

POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768



Núm. 57

 **CONAHCYT**
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

Enero 2024

SEP



Enero 2024

Núm. 57

POLIBOTÁNICA



PÁG.

CONTENIDO

- 1 Características taxonómicas de las especies de *Colubrina* (Rhamnaceae) en México, basadas en la arquitectura y superficies epidérmicas
Taxonomic characteristics of Colubrina species (Rhamnaceae) in Mexico, based on architecture and epidermal surfaces
 Fernández-Nava, R. | M.L. Arreguin-Sánchez | C.Y. Jorge Cruz
- 23 Flora arvense en regiones cafetaleras de la zona centro de Veracruz, México
Weed flora in coffee-growing regions of central Veracruz, Mexico
 García-Mayoral, L.E. | R.I. Granados-Argüello | R. López-Morgado | L.A. Gálvez-Marroquín | F. Barbosa-Moreno
- 45 Estructura y diversidad en tres ecosistemas forestales del noreste de México
Structure and diversity in three forest ecosystems of northeast Mexico
 Ramos-Hernández, C.G. | J.M. López-Hernández | I. Cantú-Silva | M.V. Gómez-Meza | H. González-Rodríguez
- 63 Estructura horizontal y diversidad de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco en México
Horizontal structure and diversity of Pseudotsuga menziesii (mirb) franco forests in Mexico
 Molina-Marchan, E. | R. Narváez-Flores | A.S. Mojica-Guerrero
- 81 Efecto de la altitud, orientación y pendiente del terreno sobre la distribución de macrohongos en un bosque tropical caducifolio de la costa de Oaxaca, México
Effect of altitude, orientation, and slope of the terrain on the distribution of macrofungi in a deciduous tropical forest on the coast of Oaxaca, Mexico
 Villarruel-Ordaz, J.L. | G. Valera-Venegas | R. Garibay-Orjuel | J. Álvarez-Manjarrez | L.D. Maldonado-Bonilla | A.C. Sánchez-Espinosa
- 107 Propiedades mecánicas y químicas de las raíces de árboles nativos y su posible efecto sobre la estabilidad del suelo en Durango, México
Mechanical and chemical properties of native tree roots and their possible effect on soil stability in Durango, Mexico
 Bejar-Pulido, S.J. | F.J. Hernández | I. Cantú-Silva | H. González-Rodríguez | E.O. Luna-Robles | T.G. Domínguez-Gómez
- 125 Extensión y severidad de incendios forestales en Michoacán, México en 2021 a partir de imágenes sentinel-2
Extent and severity of forest fires in Michoacan, Mexico, in 2021 based on sentinel-2 images"
 España-Boquera, M.L. | O. Champo-Jiménez | M.D. Uribe-Salas
- 145 Conservación *in vitro* a mediano plazo de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews | Orchidaceae)
Medium-term in vitro conservation of vanilla (Vanilla planifolia Andrews | Orchidaceae)
 Cisneros-Marrero, I.V. | C.L. Miceli-Méndez | A.G. Rocha-Loredo | M.Á. Peralta-Meixueiro | M.A. López-Miceli
- 157 Compuestos orgánicos en la propagación *in vitro* de *Epidendrum falcatum* Lindl orquídea endémica de México
Organic compounds in the in vitro propagation of Epidendrum falcatum Lindl, an orchid endemic to Mexico
 Santiago-Jerónimo, T. | V.M. Chávez-Ávila | S. Carballar-Hernández | R. González-Cubas
- 171 Regeneración *in vitro* de *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther
In vitro regeneration of Tillandsia takizawae Ehlers & H. Luther
 Hernández-Meneses, E. | S.E. Rangel-Estrada | J. Canul-Ku | E.J. Barrios-Gómez
- 183 Germinación e inducción de callo para la producción de alcaloides de dos especies de *Lupinus* en condiciones *in vitro*
Germination and callus induction for alkaloid production in two Lupinus species under in vitro conditions
 Salcedo-Morales, G. | K. Morales-Muñoz | G. Paredes-Sastre | J.A. Valdovinos-Bazaldua | A.B. Castrejón-Lorenzo | F. Rosales-de la Vega | Y. León Romero | E. Montes Hernández | I. Mejía Viguera | K. Bermúdez-Torres
- 199 Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y actividad antihipertensiva de membrillo (*Cydonia oblonga* Miller) cultivado en Zacatecas, México
Phenolic compounds, antioxidant capacity and antihypertensive activity of quince (Cydonia oblonga Miller) cultivated in Zacatecas, Mexico
 Aguayo-Rojas, J. | S. Mora-Rochín | X. Tovar-Jiménez | R.O. Navarro-Cortez | M. Valdez-Morales | J.L. Ayala-Lujan
- 213 El silicio induce respuestas positivas a nivel bioquímico y de expresión de genes en plantas de tomate inoculadas con *Fusarium oxysporum*
Silicon induces positive responses at the biochemical and gene expression levels in tomato plants inoculated with Fusarium oxysporum
 López-Pérez, M.C. | F. Pérez-Labrada | Y. González-García | A. Juárez-Maldonado
- 237 Efecto acaricida y ovicida de los aceites esenciales de *Chenopodium ambrosioides* L. y *Peperomia inaequalifolia* Ruiz & Pav. contra *Tetranychus urticae* en fresa (*Fragaria* spp.)
Acaricidal and ovicidal effect of the essential oils of Chenopodium ambrosioides L. and Peperomia inaequalifolia Ruiz & Pav. against Tetranychus urticae in strawberry (Fragaria spp.)
 Espinoza-Gavilanes, R. | I. Tuza-Roa | C. Vásquez-Freytez | K. Jaramillo-Loayza | P. Noriega-Rivera
- 249 Begonias comestibles de Santiago Ecatlán, municipio de Jonotla, Puebla, México
Edible Begonias from Santiago Ecatlán, municipality of Jonotla, Puebla, Mexico
 Cedillo Portugal, E. | D. Guerra-Ramírez | J.M. Cunill-Flores | J. Ricardo de Santiago-Gómez | D. González-Castillo | P. Díaz-Barrios
- 263 Saberes y prácticas fitoterapéuticas en la Ciudad de Salta, Argentina
Knowledge and phytotherapeutic practices in the City of Salta, Argentina
 Fabbroni, M. | C.B. Flores | N.V. Arcelán | A. Salazar | E.C. Fuentes | M.V. Oliva | F.O. Robbiati



