

Protocolo para el establecimiento *in vitro* de *Psidium guajava* L. mediante semillas, para la conservación de germoplasma nativo

Lucila Perales-Aguilar¹
Catarino Perales-Segovia²
Ernesto González-Gaona³
José Mario Miranda-Ramírez^{4,5}

1 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga. Carretera a la estación de Rincón km 1, Aguascalientes, México. CP. 20670. (lucila.pa@pabellon.tecnm.mx).

2 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico el Llano Aguascalientes. Carretera Aguascalientes-San Luis Potosí km 8, El Llano, Aguascalientes, México. CP. 20330. (catarino.ps@llano.tecnm.mx).

3 Campo Experimental Pabellón-INIFAP. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. CP. 20660. (eggaona@yahoo.com.mx).

4 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán. Carretera Apatzingán-Aguililla km 3.5, Apatzingán, Michoacán, México. CP. 60710. (mario.mr@apatzingan.tecnm.mx; jose@itsa.edu.mx; mmirandaram@yahoo.com.mx).

Autor para correspondencia: mario.mr@apatzingan.tecnm.mx.

Resumen

La guayaba *Psidium guajava* L. es un frutal muy importante para Aguascalientes. En el municipio de Calvillo se establecieron huertos de guayaba con una superficie de más de 6 000 ha. El problema actual, es que está siendo sustituido por otros cultivos como el aguacate, limón y hortalizas. Una solución para la conservación de estos importantes recursos genéticos son los bancos de germoplasma, ligados con la propagación *in vitro*, que es una herramienta biotecnológica que permite reproducir plantas sanas de guayaba, en espacios reducidos y condiciones controladas. Ante ello, se estandarizó una metodología para el establecimiento *in vitro* de semillas de guayaba. Se evaluaron en un primer experimento cuatro tratamientos, para mejorar las condiciones de asepsia, después se realizó un segundo experimento para determinar la mejor propuesta de cultivo *in vitro*, incluyendo semillas escarificadas y no escarificadas para definir el protocolo completo. En el primer experimento, el T3 con tween^l 20 (polisorbato) al 0.1%, fractal^l (extracto de semillas de cítricos) 6 ml L⁻¹, cloro al 5% y etanol al 70% presentó 95% de asepsia. En el segundo experimento, de la etapa de establecimiento *in vitro*, el T4, de semilla escarificada con carbón activado, obtuvo 90% de germinación con una longitud de 4.05 cm. Finalmente se encontró que el medio de cultivo, usando semilla escarificada, MS suplementado con 2 g L⁻¹ de carbón activado, 0.5 mg L⁻¹ de BAP y 7.5 g L⁻¹ de agar-agar, fue el mejor para establecer el protocolo de reproducción *in vitro*.

Palabras clave:

asepsia, conservación, cultivo *in vitro*, guayaba.

Introducción

En México existe una superficie establecida de guayaba de 20 044 ha, con una producción de 406 000 t año⁻¹ que generan una derrama económica de USD \$144.41 mdd (Ramos-Sandoval *et al.*, 2017). Aguascalientes se ubica en el segundo lugar de la producción en México, con una superficie establecida de 5 950 ha y una producción anual de 126 392 t con un valor comercial de USD \$ 39.31 mdd (SIAP, 2025). El tipo de suelo en Calvillo, Aguascalientes, contribuye en la producción de guayabas dulces, esta ventaja, hace que preferentemente los consumidores demanden el fruto en todo el país (Ramírez *et al.*, 2022).

En otro sentido, el establecimiento *in vitro* de los cultivos usando semillas ofrece ventajas como proporcionar plántulas que sirvan como fuente de explantes para llevar a cabo la micropropagación y la conservación de la variabilidad genética nativa, entre otras. En el establecimiento, las semillas ocupan de métodos físicos o químicos de escarificación.

Los métodos físicos se recomiendan para evitar usar sustancias tóxicas que contaminan el ambiente. La propagación *in vitro* es reportada como exitosa en árboles de importancia forestal, aumenta la tasa de germinación y reduce el tiempo en que ésta ocurre (Zurita-Valencia *et al.*, 2014) y se realiza a partir de seleccionar un explante (meristemo apical) que se siembra en un medio de cultivo nutritivo para lograr una respuesta morfogénica y formar una planta completa a partir de un tejido u órgano (totipotencia celular).

La capacidad de las células vegetales para la regeneración de plantas se usa también para la conservación de germoplasma. Asimismo, la morfogénesis *in vitro* se divide en embriogénesis y organogénesis (Torres *et al.*, 2023). Los sistemas de cultivo de tejidos *in vitro* son muy importantes en biotecnología vegetal. En el establecimiento *in vitro* se utilizan semillas para facilitar la etapa de asepsia y establecer los tejidos libres de hongos, virus y bacterias. También, la intensidad lumínica es vital para el desarrollo de los tejidos (Ruíz-Rivas *et al.*, 2022).

