitada). Esto indica que las semillas evaluadas en este estudio se encontraron en buen estado de conservación antes de iniciar las pruebas de germinación estándar y emergencia de plántulas.

Porcentaje y tasa de germinación de semillas de chile Amashito

Con base en los resultados obtenidos, los tratamientos pregerminativos influyeron de manera significativa ($p < 0.05$) en la germinación de la semilla de chile Amashito, alcanzando la máxima germinación a los 12 días después de la siembra (dds). El mejor tratamiento fue el T3 con 69 % de germinación, seguido por los tratamientos T4 con 49 % de germinación y T1 con 38 % de germinación. Estos tratamientos resultaron con diferencias estadísticas ($p < 0.05$) al testigo (T7). Los tratamientos

T2, T5 y T6 fueron estadísticamente iguales al tratamiento T7, con porcentajes de germinación por debajo del 20 % (Figura 1A).

Respecto a la tasa de germinación, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los tratamientos T3 y T4, que presentaron las tasas de germinación más altas, con valores de 1.1 y 0.76 semillas germinadas por día; mientras que las semillas del tratamiento T1 presentaron 0.55 semillas germinadas por día, superior a los tratamientos T2, T5, T6 y T7, que resultaron con las tasas más bajas, con valores que oscilaron de 0.10 a 0.18 semillas germinadas por día, respectivamente (Figura 1B).

La respuesta de la germinación y tasa de germinación en los tratamientos evaluados, en este estudio, se considera baja. De acuerdo con el ISTA (2016), los porcentajes de germinación óptimos deben estar por arriba del 80 %. Oyama et al. (2006) señalan que las condiciones ambientales prevalecientes en los sitios de colecta provocan variación en la germinación de las semillas de chile silvestre, por ser una especie morfológica y genéticamente inestable y, por lo tanto, es difícil lograr una germinación vigorosa y uniforme. En estudios previos, Cano-Vázquez et al. (2015) mencionan que, al utilizar 5,000 ppm de AG_3 en semillas de chile piquín (*C. annuum* L. var. *glabriusculum*), se obtienen

