

Influencia de tratamientos pregerminativos en semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.)

Influence of pre-germinative treatments in seeds of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.)

Miguel Merino-Valdés¹; Pablo Andrés-Meza^{1*}; Otto Raúl Leyva-Ovalle¹; Higinio López-Sánchez²; Joaquín Murguía-González¹; Rosalía Núñez-Pastrana¹; Miguel Cebada-Merino¹; Ricardo Serna-Lagunes¹; Alejandro Espinosa-Calderón³; Margarita Tadeo-Robledo⁴; Mauro Sierra-Macias⁵; José Luis Del Rosario-Arellano¹

¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. 94950. Camino antiguo Peñuela-Amatlán. Córdoba, Veracruz. México. ²Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. km. 125.5 carretera federal México-Puebla, C.P. 72760, Puebla, Puebla, México. ³Campo Experimental Valle de México, Programa de Producción de semillas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 56250. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. ⁴Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. 54714. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. ⁵Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). C.P. 92277. Medellín de Bravo, Veracruz. México. *Autor para correspondencia.

Rec.: 10.07.2018 Acep.: 12.02.2019

Resumen

El chile manzano o cera (*Capsicum pubescens*) es una planta perenne originaria de zonas altas de América del Sur. En condiciones naturales, la dureza de la testa de las semillas en almacenamiento es un problema que limita su adecuada germinación y los programas de mejoramiento genético de la especie. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de ácido sulfúrico (H₂SO₄), peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y ácido giberélico-3 (C₁₉H₂₂O₆) sobre el porcentaje de emergencia y características de plántulas procedentes de semillas de *C. pubescens*. El experimento se realizó en la Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana. Para el efecto se utilizaron semillas de *C. pubescens* provenientes de la localidad de Huatusco, Veracruz, México, almacenadas a temperatura ambiente durante 1 año. Los tratamientos evaluados fueron: inmersión en H₂SO₄ (100, 75 y 60% durante 30 min), inmersión en H₂O₂ (20, 10, 15% durante 15 min), inmersión en C₁₉H₂₂O₆ (25, 20, 15 mg por 24 h) más un tratamiento testigo. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0.01) para todas las variables evaluadas. El mejor porcentaje de germinación se obtuvo con inmersión en C₁₉H₂₂O₆ (15 mg durante 24 h) y en H₂O₂ (20% por 15 min). El tratamiento con H₂SO₄ afectó en forma negativa la emergencia.

Palabras clave: Calidad fisiológica, conservación *ex situ*, escarificación química, osm-oadcondicionamiento, latencia.

Abstract

The manzano or cera chilli pepper (*Capsicum pubescens*) is a perennial plant native from the highlands of South America. During storage, the main problem is its hardness of head, which causes a decrease in germination under natural conditions. Because there is little information on germination, it is necessary to implement alternatives that guarantee the resource within a breeding program. The aim was to evaluate the effect of sulfuric acid (H₂SO₄), hydrogen peroxide (H₂O₂) and gibberellic acid-3 (C₁₉H₂₂O₆) on the percentage of emergence and characteristics of *C. pubescens* seedlings. The experiment was carried out in the Unit of Management and Conservation of Genetic Resources of the Faculty of Biological and Agricultural Sciences of the Universidad Veracruzana. *C. pubescens* seeds from the Huatusco, Veracruz, Mexico, stored at room temperature for one year were used. The treatments studied were immersion in H₂SO₄ (100, 75, 60%, 30 min); immersion in H₂O₂ (20, 10, 15%, 15 min), immersion in C₁₉H₂₂O₆ (25, 20, 15 mg, 24 h) and the control treatment. The results in the present study reveal significant statistical differences (P ≤ 0.01) for all the variables evaluated. The best percentage of germination was caused by immersion in C₁₉H₂₂O₆ (15 mg, 24 h) and H₂O₂ (20%, 15 min). The treatment with H₂SO₄ was harmful since there was no emergency.

Key words: Physiological quality, *ex situ* conservation, chemical scarification, osmoconditioning, dormancy.