La guayaba se ha propagado *in vitro* mediante organogénesis y embriogénesis somática, siendo el principal problema la oxidación fenólica en el establecimiento y la contaminación en la etapa de multiplicación; superando estas barreras los tejidos se pueden establecer para su propagación masiva (Domínguez-Perales *et al.*, 2016). Mientras que, los bancos de germoplasma *in vitro* son útiles porque se usan para la conservación de los recursos fitogenéticos de interés, mediante la propagación de tejidos y semillas de las especies vegetales.

El propósito es tener y conservar la mayor diversidad genética y con el tiempo regenerar los genotipos deseados. La unidad de colección se mantiene en condiciones controladas, en espacios reducidos libres de contaminación por microorganismos patógenos (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010).

Aunado a lo anterior, el cultivo de crecimiento lento es de bajo costo y permite la preservación de brotes *in vitro*, debido a que disminuye su metabolismo y se reducen las tasas de crecimiento de los cultivos vegetales, los bancos de germoplasma *in vitro* sirven también para recuperar plantas amenazadas o en peligro de extinción, no todas las especies se pueden conservar por semilla, por lo que el cultivo de tejidos vegetales, es una opción muy importante para mantener este acervo genético durante largos periodos de tiempo para su conservación (Martínez, 2021).

La micropropagación se utiliza también para hacer estudios fisiológicos de rejuvenecimiento y envejecimiento para obtener plantas productivas o para la conservación (Pérez *et al.*, 2002). La biotecnología vegetal mediante el cultivo de tejidos vegetales y los bancos de germoplasma *in vitro* contribuyen a la conservación de especies vegetales de gran importancia como la guayaba (Valdés-Infante *et al.*, 2012). Por lo antes expuesto, se planteó como objetivo estandarizar una metodología para el establecimiento *in vitro* a partir de semillas de guayaba.

Materiales y métodos

Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Aplicada del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL) en El Llano, Aguascalientes, México, ubicado en el km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, a los 21° 49' 8.21" latitud norte, 102° 10' 02.96" longitud oeste a 2 008 msnm (Google Earth, 2024).

Material vegetal

Se obtuvieron semillas de guayaba del tipo 'Media China' de 20 frutos maduros cosechados en un huerto comercial ubicado en San Tadeo, Calvillo, Aguascalientes a los 21° 55' 13" latitud norte, 102° 42' 09" longitud oeste a 1 699 msnm (Google Earth, 2024). La manipulación del material vegetal se realizó con pinzas y bisturís desinfectados previamente mediante inmersión en etanol al 100% y flameo con mechero.

Caracterización del trabajo de investigación

La estructura metodológica se dividió en dos experimentos con tres etapas.

Primer experimento

Asepsia y control de la contaminación

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y 10 repeticiones, la unidad experimental fue un frasco de 250 ml con 10 semillas con medio MS (Murashige y Skoog, 1962). Los tratamientos fueron: T1) tween⁽ (polisorbato) 20 al 0.1% + cloro al 5% + etanol al 50%; T2) mycrodyn⁽ (plata ionizada) + cloro al 5% + etanol al 70%; T3) tween⁽ 20 al 0.1% + fractal⁽ (extracto de semillas de cítricos) 6 ml L⁻¹ + cloro al 5% y etanol al 70% y T4) testigo sin aplicación.

El registro de datos se realizó a los 30 días después de establecer el experimento. La variable de estudio fue: el porcentaje de asepsia (%), para lo cual se tomaron en cuenta el número de frascos no contaminados. Los frascos que presentaron hongos como *Aspergillus* sp. y *Alternaria* sp. y bacterias como *Pseudomonas* sp., se asignaron como contaminados. Para los análisis de datos se usó el paquete estadístico Statistica Version 13.3 (TIBCO Inc, 2017), para el análisis de varianza (Anova) y la prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias.

Escarificación física de las semillas

La escarificación es un proceso físico o químico que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas, para hacerlas permeables y facilitar su germinación. Esta parte se realizó con un procedimiento físico inmediatamente después de la etapa de asepsia. Se utilizó un cortador de uñas estéril para eliminar la testa de cada semilla en una campana de flujo laminar para evitar su contaminación. Se utilizó agua destilada estéril para realizar enjuagues y sanitas de papel estériles para secar las semillas.