Portada

Schizophyllum commune Fr. Schizophyllaceae. “Nanacate”. Hongo con sombrero en forma de abanico o concha, cubierto de pelos erectos, de 2 a 4 cm de diámetro, en estado seco presenta un color blanquecino que cambia a gris pardusco con la humedad, es duro y coriáceo. Himenio compuesto por una especie de pliegues, pseudo láminas, divididas en dos aristas más claras y dispuestas en abanico desde el pie. Tienen la característica de que en tiempo seco se retraen y cierran para proteger el himenio, abriéndose, en tiempo húmedo. Su color es rosa, rosa-canela, que evoluciona oscureciéndose. Pie lateral y prácticamente inexistente. Es una especie lignícola que parasita o saprofita árboles, fundamentalmente caducifolios. Es muy común y aguanta en el sustrato todo el año. Se desarrolla en diversos sustratos vegetales muertos o vivos y en ambientes con clima caliente a templado, ocasionalmente en clima frío en zonas con vegetación silvestre casi siempre alterada, desde el nivel del mar hasta cerca de los 3,000 m de altitud. Con distribución cosmopolita, son patógenos en humanos.

Schizophyllum commune Fr. Schizophyllaceae. “Nanacate”. Mushroom with a fan- or shell-shaped cap, covered in erect hairs, ranging from 2 to 4 cm in diameter. When dry, it displays a whitish color that changes to brownish-gray when exposed to moisture, and it is hard and leathery. The hymenium is composed of folds, pseudo-gills, divided into two lighter edges and arranged in a fan-like pattern from the stem. One distinctive feature is that in dry conditions, they retract and close to protect the hymenium, opening up when it is moist. Their color is pink, pink-cinnamon, evolving to darken over time. The stem is lateral and practically nonexistent. It is a lignicolous species that parasitizes or acts as a saprophyte on primarily deciduous trees. It is very common and persists in the substrate throughout the year. It thrives in various dead or living plant substrates and in environments with a warm to temperate climate, occasionally in cold climates in areas with mostly disturbed wild vegetation, ranging from sea level to nearly 3,000 m in altitude. With a cosmopolitan distribution, they are pathogens in humans.