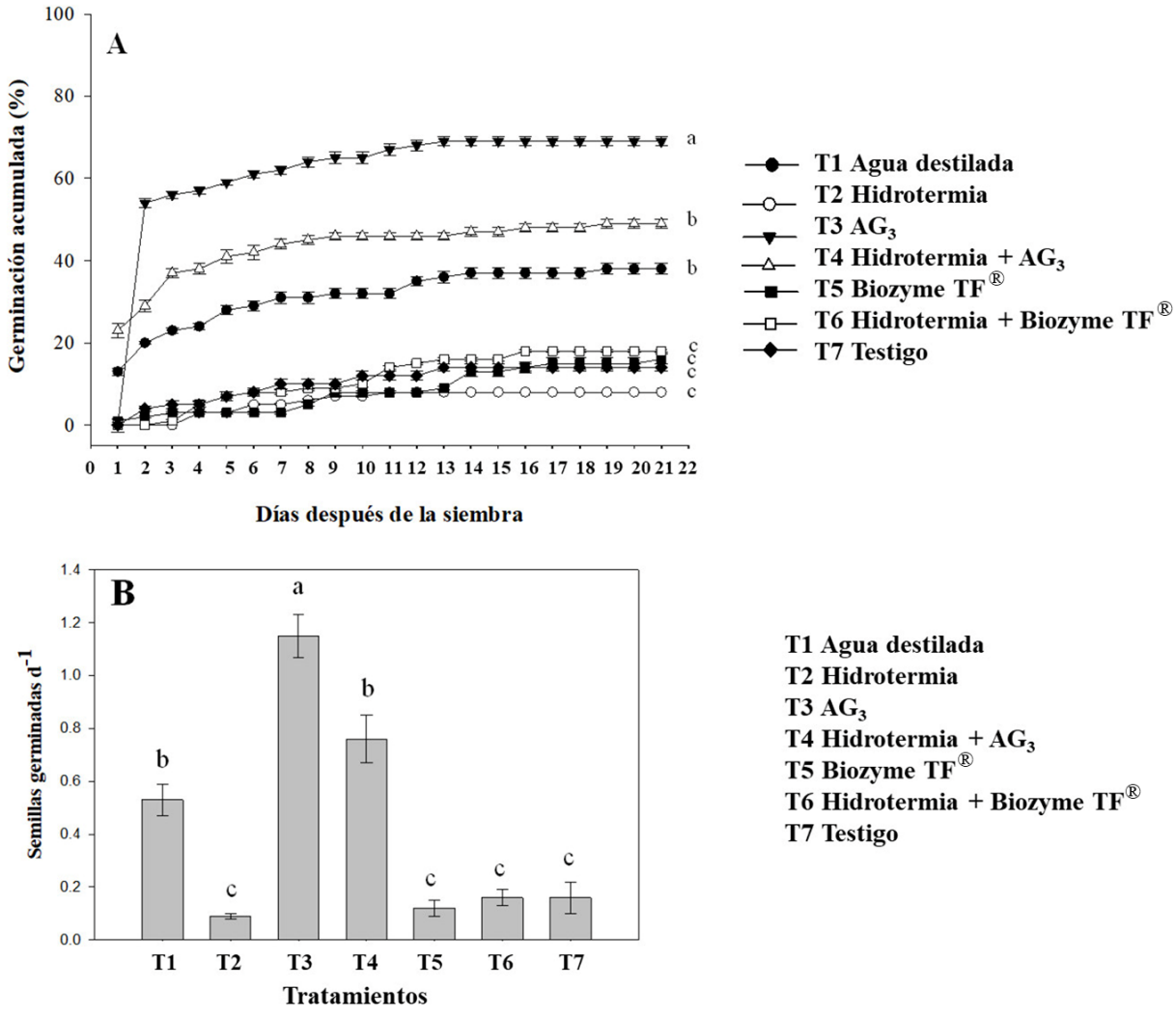

Figura 1. Germinación de semillas de chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) sometidas a tratamientos pregerminativos hidrotérmicos y hormonal. A) Porcentaje de germinación (% G); B) tasa de germinación (% de semillas germinadas d^{-1}). Los valores presentados son medias ± EE. Tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey, $p > 0.05$).

porcentajes de germinación de 0-66 %, resultado similar a lo reportado en este estudio (69 % de germinación). Los resultados obtenidos en este estudio con los tratamientos T3, T4 y T1 son superiores a lo reportado por Hernández-Verdugo et al. (2010), quienes, al utilizar AG_3 en dosis de 250 ppm y 500 ppm en semillas de chile silvestre, obtuvieron promedios de germinación de 46 % y 43 %, respectivamente. Ayala-Villegas et al. (2014), al evaluar la germinación de dos variedades de chile, extraídas de frutos con diferentes grados de maduración, obtuvieron porcentajes de germinación de 44 % en semillas de chile guajillo y una variación de 17 % a 52 % de germinación en semillas de chile de árbol, porcentajes que se encuentran por debajo del obtenido con el tratamiento T3 de este estudio. Kermode (1995) señala que los bajos porcentajes de germinación pueden ser debido a que la semilla aún no ha sintetizado las reservas necesarias (proteínas, lípidos o azúcares), las cuales utiliza durante las actividades metabólicas junto con enzimas y hormonas que desempeñan un papel importante en la germinación.

La tasa de germinación promedio obtenida en este estudio (1.1 semilla germinadas d^{-1}) fue similar a lo reportado por Hernández-Pinto et al. (2020) en semillas de *C. chinense* Jacq. Por su parte, Saeidi et al. (2020), al aplicar 500 ppm de AG_3 y 100 ppm de NAA en semillas de pimiento California-Wonder, obtuvieron una tasa de germinación de 0.85 semillas germinadas d^{-1}, valor similar a lo observado en nuestro estudio. Demir et al. (2008) señalan que, a mayor tasa de germinación, las plántulas tienden a presentar un mejor desarrollo al observarse más grandes, vigorosas y homogéneas. Sin embargo, Moreno y Jiménez (2013) indican que el porcentaje y la tasa de germinación están relacionados con la adaptación de las plántulas a condiciones de campo; pues es importante considerar el genotipo, condiciones ambientales y características de la planta madre debido a que influyen en la calidad de la semilla, germinación y vigor (Carrillo et al., 2009). Algunos autores han reportado bajas tasas de germinación en semillas de chile piquín y lo atribuyen a la impermeabilidad y dureza de la cubierta seminal, a la baja permeabilidad del endospermo y a una latencia profunda del embrión (Bañuelos et al., 2008). Alderete et al. (2005) mencionan que el vigor y desarrollo de la plántula están estrechamente relacionados con el origen y ambiente donde se busca propagar su cultivo.

Vigor de semillas de chile Amashito

Para determinar el vigor de las semillas al concluir la germinación (21 dds), las semillas fueron clasificadas en plántulas normales, anormales, semillas duras y semillas muertas (ISTA, 1993). Los tratamientos T4 y T3 presentaron mayores porcentajes de plántulas normales. Respecto a las plántulas anormales, el tratamiento T3 presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) con una media de 36 % de plántulas anormales, los demás tratamientos resultaron estadísticamente iguales al testigo, con porcentajes que oscilaron entre 5 % y 18 %. El mayor número de semillas duras se observó en los tratamientos T5, T6 y T7. En cuanto al número de

Cuadro 1. Plántulas normales y anormales, semillas duras y semillas muertas de chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) sometidas a tratamientos pregerminativos.