Introducción

La especie *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. (chile manzano) es originaria de las partes altas de Perú y Bolivia, fue introducida a México a principios del siglo XX, es una planta perenne, cultivada en áreas de transición y de clima templado entre 1000 y 2500 m.s.n.m. (Pérez, 2002). Entre 25 especies reconocidas, solo cinco son de importancia económica: *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L., *C. pubescens* Ruiz & Pav., y *C. chinense* Jacq. (Perry y Flannery, 2007). De manera particular, *C. pubescens* es la única de las especies domesticadas que no tiene reportes de su forma silvestre; no obstante, la mayor diversidad genética de la especie se encuentra en Sudamérica (Pérez y Castro, 2012). En México, existe gran diversidad en hábito de crecimiento de la planta, tipo, forma, color y tamaño de fruto, que pueden ser aprovechadas en programas de mejoramiento genético (Leyva-Ovalle *et al.*, 2018).

Entre las especies domesticadas, *C. pubescens* se caracteriza por presentar flor violeta y semilla negra (Ibiza *et al.*, 2012); la semilla presenta una testa dura y una baja actividad metabólica durante su proceso de latencia, lo que ocasiona que rápidamente pierda viabilidad aún bajo condiciones controladas (Pérez y Castro, 2012). Uno de los principales factores para optimizar la producción agrícola es el uso de semillas de buena calidad la que está asociada con el mantenimiento de la viabilidad de éstas durante su periodo de latencia (Pittcock, 2008; Penfield, 2017).

La germinación en sentido estricto es el proceso fisiológico que se inicia con la absorción de agua por la semilla (imbibición) y termina cuando emerge la radícula (Bewley y Black, 1994). Este fenómeno, incluye numerosos eventos, tales como: respiración, hidratación de proteínas, cambios estructurales subcelulares, y elongación celular (Manz *et al.*, 2005). Los estudios recientes sobre germinación de semillas son una importante herramienta para la conservación de varias especies (Wahid *et al.*, 2007; Moo-Muñoz *et al.*, 2016; García-Paredes *et al.*, 2017; Kheloufi *et al.*, 2017; Iralu y Upadhaya, 2018). Estos estudios ayudan a comprender mejor los procesos involucrados en este fenómeno, así como a identificar técnicas para la producción de plántulas.

Existen diferentes tipos de latencia que restringen los procesos de germinación, siendo estos de tipo: físico o mecánico (cubierta seminal dura), química, morfológica y fisiológica (Bewley y Black, 1994; Viémont y Crabbé, 2000). Entre ellos la latencia física por impermeabilidad de la cubierta seminal es el medio más simple pero efectivo que retarda la

germinación (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006). Para romper este tipo de latencia se utilizan la escarificación mecánica, química con ácido sulfúrico y térmica con calor húmedo (Hernández-Verdugo *et al.*, 2010; Baskin y Baskin, 2014; Lozano *et al.*, 2016).

Debido a la impermeabilidad del tegumento, la germinación de las semillas de *C. pubescens* es irregular (Pérez, 2002; Pérez y Castro, 2012), lo que induce latencia física. Los bajos porcentajes de germinación de la semilla madura en esta especie se asocian con la presencia de testa dura, cera epicutelar y alto contenido de ácido absísico (Leubner-Metzger, 2003).

Tanaka-Oda *et al.* (2009) estudiaron el efecto de diferentes tratamientos con ácido sulfúrico sobre semillas de *Sabina vulgaris* Ant. y concluyeron que la mejor tasa de germinación se obtuvo con la inmersión por 120 min y una temperatura de incubación entre 25 y 30 °C. García-Paredes *et al.* (2017) evaluaron el efecto de ácido sulfúrico, agua hirviendo y calentamiento en estufa sobre semillas de *Pithecellobium dulce* (guamúchil), *Leucaena leucocephala* (huaje) y *Sesbania* spp. (sesbania) y encontraron los mejores resultados con el tratamiento ácido sulfúrico.