por/by **Rafael Fernández Nava**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *Ing. Arq. Carlos Ruiz Cárdenas*

Secretario Académico: *Mtro. Mauricio Igor Jasso Zaranda*

Secretario de Innovación e Integración Social: *M. en C. Ricardo Monterrubio López*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Laura Arreola Mendoza*

Secretario de Servicios Educativos: *Dra. Ana Lilia Coria Páez*

Secretario de Administración: *M. en C. Javier Tapia Santoyo*

Director de Educación Superior: *Dra. María Guadalupe Ramírez Sotelo*

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director:

Dr. Isaac Juan Luna Romero

Subdirectora Académica:

M. en C. Martha Patricia Cervantes Cervantes

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Gerardo Aparicio Ozores

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

Biól. Gonzalo Galindo Becerril

POLIBOTÁNICA, Año 29, No. 57, enero 2024, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas CP 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EDITOR EN JEFE

Rafael Fernández Nava

EDITORA ASOCIADA

María de la Luz Arreguín Sánchez

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

Christiane Anderson
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan, US

Edith V. Gómez Sosa
Instituto de Botánica Darwinion
Buenos Aires, Argentina

Heike Vibrans
Colegio de Postgraduados
Estado de México, México

Jorge Llorente Bousquets
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Graciela Calderón de Rzedowski
Instituto de Ecología del Bajío
Pátzcuaro, Mich., México

Delia Fernández González
Universidad de León
León, España

Theodore S. Cochrane
University of Wisconsin
Madison, Wisconsin, US

Luis Gerardo Zepeda Vallejo
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Hugo Cota Sánchez
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

Claude Sastre
Muséum National d'Histoire Naturelle
Paris, Francia

Fernando Chiang Cabrera
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Mauricio Velayos Rodríguez
Real Jardín Botánico
Madrid, España

Thomas F. Daniel
California Academy of Sciences
San Francisco, California, US

Noemí Waksman de Torres
Universidad Autónoma de Nuevo León
Monterrey, NL, México

Francisco de Asis Dos Santos
Universidade Estadual de Feira de Santana
Feira de Santana, Brasil

Julieta Carranza Velázquez
Universidad de Costa Rica
San Pedro, Costa Rica

Carlos Fabián Vargas Mendoza
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Tom Wendt
University of Texas
Austin, Texas, US

José Luis Godínez Ortega
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

José Manuel Rico Ordaz
Universidad de Oviedo
Oviedo, España

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

Dr. Rafael Fernández Nava
Editor en Jefe de

POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional
Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:
polibotanica@gmail.com
rfernan@ipn.mx

Dirección Web
http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CONAHCYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.





Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

REGENERACIÓN *in vitro* DE *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther

***In vitro* REGENERATION OF *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther**

Hernández-Meneses, E.; S.E. Rangel-Estrada; J. Canul-Ku y E.J. Barrios-Gómez
REGENERACIÓN *in vitro* DE *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther
In vitro REGENERATION OF *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 57: 171-181 México. Enero 2024

DOI: 10.18387/polibotanica.57.10



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0
Atribución-No Comercial ([CC BY-NC 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Regeneración *in vitro* de *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther***In vitro* regeneration of *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther**

Hernández-Meneses, E.;
S.E. Rangel-Estrada;
J. Canul-Ku
y E.J. Barrios-Gómez

REGENERACIÓN *in vitro* DE
Tillandsia takizawae Ehlers &
H. Luther

In vitro REGENERATION OF
Tillandsia takizawae Ehlers &
H. Luther

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 57: 171-181. Enero 2024

DOI:
10.18387/polibotanica.57.10

Eleodoro Hernández-Meneses / doromeneses@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2401-4733>

Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra-Tecnológico Nacional de México
Carretera Teapa-Tacotalpa, km 4.5, Francisco Javier Minea, 86801,
Teapa, Tabasco Tel (932)3240650 ext 126

Sandra Eloísa Rangel-Estrada / sandrarangel@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8676-7277>