Tratamientos	PN	PA	SD	SM
T1 (agua destilada)	20.00 ± 1.63^{b}	18.00 ± 6.00^{b}	31.00 ± 5.26^{bc}	31.00 ± 2.52^{ab}
T2 (hidrotermia)	4.00 ± 0.00^{c}	4.00 ± 0.00^{b}	50.00 ± 2.58^{ab}	42.00 ± 2. 58^{a}
T3 (AG_3)	33.00 ± 3. 42^{a}	36.00 ± 4.00^{a}	19.00 ± 2.52^{c}	12.00 ± 2.31^{cd}
T4 (hidrotermia + AG_3)	39.00 ± 3.00^{a}	10.00 ± 2.00^{b}	45.00 ± 4.43^{ab}	6.00 ± 1.15^{d}
T5 (Biozyme TF®: AG_3, AIA, AUX, CIT, ZEA)	12.00 ± 4.90^{bc}	4.00 ± 0.00^{b}	61.00 ± 6. 61^{a}	23.00 ± 2.52^{bc}
T6 (hidrotermia + Biozyme TF®)	13.00 ± 1.00^{bc}	5.00 ± 1.00^{b}	65.00 ± 6. 81^{a}	17.00 ± 6.61^{bcd}
T7 (testigo)	4.00 ± 0.00^{c}	10.00 ± 3.46^{b}	65.00 ± 3. 79^{a}	21.00 ± 4.43^{bcd}

Los datos son medias ± EE. Tratamientos con la misma literal en cada columna son estadísticamente similares, (Tukey, $p > 0.05$). PN = plántulas normales; PA = plántulas anormales; SD = semillas duras; SM = semillas muertas.

semillas muertas, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo los tratamientos T1 y T2 los que presentaron el mayor porcentaje de semillas muertas con 31 % y 42 %, respectivamente (Cuadro 1).

Los resultados de vigor de semilla obtenidos con los tratamientos T4 y T3 son similares a lo reportado por Herrera-Aguilar et al. (2018), quienes reportan 39.38 % de plántulas normales al someter semillas de *C. annuum* var. *aviculare* a una prueba de envejecimiento acelerado. Con respecto al número de semillas duras y muertas, los resultados observados en este estudio son menores a lo reportado por Caughey-Espinoza et al. (2020), quienes, al evaluar la viabilidad de semillas de *C. annuum* L. var. *glabriusculum* con tetrazolio al 1 %, reportaron 84 % y 89 % de semillas duras y muertas, respectivamente. Moreno Martínez (1996) señala que, durante la germinación las semillas, al no absorber agua a causa de la impermeabilidad, estas permanecen duras al final de la germinación y las semillas muertas son aquellas que no germinan y presentan un aspecto descolorido y blando causado por mohos y hongos.

Porcentaje y tasa de emergencia en semillas de chile Amashito

Los tratamientos pregerminativos evaluados influyeron de manera significativa ($p < 0.05$) en la emergencia de las semillas de chile Amashito con promedios de 75 % y 42 %. Sin embargo, el porcentaje de emergencia (% E) máximo se presentó a los 16 dds. Los tratamientos T3, T4 y T1 presentaron los mayores porcentajes de emergencia con 75 %, 70 % y 50 %, respectivamente. Los tratamientos T3, T4 y T6 resultaron estadísticamente superiores a los demás tratamientos (Figura 2A).

En la velocidad de emergencia, se observó diferencias significativas ($p < 0.05$) con un rango de variación de 1.0-0.23 plántulas d^{-1}, siendo los tratamientos T3 y T4 los que presentaron las tasas de emergencia más altas con 1.0-0.83 plántulas d^{-1}. Los demás tratamientos fueron estadísticamente iguales al T7 (testigo) con la tasa más baja, la cual osciló en un rango de 0.23-0.39 plántulas d^{-1} (Figura 2B).

