



Abanico Agroforestal. Enero-Diciembre 2024; 6:1-14. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2024.2>

Artículo original. Recibido: 01/09/2023. Aceptado: 11/01/2024. Publicado: 17/01/2024. Clave: e2023-20

<https://www.youtube.com/watch?v=CcKDxaNfuH4>

Germinación *in vitro* de palo blanco (*Ipomoea arborescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don)

In vitro germination of palo blanco (*Ipomoea arborescens* (Humb. &
Bonpl. ex Willd.) G. Don)



Álvarez-Martínez Alicia^{*1ID}, Mc Caughey-Espinoza Diana^{**2ID}, Magaña-Barajas
Elisa^{3ID}, Rodríguez-Briseño Karla^{2ID}, Celaya-Rosas Maryela^{2ID}, Morales-Romero
Daniel^{3ID}, Cota-Arriola Octavio^{3ID}

¹Universidad Estatal de Sonora. Maestría en Ciencias Ambientales. Av. Ley Federal del Trabajo 83100 Hermosillo, Sonora, México. ²Universidad de Sonora. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Blvd. Luis Donald Colosio s/n. C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. ³Universidad Estatal de Sonora. Av. Ley Federal del Trabajo, 83100, Hermosillo, Sonora, México. *Autor responsable: Mc Caughey-Espinoza Diana. *Autor principal: Álvarez-Martínez Alicia. **Autor de correspondencia: Mc Caughey-Espinoza Diana. E- mail: aliciaelizabeth00@gmail.com, diana.mccaughey@unison.mx, elisa.magana@ues.mx, karlarodriguez269@gmail.com, daniel.morales@ues.mx, octavio.cota@ues.mx

RESUMEN

El palo blanco (*Ipomea arborescens*) es un árbol perenne perteneciente a la familia Convolvulaceae, de importancia etnobotánica y forrajera. El objetivo del trabajo fue evaluar el porcentaje de germinación *in vitro* con tratamientos pregerminativos (escarificación mecánica sin AG³, escarificación mecánica y concentraciones de 0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 de AG³/mgL⁻¹, sin escarificación mecánica y con las concentraciones de AG³ mencionadas, y el control sin escarificación mecánica ni AG³). El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de 3 tratamientos, 3 repeticiones (25 semillas cada uno) y un control, con un ANDEVA y media de Tukey-Kramer ($\alpha=0.05$ %). Los resultados no mostraron diferencias significativas en los tratamientos pregerminativos evaluados, excepto el control que no mostró germinación. La germinación fue 98.33 a 99.66 %, se presentó un 0.00 a 0.66 % de semillas anormales, 98.66 a 99.66 % de semillas normales y 0.33 a 1.00 % de semillas no germinadas. La altura promedio en las plántulas antes del trasplante fue 8.58 cm. La sobrevivencia al trasplante en el día 9no y 16vo fue 100%, con altura promedio de 16.27 cm. Los resultados señalan que, las semillas de *I. arborescens* requieren tratamiento pregerminativo (escarificación mecánica) para germinar y perpetuar la especie en el hábitat silvestre.

Palabras clave: escarificación mecánica, etnobotánica, planta forrajera, pregerminativo.

ABSTRACT

The palo blanco (*Ipomea arborescens*) is a perennial tree belonging to the Convolvulaceae family, of ethnobotanical and forage importance. The objective of the work was to evaluate the percentage of germination *in vitro* with pregerminative treatments (mechanical scarification without AG³, mechanical scarification and concentrations of 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 of AG³/mgL⁻¹, without mechanical scarification and with concentrations of AG³ mentioned, and the control without mechanical scarification or AG³). The experimental design was completely randomized with a factorial arrangement of 3 treatments, 3 repetitions (25 seeds each) and a control, with a Tukey-Kramer ANDEVA and mean ($\alpha=0.05$ %). The results did not



show significant differences in the pregerminative treatments evaluated, except for the control that did not show germination. Germination was 98.33 to 99.66 %, there were 0.00 to 0.66 % of abnormal seeds, 98.66 to 99.66 % of normal seeds and 0.33 to 1.00 % of non-germinated seeds. The average height in the seedlings before transplanting was 8.58 cm. Transplant survival on the 9th and 16th day was 100 %, with an average height of 16.27 cm. The results indicate that *I. arborescens* seeds require pregerminative treatment (mechanical scarification) to germinate and perpetuate the species in the wild habitat.