Jaime Canul-Ku / canulku2001@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-9875-0736>

Edwin Javier Barrios-Gómez / barrios.edwin@inifap.gob.mx
<https://orcid.org/0000-0002-1765-5981>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo
Experimental Zacatepec. Carretera Zacatepec Galeana s/n, Centro, 62780,
Zacatepec de Hidalgo, Morelos. Tel (01) (800) 0882222 ext. 86608

RESUMEN: *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther es una bromelia epífita microendémica de México de inflorescencias vistosas con brácteas de color rosa que contrastan con las flores de color verde. Estos atributos le otorgan potencial como planta ornamental. La conservación de la especie y aprovechamiento comercial requiere de sistemas de propagación eficientes que eviten la extracción de plantas de su hábitat natural. Los objetivos de esta contribución fueron establecer las condiciones óptimas para la germinación *in vitro* de semillas y la regeneración de plantas por organogénesis. Semillas se sembraron en medio de Murashige y Skoog (MS) con la mitad de concentración de sales adicionado con bencil adenina (BA) y ácido naftalenacético (ANA). Para el alargamiento y enraizamiento de brotes se evaluó el ácido giberélico (AG₃) y el ácido indolbutírico (AIB), respectivamente. En todos los tratamientos se obtuvo una germinación promedio de 97%. La combinación de BA y ANA favorecieron la inducción de brotes en las plántulas recién germinadas. La mayor cantidad de brotes por explante fue de 41.4 con 1 mg L⁻¹ de BA y 0.25 mg L⁻¹ de ANA a las 12 semanas de cultivo. El alargamiento de los brotes se logró en el medio MS completo con 1 mg L⁻¹ de AG₃ después de ocho semanas. La mejor respuesta de enraizamiento fue con 1 mg L⁻¹ de AIB que indujo la formación promedio de 7.7 raíces en todos los brotes a las cuatro semanas. En la aclimatación de plantas la supervivencia fue de 95 % después de cuatro semanas.

Palabras clave: bromelia, endémica, epífita, germinación, organogénesis

ABSTRACT: *Tillandsia takizawae* Ehlers & H. Luther is an epiphytic bromeliad microendemic from Mexico with showy inflorescences with pink bracts that contrast with the green flowers. These attributes give it potential as an ornamental plant. The conservation of the species and commercial use requires efficient propagation systems that avoid the extraction of plants from their natural habitat. The objectives of this contribution were to establish the optimal conditions for *in vitro* seed germination and plant regeneration by organogenesis. Seeds were established in Murashige and Skoog medium (MS) with half the concentration of salts added with benciladenine (BA) and naftalen acetic acid (NAA). In the elongation and rooting of shoots, the gibberellic acid (GA₃) and the indol butiric acid (IBA) were evaluated, respectively. In all treatments an average germination of 97% was obtained. The combination of BA and NAA promoted the induction of shoots in recently germinated seedlings. The highest number

of shoots per explant was 41.4 with 1 mg L⁻¹ of BA and 0.25 mg L⁻¹ of NAA after 12 weeks of culture. Shoots elongation was achieved in the complete MS medium with 1 mg L⁻¹ of GA₃ after eight weeks. The best rooting response was with 1 mg L⁻¹ of IBA, which induced the average formation of 7.7 roots in all shoots at four weeks. In the acclimatization of plants the survival was 95 % after four weeks.

Key words: Bromeliad, endemic, epiphyte, seed germination, organogenesis

INTRODUCCIÓN

Las bromelias son plantas monocotiledóneas originarias de las regiones tropicales, subtropicales y templadas del continente americano, con excepción de *Pitcairnia feliciana* que se encuentra en África (Benzing, 2000). El listado más actualizado de bromelias en el mundo incluye 3,408 especies organizadas en 58 géneros y dos notogéneros (Luther, 2014). En México se han reportado 422 especies agrupadas en 19 géneros, de las cuales cerca del 75% presentan endemismo y 172 especies microendémicas (Espejo-Serna & López-Ferrari, 2018). La riqueza florística de bromelias mexicanas representa 12.4% del total de especies de la familia y se incrementa gradualmente conforme se describen nuevas especies (Hernández-Cárdenas *et al.*, 2020; García-Martínez & Beutelspacher, 2022).