Los resultados de porcentaje y tasa de emergencia observados en los tratamientos T3, T4 y T1 fueron superiores a lo reportado por Nieto-Garibay et al. (2009) en semillas de *C. frutescens* y similares a los resultados de Moo-Muñoz et al. (2016), quienes observaron porcentajes de emergencia de 48 % y tasa de emergencia de 1.15 plántulas emergidas d^{-1} al evaluar semillas de *C. chinense*. Los otros tratamientos aplicados a la semilla, en este estudio, presentaron la tasa de emergencia más baja. Cabe mencionar que Soltani et al. (2006) señalan que el retraso en la emergencia y tasa de emergencia están relacionados con los factores bióticos (hongos, bacterias y plagas) o abióticos (temperaturas altas o bajas, sequía o exceso de humedad). A su vez, García et al. (2015) mencionan que al aplicar AG_3, a 10-2 M, 10-4 M y 10-6 M, en semillas de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm., embebidas por cuatro horas, observaron porcentajes de emergencia de 20.26 %, 10.44 % y 11.59 %, respectivamente. Garruña-Hernández et al. (2014), al evaluar AG_3 a una concentración de 400 ppm en semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), observaron el inicio de la emergencia a los 4 dds, con promedios de emergencia cercanos a 65 %; estos valores son similares a lo reportado en este estudio. Los bajos porcentajes de emergencia y tasa de emergencia obtenidos en este estudio pueden atribuirse a la condición genética o pérdida de viabilidad de la semilla que causan inestabilidad en la uniformidad de la germinación y emergencia de plántulas (Mandu et al., 2020).

Calidad de plántula de chile Amashito

Para determinar la calidad de las plántulas de chile Amashito, se evaluaron el número de hojas, la altura, el diámetro del tallo y la biomasa (masa seca); con ayuda de estas variables, se calculó el ICD. Para la variable número de hojas, el tratamiento T4 presentó la mayor cantidad ($p < 0.05$). Respecto a la altura de la plántula, los tratamientos T4 y T3 obtuvieron mayor altura ($p < 0.05$) con valores de 5.88-5.42 cm en comparación con el testigo (T7), que presentó plántulas de 3.25 cm. Por otro lado, la variable diámetro de tallo presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) en los tratamientos T3, T4, T5 y T6 (Cuadro 2). Respecto a la evaluación de la biomasa (masa seca) en este estudio, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los tratamientos T5 y T6. Las plántulas de los tratamientos T5 y T6 presentaron el mayor valor de ICD con una medida de 0.16 y 0.15 unidades de calidad; mientras que el resto de los tratamientos presentaron menor valor de IDC, cuyo registro varió de 0.11 a 0.7 unidades (Figura 3).