Keywords: mechanical scarification, ethnobotany, fodder plant, pregerminative.

INTRODUCCIÓN

El palo blanco (*Ipomoea arborescens*) es un árbol que florece y fructifica en los meses de noviembre y abril. Esta planta habita en ecosistemas de bosques caducifolios de las cuáles se distribuyen por el occidente de México extendiéndose desde los bosques tropicales de Sonora hacia el sur de Michoacán y Morelos (Austin *et al.*, 2005; León *et al.*, 2006). Tiene por nombre común palo santo, palo blanco, casahuate, entre otros. Comúnmente es utilizado como fuente de alimento para el ganado lo que genera una baja en su población (Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2018; Murillo-Luke *et al.*, 2022).

Es necesario establecer un método para la recuperación de la especie, por ser utilizada discriminadamente en la parte noroeste de México, como alimento en la época crítica del año para animales domésticos. Por ende, la biotecnología nos ha brindado herramientas como la germinación *in vitro*. Es utilizada para conservar y micropropagar material vegetativo en corto tiempo y en espacios reducidos (Sharry *et al.*, 2015; Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2020).

La germinación es un proceso que ocurre en el embrión dentro de la semilla, para crecer y llegar a transformarse y producir una planta por medio de varios procesos metabólicos (Castro-Zevallos & Valencia-Escobar, 2021). Este proceso se debe de llevar a cabo en condiciones favorables como lo son nutrimentos, agua, temperatura, luz y también la presencia de fitohormonas. Antes de la germinación la semilla presenta un proceso de latencia, el cual es un método de supervivencia si esta no cuenta con factores ambientales adecuados (Varela & Arana, 2011).

La calidad de una semilla depende de su capacidad de germinar y su crecimiento aún en condiciones no idóneos. Se debe tomar en cuenta que la semilla es un ente vivo por lo que hay que tratar de mantenerla viable y con su mayor potencial biológico el mayor tiempo posible (Tamborelli, 2021). Por ello, para garantizar una calidad de semillas en laboratorios se siguen reglas de ISTA (International Seed Testing Association).

La escarificación mecánica es una técnica donde se utiliza una lija en fricción directa en la testa, del cual se puede realizar con una limadora, un papel o un corte sobre la semilla sin dañar el embrión durante el contacto. Esto con el fin de permitir la entrada de agua una vez que se haya sembrado para permitir la germinación más rápida y uniforme una vez cultivada.



Un tratamiento pregerminativo para inducir la germinación es el uso de ácido giberélico (AG³), esta fitohormona permite la regulación en el crecimiento de la planta. A bajas concentraciones acelera el desarrollo vegetativo, y la semilla rompe la etapa de dormancia, que como consecuencia promueve la síntesis en las enzimas de reserva para el proceso de germinación (Alcántara-Cortes *et al.*, 2019).

La semilla es el principal órgano de reproducción para la recuperación de poblaciones en plantas para futuros trabajos de reforestación o conservación (Doria, 2010), por ello es importante realizar trabajo de investigación sobre su comportamiento germinativo.

La especie del palo blanco no presenta historial de investigación sobre su la calidad de semilla, por lo que el presente objetivo de la investigación fue determinar el porcentaje de germinación *in vitro* con diferentes concentraciones de ácido giberélico (AG³).

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de cultivo de tejidos del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS).

Especie en estudio y sitio de colecta

Se trabajó con semillas palo blanco (*Ipomea arborescens*). La identificación de la planta se realizó en el herbario de la Universidad de Sonora, que tiene un número de catálogo 17071. Las semillas se recolectaron en el municipio de Hermosillo, Sonora localizado a 26 kilómetros. Con coordenadas 29°10'44.81" latitud norte y 110°50'57.02" longitud oeste, a 277 metros sobre el nivel del mar (msnm). El clima es cálido, con una temperatura media anual de 23.8°C, con un suelo de regosol y una vegetación de matorral arbosufrutescente (SAGARPA-COTECOCA, 2012; INEGI, 2007; SAGARPA, 2010).