Segundo experimento

Establecimiento *in vitro*

Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y 10 repeticiones, la unidad experimental fue un frasco con seis semillas de guayaba con medio MS. Los tratamientos fueron: T1) testigo- semillas sin escarificar; T2) semilla escarificada; T3) semilla sin escarificar con carbón activado 2 g L⁻¹ y T4) semilla escarificada con carbón activado 2 g L⁻¹. El medio de cultivo MS fue suplementado con 0.5 mg L⁻¹ Bencilaminopurina (BAP), 30 g L⁻¹ de sacarosa y 7.5 g L⁻¹ de agar-agar. Las condiciones del cuarto de incubación fueron: temperatura 25 (2 °C, con fotoperiodo de 16 h luz y 8 horas oscuridad y una intensidad lumínica de 2 000 lux

Las variables evaluadas fueron: 1) porcentaje de germinación (%) y 2) longitud de brotes (cm), la medición se realizó los 45 días posteriores a la siembra, se tomó como semilla germinada la emergencia a una longitud de 2 mm de la radícula. Para el análisis de los datos de este experimento se realizó la prueba de Anova y la de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) con apoyo del paquete estadístico Statistica Version 13.3 (TIBCO Inc, 2017).

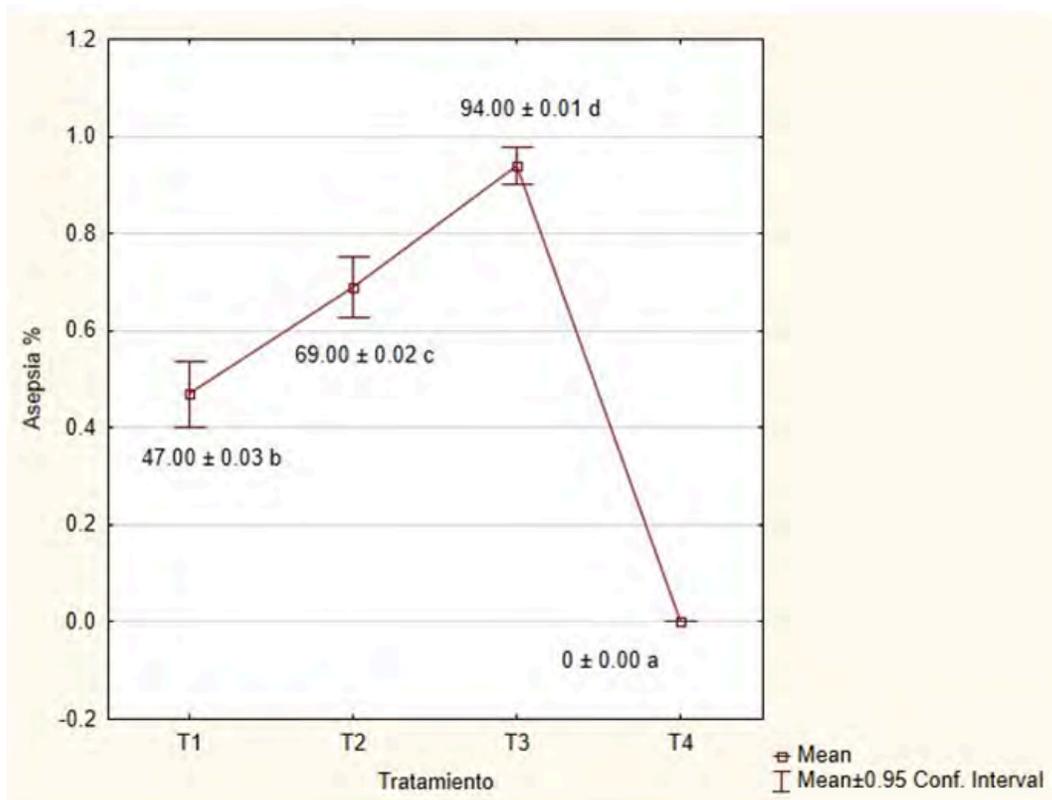
Resultados y discusión

Primer experimento

Asepsia y control de la contaminación

En esta variable se observaron diferencias estadísticamente significativas Andeva ($p \leq 0.05$) en los tratamientos evaluados para la desinfección de las semillas de guayaba. Los mejores resultados (Tukey $p \leq 0.05$) se presentaron en el tratamiento T3 (sin contaminación por patógenos), mientras que en el T4 todos los frascos resultaron contaminados (Figura 1), lo que corrobora que la parte de asepsia es fundamental para establecer los cultivos *in vitro* para su regeneración masiva en condiciones controladas, como fotoperiodo y temperatura.

Figura 1. Resultados de la comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) del primer experimento (asepsia). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, $n = 10$ (Tukey, $p(0.05)$; DHS= 0.024; T1 tween 20 (0.1%) + cloro 5% + etanol 50%; T2 microdyn + cloro 5% + etanol 70%; T3 tween 20 (0.1%) + fractal[®] 6 mL L-1 + cloro 5% + etanol 70%; T4 testigo sin aplicación.



