

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Características del fruto y tratamientos pregerminativos a las semillas de chile piquín provenientes de diferentes colectas en México

Characteristics of the fruit, and the influence of pregerminative treatments on the piquin chili seeds coming from different collections in Mexico

Authors/Autores: Osuna-Avila, P., Corral-Díaz, B., Flores-Margez, J. P., García-González, D. A.

ID: e2103

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e2103>

Received/Fecha de recepción: November 06th 2025

Accepted /Fecha de aceptación: July 03th 2026

Available online/Fecha de publicación: September 08th 2026

Please cite this article as/Como citar este artículo: Osuna-Avila, P., Corral-Díaz, B., Flores-Margez, J. P., García-González, D. A. (2026). Characteristics of the fruit, and the influence of pregerminative treatments on the piquin chili seeds coming from different collections in Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 13, e2103. <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e2103>

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/ Original article

Características del fruto y tratamientos pregerminativos a las semillas de chile piquín provenientes de diferentes colectas en México

Characteristics of the fruit, and the influence of pregerminative treatments on the piquin chili seeds coming from different collections in Mexico

Germinación de chile piquín /

Germination of piquin chili

Osuna-Avila, P.*(<http://orcid.org/0000-0002-7499-9676>), Corral-Díaz, B. (<https://orcid.org/0000-0002-1919-5229>), Flores-Margez, J. P. (<http://orcid.org/0000-0003-0379-4128>), García-González, D. A. (<http://orcid.org/0000-0003-4634-1110>)

Instituto de Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Av. Plutarco Elías Calles 1020, FOVISSSTE Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. C. P. 32310

***Corresponding Author:**

Pedro Osuna-Avila. Depto. de Ciencias Químico-Biológicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Av. Plutarco Elías Calles 1020, FOVISSSTE Chamizal. C. P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Teléfono: +52 656 265 9497. E-mail: posuna@uaci.mx.

RESUMEN

La dispersión de semillas por aves en distintas regiones genera una amplia diversidad genética y niveles de latencia que podrían afectar la germinación. Los objetivos fueron evaluar las características del fruto y la influencia del GA₃ o de KNO₃ en la germinación de 11 ecotipos de chile piquín de diferentes orígenes en México. Se determinó la comparación de medias entre las variables del peso y diámetro del fruto, el número y el peso de semillas por fruto, y sus correlaciones en 11 colectas en México. Se analizó el efecto de tres tratamientos pregerminativos sobre el porcentaje de germinación mediante la separación de promedios de cada factor y la interacción con la prueba de Tukey al 0.01. Todas las colectas difieren en el peso y el diámetro del fruto, en el número y el peso de las semillas por fruto, y estas variables están relacionadas entre sí y con el peso del fruto. El KNO₃ presenta el porcentaje de germinación más alto entre todos los tratamientos. Las variaciones en las características del fruto y de las semillas entre los sitios de recolección reflejan la diversidad genética del chile piquín. El KNO₃ fue más eficaz para romper la latencia y aumentar la germinación en las colectas ensayadas.

PALABRAS CLAVE:

Chile chiltepín, chile silvestre, diversidad genética, latencia, tratamiento de semilla.

ABSTRACT

Seed dispersal by birds across regions generates broad genetic diversity and variable dormancy levels that may affect germination. The objectives were to evaluate fruit characteristics and the effects of GA₃ or KNO₃ on the germination of 11 piquin chili ecotypes from different origins in Mexico. Mean comparisons were conducted for fruit weight and diameter, seed number and weight per fruit, and their correlations across 11 collections in Mexico. The effects of three pregerminative treatments on germination percentage were analyzed using Tukey's test for mean separation for each factor and their interaction at the 0.01 significance level. All collections differed in fruit weight and diameter, as well as in seed number and weight per fruit, and these variables were related to fruit weight. KNO₃ produced the highest germination percentage among the treatments. Variations in fruit and seed characteristics among collection sites reflect the genetic diversity of piquin chili. KNO₃ was more effective at breaking dormancy and increasing germination in the evaluated collections.

KEY WORDS:

Chiltepin chili, wild chili, genetic diversity, dormancy, seed treatment.