Colecta de semillas y almacenamiento

Se colectaron semillas que no presentaran deterioro o con germinación prematura. Por lo tanto, se colectaron semillas fisiológicamente maduras que no presentaran daños fisiológicos, mecánicos y por insectos (Figura 1) (Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2020). Una vez colectadas las semillas, se colocaron en una bolsa con cierre (ziploc), se almacenaron a una temperatura de 4° C (Oliva *et al.*, 2014; Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2018).



Figura 1. Cápsula (A), semillas de *Ipomoea arborescens* (B) y semillas escarificadas (C)

Germinación *in vitro*

Para esta evaluación se utilizó como medio de cultivo Woody Plant Medium (WPM) (Trigiano & Gray, 2011); constituido de sales minerales y vitaminas (tiamina (0.1g/L), mio-inositol (100g/L), sacarosa (30g/L) y agar (8g/L). A dicho medio se añadió ácido giberélico (AG³), a concentraciones de 0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 mgL⁻¹. Para cada concentración fitohormonal se utilizaron 25 semillas (Mc Caughey-Espinoza *et al.*, 2020). Las semillas de palo blanco se limpiaron (eliminaron impurezas y semillas inmaduras), posteriormente se les aplicó una escarificación mecánica con el uso de un mini dril marca Maser, serie 364071922 con 16,000 RPM con un número de lija 180 (Figura 1).

Se realizó el proceso de desinfección en la cámara de flujo laminar (Marca Edge Gard Hood), antes de realizar la siembra, con el uso de alcohol al 96 %, dejándose durante 30 min encendida una lámpara de luz fluorescente de 40 W con una irradiación de 8-10 W. m².

Se utilizaron frascos tipo gerber de vidrio transparente, cajas Petri de vidrio, pinzas y bisturí; todo el material será previamente esterilizado en una autoclave modelo Sterilmatic, a una temperatura de 120° C y 15 kg/cm² de presión durante 15 minutos.



Siembra de las semillas e incubación

Las semillas se embebieron con agua desionizada estéril, durante 1 hora antes de la siembra, posteriormente se desinfectaron con alcohol etílico al 70 % (70 ml de C₂H₆O /30 ml de H₂O) durante 2 minutos; y por último con hipoclorito de sodio (NaClO) (CLOROX®) al 10 % durante 10 minutos, y una gota de Tween 20; antes de proceder a la siembra se realizaron 3 lavados con agua des-ionizada estéril para posteriormente se realizó la siembra.

Una vez sembradas las semillas, estas se colocaron el cuarto de incubación, en condiciones controladas, a una temperatura de 25±2° C, y un fotoperiodo de 16 horas luz con 8 horas de oscuridad y 70-75 % de humedad relativa.

Trasplante de las plántulas

Para llevar a cabo el trasplante de los frascos tipo gerber a vasos de plástico transparente #10, se manejaron plántulas que presentaran una altura superior a 7 cm, con el propósito de que las plántulas mostraran un crecimiento normal. Dicho trasplante se llevó a cabo en la cámara de flujo laminar. El sustrato que se utilizó fue peat moss previamente esterilizado en una autoclave modelo Sterilmatic, a una temperatura de 120° C y 15 kg/cm² de presión durante 30 minutos. Los riegos aplicados en las vitroplantas en vasos fueron de dos veces por semana. Las vitroplantas se dejaron en el cuarto de crecimiento para su aclimatación y desarrollo.

Aclimatación y trasplante

Al tercer día del trasplante, se realizó un orificio al vaso por la parte superior, y el resto a los laterales, en total se realizaron 4 orificios con el fin de que las plántulas se aclimataran paulatinamente con la entrada del oxígeno. Se utilizaron macetas negras de polietileno con una capacidad de un kilogramo, se utilizó peat moss previamente esterilizado como sustrato. Se dejaron en el cuarto de crecimiento para concluir con su aclimatación y desarrollo. Para el control de fitopatógenos se aplicaron riegos tres veces a la semana con Carbendazim a una concentración de 0.375 gr/L⁻¹.

Porcentaje de germinación (%G)

Se evaluó de acuerdo a los tratamientos pregerminativos utilizados (con escarificación mecánica con y sin AG³, con escarificación mecánica y concentraciones de 0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 y por último el control sin escarificación mecánica ni AG³), se llevó a cabo de acuerdo con la Asociación Internacional de Ensayos de Semillas (ISTA, 2019), con la siguiente fórmula:



$$\text{Porcentaje de Germinación (\%G)} = \frac{\text{Número de semillas germinadas (100)}}{\text{Número total de semillas}}$$

Para determinar el % de semillas germinadas, plántulas normales, plántulas anormales y % de semillas no germinadas.