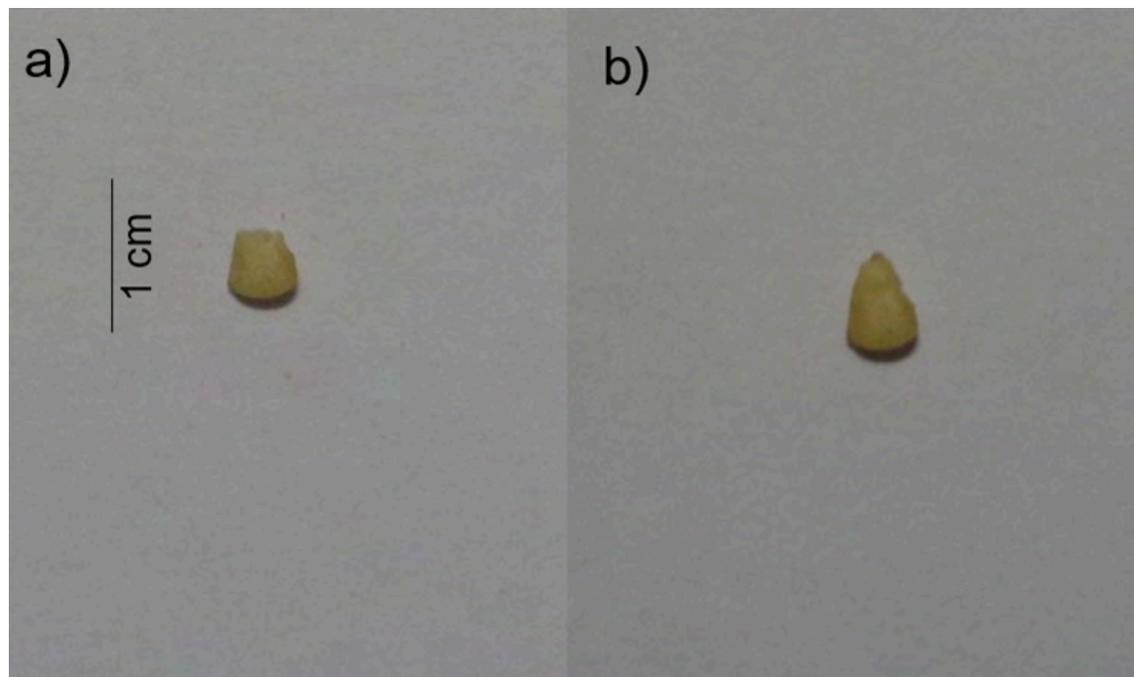
Al respecto, varios trabajos previos de investigación de propagación *in vitro* de guayaba concluyen que la etapa crítica a superar es obtener material aséptico para su establecimiento en el laboratorio (Ocampo y Núñez, 2007). Continuando con el T3, el fractal^l (extracto de cítricos, líquido soluble en agua) actuó como bactericida y fungicida, funcionó como un desinfectante orgánico de amplio espectro de acción germicida en el experimento. Se caracteriza por ser biodegradable, con registro de desarrollo a resistencia, está recomendado en la prevención y tratamiento de enfermedades foliares en diversas plantas cultivadas (Berni Labs, 2025).

La concentración de cloro (hipoclorito de sodio al 5%) durante 15 min para el control de la contaminación de los explantes, es también muy efectivo, como reportan los resultados de esta investigación y coinciden con lo reportado por diversos autores (Ramírez y Salazar, 1997; Casanova *et al.*, 2019). Otros autores utilizan sustancias más agresivas para el proceso de desinfección, como el bicloruro de mercurio que es tóxico para el humano y para el ambiente (Concepción *et al.*, 2004).

Escarificación física de las semillas

Los resultados del proceso de escarificación física se observan en la Figura 2a para las semillas de guayaba escarificada (sin testa) y en la Figura 2b se muestra semillas sin ningún tipo de escarificación (con testa).

Figura 2. *Psidium guajava* L. a) semilla escarificada y b) semilla completa.



Otras investigaciones como la de Zurita-Valencia *et al.* (2014), localizaron durante el proceso de escarificación de semillas de *Tilia mexicana* Schlecht. (cirimo) emplearon métodos físicos como tratamientos con temperatura y métodos químicos como el uso de ácido clorhídrico (HCl) al 10%, utilizando el etanol al 70%, agua oxigenada al 3% y cloro 2.4% para su desinfección. Asimismo, Sánchez-Soto *et al.* (2017) aseguran que la escarificación es una técnica empleada en agricultura para tener un alto porcentaje de germinación en menor tiempo.

Mientras que para Martín (2017), el uso de técnicas para regenerar plantas mediante la clonación del material vegetal para crioconservación y conservación, entre otros, es fundamental en biotecnología para disponer de las plantas para investigación y su reproducción masiva. De

lo anterior, se deduce que el cultivo de tejidos *in vitro* es una herramienta que aumenta el porcentaje de germinación mediante el uso de semillas, con técnicas como la escarificación para la propagación masiva de especies de interés y se emplea para incrementar la germinación y evitar la escarificación química donde se utilizan sustancias tóxicas como ácido sulfúrico.