Introducción

El chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum* (Dunal)) es muy preferido como un condimento de alto consumo nacional e internacional que contribuye al desarrollo económico de los sectores rurales (Osuna-Rodríguez *et al.*, 2023; Pérez-Ramírez *et al.*, 2024). Esta especie está distribuida en todo México y sería importante estudiarla como recurso para el mejoramiento genético, ya que se considera el ancestro de *Capsicum annuum* (López-Moreno *et al.*, 2023). La mayoría del chile que se consume proviene de la colecta de poblaciones silvestres, donde las aves prefieren los frutos rojos y, al consumirlos, se encargan de la dispersión y la germinación de las semillas (Araiza-Lizarde *et al.*, 2011; Ruiz-Núñez *et al.*, 2025). Tewksbury *et al.* (1999) demostraron mediante videocámara que dos de cada tres aves que consumían frutos de chile piquín defecaban semillas viables como estrategia de dispersión. La distribución natural en diferentes localidades de México genera diversidad genética como resultado de la adaptación, la supervivencia y la evolución en cada ecosistema (Ulukan, 2011). Las colectas de semillas provenientes de diferentes localidades podrían variar en su grado de germinación y en los niveles de latencia que la inhiben (Cano-Vázquez *et al.*, 2015). Debido a la falta de protección y atención a las plantas silvestres, resultan importantes las colectas de frutos en cada localidad para identificar ecotipos como nuevos recursos genéticos para su aprovechamiento y conservación, mediante la medición de las características de sus frutos y semillas (Flores-Sánchez *et al.*, 2025). Son escasos los estudios sobre el peso y el diámetro del fruto, el número y el peso de las semillas, que varían entre los orígenes de las colectas y podrían tener una fuerte relación con la germinación, el establecimiento de las plántulas y su nivel de domesticación (Alcalá-Rico *et al.*, 2023; Ornelas-Ramírez *et al.*, 2021; Toledo-Aguilar, 2016). Existen varios reportes sobre la reducción de la latencia mediante ácido giberélico (GA₃) (Alcalá-Rico *et al.*, 2023; Cano-Vázquez *et al.*, 2015; Junaidey & Shahrudin, 2022) o con nitrato de potasio (KNO₃) (Alcalá-Rico *et al.*, 2023; Moeini *et al.*, 2021; Rizk *et al.*, 2023) para promover la germinación. Sin embargo, tanto el GA₃ como el KNO₃ se reportan como efectos positivos o negativos en varios procesos que controlan la germinación de las semillas, tales como el metabolismo del almidón y de la sacarosa, así como la movilización de lípidos (Guo *et al.*, 2025; Li *et al.*, 2020). También existen ecotipos que crecen en cada microrregión, lo que los hace únicos y podría hacer que presenten respuestas de germinación distintas; por ello, se requiere seguir explorando cada rincón del país mexicano. Aunque hay pocos estudios sobre la variabilidad morfológica del fruto, los tratamientos de semillas y la respuesta de los ecotipos según su origen, aún no hay información detallada al respecto. El objetivo fue determinar el peso y el diámetro del fruto, así como sus correlaciones con el número y el peso de sus semillas en diferentes colectas de chile piquín en México, y evaluar la influencia de los pretratamientos químicos en la germinación de dichas semillas.

Material y Métodos

Características de los frutos y semillas

Las características morfológicas evaluadas fueron el peso del fruto (g), el diámetro del fruto (mm), el número y el peso de semillas por fruto (g), y la relación entre el peso de semillas y el peso del fruto. Todas las variables fueron evaluadas en 25 repeticiones en cada una de las 11 colectas. El estudio se realizó en el laboratorio de cultivo *in vitro* de tejidos vegetales de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el estado de Chihuahua, México. Se utilizaron 25 frutos por colecta en esta investigación y se obtuvieron de pequeños comercios ambulantes donde los recolectores los distribuyen en cada localidad mexicana (Tabla 1). Los frutos fueron cosechados manualmente por los recolectores durante un mismo ciclo y secados al aire libre. El peso del fruto y de las semillas se determinó con una balanza analítica Hanchen®. El diámetro del fruto (mm) se registró con un vernier electrónico Truper®. El número de semillas se determinó manualmente.

Tabla 1. Relación de las colectas de frutos para el estudio de las características del fruto y

Lugar de colecta	Localidades
Álamos, Son.	27° 05' 00" N y 108° 51' 00" O
Cd. Juárez, Chih.	31° 44' 18" N y 106° 29' 13" O
Mexquitic, SLP	22° 16' 00" N y 101° 7' 00" O
Concordia, Sin.	23° 17' 13" N y 106° 03' 50" O
Mazatlán, Sin.	23° 14' 29" N y 106° 24' 35" O
Batopilas, Chih.	26° 56' 00" N y 107° 41' 00" O
Tesopaco, Son.	27° 46' 59" N y 109° 21' 59" O
Cancún, Q Roo.	21° 09' 38" N y 86° 50' 51" O
Cuatro Ciénegas, Coah.	26° 59' 13" N y 102° 04' 02" O
Chignahuapan, Pue.	19° 50' 19" N y 98° 01' 54" O
Mochis, Sin.	25° 47' 37" N y 108° 59' 49" O

de la germinación, provenientes de 11 localidades de México. Fuente: elaboración propia

Pretratamientos a las semillas

Las semillas se extrajeron con pinzas de los frutos colectados en 11 diferentes localidades y se sometieron a los tratamientos con KNO₃ 1 M (Caisson, Labs. USA) o GA₃ Biogib® México (10 % de GA₃ y 90 % de ingredientes inertes) a 500 ppm y al control con agua destilada. Se utilizaron 25 frutos, de los cuales se estudiaron 180 semillas por cada colecta. Cada colecta contenía 60 semillas, que fueron sometidas a los tratamientos: una solución de KNO₃ a 1 M durante 48 h una solución de GA₃ a 500 ppm durante 48 h y las semillas control, inmersas durante 48 h en agua destilada. Las semillas se colocaron en cajas de Petri (100 x 15 mm) con ocho capas de papel traza humedecido con 55 mL de agua destilada. Se distribuyeron un total de 60 semillas por colecta en dos cajas de Petri (30 por cada caja o unidad experimental). Las cajas Petri se sellaron con papel Parafilm® y se colocaron en una cámara bioclimática para su germinación a 25 ± 2 °C, con un fotoperiodo de 18 h de luz de día (intensidad lumínica de 111 µmol m⁻² s⁻²). Se determinó el porcentaje de germinación de cada una de las colectas a los 30 días. El porcentaje de germinación de semillas se analizó contando el número

de semillas germinadas, dividiéndolo entre el total de semillas utilizadas y multiplicándolo por 100. Se consideró la germinación desde la emergencia de la radícula.