% de germinación= al número total de semillas germinadas.

% de plántulas normales= que no cuentan con alguna malformación (raíz y cotiledones).

% de plántulas= con malformación (raíz y cotiledones).

% de semillas no germinadas= el total de semillas que no germinaron (semillas vanas, contaminadas etc.).

Altura de las plántulas y Porcentaje de sobrevivencia al trasplante (PST)

Se midieron las plántulas a los 10 días de la germinación. con un vernier de 6" modelo CD-6CSX (Mitutoyo Absolute). Se evaluó al día 9 y 16 después del trasplante de las vitroplantas de *Ipomoea arborescens*.

Análisis estadístico

Para evaluar el porcentaje de germinación *in vitro*, altura de plántulas y porcentaje de sobrevivencia al trasplante de *Ipomoea arborescens*, se utilizó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de 4 tratamientos, 3 repeticiones con 25 semillas cada una y el control, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANDEVA), con una comparación de medias por Tukey-Kramer $P \leq 0.05$, y se llevó a cabo con el programa JMP versión 17.0 (JMP Statistical Discovery LLC. 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis estadístico con respecto a los resultados obtenidos, se presentaron diferencias significativas al analizar los parámetros evaluados mostrándose diferente el control con el resto de las evaluaciones (Tabla 1). Cabe señalar por los resultados obtenidos en relación con el control, las semillas no germinaron, por lo tanto, las semillas de *Ipomoea arborescens* si requieren de un tratamiento pregerminativo.

El porcentaje de semillas germinadas con los tratamientos utilizados se obtuvo de manera general de un 98.66 % a 99.66 % con una R^2 de 0.152 (Figura 2), excepto el control que sus semillas no germinaron, mientras que el porcentaje de plántulas anormales mostró un 0.00 % a 0.66 % de germinación con una R^2 de 0.159.

**Tabla 1. Germinación *in vitro* de la semilla de palo blanco (*Ipomoea arborescens*)**

Escarificación mecánica	Fitohormona AG ³ /mgL ⁻¹	% de germinación	% plántulas anormales	% plántulas normales	% semillas no germinadas
-	-	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b
	0	98.33±1.52a	0.33±0.57a	98.33±1.52a	1.66±1.52a
	0.5	99.00±1.00a	0.66±0.57a	99.00±1.00a	0.33±0.57a
	1.0	98.66±1.52a	0.33±0.57a	98.66±1.52a	1.00±1.00a
	1.5	99.66±0.57a	0.00±0.00a	99.66±0.57a	0.33±0.57a
	2.0	99.33±1.15a	0.33±0.57a	99.33±1.15a	0.33±0.57a
-	0	99.33±0.57a	0.00±0.00a	99.33±0.57a	0.66±0.57a
-	0.5	98.33±1.15a	0.66±0.57a	98.66±0.57a	1.00±1.00a
-	1.0	99.33±1.15a	0.33±0.57a	98.66±1.57a	0.33±0.57a
-	1.5	98.66±1.15a	0.33±0.57a	99.00±1.00a	0.66±1.15a
-	2.0	99.00±1.00a	0.33±0.57a	99.33±0.57a	0.33±0.57a

*a, b, c literales diferentes, entre columna indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). -No tiene tratamientos.

**Figura 2. Germinación *in vitro* de semillas de *I. arborescens***

Sin embargo, el porcentaje de plántulas anormales mostraron por debajo del 1.0 % presentaron geotropismo negativo (Figura 3), esto no impide que las semillas no puedan ser germinadas en oscuridad o con luz. Por otra parte, al evaluar el porcentaje de semillas normales el análisis arrojó un 98.33 % a 99.66 % de semillas que germinaron sin ningún problema fisiológico, con una R^2 de 0.186. Por último, tenemos al porcentaje de semillas no germinadas con 0.33 a 1.66 % con una R^2 de 0.208.