Segundo experimento

Establecimiento *in vitro*

En los resultados del Andeva ($p \leq 0.05$) se detectaron diferencias significativas en todos los tratamientos en las dos variables registradas.

En la prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$) los resultados de la respuesta de las semillas al cultivo *in vitro* en mostraron para el tratamiento T1 un menor porcentaje de germinación y de longitud de brotes (Figura 3 y 4).

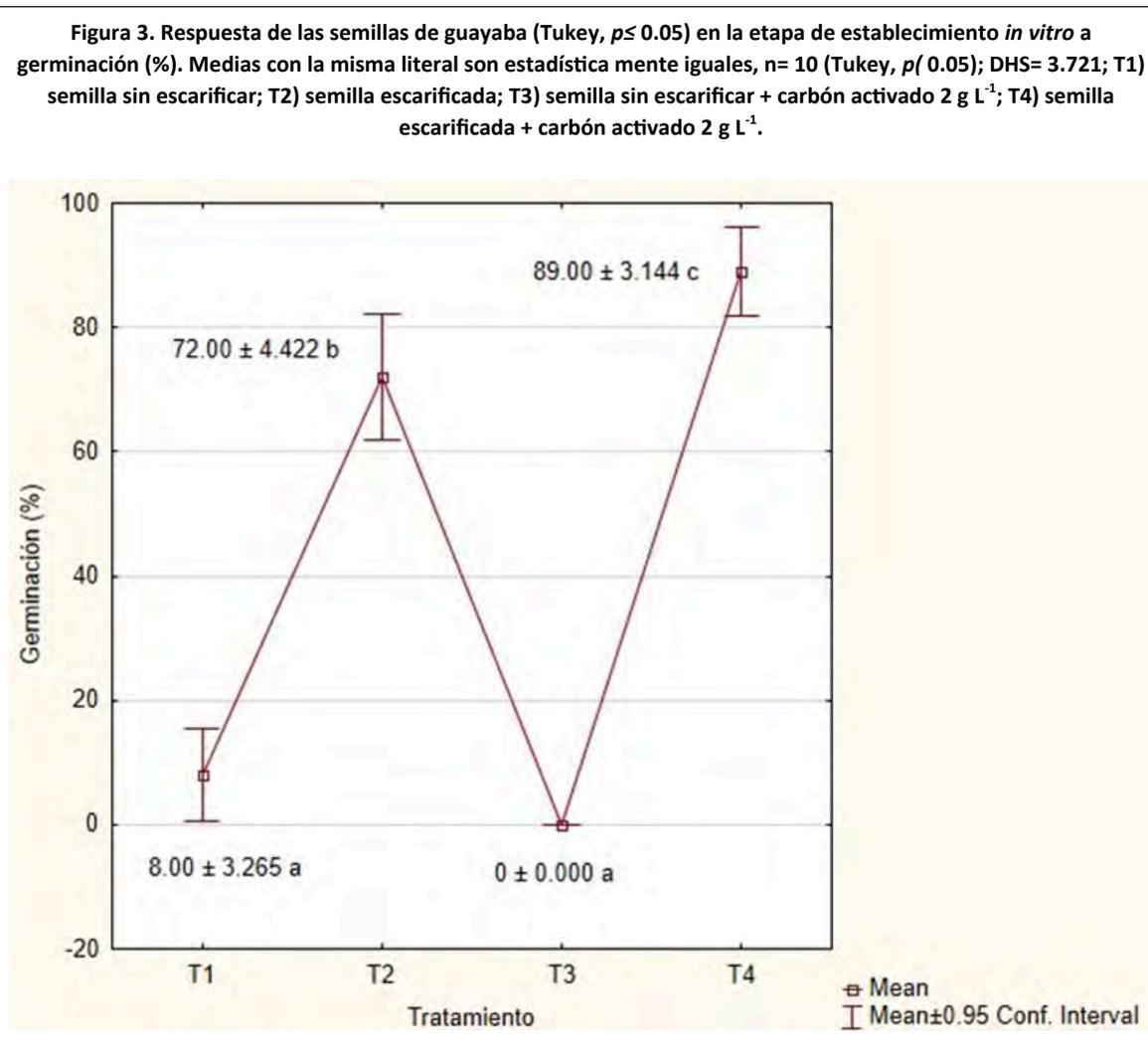
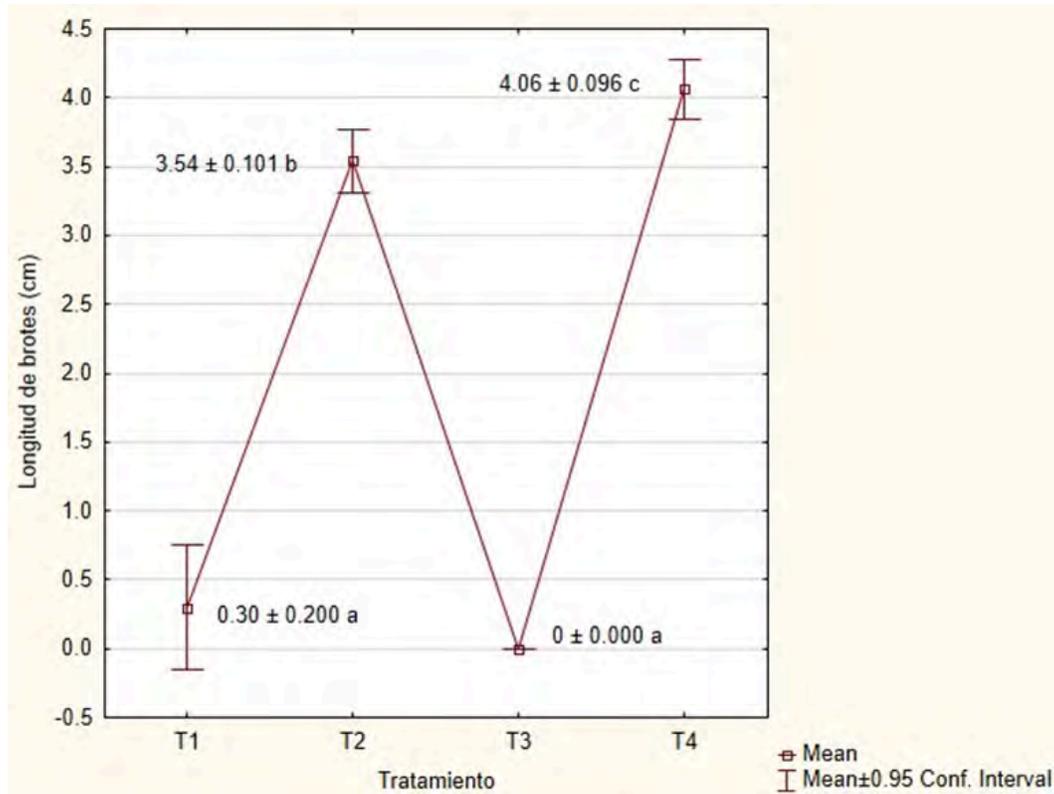