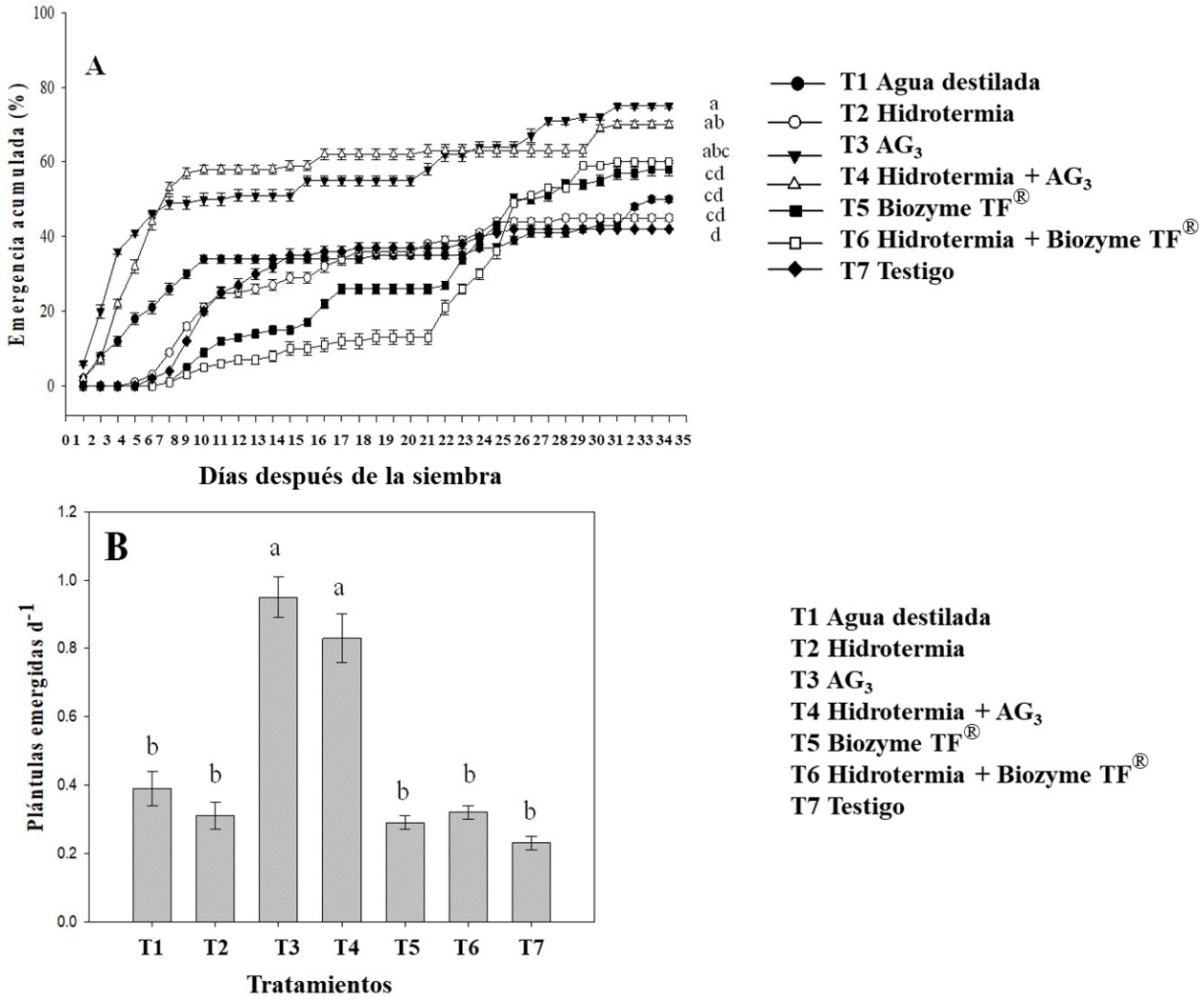

Figura 2. Emergencia de semillas de chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) sometidas a tratamientos pregerminativos hidrotérmicos y hormonal. A) Porcentaje de emergencia (% E); B) tasa de emergencia (% de plántulas emergidas d^{-1}). Los valores presentados son medias ± EE. Tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey, $p > 0.05$).

Cuadro 2. Número de hojas, altura y diámetro de tallo de plántulas de chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*).

Tratamientos	Núm. de hojas	Altura (cm)	Diámetro de tallo (mm)
T1 (agua destilada)	5.83 ± 0.21^{cd}	3.73 ± 0.11^{c}	0.18 ± 0.01^{bc}
T2 (hidrotermia)	6.53 ± 0.22^{bc}	3.64 ± 0.12^{c}	0.16 ± 0.01^{cd}
T3 (AG_3)	7.23 ± 0.21^{ab}	5.42 ± 0.15^{a}	0.20 ± 0.01^{ab}
T4 (hidrotermia + AG_3)	7.38 ± 0.18^{a}	5.88 ± 0.16^{a}	0.20 ± 0.01^{ab}
T5 (Biozyme TF®: AG_3, AIA, AUX, CIT, ZEA)	7.08 ± 0.15^{ab}	4.43 ± 0.10^{b}	0.23 ± 0.01^{a}
T6 (hidrotermia + Biozyme TF®)	6.78 ± 0.20^{ab}	4.35 ± 0.12^{b}	0.22 ± 0.01^{a}
T7 (testigo)	5.60 ± 0.21^{d}	3.25 ± 0.11^{c}	0.15 ± 0.01^{d}

Los datos son medias ± EE. Tratamientos con la misma literal dentro de columnas son estadísticamente iguales, (Tukey, $p < 0.05$).

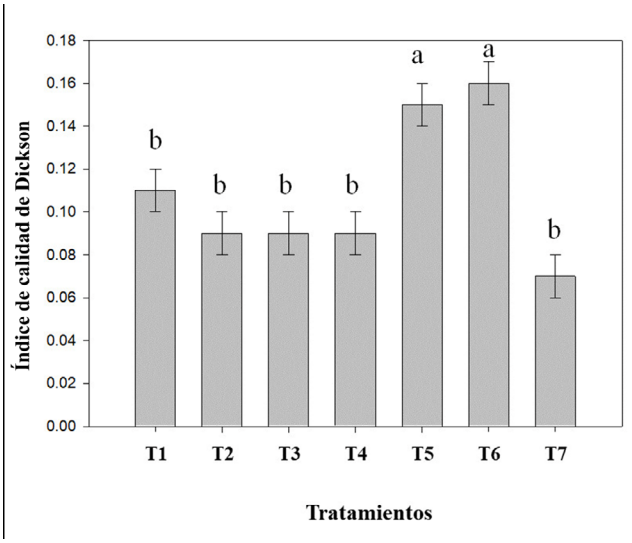

Figura 3. Índice de calidad de Dickson de plántulas de chile Amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p > 0.05$).