Figura 3. Fototropismo negativo

Con respecto a los resultados obtenidos en esta investigación, podemos señalar que las semillas de *Ipomoea arborescens* no requieren una estimulación fitohormonal para su germinación, ya que esta especie puede tener arriba del 95 % de germinación, únicamente con el proceso de escarificación mecánica y embebida en agua durante 1 hora y que las semillas se hayan resguardado en condiciones adecuadas de 4° C de acuerdo con [Oliva et al., \(2014\)](#); [Mc Caughey-Espinoza et al., \(2018\)](#).

Sin embargo, [Dávalos & Vucko, \(2020\)](#), señalan que no es obstáculo la germinación de las semillas del género *Ipomoea* al momento de la dispersión porque no se trata de un impedimento mecánico, sino más bien químico. Por lo que la imbibición aumenta el peso y tamaño de las semillas, es decir, el tegumento es permeable al agua.

Cabe mencionar que para obtener porcentajes de germinación arriba del 95 %, las semillas de palo blanco únicamente requieren de una escarificación mecánica y las condiciones de temperatura y humedad para lograr un buen porcentaje de germinación adecuada. Sin embargo, la germinación se presentó al tercer día de la siembra independientemente del tratamiento pregerminativo utilizado.

[Dávalos & Vucko, \(2020\)](#), evaluaron la germinación con escarificación mecánica de las semillas de *Ipomoea nil* (L.) Roth, y obtuvieron hasta un 79 % a las 48 horas de embebecimiento. Resultados que son más bajos que lo que se obtuvieron en este trabajo con semillas de *Ipomoea arborescens*. [Alarcón-Bravo & Torres \(2016\)](#), obtuvieron el porcentaje de germinación en semillas escarificadas mecánicamente donde se usó lija y obtuvieron para *I. asarifolia*, *I. tiliacea*, *I. hederifolia*, *I. incarnata*, *I. nil*, *M. quinquefolia* e *I.*



piurensis, presentaron 100 % en la germinación e *I. alba* presentó un 90 %. Por otra parte *I. parasitica* con 70 %, *I. amnicola* con 63 %, *I. aristolochiifolia* con 60 %, *I. wrightii* con 50 %, *I. purpurea* con 40 % y *I. cairica* con 30 %, mientras que las especies *M. aegyptia*, *M. umbellata* e *I. quamoclit* presentaron un porcentaje germinativo de 25 %, 20 % y 10 % respectivamente mientras que el control fue 0 %. Dichos resultados muestran claramente que la mayoría de las semillas de este género requiere un tratamiento pregerminativo (escarificación mecánica) para lograr germinar.

Altura de las vitroplantas

De acuerdo con el análisis estadístico que se utilizó, no se presentaron diferencias significativas. La altura promedio general de las plántulas de *Ipomoea arborescens* fue de 8.58 cm, con un promedio general a los 11 días posteriores a la germinación (figura 4). Las semillas con el tratamiento de escarificación sus plántulas presentaron un promedio en altura de 8.25 cm y una desviación estándar (DE) de 0.260. Mientras que las semillas con escarificación mecánica y AG^3/mgL^{-1} independientemente de la concentración que se utilizó, mostraron un promedio de 8.78 cm y una DE de 0.260, por último, las plántulas provenientes de semillas que fueron tratadas con AG^3/mgL^{-1} independientemente de su concentración mostraron una altura promedio de 8.73 cm y una DE de 0.260, y una R^2 de 0.297.



Figura 4. Medición de la plántula de *I. arborescens*

Ipomoea arborescens presentó un desarrollo muy rápido independientemente de los tratamientos pregerminativos utilizados, por lo tanto, en corto o mediano plazo se pueden obtener plántulas con una altura adecuada para la etapa de aclimatación.



En evaluaciones de otras especies en cuanto la altura de las vitroplantas en el proceso de aclimatación se tiene que [Hernández et al., \(2019\)](#) evaluaron la especie de pprika (*Capsicum annum L.*) obtuvieron alturas de 9.7 a 12.6 cm con concentraciones de 0 a 1.0 de $AG^3/mg L^{-1}$ con el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) con un fotoperiodo de 16 horas de luz. Por otro lado, [Hernández-Meneses et al., \(2018\)](#) obtuvieron de la especie bromelia (*Vriesea heliconioides*) Kunth Hook. ex Walp de 5.4 a 7.6 cm de altura con el medio de cultivo MS con AG_3 de 0 a $1\mu M$ a 16 h de luz, al igual que, [Araya et al., \(2000\)](#) estimaron la altura de plántulas de jauil (*Alnus acuminata*) y mostraron de 0.8 a 2.8 cm en base a diferentes concentraciones de 0 a 2.0 mg/L AG^3 adicionado en el medio MS con un fotoperiodo de 12 h. Dicho esto, en comparación a los resultados obtenidos en este trabajo, indica pruebas positivas de crecimiento y desarrollo en la planta con el uso del ácido giberélico en el medio de cultivo MS en las semillas de palo blanco (*Ipomoea arborescens*).