Dentro de la familia, los géneros con mayor diversidad son *Tillandsia*, *Pitcairnia* y *Vriesea*, en conjunto agrupan a más de un tercio (37%) de las especies (Luther, 2014). En México el género *Tillandsia* es el más diverso con 230 especies que representan el 54.5% del total de los registros (Espejo-Serna & López-Ferrari, 2018). La mayoría de las especies son epífitas que prosperan sobre ramas y tallos de árboles de corteza gruesa o sobre rocas.

Las bromelias se pueden usar como forraje, alimento (Hornung-Leoni, 2011), medicamento (Meza-Espinoza *et al.*, 2017), en cercos vivos o artesanal; sin embargo, el uso más destacado es como planta ornamental. En este sentido se pueden usar para la decoración de interiores, jardines, paisajismo o festividades religiosas (Jiménez-López *et al.*, 2019). La belleza única y sorprendente de estas plantas se debe a la morfología de rosetas (tanque), las formas y colores de sus hojas, los colores intensos y formas de sus brácteas florales, así como los colores contrastantes de sus flores. El potencial ornamental de este grupo de plantas se complementa con los periodos de floración prolongados, la resistencia a problemas fitosanitarios y su adaptabilidad a condiciones climáticas extremas. Todos estos atributos las convierten en un recurso fitogenético florícola valioso para las comunidades rurales donde habitan y para la industria ornamental.

Tillandsia takizawae Ehlers & H. Luther es una bromelia microendémica del Valle de Tehuacán, Puebla, México; posee hojas coriáceas de color verde grisáceo e inflorescencias erectas vistosas con brácteas color rosa que contrastan con el verde de las flores (Ehlers, 2000). Estos atributos hortícolas le otorgan potencial ornamental como planta en maceta, aunque normalmente crece como epífita sobre *Stenocereus marginatus*, *Stenocactus weberi*, *Opuntia streptacantha*, *Polaskia chichi*pe o *Quercus* sp.

En nuestro país, los ejemplares de esta especie que se comercializan se extraen de sus hábitats naturales, para su uso en festividades religiosas principalmente, y es una práctica ilegal que constituye una seria amenaza para las poblaciones silvestres. Es importante resaltar que muchas de las especies son endémicas y la sobreexplotación de sus poblaciones conduce a la extinción de las especies. La atención de esta problemática es apremiante y se requieren estrategias viables que favorezcan su conservación y aprovechamiento sustentable sin alterar dichas poblaciones silvestres. El desarrollo de sistemas de propagación eficientes es una de esas estrategias. Las técnicas del cultivo de tejidos vegetales *in vitro* se han consolidado como herramientas biotecnológicas útiles para el rescate, conservación y aprovechamiento de especies

amenazadas o en peligro de extinción (Anis & Ahmad, 2016), ya sea vía organogénesis o embriogénesis somática.

En *T. takizawae*, como en muchas otras especies de bromelias mexicanas, no existen reportes sobre su propagación y cultivo, ya sea de forma convencional o *in vitro*, que permitan su conservación y aprovechamiento de forma sustentable. A partir de estos antecedentes, los objetivos de esta contribución fueron definir las condiciones óptimas para la germinación *in vitro* de semillas de *Tillandsia takizawae* y establecer un sistema de regeneración vía organogénesis a partir de las plántulas germinadas *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desinfección de semillas

Las cápsulas maduras con semillas se colectaron de ejemplares silvestres (Figura 1a) ubicados en las coordenadas 17° 42' 52'' LN y 97° 39' 38'' LO en vegetación de bosque tropical caducifolio en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca, México. Las semillas sanas y de tamaño uniforme se lavaron con detergente comercial por 5 min seguido de enjuagues con agua de la llave y agua destilada esterilizada. Enseguida se pasaron por una solución de hipoclorito de sodio comercial (Cloralex®; 30 % v/v) por 15 min en agitación continua y cinco enjuagues con agua destilada estéril. Finalmente, las semillas se lavaron con Captan (N-triclorometilitio-4-ciclohexeno-1,2 dicarboximida, 1.0 g L⁻¹) por 10 min y nuevamente se enjuagaron cinco veces con agua destilada esterilizada.