ICD es considerado uno de los mejores y más complejos indicadores de calidad de plántula, el cual expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura, pero con mayor vigor (Dickson et al., 1960). Cabe mencionar que, en este estudio, los tratamientos hormonales combinados con hidrotermia (T3 y T4) presentaron los promedios más altos en número de hojas y altura de plántula. En cuanto al diámetro del tallo, T5 y T6 presentaron los mayores valores, y en ICD, nuevamente las plántulas de T5 y T6 obtuvieron los índices de calidad más altos. Aldrete et al. (2023) señalan que los rangos de ICD van de 0.2 a 0.5, siendo los valores menores a 0.2 considerados de baja calidad; 0.2 y 0.5, de calidad media, y mayores de 0.5, de calidad alta. En este sentido, las plántulas de los tratamientos evaluados en este estudio, incluyendo al testigo, se consideran de alta calidad al presentar rangos de 0.7 a 0.11 unidades de calidad. Villalón Mendoza et al. (2018) reportan un alto ICD con rangos de 0.18 a 0.20 unidades de calidad, al evaluar dióxido de silicio y lombricomposta en *C. annuum* L. var. *glabriusculum*. Por otro lado, Fonseca et al. (2016) señalan que un aumento en el ICD representa plántulas de mayor vigor y calidad para el trasplante; atribuyendo la capacidad de sobrevivir y crecer adecuadamente a las características genéticas de la semilla y a las técnicas empleadas durante el ciclo de producción (Muñoz Flores et al. 2015). En estudios previos, Guzmán-Antonio et al. (2012) reportan un bajo ICD en chile habanero (*C. chinense*) variedad naranja al evaluar el efecto del ácido salicílico sobre la calidad de plántulas. Mientras que Bernaola Paucar et al. (2016) señalan que debe existir un equilibrio entre la biomasa aérea y la biomasa radical para obtener una planta de alta calidad con un alto valor en el ICD.

Conclusiones

La aplicación de AG_3 a una concentración de 5,000 ppm de manera individual y en combinación con hidrotermia (T3 y T4) influyeron de manera positiva en la germinación de la semilla y en la emergencia de plántulas de chile Amashito al obtener porcentajes por encima del 60 %. Así, T3 (AG_3) y T4 (hidrotermia + AG_3) permitieron una mejor respuesta en las variables morfológicas número de hojas y altura de plántula. En tanto que las plántulas de T5 (Biozyme TF®) y T6 (Hidrotermia + Biozyme TF®) presentaron los tallos más gruesos y fueron las de mejor calidad, por lo que se consideran aptas para establecerse en campo.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Instituto Tecnológico de Conkal por las facilidades brindadas para el desarrollo de la investigación, así como, a la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada para el desarrollo de sus estudios de posgrado.

Literatura citada

Aldrete, A., Sánchez, V. J. R., Rodríguez A. M., & Trejo R. D.A. (2023). Calidad de planta en viveros forestales. En A. Aldrete, J. R., Sánchez-Velázquez, M. Aguilera-Rodríguez, D. Cibrián-Tovar & S. E. García-Díaz (Eds.). *Manual de buenas prácticas para el manejo de la salud de planta en viveros forestales*. Universidad Autónoma Chapingo.

Alderete, A., Mexal, J. G., & López-Upton, J. (2005). Provenance variation and response to chemical root pruning in *Pinus greggi* seedlings. *Agrociencia, 39*, 563-564.

Araiza Lizarde, N., Araiza Lizarde, E., & Martínez-Martínez, J. G. (2011). Evaluación de la germinación y crecimiento de Plántula de Chiltepín (*Capsicum an-*

nuum L variedad *glabriusculum*) en invernadero. *Revista Colombiana de Biotecnología, 13*(2), 170-175.

Ayala-Villegas, M. J., Ayala-Garay, Ó. J., Aguilar-Rincón, V. H., & Corona-Torres, T. (2014). Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. *Revista Fitotecnia Mexicana, 37*(1), 79-87. https://doi.org/10.35196/rfm.2014.1.79

Bañuelos, N., Salido, P. L., & Gardea, A. (2008). Etnobotánica del chiltepín. Pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. *Estudios Sociales, 16*(32), 177-205.

Beltrán-Burboa, J. N., López-Peralta, M. C. G., Hernández-Meneses, E., & Cruz-Huerta, N. (2019). Germinación *in vitro* de chile chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) y regeneración por organogénesis. *Agrociencia, 54*, 195-208.

Bernaola Paucar, R. M., Zamora Natera, J. F., Vargas Radillo, J. de J., Cetina Alcalá, V. M., Rodríguez Macías, R., & Salcedo Pérez, E. (2016). Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino en sistema Doble-Trasplante. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 7*(33), 74-93.

Camacho, M. F. (2011). *Dormición de semillas: causas y tratamientos*. Trillas.