La efectividad de tratamientos pregerminativos en semillas de diferentes especies ha sido demostrada en varios estudios (Hernández-Verdugo *et al.*, 2010, Barba-Espín *et al.*, 2011; Barba-Espín *et al.*, 2012, Lozano *et al.*; 2016, López-España *et al.*; 2017; García-Ruiz *et al.*, 2018). No obstante, no existen estudios sobre el tema en *C. pubescens* con el objetivo de entender mejor el proceso de germinación en este cultivo. El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico, peróxido de hidrógeno y ácido giberélico sobre el porcentaje de germinación y características de plántulas de semillas de *C. pubescens*. Adicionalmente, generar información de esta especie de clima templado para su establecimiento en los diferentes sistemas de producción asociados con el cultivo.

Materiales y métodos

Material genético

Se utilizaron semillas de *C. pubescens* provenientes de la localidad de Huatusco, Veracruz, México, y almacenadas en sobres de papel a temperatura ambiente durante 1 año. El trabajo fue realizado en la Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana (LN18.860668, LO-96.902501, 794 m.s.n.m.).

Manejo del ensayo

Las evaluaciones fueron realizadas en lote de 300 semillas tomadas al azar que fueron sometidas a diferentes tratamientos de pregerminación (Cuadro 1). Como sustrato húmedo se utilizaron 'peat moss' y agrolita en proporción 80:20 colocado en bandejas con capacidad para 200 plántulas. Cuarenta y nueve días después de la siembra, cuando las plántulas presentaron cuatro hojas verdaderas, fueron trasplantadas a vasos de unicel de 255 ml, hasta la cosecha (Pérez y Castro, 2012).

El control de plagas se realizó por aspersiones foliares con abamectina® (0.5 ml/l) cada 15 días durante el ciclo del experimento. El manejo preventivo contra hongos se realizó con oxiclóruo de cobre® (0.01 g/l) para *Phytophthora capsici*, *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solanii*. En forma foliar se aplicaron los fertilizantes Bayfolan Forte® (0.01 ml/l). Los riegos fueron aplicados de acuerdo con los requerimientos del cultivo, tratando de mantener el porcentaje de saturación de humedad sugerido por Pérez y Castro (2012).

Cuadro 1. Tratamientos pregerminativos en semillas de chile manzano (*C. pubescens* Ruiz & Pav.). U. Veracruzana, México.

No.	Tratamiento	Tiempo de inmersión
1	Ácido sulfúrico (100%)	30 min
2	Ácido sulfúrico (75%)	30 min
3	Ácido sulfúrico (60%)	30 min
4	Peróxido de hidrógeno (20%)	15 min
5	Peróxido de hidrógeno (15%)	15 min
6	Peróxido de hidrógeno (10%)	15 min
7	Ácido giberélico-3 (25 mg)	24 h
8	Ácido giberélico-3 (20 mg)	24 h
9	Ácido giberélico-3 (15 mg)	24 h
10	Testigo (Sin tratamiento)	

Variables evaluadas

El porcentaje de germinación de semillas en el tiempo se registró semanalmente con base en la proporción de plántulas normales hasta los 78 días después de la siembra (DDS); se midieron, además, la altura, el diámetro, el número de hojas verdaderas (76 DDS) y los pesos verde y seco de las plántulas (79 DDS). La altura se midió desde la base del tallo hasta la yema terminal. El diámetro de tallo se determinó con un calibrador digital tipo vernier (mm) medida en la parte media de la planta. Al momento de la cosecha la parte aérea y las raíces de cada plántula se colocaron por separado en bolsas de papel Kraft, para posteriormente medir el peso verde en una balanza analítica (0.0001 g) y el peso seco en estufa a 80 °C por 24 h.

Diseño experimental y análisis de datos

Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Para ajustar la normalidad de los datos, los valores de los porcentajes de germinación fueron transformados a sus valores de $x = \text{Arcsen} \sqrt{x}$ y transformados nuevamente al valor inicial. El resto de las variables tuvieron distribución normal y se analizaron con ANOVA. Todas las variables fueron sometidas a una prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) y los análisis se realizaron con el programa SAS/STAT, versión 9.0 (SAS, 1999; Castillo, 2007).