Análisis estadísticos

Se estableció un diseño completamente al azar y se determinaron los niveles de significancia mediante un análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias entre variables se analizó mediante la prueba de Tukey con $\alpha = 0.01$. Se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar la relación entre las variables asociadas al fruto y a las semillas. Con estas 11 colectas y los tres tratamientos químicos, se estableció un arreglo de dos factores: colectas y tratamientos químicos y sus interacciones. Los datos se analizaron para verificar su normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se incluyen en las tablas de comparación de medias la diferencia mínima significativa honesta de cada variable y sus coeficientes de variación. Los datos fueron analizados en el programa SPSS v. 24.0 (IBM, 2017).

Resultados y Discusión

Características de los frutos y semillas

En la Tabla 2, se presentan los análisis de varianza de las cinco características medidas en los frutos y semillas de chile piquín. Se observa que todas las variables morfológicas presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.001$), lo que confirma que el origen de la colecta fue relevante para esta investigación.

Tabla 2. Análisis de varianza de las características del fruto en 11 colectas de chile piquín.

Variable analizada	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Sig.
Peso del fruto	Colectas	0.0745	10	0.0074	11.66	0.000
	Error	0.1685	264	0.0006		
	Total	0.2430	274			
Diámetro del fruto	Colectas	35.1151	10	3.5115	7.25	0.000
	Error	127.8577	264	0.4843		
	Total	162.9728	274			
Número de semillas por fruto	Colectas	5571.5418	10	557.1542	13.54	0.000
	Error	10860.0800	264	41.1367		
	Total	16431.6218	274			
Peso de semillas por fruto	Colectas	0.0364	10	0.0036	10.82	0.000
	Error	0.0888	264	0.0003		
	Total	0.1252	274			
Rel. Semilla/peso de fruto	Colectas	17863.0374	10	1786.3037	21.94	0.000
	Error	21494.6110	264	81.4190		
	Total	39357.6485	274			

Fuente: elaboración propia

Peso del fruto

La prueba de Tukey, al nivel de significancia de 0.01, mostró que los orígenes de las colectas difieren estadísticamente en el peso de los frutos. Por ejemplo, las colectas de Ciudad Juárez, Chih., Mazatlán, Sin., Batopilas, Chih., Tesopaco, Son., Cuatro Ciénegas, Coah., Chignahuapan, Pue., y Mochis, Sin., fueron estadísticamente superiores a la del resto de los lugares de origen de las colectas. Los grupos con pesos menores y similares del fruto fueron las colectas de Álamos, Son., Mexquitic, SLP., Cancún, Q Roo y de Concordia, Sin. El peso de los frutos de tres chiles silvestres

también mostró diferencias significativas entre tres localidades de Baja California (Murillo-Amador *et al.*, 2015). De manera similar, poblaciones nativas de chiles poblanos mostraron una mayor diversidad en variables relacionadas con el fruto, con un 82.1 % de significancia estadística (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016). La mayoría de los caracteres morfológicos de los frutos de chile piquín se atribuyen a la fuente de variación de los genotipos (Alcalá-Rico *et al.*, 2023; Ornelas-Ramírez *et al.*, 2021).

Diámetro del fruto

Las colectas que tuvieron los mejores diámetros de fruto fueron Batopilas, Chih., Cuatro Ciénegas, Coah., y Mochis, Sin., seguidas de Los Álamos, Son., Concordia, Sin., Mazatlán, Sin., y Tesopaco, Son. Estos resultados demuestran que las colectas evaluadas difieren estadísticamente en el diámetro del fruto ($p \leq 0.001$). Es importante señalar que los diámetros de los frutos más sobresalientes se observaron en siete de las 11 colectas evaluadas. Murillo-Amador *et al.* (2015) indicaron que el 70 % de los chiles silvestres presentaron diferencias morfométricas entre poblaciones, lo cual se refleja en la variación del tamaño de los frutos. La fertilización también puede influir en la calidad, el diámetro y el peso del fruto por planta en *Capsicum chinense* (González-Cortes *et al.*, 2023), chile piquín (De la Cruz-Ricardez *et al.*, 2024; Díaz-Sánchez *et al.*, 2021) y en chile capia (Dasgan *et al.*, 2023). Para la producción en planta, es importante evaluar la calidad de la semilla del chile silvestre, ya que esta dependerá del peso y del diámetro de los frutos utilizados para su selección (Villalón-Mendoza *et al.*, 2013). El chile piquín es un cultivo de importancia económica; por lo tanto, se debe considerar usar semillas con alto porcentaje de germinación para aumentar las probabilidades de éxito en la siembra directa o de trasplante (Ayala-Villegas *et al.*, 2014).