Figura 4. Respuesta de las semillas de guayaba (Tukey, $p \leq 0.05$) en la etapa de establecimiento *in vitro* a longitud de brotes hipócolo (cm). Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, $n = 10$ (Tukey, $p(0.05)$; DHS= 3.721; T1) semilla sin escarificar; T2) semilla escarificada; T3) semilla sin escarificar + carbón activado 2 g L⁻¹; T4) Semilla escarificada + carbón activado 2 g L⁻¹.



En contraste con el T1, el T4 presentó la mejor germinación y la mayor longitud de brotes. En la etapa de establecimiento *in vitro* se obtuvo 90% de germinación con una longitud del tallo de 4.05 cm en un medio de cultivo MS suplementado con 2 g L⁻¹ de carbón activado. Asimismo, Flores *et al.* (2017) reportaron en su estudio de germinación *in vitro* de semillas, después de los 60 días 90% de germinación en medio MS, sin carbón activado y en total oscuridad. Otro aspecto muy importante son las adiciones de hormonas, Cabral-Miramontes *et al.* (2022) afirman que los reguladores de crecimiento y la elección del medio de cultivo para cada especie, sirven para estandarizar la metodología de propagación *in vitro* y juegan un papel muy importante en el proceso, mientras que Pérez *et al.* (2002) señalan que el regulador apropiado para la multiplicación *in vitro* de brotes de guayaba provenientes de semillas, es el regulador BAP a concentraciones que van de 0.5 a 1 mg L⁻¹. En esta investigación se utilizó la concentración de 0.5 mg L⁻¹ de BAP.

Se presenta finalmente un protocolo estandarizado, paso por paso, para el establecimiento aséptico y la propagación *in vitro*, para la conservación de plantas de guayaba a partir de semillas escarificadas (Cuadro 1).



Cuadro 1. Protocolo estandarizado para el establecimiento *in vitro* de semillas de guayaba para su propagación.