Resultados

Los análisis se realizaron para datos recolectados en un periodo de 11 semanas. De acuerdo con el análisis de varianza, se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) para todas las variables en estudio, lo que indica respuestas diferenciales de *C. pubescens* a cada tratamiento de pregerminación (Cuadro 2). Los coeficientes de variación variaron entre el 13.1 y 29.6 % lo que, en este estudio, sugiere confiabilidad en los resultados (Castillo, 2007).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística para seis caracteres vegetativos en semillas de *C. pubescens*. U. Veracruzana, México.

Fuente de variación	G. L	PG	APTA	HOJV	DTLLO	PFS	PSC
Tratamiento	9	0.2010**	14.1509**	22.5632**	1.8059**	0.6074**	0.0191**
Repetición	2	0.0004ns	0.3667ns	0.7408ns	0.0659ns	0.0880ns	0.0024ns
Error	17	109.3682	0.2443	0.3578	0.0208	0.0308	0.0008
Total	28						
C.V (%)		21.7	16.0	15.5	13.1	29.6	26.1

*P ≤ 0.05; **P ≤ 0.01; ns = no significativo; G.L = grados de libertad; PG = porcentaje de germinación; APTA = altura de planta; HOJV = hojas verdaderas; DTLLO = diámetro de tallo; PFS = peso fresco; PSC = peso seco; C.V(%) = coeficiente de variación.

El porcentaje de germinación más alto se obtuvo con inmersión en $C_{19}H_{22}O_6$ a 15%, igualmente con la concentración de 20% por 24 h; no obstante, cuando la concentración aumentó hasta 25% se redujo a 23.3 % (Cuadro 3). Gupta y Chakrabarty (2013) encontraron que el rompimiento de la latencia para iniciar la germinación es controlado por factores físicos (luz, temperatura y humedad). Finkelstein *et al.* (2008) consideran que además de los factores físicos involucrados en la germinación, existen hormonas endógenas reguladoras del crecimiento como giberelinas que estimulan este proceso. Estos resultados muestran alternativas para romper la latencia de semillas de *C. pubescens*. Se sabe que el pericarpio y la cubierta seminal a menudo contienen compuestos fenólicos y alcaloides, que inhiben la germinación, no obstante estos pueden ser oxidados por H_2O_2 , contribuyendo a la descomposición de los inhibidores de la germinación. De manera similar el ácido giberélico debilita la cobertura de la semilla e induce enzimas hidrolíticas, promoviendo el proceso de germinación.

Los tratamientos con inmersión en H_2O_2 a 20 y 15% aumentaron el porcentaje de germinación, pero fueron inferiores en 3.3% al alcanzado con $C_{19}H_{22}O_6$. El efecto positivo de H_2O_2 sobre

la germinación de la semilla se explica por la liberación de O_2 que acelera la respiración mitocondrial y las actividades metabólicas (Katzman *et al.*, 2001). En contraste, en este estudio la presencia de H_2SO_4 produjo un efecto negativo sobre la germinación en semillas de *C. pubescens*, como resultado del rompimiento de la cubierta seminal y consecuente destrucción del embrión, lo que difiere con resultados obtenidos en otros estudios.

La altura de planta, el número de hojas verdaderas y el diámetro de tallo en plántulas de *C. pubescens* fueron más altos en las plantas tratadas con H_2O_2 . Se observó un efecto inhibitorio del crecimiento para los tratamientos con $C_{19}H_{22}O_6$, en comparación con las plantas en el tratamiento testigo. La producción de biomasa verde fue más alta en el tratamiento H_2O_2 a 10% (Cuadro 3). Demir *et al.* (2008) encontraron que vigor de la semilla es afectado durante el secado después de la cosecha, así como por, características genéticas, condiciones ambientales, época de cosecha, daños mecánicos, y condiciones durante el almacenamiento.