Sobrevivencia al trasplante

Las plántulas al 9no y 16vo da después de su trasplante a vasos, de manera general (independientemente de los tratamientos pregerminativos evaluados), fue del 100 %, esta sobrevivencia de las vitroplantas es muy aceptable al no presentarse mortalidad en el proceso de su adaptación durante los 15 días (Figura 5). No se presentaron fitopatógenos que ocasionaran algún daño o muerte a las plántulas de *I. arborescens*, en los vasos las plántulas alcanzaron una altura promedio de 16.27 cm (Figura 6). Por otra parte, también se presentó una excelente adaptación al trasplante de vasos a macetas de mostrándose un 98 % de sobrevivencia, cabe señalar que esta especie presenta excelente tasa de sobrevivencia al trasplante lo que pudiera ser un indicador al momento de ser trasplantes de plántulas con alturas idóneas en áreas silvestres.

CONCLUSIONES

Las semillas de *I. arborescens* requieren de un tratamiento mecánico para poder germinar por lo que estos resultados nos explican su baja presencia o abundancia en sus sitios silvestres al obtener 0 % de germinación en semillas sin tratamiento pregerminativo. Con la escarificación mecánica independientemente de la aplicación fitohormonal (AG^3) y sus concentraciones (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 $mg L^{-1}$) se puede obtener arriba de 95 % de germinación. Se lograron obtener plántulas con un promedio de 16.27 cm con una sobrevivencia al trasplante en macetas del 98 %. Para programas de reforestación con esta especie en lugares idóneos es importante considerar las necesidades pre germinativas que requiere su semilla para evitar realizar siembras directas sin resultados favorables.



Figura 5. Proceso de aclimatación de las plántulas de *I. arborescens*



Figura 6. Medición de las plántulas de *I. arborescens*



LITERATURA CITADA

ALARCÓN-Bravo A, Torres Reaño GN. 2016. Aspectos taxonómicos, germinación de semillas y conservación de germoplasma de los géneros *Ipomoea* y *Merremia* (Convolvulaceae) de la Región Lambayeque y zonas aledañas. Univ. Luis Pedro Gallo, Facultad de Ciencias Biológicas, Lambayeque, Perú.
<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/839>

ALCÁNTARA-Cortes JS, Acero Godoy J, Alcántara Cortés JD, Sánchez Mora RM. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*. 17(32):109-129. ISSN1794-2470.
<https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/1036>

AUSTIN DF, Felger R, Van Devender TR. 2005. Nomenclature of *Ipomoea arborescens* (Convolvulaceae) in Sonora, Mexico. *SIDA, Contributions to Botany*. 1283-1292.
https://www.researchgate.net/publication/282779756_Nomenclature_of_Ipomoea_arborescens_Convolvulaceae_in_Sonora_Mexico

CASTRO-Zevallos R, Valencia-Escobar LM. 2021. Efecto del ácido giberélico en la germinación de semillas de pastos naturales-huancavelica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
<https://repositorio.unh.edu.pe/items/0d623565-38a1-43d4-99ff-5e61cac538e8>

DÁVALOS CM, Vucko A. 2020. Comportamiento germinativo de semillas de *Ipomoea nil* (L.) Roth. *Agrotecnia Revista del instituto agrotécnico*. (30):112-116.
<http://dx.doi.org/10.30972/agr.0304664>

DORIA J. 2010. Generalidad sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*. 31(1). ISSN: 0258-5936.
https://www.researchgate.net/publication/228356151_Revision_bibliografica_GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS SU PRODUCCION CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO

HERNÁNDEZ-Amasifuen AD, Pineda-Lázaro AJ, Díaz-Pillasca HB. 2019. Efecto de la luz y del ácido giberélico en la germinación in vitro de *Capsicum annuum* L. cv.'Papri King'. *Biotecnología Vegetal*. 19(3):165-170. ISSN 2074-8647.
<https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/630/html>