Número de semillas por fruto

En relación con esta variable, se mostró que las colectas que más destacaron significativamente fueron las de Mexquitic, SLP, y de Cd. Juárez, Chih., y los de menor cantidad de semillas por fruto fueron los de Mochis, Álamos, Son. Cancún, Q.Roo y Batopilas, Chih. (Tabla 3). En este estudio, la diferencia significativa en el número de semillas por fruto entre las colectas podría estar relacionada con la amplia diversidad genética de las plantas, distribuida en las localidades donde crecieron. Paredes-Jácome *et al.* (2019) evaluaron seis ecotipos de chile piquín del noreste de México y encontraron que el promedio más alto de número de semillas fue de 14.79 por fruto en la región del río Tuxpan, Zac. En diferentes poblaciones de chiles silvestres del estado de Sinaloa, México, se registraron frutos con entre 11 y 18 semillas en promedio (Hernández-Verdugo *et al.*, 1998). Los resultados anteriores se encuentran dentro de un rango inferior al documentado en el presente estudio, de 14.28 a 29.8 semillas en promedio por fruto.

Peso de semillas por fruto

Respecto al peso de semillas por fruto, se encontró que la colecta con el peso más alto fue la de Ciudad Juárez, Chih., seguida de las de Mazatlán, Sin., Batopilas, Chih., Tesopaco, Son., y Cuatro Ciénegas. Coah., que son similares entre sí en esta variable. El menor peso de semillas se registró en la colecta de Mexquitic, SLP, con un valor medio de 0.0329 g. El peso de la semilla es útil para determinar las tasas de siembra y las de menor peso afectan el vigor y la germinación (Herrera-Aguilar *et al.*, 2018). Carrillo *et al.* (2009) evaluaron caracteres de calidad fisiológica y física de la semilla en chile silvestre y reportaron que el porcentaje de germinación de la semilla grande fue mayor que el de la semilla chica, lo que otorga mayor peso a las características descriptivas de la semilla, como las que se midieron en este estudio.

Tabla 3. Promedio del peso, del diámetro y del número de semillas por fruto de 11 colectas provenientes de diferentes lugares de México.

Lugar de colecta	Peso fruto (g)	Diámetro fruto (mm)	Semillas por fruto	Peso Semilla por fruto (g)	RelPS/PF
Álamos, Sonora	0.0750 ^{bcd}	6.2944 ^{ab}	14.5600 ^c	0.0454 ^{bcd}	60.8660 ^{bc}
Cd. Juárez, Chihuahua	0.1110 ^a	6.0244 ^b	26.0000 ^{ab}	0.0740 ^{**a}	66.6730 ^{ab}
Mexquitic, San Luis Potosí	0.0638 ^{*d}	6.1288 ^b	29.8000 ^{**a}	0.0329 ^{*d}	47.2100 ^{*d}
Concordia, Sinaloa	0.0715 ^{bcd}	6.4956 ^{ab}	19.9200 ^{bc}	0.0544 ^{bc}	75.4800 ^{**a}
Mazatlán, Sinaloa	0.0906 ^{abc}	6.5888 ^{ab}	20.2000 ^{bc}	0.0620 ^{ab}	67.9720 ^{ab}
Batopilas, Chihuahua	0.0975 ^{ab}	6.9112 ^a	17.1200 ^c	0.0604 ^{ab}	61.1910 ^{bc}
Tesopaco, Sonora	0.0936 ^{abc}	6.6652 ^{ab}	19.3600 ^{bc}	0.0605 ^{ab}	63.7020 ^{bc}
Cancún, Quintana Roo	0.0686 ^{cd}	5.6956 ^{*b}	15.4800 ^c	0.0397 ^{cd}	55.2180 ^{cd}
Cuatro Ciénegas, Coahuila	0.1134 ^{**a}	6.9816 ^{**a}	20.0400 ^{bc}	0.0634 ^{ab}	55.4310 ^{cd}
Chignahuapan, Puebla	0.1048 ^a	6.1353 ^b	20.3200 ^{bc}	0.0582 ^{abc}	54.6400 ^{cd}
Mochis, Sinaloa	0.0882 ^{abcd}	6.8988 ^a	14.2800 ^{*c}	0.0448 ^{bcd}	49.8120 ^d
Mean	0.0889	6.4381	19.7345	0.0541	59.8359

Las colectas con la misma letra en cada variable indican que, estadísticamente, son iguales entre sí. **valores más altos; * valores más bajos. RelPS/PF=relación peso semillas/peso de fruto. Fuente: elaboración propia

Relación peso semilla/peso fruto.