En la Figura 1, se observa la celeridad del proceso de germinación. Los tratamientos con $C_{19}H_{22}O_6$ (15%, 12 h) y H_2O_2 (20%, 15 min) presentaron un alto porcentaje de germinación en la segunda y tercera semana después de la siembra. Asimismo, se observa que después de la cuarta semana se detiene el proceso germinativo de los tratamientos e inicia el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

Cuadro 3. Comparación de medias de seis caracteres vegetativos en semillas de *C. pubescens*. U. Veracruzana, México.

No.	Tratamiento	PG	APTA	HOJV	DTLLO	PFS	PSC
9	$C_{19}H_{22}O_6$ (15%: 24 h)	53.3±10.0a	4.49±0.9a	6.00±1.0a	1.75±0.2a	0.91±0.3ab	0.16±0.1ab
4	H_2O_2 (20%: 15 min)	50.0±20.0a	4.81±1.4a	6.27±1.0a	1.63±0.2a	0.96±0.3ab	0.17±0.3ab
8	$C_{19}H_{22}O_6$ (20%: 24 h)	43.3±15.3a	3.72±1.1a	4.58±1.0a	1.44±0.2a	0.53±0.3bc	0.10±0.1b
5	H_2O_2 (15%: 15 min)	40.0±23.1a	4.77±3.7a	5.75±3.3a	1.78±1.0a	0.92±0.5ab	0.17±0.1ab
7	$C_{19}H_{22}O_6$ (25%: 24 h)	30.0±11.5ab	4.36±0.8a	5.17±0.3a	1.39±0.2a	0.72±0.1ab	0.13±0.03b
6	H_2O_2 (10%: 15 min)	26.7±5.8ab	4.74±0.6a	6.33±0.3a	1.71±0.3a	1.24±0.2a	0.22±0.01a
10	Sin tratar	23.3±5.8ab	4.60±0.6a	5.22±0.7a	1.56±0.1a	0.76±0.1ab	0.13±0.02b
1	H_2SO_4 (100%: 30 min)	0.0b	0b	0b	0b	0c	0c
2	H_2SO_4 (75%: 30 min)	0.0b	0b	0b	0b	0c	0c
3	H_2SO_4 (60%: 30 min)	0.0b	0b	0b	0b	0c	0c
	Promedio	26.2	3.1	3.9	1.1	0.59	0.11

*Medias con letras diferentes en una columna son estadísticamente diferente (Tukey; P ≤ 0.05); APTA = altura de planta; HOJV = hojas verdaderas; DTLLO = diámetro de tallo; PFS = peso fresco; PSC = peso seco; H_2SO_4 = ácido sulfúrico (AS); H_2O_2 = peróxido de hidrógeno (AO); $C_{19}H_{22}O_6$ = ácido giberélico (AG-3).

Influencia de tratamientos pregerminativos en semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.)

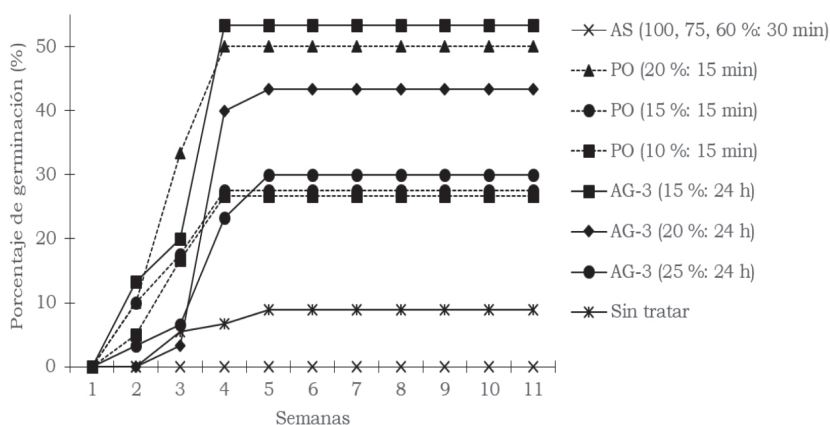


Figura 1. Porcentaje de germinación en semillas de chile manzano después de la imbibición en presencia de diferentes tratamientos pregerminativos. H_2SO_4 = ácido sulfúrico (AS); H_2O_2 = peróxido de hidrógeno (PO); $C_{19}H_{22}O_6$ = ácido giberélico-3 (AG).