Medio de cultivo y condiciones de incubación

El medio de cultivo utilizado en la germinación y la organogénesis fue el de Murashige y Skoog (MS) (Murashige & Skoog, 1962) adicionado con sacarosa (30 g L⁻¹), glicina (2 mg L⁻¹), mio-inositol (100 mg L⁻¹), ácido nicotínico (0.5 mg L⁻¹), piridoxina (0.5 mg L⁻¹), tiamina (0.1 mg L⁻¹) y solidificado con agar-agar (Merck®, 9 g L⁻¹). El pH del medio se ajustó a 5.7 con NaOH o HCl 1N y se esterilizó en autoclave vertical (FELISA®, modelo FE-405) a 121 °C y 1.5 kg cm⁻² de presión por 20 min. Los cultivos se mantuvieron a 25 ± 2 °C en fotoperiodo de 16 horas e intensidad luminosa de 45 μmol m⁻² s⁻¹.

Establecimiento *in vitro*

Las semillas desinfectadas se establecieron en medio de cultivo MS con 50% de la concentración de sales y concentraciones diferentes de 6-benciladenina (BA; 0, 0.25, 0.5 y 1 mg L⁻¹), sola o en combinación con ácido α-naftalenacético (ANA; 0, 0.1 y 0.25 mg L⁻¹). Se usaron frascos de vidrio de 45 mL de capacidad con 15 mL de medio de cultivo. Después de tres semanas se contabilizó la germinación (%). Para promover el crecimiento de los brotes se hizo un subcultivo a las cuatro semanas a medio de cultivo MS completo sin reguladores de crecimiento y a las 12 semanas se registró la brotación (porcentaje de plántulas que generaron brotes) y número brotes por explante. El experimento se condujo en un diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x3; cada tratamiento estuvo representado por diez repeticiones y la unidad experimental consistió de un frasco con 20 semillas.

Alargamiento de brotes

Para promover el crecimiento, los brotes de 1.5 cm de longitud se establecieron en el medio MS adicionado con ácido giberélico (AG₃; 0, 0.25 y 0.5 mg L⁻¹). Después de ocho semanas se cuantificó la altura de los brotes (cm). El diseño experimental fue completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento; la unidad experimental fueron cinco brotes por frasco.

Enraizamiento de brotes

Para inducir el enraizamiento, brotes de 3 cm de longitud se establecieron en medio MS con 50% de la concentración de sales adicionado con ácido indolbutírico (AIB; 0, 0.25, 0.5 y 1 mg L⁻¹). Después de cuatro semanas se cuantificó el enraizamiento (%), número de raíces y altura

de la planta (cm). El diseño experimental fue completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento; la unidad experimental fueron tres plantas por frasco.