Se evaluó la relación entre el peso de las semillas y el peso del fruto; se observó que la colecta con la mejor relación es la de Concordia, Sin., seguida de Ciudad Juárez, Chih., y Mazatlán, Sin. Los valores de menor relación se observaron en las colectas de Mochis, Sin., y Mexquitic, SLP. (Tabla 3). Las correlaciones entre estas variables, con un coeficiente de 0.914^{**}, indican que, a mayor peso del fruto, mayor será el peso de la semilla. También se identificó que el peso de las semillas por fruto está directamente relacionado con el diámetro del fruto, con un valor de 0.465^{**}. El diámetro del fruto está directamente relacionado con su peso (0.559^{**}). Se observa en el presente trabajo que el número de semillas por fruto presenta una correlación significativa con el peso del fruto (0.497^{**}) y el peso de las semillas (0.539^{**}) (Tabla 4). Villalón-Mendoza et al. (2013) afirman que en el 74 % de los casos, el diámetro de las semillas de chiles silvestres no está relacionado con el tamaño del fruto, ya que las semillas grandes generalmente no provienen de frutos grandes y viceversa. Sin embargo, el tamaño del fruto es un criterio de los productores para seleccionar sus semillas o satisfacer sus necesidades alimentarias (Latournerie et al., 2001), o bien para definir la descripción e identificación morfológica de los genotipos de chile piquín (Alcalá-Rico et al., 2023). Ramírez-Novoa et al. (2018) correlacionaron el peso de fruto con la variable morfológica ancho de fruto y confirmaron que la correlación fue positiva y significativa (0.94^{*}), lo cual coincide con lo obtenido en este estudio (0.559^{**}). Este estudio revela una correlación significativa entre el número de semillas por fruto y las características morfológicas del peso del fruto y del peso de las semillas por fruto.

Tabla 4. Correlación entre variables del diámetro del fruto, número y peso de semillas, y porcentaje de relación entre el peso de las semillas y el peso del fruto.

Variables		Diámetro fruto	Número de semillas	Peso semillas	Rel.RPS /PF
Peso fruto	Correlación de Pearson	0.559**	0.497**	0.914**	0.265**
	Significancia	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	275	275	275	275
Diámetro fruto	Correlación de Pearson		0.208**	0.465**	0.084
	Significancia		0.001	0.000	0.164
	N		275	275	275
Número de semillas	Correlación de Pearson			0.539**	0.278**
	Significancia			0.000	0.000
	N			275	275
Peso semillas	Correlación de Pearson				0.606**
	Significancia				0.000
	N				275

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01. RPS/PF=relación peso semillas/peso del fruto. Fuente: elaboración propia

Pretratamientos a las semillas

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en las tres fuentes de variación: las colectas, los tratamientos químicos y la interacción entre ambas ($p < 0.01$; Tabla 5). Al realizar la prueba de Tukey para los promedios por colecta, se encontró que los porcentajes más altos de germinación se registraron en las colectas de Chignahuapan, Pue., con 83.5 %, seguidas de Ciudad Juárez, Chih., con 79.50 %. Los porcentajes más bajos se registraron en Mexquitic, SLP, con tan solo 2.83 %, y en Concordia, Sin., con 6.83 % (Tabla 6).

Tabla 5. Análisis de varianza del porcentaje de germinación en 11 colectas de piquín con tres tratamientos químicos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calc.	Sig.
Colecta	43279.03	10	4327.90	1210.34	0.00
Tratamiento químico	1486.75	2	743.37	207.89	0.00
Colecta*tratamiento químico	12297.24	20	614.86	171.95	0.00
Error	118.00	33	3.57		
Total	57181.03	65			

Fuente: elaboración propia

Respecto a los promotores de la germinación, el KNO_3 presenta el porcentaje de germinación más alto, con 46.59 %, seguido por el GA_3 , con 42 %, y, por último, el control, con 35.05 % (Tabla 7). Los tratamientos investigados para promover la germinación y su interacción con las colectas y los tratamientos químicos se miden y se presentan en la Tabla 8. Se puede notar que los dos mejores

tratamientos fueron el de Chignahuapan, Pue., con agua, que alcanzó un 97 %, y el de Cd. Juárez, Chih., con KNO_3 el 90 % de las semillas germinaron, seguido de Chignahuapan, Pue., con GA_3 y Mazatlán, Sin., con KNO_3 , ambos teniendo un 85 % de germinación. En cambio, los de Concordia, Sin. y Mexquitic, SLP no alcanzaron el 10 % de germinación con ninguno de los tratamientos químicos. El KNO_3 es reportado como un promotor de germinación de chile piquín en varias regiones del noreste de México (Quintero et al., 2018) el cual también incrementó la tasa de germinación en la mayoría de las colectas en este estudio. Sin embargo, en algunas especies no modifica el porcentaje de germinación de 16 genotipos de chile piquín (Cano-Vázquez et al., 2015). Por otro lado, las semillas de chile piquín presentan inhibidores químicos que provocan su baja germinación, y, al pasar por el tracto digestivo de las aves, son capaces de germinar (Bañuelos et al., 2008). Cano-Vázquez et al. (2015) confirman que la latencia fisiológica es la limitante de la germinación del chile piquín, la cual puede eliminarse mediante el tratamiento con GA_3 a 5.000 ppm, y que esta varía según el ecotipo, tal como ocurrió en este estudio.

Tabla 6. Porcentaje de germinación y niveles de significancia en 11 colectas de chile piquín.