Metodología para el establecimiento <i>in vitro</i> de semillas de guayaba	
1	Colecta de los frutos para la obtención de semillas
2	Partir el fruto de guayaba para extraer las semillas, realizar enjuagues con agua de la llave y colocar de una por una en un papel absorbente y dejar secar por dos días
3	Se cepillan una a una las semillas y se realizan enjuagues con agua estéril y se dejan secar en un papel por 1 día
4	Las semillas se lavan con tween 20 ^l al 0.1 % y se dejan en agitación por 10 min. Se realizan tres enjuagues con agua estéril
5	Las semillas se dejan en agitación con fractal ^l 6 ml L ⁻¹ por 1 h. Se realizan tres enjuagues con agua estéril
6	Las semillas se colocan en cloro al 5% en agitación por 15 min. Se realizan tres enjuagues con agua estéril
7	Las semillas se colocan en etanol al 70% en agitación por 5 min. Se realizan tres enjuagues con agua estéril
8	Las semillas se dejan secando en una servilleta estéril en la campana de flujo laminar por 5 min
9	Se realiza la escarificación de cada semilla con el uso de una pinza y un corta uñas, ambos estériles, en la campana de flujo laminar
10	Se establecen <i>in vitro</i> las semillas de guayaba para su germinación en medio de cultivo MS suplementado con 2 g L ⁻¹ de carbón activado, 0.5 mg L ⁻¹ de BAP y 7.5 g L ⁻¹ de agar-agar

Los bancos de germoplasma *in vitro* tienen como objetivo la conservación por tiempo indefinido de tejidos vegetales vivos que se mantienen en condiciones controladas (luz y temperatura). Se han desarrollado sistemas de crecimiento retardado para prolongar los periodos de subcultivos. Esta técnica de conservación *in vitro* es eficiente para varias especies, incluida la guayaba. Los tejidos almacenados en condiciones de crecimiento retardado se pueden transferir a medios de regeneración y así obtener la cantidad de plantas requeridas para contar con una fuente de material vegetal, sin necesidad de recurrir a recolectar ejemplares silvestres, y así se ayuda a la conservación de las especies y el germoplasma nativo (Pérez *et al.*, 2012).

Conclusiones

Con el desarrollo para la estandarización de protocolos, se establecen las bases para la propagación y conservación de material vegetal de importancia para los productores de guayaba, lo que permite obtener plantas sanas y vigorosas.

Bibliografía

- Berni, L. S. R. L. 2025. Fractal®. Poder orgánico 100% natural. <https://www.bernilabs.com/fichas/ficha-fractal.pdf> 1-2 pp.
- Cabral-Miramontes, J. P.; Chávez-Simental, J. A.; Pulido-Díaz, C.; González-Portillo, M.; Goche-Télles, J. R. y Barragán-Hernández, V. M. 2022. *In vitro* propagation of apple trees from mature zygotic embryos. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 13(4):603-616. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2164>.
- Casanova, P. N. M.; Bertolini, V. e Iracheta, D. L. 2019. Conservación *in vitro* de *Monstera acuminata* Koch. y *Monstera deliciosa* Liebm. Acta Agronómica. 68(3):196-204. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n3.75891>.