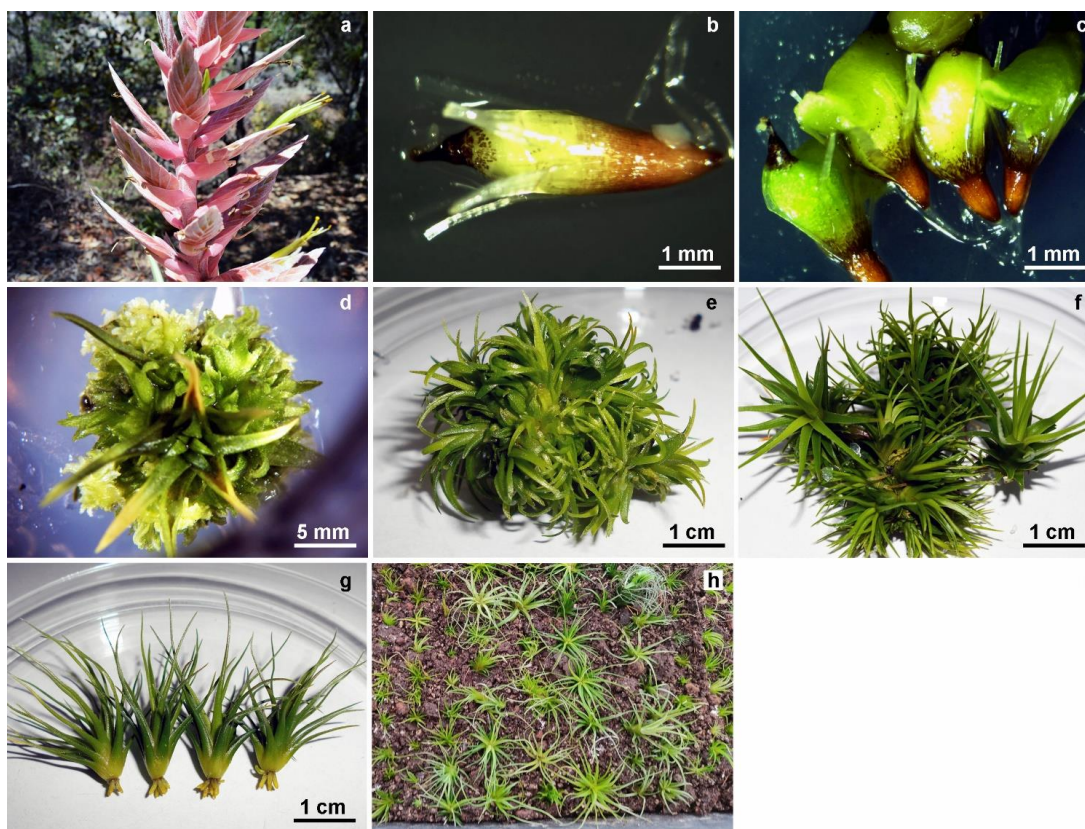


Figura 1. Germinación *in vitro* de *Tillandsia takizawae* y regeneración de plantas por organogénesis directa. a) Inflorescencia; b) Germinación después de una semana de cultivo; c) Plantas con las primeras hojas después de tres semanas de iniciar el cultivo; d) Inducción de brotes a partir de plántulas con 1 mg L^{-1} de BA y 0.25 mg L^{-1} de ANA a las seis semanas; e) Alargamiento de brotes inducidos con 1 mg L^{-1} de BA y 0.25 mg L^{-1} de ANA a las 12 semanas; f) Crecimiento de plantas con 0.5 mg L^{-1} de AG_3 después de ocho semanas; g) Enraizamiento de los brotes en medio MS a la mitad de sales con 1 mg L^{-1} de AIB a las dos semanas; h) Aclimatación de plantas después de cuatro semanas de cultivarse en la mezcla de sustratos.

Figure 1. *In vitro* germination of *Tillandsia takizawae* and plant regeneration through direct organogenesis. a) Inflorescence; b) Germination after one week of cultivation; c) Plants with the first leaves after three weeks of initiating cultivation; d) Shoot induction from seedlings with 1 mg L^{-1} BA and 0.25 mg L^{-1} NAA at six weeks; e) Elongation of induced shoots with 1 mg L^{-1} BA and 0.25 mg L^{-1} NAA at 12 weeks; f) Plant growth with 0.5 mg L^{-1} GA3 after eight weeks; g) Rooting of shoots in half-strength MS medium with 1 mg L^{-1} IBA at two weeks; h) Acclimatization of plants after four weeks of being cultivated in the substrate mixture.

Aclimatación de plantas

Plantas enraizadas de 4 a 6 cm de altura promedio se colocaron en una mezcla de sustratos a base de turba (peat moss), perlita y corteza de pino (1:1:1). Se utilizaron charolas especiales para la aclimatación de plantas sin cavidades de 50 cm de largo por 30 cm de ancho provistas de un domo protector transparente. Las plantas se mantuvieron en condiciones de invernadero a $26 \text{ }^\circ\text{C}$ y se regaron cada tercer día con 50% de las sales del medio MS. A las dos semanas los domos se fueron levantando gradualmente para favorecer el intercambio de humedad con el

exterior hasta retirarlo por completo a las cuatro semanas y así contabilizar el porcentaje de supervivencia.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en los experimentos de establecimiento *in vitro*, alargamiento y enraizamiento se sometieron a análisis de varianza con el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc, 2003) y para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los valores de porcentajes se transformaron mediante la raíz cuadrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento *in vitro*

Durante el establecimiento *in vitro* de las semillas las respuestas morfogénicas fueron afectadas significativamente por la composición del medio de cultivo. La germinación se presentó en todos los tratamientos evaluados y alcanzó porcentajes entre 95.5 y 99% después de tres semanas. En cambio, los tratamientos con BA y ANA, además de permitir la germinación, favorecieron la organogénesis a partir de las plántulas. En este caso, la citocinina BA fue quien tuvo mayor efecto sobre el porcentaje de formación de brotes adventicios y sobre el número de brotes por explante (Cuadro 1).