HERNÁNDEZ-Meneses E, Rangel-Estrada SE, López-Peralta M, Cristina G, Guerrero-Hilario A, Ortiz-Gil G, Martínez-Bolaños L. 2018. Germinación, viabilidad y regeneración in vitro de plantas de *Vriesea heliconioides* (Kunth) Hook. ex Walp. *Revista fitotecnia mexicana*. 41(2):99-106. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.99-106>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2007. Mapa Digital de México. Sección Edafología. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>

ISTA [International Seed Testing Association]. 2019. International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland: Seed Science & Technology. <https://doi.org/10.15258/istarules.2019>

JMP Statistical Discovery LLC. 2022. Discovering JMP® 17. Cary, NC: JMP Statistical Discovery LLC. https://www.jmp.com/es_mx/home.html

LEÓN I, Mirón G, Alonso D. 2006. Characterization of pentasaccharide glycosides from the roots of *Ipomoea arborescens*. *Journal of natural products*. 69(6):896-902. <https://doi.org/10.1021/np0600604>

MC CAUGHEY-Espinoza DM, Ayala-Astorga GI, Burboa-Zazueta MG, Retes-López R, Ochoa-Meza A. 2018. Uso de plantas nativas para la rehabilitación de canteras en Sonora. *Idesia (Arica)*. 36(4):17-24. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005002401>

MC CAUGHEY-Espinoza DM, Astorga GA, Baldenegro CG, Cantúa NB, Cantúa GB, Meza AO. 2020. Germinación in vitro e inducción de callo y raíz en *Bursera laxiflora* S. Watson. *Abanico Agroforestal*. 2:1-14. <http://doi.org/10.37114/abaagrof/2020.4>

MC CAUGHEY-Espinoza DM, Olivas ÁR, Astorga GA, García GL, Meza AO, Olvera AP. 2020. Inducción in vitro de callogénesis y organogénesis en explantes de *Krameria erecta* Willd. *Abanico agroforestal*. 2:1-13. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2020.5>

MC CAUGHEY-Espinoza DM, Buitimea-Cantúa GV, Buitimea-Cantúa NE, Ayala-Astorga G. I, Ochoa-Meza A. 2020. Propiedades fisicoquímicas y rendimiento de frutos de chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* Dunal) cultivados bajo diferentes condiciones de crecimiento. *Idesia (Arica)*. 38(3):77-86. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300077>

MURILLO-Luke A, Herrera-Urbina J, Martínez-Tellez M, Martín-García A. 2022. Acid hydrolysis of hemicellulose from *Ipomoea arborescens*: kinetics of xylose production. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*. 21(2), eCat2645. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Cat2645>



OLIVA M, Vacalla F, Pérez D, Tucto A. 2014. Manual: Recolección de semillas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú. *Organización Internacional de las Maderas Tropicales*.

<http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/publ1418.pdf>

SAGARPA (Secretaría de Ganadería Agricultura, Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Diagnóstico Sectorial Agropecuario, Pesquero y Recursos Naturales del Estado de Sonora. México. Pp. 52.

http://smye.info/pagina/documentos/sistemas/eval2014/resultados2014/PDF2/SON/Disgnostico_20_octubre_2010.pdf

SAGARPA-COTECOCA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostaderos) 2012. Diagnóstico de los agostaderos del estado de Sonora. Hermosillo, Sonora. México.

<https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/10/11/1467/11102018-repmocyr-cotecoca-anexo.pdf>

SHARRY S, Adema M, Abedini W. 2015. Plantas de probeta: manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos *in vitro*. Universidad Nacional de La Plata. Pp. 240. ISBN 978-950-34-1254-1.

TAMBORELLI MR. 2021. Importancia del control de calidad de semillas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina. Hoja informativa No. 123.

<https://es.scribd.com/document/624141396/Inta-Importancia-Del-Control-de-Calidad>

TRIGIANO RN, Gray DJ. 2011. *Plant tissue culture, development, and biotechnology*. CRC Press Boca Raton, Florida, USA. Pp. 359-364.

<https://doi.org/10.1201/9781439896143>

VARELA SA, Arana MV. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. EEA Bar iloche, INTA.

<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaci%C3%B3ndesemillas.pdf>

Errata, Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-agroforestal/errata>