Lugar de colecta	Germinación (%)
Chignahuapan, Puebla	83.50 ^a
Cd. Juárez, Chihuahua	79.50 ^a
Mazatlán, Sinaloa	58.33 ^b
Álamos, Sonora	51.83 ^c
Cuatro Ciénegas, Coahuila	47.17 ^d
Batopilas, Chihuahua	42.33 ^e
Mochis, Sinaloa	40.00 ^e
Tesopaco, Sonora	21.50 ^f
Cancún, Quintana Roo	19.50 ^f
Concordia, Sinaloa	6.83 ^g
Mexquitic, San Luis Potosí	2.83 ^g
Mean	41.21

Fuente: elaboración propia

La interacción entre el origen de la colecta y el tratamiento químico de las semillas mostró diferencias significativas en este estudio. Alcalá-Rico et al. (2023) registraron una interacción significativa entre el genotipo y los tratamientos, atribuible a las diferencias en la constitución genética de los genotipos y al efecto de los tratamientos sobre las semillas. El genotipo y la heterogeneidad del medio ambiente, presentes en cada localidad de origen de las semillas, así como los pretratamientos aplicados, son factores que influyen en la germinación (Roman et al., 2022). La respuesta de la germinación a los tratamientos químicos en estas 11 colectas de chile piquín no fue uniforme, aun en condiciones de humedad y temperatura controladas.

Tabla 7. Porcentaje de germinación en colectas de chile piquín con los tratamientos químicos.

Tratamientos químicos	Germinación (%)
Control (agua destilada)	35.05 ^c
GA_3	42.00 ^b

Tratamientos químicos Germinación (%)	
KNO ₃	46.59 ^a
Mean	41.21

Los tratamientos con la misma letra indican que son estadísticamente iguales. Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Porcentaje de germinación en la interacción entre la colecta de chile piquín y los tratamientos químicos.

Lugar de colecta	Tratamiento químico	Germinación (%)
Chignahuapan, Puebla	1	97.00 ^a
	2	85.00 ^{bc}
	3	68.50 ^{efg}
Cd. Juárez, Chihuahua	1	78.50 ^{cd}
	2	70.00 ^{def}
	3	90.00 ^{ab}
Mazatlán, Sinaloa	1	13.00 ^{no}
	2	77.00 ^{cde}
	3	85.00 ^{bc}
Cuatro Ciénegas, Coahuila	1	41.50 ^{ij}
	2	33.00 ^{kl}
	3	67.00 ^{fg}
Mochis, Sinaloa	1	63.00 ^{fgh}
	2	27.00 ^{lm}
	3	30.00 ^{klm}
Álamos, Sonora	1	38.50 ^{ijk}
	2	60.00 ^{gh}
	3	57.00 ^h
Batopilas, Chihuahua	1	35.00 ^{ijkl}
	2	37.00 ^{ijk}
	3	55.00 ^h
Tesopaco, Sonora	1	0.00 ^p
	2	43.00 ⁱ
	3	21.50 ^{mn}
Cancún, Quintana Roo	1	7.00 ^{op}
	2	21.50 ^{mn}
	3	30.00 ^{klm}
Mexquitic, San Luis Potosí	1	7.00 ^{op}
	2	0.00 ^p
	3	1.50 ^p
Concordia, Sinaloa	1	5.00 ^{op}
	2	8.50 ^{op}
	3	7.00 ^{op}
Mean		40.30

1= Tratamiento con agua destilada, 2= GA₃ (500 ppm) y 3= Tratamiento con KNO₃ 1 M. Los tratamientos con la misma letra indican que son estadísticamente iguales (Tukey, ≤0.01). Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Todas las variables relacionadas con el fruto y las semillas mostraron diferencias significativas en las 11 colectas evaluadas y se asociaron con los porcentajes de germinación de los frutos. El mayor peso de frutos se registró en las colectas de Cd. Juárez, Chih., Mazatlán, Sin., Batopilas, Chih., Cuatro Ciénegas, Coah., Chignahuapan, Pue., y Mochis, Sin. Las colectas de Batopilas, Cuatro Ciénegas, Coah., y Mochis, Sin., presentaron los mayores diámetros del fruto. El mayor número de semillas por fruto se registró en las localidades de Mexquitic, SLP, y Cd. Juárez, Chih. El mejor peso de semillas por fruto se atribuyó a Cd. Juárez, Chih. Los porcentajes de germinación más altos se registraron en las colectas de Chignahuapan, Pue., con un 83.5 %. El pretratamiento con KNO₃ aplicado a las semillas de diferentes colectas de chile piquín es más eficiente para promover el porcentaje de germinación más alto, con un 46.59 % frente al GA₃ y al control. Las diferencias entre los parámetros relacionados con el fruto y la respuesta de la germinación podrían estar asociadas al sitio de origen de la colecta, lo cual puede considerarse en los procesos de selección de germoplasma, de mejoramiento genético, de domesticación y de alimentación. La relación entre las colectas de diferentes orígenes permitió identificar sus similitudes y diferencias según las características evaluadas.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, P.O.A.; desarrollo de la metodología P.O.A.; manejo de software, J.P.F.M., B.C.D.; validación experimental, P.O.A.; análisis de resultados, P.O.A., J.P.F.M.; manejo de datos, P.O.A., J.P.F.M.; escritura y preparación del manuscrito, P.O.A., D.A.G.G.; redacción, revisión y edición, P.O. A., D.A.G.G., J.P.F.M., B.C.D.

“Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo”.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada con fondos propios.

Agradecimientos

A Alva Cano Porras, por recopilar los datos de las muestras y por participar en el proceso de germinación de las semillas.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Alcalá-Rico, J., Ramírez-Meraz, M., Maldonado-Moreno, N., Borja-Bravo, M., Camposeco-Montejo, N. & López-Benitez, A. (2023). Variación morfológica en frutos de genotipos de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) del Noreste y Centro de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2), 3482. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282023000200025&script=sci_arttext
- Araiza-Lizalde, N., Araiza-Lizalde, E., y Martínez-Martínez, J.G. (2011). Evaluación de la germinación y crecimiento de plántulas de chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) en invernadero. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(2), 170-175. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-4752011000200016&script=sci_arttext
- Ayala-Villegas, M.J., Ayala-Garay, O.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* (Hermosillo, Son.), 16(32), 177-205. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-45572008000200006&script=sci_abstract&tlng=pt

- Cano-Vázquez, A., López-Peralta, M.C., Zavaleta-Mancera, H.A., Cruz-Huerta, N., Ramírez-Ramírez, I., Gardea-Bejar, 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-Contreras, J.A., Carballo-Carballo, A., García de los Santos, G., Aguilar-Rincón, V.A. & Corona-Torres, 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(3), 257-266. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172009000300002&script=sci_arttext
- Dasgan, H.Y., Yilmaz, M., Dere, S., Ikiz, B. & Gruda, N.S. (2023). Bio-fertilizers reduced the need for mineral in soilless-grow capia pepper. *Horticulturae*, 9(2), 188. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020188>
- De la Cruz-Ricardez, D., Lagunes-Espinoza, D.L., Soto-Hernández, R.M., Hernández-Nataren, E., Ortiz-García, C.F. & Acosta-Pech, R.G. (2024). Phytochemical profile of *Capsicum* spp. fruits related to ripeness level, shading and harvest season in the Southeast of Mexico. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 84(2), 211-224. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392024000200211>
- Díaz-Sánchez, D.D., López-Sánchez, H., Silva-Rojas, H.V., Gardea-Béjar, A.A., Cruz-Huerta, N., Ramírez-Ramírez, I. & González-Hernández, V.A. (2021). Pungency and fruit quality in Mexican landraces of piquín pepper (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) as affected by plant growth environment and postharvest handling. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 81(4), 546-556. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392021000400546>
- Flores-Sánchez, I.D., Sandoval-Villa, M. & Trejo-Tellez, L.I. (2025). Basic proposal for evaluation of plant genetic resources to generate new crops. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1507521. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1507521>
- González-Cortés, A., Robledo-Torres, V., Luna-García, L.R., Mendoza-Villarreal, R. & Pérez-Rodríguez, M.Á. (2023). Yield and antioxidant quality of habanero chili pepper by supplementing potassium with organic products. *Horticulturae*, 9(7), 797. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070797>
- Guo, H., Li, J., Liu, Y. & Fernandez-Pascual, E. (2025). Lipid metabolism during seed germination of *Pistacia chinensis* and its response to gibberellic acid. *Plant Physiology and Biochemistry*, 219, 109371. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109371>
- Hernández-Verdugo, S., Guevara-González, R.G., Rivera-Bustamante, R.F., Vázquez-Yañez, C. & Oyama, K. (1998). Los parientes del chile (*Capsicum* spp) como recursos genéticos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 62, 171-181. <https://doi.org/10.17129/botsci.1559>
- Herrera-Aguilar, A., Cervantes-Ortiz, F., Antuna-Grijalva, O., García-Rodríguez, J.G., Rodríguez-Mercado, D., Rodríguez-Herrera, S.A., Andrio-Enriquez, E. & Mendoza-Elos, M. (2018). Deterioro de la calidad de la semilla de chile piquín de cuatro colectas de Querétaro y Guanajuato (*Capsicum annuum* var. *Aviculare*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(8), 1627-1638. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1719>
- IBM Corporation (IBM). (2017). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corporation.
- Junaidy, R.B. & Shahrudin, S. (2022). Germinability and seedling growth performance of chili (*Capsicum annuum*) seed in response to different gibberellic acid concentrations pre-treatment. *AgroTech Food Science, Technology and Environment*, 1(1), 10-16. <https://doi.org/10.53797/agrotech.v1i1.2.2022>
- Latournerie, L., Chávez, J.L., Pérez, M., Hernández, C.F., Martínez, R., Arias, L.N. & Castañón, G. (2001). Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yaxcabá, Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana*, 12(1), 41-48. <https://doi.org/10.15517/am.v12i1.17245>
- Li, Y., Yang, Y., Chai, M., Ren, M., Yuan, J., Yang, W., Dong, Y., Liu, B., Jian, Q., Wang, S., Peng, B., Yuan, H. & Fan, H. (2020). Gibberellins modulate local auxin biosynthesis and polar auxin transport by negatively affecting flavonoid biosynthesis in the root tips of rice. *Plant Science*, 298, 110545. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110545>
- López-Moreno, H., Basurto-Garduño, A.C., Torres-Meraz, M.A., Díaz-Valenzuela, E., Arellano-Arciniaga, S., Zalapa, J., Sawers, R.J.H., Cibrián-Jaramillo, A. & Díaz-García, L. (2023). Genetic analysis and QTL mapping of domestication-related traits in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Frontiers in Genetics*, 14, 1101401. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1101401>
- Moeini, M.M., Keshtkar, E., Sasanfar, H. & Baghestano, M. A. (2021). Germination biology and phenological development stages of false jagged-chickweed (*Lepyroclis holosteoides*). *Journal of Plant Protection Research*, 61(4), 347-357. <https://doi.org/10.24425/ipp.2021.139243>
- Murillo-Amador, B., Rueda-Puente, E.O., Troyo-Diéguez, E., Córdoba-Matson, M.V., Hernández-Montiel, L.G. & Nieto-Garibay, A. (2015). Baseline study of morphometric traits of wild *Capsicum annuum* growing near two biosphere reserves in the peninsula of Baja California for future conservation management. *BMC Plant Biology*, 15, 118. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0505-6>
- Ornelas-Ramírez, C.E., Hernández-Verdugo, S., Retes-Manjarrez, J.E., Valdez-Ortiz, A., Pacheco-Olvera, A., Osuna-Enciso, T. & Porras, F. (2021). Phenotypic variation among and within three pepper species (*Capsicum*) from México. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 90(1), 259-275. <https://doi.org/10.32604/phyton.2020.012476>
- Osuna-Rodríguez, J.M., Hernández-Verdugo, S., Osuna-Enciso, T., Pacheco-Olvera, A., Parra-Terraza, S., Romero-Higareda, C.E. & Retes-Manjarrez, J.E. (2023). Variations in salinity tolerance in wild pepper (*Capsicum annuum* L var. *glabriusculum*) populations. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 83(4), 432-443. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392023000400432>
- Paredes-Jácome, J.R., Mendoza-Villarreal, R., Pérez-Rodríguez, M.A., Robledo-Torres, V. & Moreno-Limón, S. (2019). Agronomic behavior of piquín pepper ecotypes under photosensitive covers. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 11(1), 53-67. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.05.011>
- Pérez-Ramírez, R., Moreno-Ramírez, Y.D.R., Ruiz-De la Cruz, G., Juárez-Aragón, M.C., Aguirre-Mancilla, C.L., Nino-García, N. & Torres-Castillo, J.A. (2024). Piquín Chili, a wild spice: natural variation in nutraceutical contents. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1360299. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1360299>