Cano-Vázquez, A., López-Peralta, M. C., Zavaleta-Mancera, H. A., Cruz-Huerta, N., Ramírez-Ramírez, I., Gardea-Béjar, A., & González-Hernández, V. A. (2015). Variación en grados de latencia en semillas entre colectas de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*). *Botanical Sciences, 93*(1), 175-184. https://doi.org/10.17129/botsci.138

Carrillo, E. P., Mejía, C. J. A., Carballo, C. A., García, D. S. G., Aguilar, R. V. H., & Corona, T. T. (2009). Calidad de semilla en colectas de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) de los valles centrales de Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México, 35*, 257-266.

Caughey-Espinoza, D. M. M., Buitimea-Cantúa, G. V., Buitimea-Cantúa, N. E., Ayala-Astorga, G. I., & Ochoa-Meza, A. (2020). Physicochemical properties and yield of chiltepin fruits (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) cultivated under different growth conditions. *IDESIA, 38*(3), 77-86. http://doi.org/10.4067/S0718-34292020000300077

Copeland, O. L. & McDonald, M. B. (2001). *Principles of Seed Science and Technology*. Kluwer Press.

De la Rosa, M., Arce, L., Villarreal, J. A., Ibarra, L., & Lozano, J. (2012). Germinación de semillas de chile simojovel (*Capsicum annuum* L.) previamente expuestas a NaCl y ácido giberélico. *Phyton-International Journal of Experimental Botany, 81*, 165-168. https://doi.org/10.32604/phyton.2012.81.165

Demir, I., Ermis, S., Mavi, K., & Matthews, S. (2008). Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. *Seed Science and Technology, 36*(1), 21-30. https://doi.org/10.15258/sst.2008.36.1.02

Dickson, A., Leaf, L. A., & Hosner, F. J. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle, 36*(1), 10-13. https://doi.org/10.5558/tfc36010-1

Fonseca, R. D. M., Vieira, T. B. F., & Steiner, M. F. (2016). Quality of cucumber seedlings grown in different containers. *Journal of Neotropical Agriculture, 3*(1), 33-38. https://doi.org/10.32404/rean.v3i1.820

García, O. H. T., Escobedo, B. L., Robledo, T. V., Benavides, M. A., & Ramírez, G. F. (2015). Germinación y micropropagación de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) tetraploide. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12*, 2301-2311.

Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Ayala-Garay, O., Santamaría, J. M., & Pinzón-López, L. (2014). Acondicionamiento pre-siembra: una opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia, 48*(4), 413-423.

González-Cortés, N., Jiménez Vera, R., Guerra Baños, E. C., Silos Espino, H., & Pairo de la Cruz, E. (2015). Germinación del chile amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (Núm. Esp. 11), 2211-2218. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.800

Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L., Ruiz-Sánchez, E., & Zúñiga-Aguilar, J. (2012). Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía Mesoamericana, 23*(2), 247-257.

Hacisalihoglu, G., & Ross, Z. (2010). The influence of priming on germination and soil emergence of non-aged and aged annual ryegrass seeds. *Seed Science and Technology, 38*(1), 214-217. https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.1.21

Hernández-Pinto, C., Garruña, R., Andueza-Noh, R., Hernández-Nuñez, E., Zavala-León, M. J., & Pérez-Gutiérrez, A. (2020). Post-harvest storage of fruits: An altenative to improve physiological quality in habanero

pepper seeds. *Revista Bio Ciencias, 7*, e796. https://doi.org/10.15741/revbio.07.e796

Hernández-Verdugo, S., López-España, R. G., Porras, F., Parra-Terrazas, S., Villareal-Romero, M., & Osuna-Enciso, T. (2010). Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chiles silvestres. *Agrociencia, 44*, 667-677.

Herrera Aguilar, A., Cervantes Ortiz, F., Antuna Grijalva, O., García Rodríguez, J. G., Rodríguez Mercado, D., Rodríguez Herrera, S. A., Andrio Enríquez, E., & Mendoza Elos, M. (2018). Deterioro de la calidad de la semilla de chile piquín de cuatro colectas en Querétaro y Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9*(8), 1627-1638. https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1719

International Seed Testing Association. (1993). *Rules for Seed*. ISTA Editions.

International Seed Testing Association. (2004). *International Rules for Seed Testing*. ISTA Editions.

International Seed Testing Association. (2016). *International Rules for Seed Testing*. ISTA Editions.

Kermode, A. R. (1995). Regulatory mechanisms involved in transition from seed development to germination: between the embryo and the seed environment. En J. Kigel & G. Galili (Eds.), *Seed Development and Germination* (pp. 273-332). Routledge.

Long, J. T. (2011). Capsicum *y cultura: La historia del chilli en México*. Fondo de Cultura Económica.