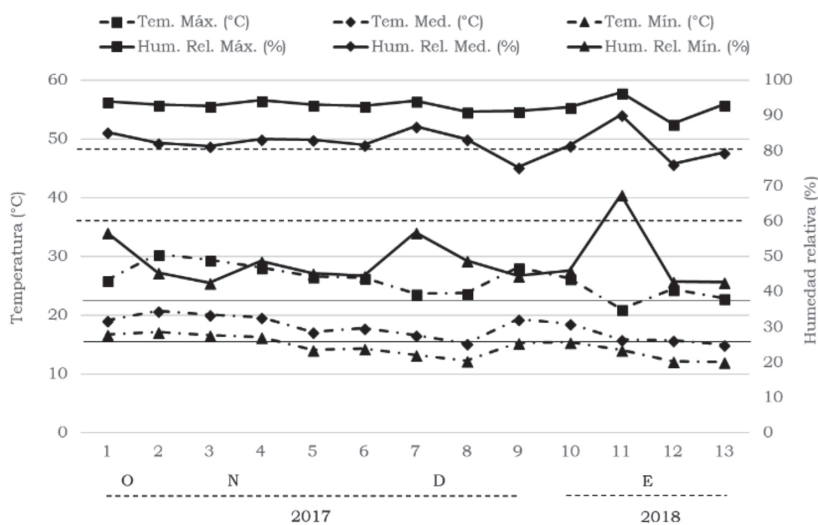


Figura 2. Temperatura y humedad relativa semanal bajo invernadero del 5 de noviembre de 2017 a 10 de enero de 2018. H_2SO_4 = ácido sulfúrico (AS); H_2O_2 = peróxido de hidrógeno (PO); $C_{19}H_{22}O_6$ = ácido giberélico (AG_3). - - - = intervalo óptimo de humedad relativa; ----- = intervalo óptimo de temperatura.

El comportamiento de la temperatura (14 - 25 °C) y la humedad relativa (48 - 92%) fueron adecuados para el desarrollo de las plántulas y los valores críticos ocurrieron en la séptima y octava semana DDS (Figura 2). De acuerdo con Pérez y Castro (2012) el intervalo óptimo de temperatura para esta especie varía entre 18 y 22 °C durante el día y entre 10 y 12 °C durante la noche, con una humedad relativa de 70 a 80%. García-Ruiz *et al.* (2018) analizaron el momento óptimo de extracción de semillas de *C. pubescens* en función de su calidad física y fisiológica, y encontraron

84.2% de germinación en semillas con 3 días de almacenamiento después de la cosecha, en contraste, con 74.8% de germinación después de 17 días de almacenamiento. Según los autores, el desarrollo de la semilla de *C. pubescens* ocurre al mismo tiempo que el desarrollo fisiológico del fruto y en este estado la calidad de la semilla comienza a deteriorarse.

Algunos autores (Taylor *et al.*, 1999; Enríquez-Peña *et al.*, 2004; Hernández-Verdugo *et al.*, 2010; García-Ruiz *et al.*, 2018) encontraron que la

germinación y el crecimiento son afectados por la temperatura y la radiación. El crecimiento de las plantas decrece cuando la temperatura disminuye por debajo de un valor mínimo o excede un valor máximo, bajo esa área se encuentra el valor óptimo de traslape de crecimiento y desarrollo de la planta (Pérez y Castro, 2012).

Conclusiones

El uso de H₂O₂ y C₁₉H₂₂O₆ para el osmo-acondicionamiento de semillas de *C. pubescens* antes de la siembra mejoró la emergencia de plántulas y su vigor; por el contrario, el tratamiento de inmersión con H₂SO₄ inhibió la emergencia de las plántulas. El presente trabajo provee información confiable que puede ser usado y adoptado en los programas de mejoramiento genético.