- Quintero, C., Castillo, M.F., Sanchez, O.G., Marin-Sanchez, P.D., Guzman, J., Sanchez, A.I. & Guzman, J.M. (2018). Relieving dormancy and improving germination of piquín chili pepper (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) by priming techniques. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1550275. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1550275>
- Ramírez-Novoa, U.I., Cervantes-Ortiz, F., Montes-Hernández, S., Raya-Pérez, J.C., Cibrián-Jaramillo, A. & Andrio-Enriquez, E. (2018). Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) de Querétaro y Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6), 1159-1170. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1581>
- Rizk, T.Y., Kholousy, A.S.O., Saudy, H.S., Sultan, S.S. & Abd-Alhalim, S.H.A. (2023). Breaking dormancy and enhancing germination of *Avena sterilis* L. and *Amaranthus retroflexus* L. weeds by gibberellic acid and potassium nitrate to keep soil and crops healthy. *Gesunde Pflanzen*, 75, 757–763. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00780-6>
- Roman, A.M., Truta, A.M., Viman, O., Morar, I.M., Spalevic, V., Dan, C., Sestras, R. E., Holonec, L. & Sestras, A.F. (2022). Seed germination and seedling growth of *Robina pseudoacacia* depending on the origin of different geographic provenances. *Diversity*, 14(1), 34. <https://doi.org/10.3390/d14010034>
- Ruiz-Núñez, N.D., Vásquez-Dávila, M.A., Manzanero-Medina, G.I. & Flores-Manzanero, A. (2025). Nurse plants, soil nutrients, and avian seed dispersal of wild chile peppers in a semiarid valley of Southern Mexico. *Journal Of Arid Environments*, 227, 105297. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105297>
- Tewksbury, J.J., Nabhan, G.P., Norman, D., Suzan, H., Tuxill, J. & Donovan, J. (1999). In situ conservation of wild chiles and their biotic associates. *Conservation Biology*, 13(1), 98-107. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97399.x>
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., López, P.A., Guerrero-Rodríguez, J.D.D., Santacruz-Varela, A. & Huerta-de la Peña, A. (2016). Diversidad morfológica de poblaciones nativas de chile poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1005-1015. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000501005&script=sci_abstract&tlng=pt
- Ulukan, H. (2011). The use of plant genetic resources and biodiversity in classical plant breeding. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*, 61(2), 97-104. <https://doi.org/10.1080/09064710903573390>
- Villalón-Mendoza, H., Medina-Martínez, T. & Ramírez-Meráz, M. (2013). Factores de calidad de la semilla de chile silvestre (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(17), 182-187. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322013000300017&script=sci_arttext