- 4 Concepción, L. O.; Nápoles, B. L.; Pérez, M. A.; Peralta, B. N. y Trujillo S. R. 2004. Regeneración de brotes adventicios en hojas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas *in vitro*. Revista Colombiana de Biotecnología. 6(2):56-61. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77660208.pdf>.
- 5 Domínguez-Perales, L. A.; Domínguez-Álvarez, J. L.; Cruz-Izquierdo, S. C.; Santacruz-Valera, A.; Barrientos-Priego, A.; Padilla-Ramírez, J. S. y Gutiérrez-Espinosa, M. A. 2016. Propagación *in vitro* de selecciones de guayaba (*Psidium guajava* L.). Revista Fitotecnia Mexicana. 39(3):285-295. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n3/0187-7380-rfm-39-03-00285.pdf>.
- 6 Flores, C. O.; Cuéllar, J. F.; Montes, M. E.; Gámez, P. M. R.; González, M. T.; Guevara, V. M. y Aguilar, R. N. 2017. Germinación *in vitro* de semillas de *Vanilla planifolia* Jacks y comparación de métodos de micropropagación. Avances en Investigación Agropecuaria. 21(2):69-83. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2017/mayo/5.pdf>.
- 7 Google Earth. 2025. Mapa de el Llano Aguascalientes, México. Google Maps <https://earth.google.com/web/@21.8189517,102.10082039,48322.93570666a,51353.28893043d,35y,-0h,0t,0r/data=cgrcagbgbogmkata>.
- 8 Martín, D. 2017. Embriogénesis somática: una herramienta biotecnológica para la propagación *in vitro* de guayaba. Biotecnología Vegetal. 17(4):209-220. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/563/pdf>.
- 9 Martínez, E. M. 2021. Conservación *in vitro* de germoplasma, un método para salvar el acervo genético en plantas. Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC. 13:83-86. <https://www.cicy.mx/documentos/cicy/desde-herbario/2021/2021-04-29-mmartinez-esteves-conservacion-in-vitro-de-germoplasma.pdf>.
- 10 Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15(3):473-497.
- 11 Ocampo, F. y Núñez, V. M. 2007. Propagación *in vitro* de *Psidium guajava* mediante organogénesis directa a partir de segmentos nodales. Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 8(1):22-27. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945022003.pdf>.
- 12 Pérez, M. B. E.; Esparza, A. M. J. y Pérez, R. M. E. 2012. Conservación *in vitro* de germoplasma de *Agave* spp. bajo condiciones de crecimiento retardado. Revista Fitotecnia Mexicana. 35(4):279-287. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35n4/v35n4a4.pdf>.
- 13 Pérez, A. T.; Nápoles, L.; Concepción, O. y Trujillo, R. 2002. Multiplicación *in vitro* de brotes de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. Enana roja cubana EEA 18-40 obtenidos a partir de semillas. Cultivos Tropicales. 23(3):57-61. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120008.pdf>.
- 14 Ramírez, M. y Salazar, E. 1997. Establecimiento *in vitro* de segmentos nodales de guayabo (*Psidium guajava* L.). Revista Facultad de Agronomía. 14:497-506. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26150/26776>.
- 15 Ramírez, A. O.; Hernández, M. J. y González, E. J. M. 2022. Análisis económico de la guayaba en Calvillo, Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Agronegocios. 51:267-276. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/137784>.
- 16 Ramos-Sandoval, I. N.; García-Salazar, J. A.; Borja-Bravo, M.; Guajardo-Hernández, L. G.; Almeraya-Quintero, S. X. y Arana-Coronado, Óscar. A. 2017. El mercado de la guayaba en Aguascalientes: un análisis para reducir la volatilidad de los precios. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8(18):3755-3767. <https://www.redalyc.org/journal/2631/263152571008/html/>.
- 17 Ruíz-Rivas, M.; Téllez-Valerio, C. E.; Martínez-Núñez, M.; Vera-Hernández, P.; Martínez-Romero, E. y Rosas-Cárdenas, F. de F. 2022. Influencia de la luz en la generación de callos y el cultivo *in vitro* de plantas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 27(esp):11-21. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3156>.

- 18 Sánchez-Chiang, N. y Jiménez, V. M. 2010. Técnicas de conservación *in vitro* para el establecimiento de bancos de germoplasma en cultivos tropicales. *Agronomía Mesoamericana*. 21(1):193-205. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v21n1/a20v21n1.pdf>.
- 19 Sánchez-Soto, B. H.; Pacheco-Aispuro, E.; Lugo-García, G. A.; Reyes-Olivas, A. y García-Moya, E. 2017. Métodos de escarificación en semillas de *Guaiaacum coulteri*, especie amenazada de bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa, México. *Gayana Botánica*. 74(2):262-268. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432017000200262>.
- 20 SIAP. 2025. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- 21 TIBCO Inc. 2017. Statistica data analysis software system. Version 13.3 for Windows, TIBCO Inc, Tulsa, OK, USA. <https://www.tibco.com/products/data-science>.
- 22 Torres, J. R.; Lecona, C. A.; Silverio, M. C.; Gutiérrez, F. A.; Ruiz, N. y Santana, N. 2023. Organogénesis directa en piña criolla inducida por 6-bencilaminopurina. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 14(6):1-12. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3159>.
- 23 Valdés-Infante, J.; Rodríguez-Medina, N. N.; González, L.; Velázquez, J. B.; Rivero-Rodríguez, D.; Sourd-Martínez, D. G., Martínez-González, F. y Rodríguez, J. A. 2012. La biotecnología como herramienta para la propagación, conservación y el mejoramiento genético del guayabo. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 14(2):7-19. <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n2/v14n2a02.pdf>.
- 24 Zurita-Valencia, W.; Gómez-Cruz, E.; Atrián-Mendoza, E.; Hernández, A.; Granado-García, M. E.; García-Magaña, J.; Salgado-Garciglia, R. y Sánchez-Vargas, N. M. 2014. Establecimiento de un método eficiente de germinación *in vitro* y micropropagación del cirimo (*Tilia Mexicana* Schlecht.) (Tiliaceae). *Polibotánica*38(19):129-144. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682014000200007.



Protocolo para el establecimiento *in vitro* de *Psidium guajava* L. mediante semillas, para la conservación de germoplasma nativo

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 February 2025
Date accepted: 01 June 2025
Publication date: 03 October 2025
Publication date: Aug-Sep 2025
Volume: 16
Issue: 6
Electronic Location Identifier: e3819
DOI: 10.29312/remexca.v16i6.3819

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

asepsia
conservación
cultivo *in vitro*
guayaba

Counts

Figures: 4
Tables: 1
Equations: 0
References: 24
Pages: 0