Referencias

Barba Espín, G., Diaz Vivancos P., Job, D., Belghazi, M., Job, C. and Hernández, J. A. 2011. Understanding the role of H₂O₂ during pea seed germination: a combined proteomic and hormone profiling approach. *Plant Cell and Environment*, 34(11), 1907-1919. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02386.x>.

Barba-Espín, G., Hernández, J. A. and Diaz-Vivancos, P. 2012. Role of H₂O₂ in pea seed germination. *Plant Signaling and Behavior*, 7(2), 193-195. <https://doi.org/10.4161/psb.18881>.

Baskin, C. and Baskin, J.M. 2014) *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego, 150-162. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416677-6.00001-9>.

Bewley, J.D. and Black, M. 1994) *Seeds Physiology of Development and Germination*. 3rd Edition, Plenum Press, New York, 445 p.

Castillo, M. L. E. 2007. *Introducción al SAS para Windows*, 3ra Edición. Universidad Autónoma Chapingo UACH. 295 p. <http://parasitologia.chapingo.mx/produccion/libros/1-introduccion-al-sas-para-windows-3ra-edicion>.

Demir, I., Ermis, S., Mavi, K., and 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>.

Enríquez-Peña, E. G., Suzán-Azpiri, H. and Malda-Barrera, G. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia*, 38(3), 375-381. <http://www.redalyc.org/html/302/30238311/>.

Espinosa-Torres, L. E., Pérez-Grajales, M., Martínez-Damián, M. T., Castro-Brindis, R. and Barrios-Puente, G. 2010. Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz y Pavón). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16(2), 115-121. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027152X2010000200007&ndscrypt=sci_arttextandtlng=pt.

Finch Savage, W. E., and Leubner Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New phytologist*, 171(3), 501-523. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x>

Finkelstein, R., Reeves, W., Ariizumi, T., and Steber, C. 2008. Molecular aspects of seed dormancy. *Annual review of plant biology*, 59. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092740>.

García-Paredes, J. D., Rodríguez-Navarro, L. E., Madoño-Molina, A., Hanan-Alipí, A. M., and Bojórquez-Serrano, J. I. 2017. Efecto de tratamientos pregerminativos en *Pithecellobium dulce*, *Leucaena leucocephala* y *Sesbania* spp. *Revista Bio Ciencias*, 4(3), 202-211. <http://revista.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/237/269>

García-Ruiz R. F., Castañeda-Garzón S. L. and Valdéz-Hernández. E. F. 2018. Quality of rocoto pepper (*Capsicum pubescens* Ruiz and Pav.) seeds in relation to extraction timing. *Acta Agronomica*, 67(2), 246-251. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.59057>.

Gupta, R., and Chakrabarty, S. K. 2013. Gibberellic acid in plant: still a mystery unresolved. *Plant signaling and behavior*, 8(9), e25504. <http://dx.doi.org/10.4161/psb.25504>.

Hernández-Verdugo, S., López-España, R. G., Porras, F., Parra-Terraza, S., Villarreal-Romero, M. and Osuna-Enciso, T. 2010. Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de Chile silvestre. *Agrociencia*, 44(6), 667-677. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000600006.

Ibiza, V. P., Blanca, J., Cañizares, J. and Nuez, F. 2012. Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. *Genetic Resources and Crop evolution*, 59(6), 1077-1088. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-011-9744-z>.

Iralu, V., and Upadhaya, K. 2018. Seed dormancy, germination and seedling characteristics of *Elaeocarpus prunifolius* Wall. ex Müll. Berol.: a threatened tree species of north-eastern India. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 48(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40490-018-0121-y>.

Katzman, L. S., Taylor, A. G., and Langhans, R. W. 2001. Seed enhancements to improve spinach germination. *HortScience*, 36(5), 979-981.

Kheloufi, A., Mansouri, L. M., and Boukhatem, F. Z. 2017. Application and use of sulphuric acid pretreatment to improve seed germination of three acacia species. *Reforesta*, (3), 1-10. <https://dx.doi.org/10.21750/REFOR.3.01.25>.