Mandu, V. da C., de Azerêdo, G. A., da Silva, H. J., Silva, J. H. C. S., & Araújo, E. da S. (2020). Emergência de plântulas e vigor de sementes de fava. *Cadernos de Agroecología, 15*(4).

Medina-Martínez, T., Villalón-Mendoza, H., Pérez-Hernández, J. M., Sánchez Ramos, G., & Salinas-Hernández, S. (2014). Avances y perspectivas de investigación del chile piquín en Tamaulipas, México. *CienciaUAT, 4*(4), 16-21.

Mireles-Rodríguez, E., Moctezuma-Balderas, N. L., Castro-Nava, S., Salazar-Hernández, R., Lucio-Castillo, H., & Pérez-Jasso, C. (2015). Preacondicionamiento en la germinación de cuatro colectas de chile piquín (*Capsicum annuum* var. aviculare) de Tamaulipas, México. *Acta Agrícola y Pecuaria, 1*(3), 99-106.

Moo-Muñoz, A. J., Ayala-Garay, O. J., Latournerie-Moreno, L., Tzec-May, Y. A., & Pinzón-López, L. L. (2016). Efecto de la madurez y secado de Semilla de *Capsicum chinense* Jacq. en la germinación y Calidad fisiológica de plántula. *Agroproductividad, 9*(1), 63-67.

Moreno Martínez, E. (1996). *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Moreno, B., & Jiménez, S. (2013). Efecto del acondicionamiento osmótico en semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Santa Clara. *Conexión Agropecuaria, 3*(2), 11-17.

Muñoz Flores, H. J., Sáenz Reyes, J. T., Coria Avalos, V. M., García Magaña, J. de J., Hernández Ramos, J., & Manzanilla Quijada, G. E. (2015). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6*(27), 72-89.

Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., García-Hernández, J. L., Murillo-Aamador, B., Ruiz-Espinoza, F. H., & Pimienta-Barrios, E. (2009). Efecto del estrés hídrico edáfico en emergencia y desarrollo de plántula en las especies de chile *Capscicum frutescens* L. y *Capsicum annuum* L. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10*, 405-413.

Oyama, K., Hernández-Verdugo, S., Sánchez, C., González-Rodríguez, A., Sánchez-Peña, P., Garzón-Tiznado, J. A., & Casas, A. (2006). Genetic structure of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from northwestern Mexico analyzed by RAPDs. *Genetic Resources and Crop Evolution, 53*, 553-562. https://doi.org/10.1007/s10722-004-2363-1

Prado-Urbina, G., Lagunes-Espinoza, L. del C., García-López, E., Bautista-Muñoz, C., Camacho-Chiu, W., Mirafuentes G., F., & Aguilar-Rincón, V. H. (2015). Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pre-germinativos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 2*(5), 139-149. https://doi.org/10.19136/era.a2n5.765

Reveles-Hernández, M., Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L. R., & Mena-Covarrubias, J. (2013). *Selección y conservación de semilla de chile: Primer paso para una buena cosecha* (Folleto Técnico, núm. 51). CIRNOC; Campo Experimental Zacatecas; INIFAP.

Robles Parra, J. M., & Garza Lagler, M. C. (2015). Restricciones de mercado y condicionantes a la organización en la comercialización de chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) en el mercado norteamericano. *Revista Mexicana de Agronegocios, 36*, 1230-1240.

Rodríguez-del Bosque, L. A. (2005). Preferencia del consumidor por el chile piquín en comparación con otros

chiles en el noreste de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura, 11*(2), 279-281.

Saeidi Tombegavani, S., Zahedi, B., Mousavi Fard, S., & Ahmadpour, A. (2020). Response of germination and seedling growth of pepper cultivars to seed priming by plant growth regulators. *International Journal of Horticultural Science and Technology, 7*(1), 59-68. https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.274293.275

San Juan Martínez, J., Aquino Bolaños, T., Ortiz-Hernández, Y. D., & Cruz-Izquierdo, S. (2019). Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) producido en hidroponia. *IDESIA, 37*(2), 87-94. https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000200087

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2014). *Regla para la calificación de semilla de chile (*Capsicum *spp.)*. SAGARPA.

Soltani, A., Robertson, M. J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M., & Sarparast, R. (2006). Modelling seedling emergence in chickpea as influences by temperature and sowing depth. *Agricultural and Forest Meteorology, 138*(1-4), 156-167. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.04.004

Villalón Mendoza, H., Castillo-Villareal, M. A., Garza-Ocañas, F., Guevara-González, J. A., & Sánchez-Castillo, L. (2018). Dióxido de silicio como estimulante del índice de calidad de plantas de chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) producidas en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 9*(50), 295-303. https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.247