Leubner-Metzger, G. 2003. Functions and regulation of β-1, 3-glucanases during seed germination, dormancy release and after-ripening. *Seed Science Research*, 13(1), 17-34. <https://doi.org/10.1079/SSR2002121>.

Leyva-Ovalle, O. R., Andrés-Meza, P., Del Valle-Hernández, D., Meneses-Márquez, I., Murguía-González, J., Galindo-Tovar, M. E., López-Sánchez, H., Serna-Lagunes, R., Del Rosario-Arellano, L., Lee-Espinoza, H. E., Sierra-Macias, M. and Espinosa-Calderón, A. 2018) Morphological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* Ruiz and Pav.) landraces in the central region of Veracruz state, México. *Revista Bio Ciencias* 5(1), e388. <http://doi:10.15741/revbio.05.01.20>.

- López-España, R. G., López-Hernández, E. R., Hernández-Morales, T., Charrez-Cruz, A., Guzmán, Y. G., Muñoz-Jimarez, N. A., and Ortiz-Quintero, J. A. 2017. Effects of temperature wild chili pepper (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) germination grown under two light conditions. *Acta Agronómica*, 66(1), 69-74. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v66n1.50662>.
- Lozano, E. C., Zapater, M. A., Mamani, C., Flores, C. B., Gil, M. N., and Sühning, S. S. 2016. Efecto de pretratamientos en semillas de *Enterolobium conortisiliquum* (Fabaceae) de la selva pedemontana argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 51(1), 79-87. <http://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v51n1/v51n1a07.pdf>.
- Manz, B., Müller, K., Kucera, B., Volke, F., and Leubner-Metzger, G. 2005. Water uptake and distribution in germinating tobacco seeds investigated in vivo by nuclear magnetic resonance imaging. *Plant Physiology*, 138(3), 1538-1551. <https://doi.org/10.1104/pp.105.061663>.
- Moo-Muñoz, A. J., Latournerie-Moreno, L., Pinzón-López, L. L., Ayala-Garay, O. J., and Tzec-May, Y. A. 2016. Efecto de la madurez y secado de semilla de *Capsicum chinense* Jacq., en la germinación y calidad fisiológica de plántula. *Agroproductividad*, 9(1). <http://132.248.9.34/hevila/Agroproductividad/2016/vol9/no1/9.pdf>.
- Penfield, S. 2017. Seed dormancy and germination. *Current Biology*, 27(17), R874-R878. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.050>.
- Perez G., M. 2002. Estudio genético y fisiológico del crecimiento, rendimiento y calidad del fruto en chile manzano *Capsicum pubescens* R y P. Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad en Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 106. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BCVER.xisandmethod=postandformato=2andcantidad=1andexpresion=mfn=003205>.
- Pérez, G. M. y Castro, B. R. 2012. El chile manzano. 2ª reimpression. Universidad Autónoma Chapingo UACH. Reimpression. 128 p.
- Perry, L. and Flannery, K. V. 2007. Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(29), 11905-11909. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704936104>.
- Pittcock, J.K. 2008. Seed production, processing and analysis. In: Beyl, C. A. and Tri-giano, R. N. (Eds.), *Plant Propagation*. pp. 401-406. CRC Press Tylor and Francis Group. Boca Raton, USA.
- SAS/STAT®. 1999. Versión 8.0 del sistema SAS para Windows. Copyright 2002 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Tanaka-Oda, A., Kenzo, T., and Fukuda, K. 2009. Optimal germination condition by sulfuric acid pretreatment to improve seed germination of *Sabina vulgaris* Ant. *Journal of forest research*, 14(4), 251-256. <https://doi.org/10.1007/s10310-009-0129-5>.
- Taylor, J. P., Wester, D. B. and Smith, L. M. 1999. Soil disturbance, flood management, and riparian woody plant establishment in the Rio Grande floodplain. *Wetlands*, 19(2), 372-382. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03161769>.
- Viemont, J. D., and Crabbé, J. 2000. Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control. New York: Cabi. Pub. 365 p. <https://doi.org/10.1079/9780851994475.0000>.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and experimental botany*, 61(3), 199-223. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.05.011>.