La emergencia de la radícula, considerada como el inicio de la germinación, ocurrió después de una semana en todos los tratamientos (Figura 1b) mientras que las primeras hojas se observaron después de la tercera semana (Figura 1c). En las bromeliáceas silvestres las semillas constituyen el método de propagación más efectivo en su hábitat natural comparado con la vegetativa por medio de vástagos (hijuelos). Se ha reportado que normalmente las semillas no enfrentan limitantes para la germinación (Benzing, 2000), no obstante, la limitada cantidad de plántulas que alcanza el estado adulto puede relacionarse con la distribución diferencial de estas epífitas dentro del dosel, ya que algunas no encuentran las condiciones apropiadas para su crecimiento (Winkler *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Germinación *in vitro*, formación de brotes adventicios y número de brotes por explante de *Tillandsia takizawae* con benciladenina (BA) y ácido naftalenacético (ANA).

Table 1. *In vitro* germination, adventitious shoot formation, and number of shoots per explant of *Tillandsia takizawae* with benzyladenine (BA) and naphthaleneacetic acid (NAA).

BA (mg L ⁻¹)	ANA (mg L ⁻¹)	† Germinación (%)	†† Formación de brotes adventicios (%)	††† Número de brotes por explante
0	0	96.5 a	0 b	0.0 h
0	0.1	97.0 a	0 b	0.0 h
0	0.25	98.0 a	0 b	0.0 h
0.5	0	99.0 a	100 a	3.8 g
0.5	0.1	96.0 a	100 a	8.1 ef
0.5	0.25	97.0 a	100 a	12.2 c
1	0	98.0 a	100 a	10.9 d
1	0.1	98.5 a	100 a	25.6 b
1	0.25	95.5 a	100 a	41.4 a
2	0	95.5 a	100 a	6.9 f
2	0.1	98.0 a	100 a	8.7 e
2	0.25	99.0 a	100 a	12.9 c
	DMSH	0.8	0	1.2

† Datos obtenidos a las tres semanas; †† datos obtenidos a las 12 semanas. Medias con letras iguales dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta.

† Data obtained at three weeks; †† data obtained at 12 weeks. Means with the same letters within each column are not statistically different (Tukey, 0.05). DMSH = honest significant difference.

En la germinación *in vitro* de bromelias los mejores resultados se han obtenido con el medio MS, ya sea con el 100% o con la mitad de la concentración de sales (Guerra & Dal Vesco, 2010), aunque también se ha reportado el medio Knudson C y sus modificaciones (Pickens *et al.*, 2003). En *Vriesea heliconioides* el 98% de germinación promedio se obtuvo en el medio MS (Hernández-Meneses *et al.*, 2018). En cambio, las semillas de *V. gigantea* y *V. philippocoburgii* germinaron en las sales completas del medio MS, pero las plántulas no continuaron su crecimiento después de algunas semanas (Droste *et al.*, 2005).

El éxito en la germinación *in vitro* promedio de 97% en *T. takizawae* podría estar relacionada con la edad de las semillas, ya que se colectaron de cápsulas que tenían entre 15 días y un mes de haber iniciado su dehiscencia. A reserva de más estudios sobre la viabilidad de semillas almacenadas en *T. takizawae*, en especies del género *Tillandsia* se ha reportado que la germinación se puede mantener por más de un año, pero ésta se reduce gradualmente. En *T. caput-medusae* 81.7% de las semillas germinaron después de un año de almacenamiento a 25 °C, mientras que en *T. recurvata* sólo 8 % (Flores-Palacios *et al.*, 2015). En cambio, en el caso de *Vriesea heliconioides* se reportó 98% de germinación después de un año y 72% después de dos años (Hernández-Meneses *et al.*, 2018).

En la literatura no existen reportes sobre la germinación de semillas de *Tillandsia takizawae* en su hábitat natural; pero por ser una epífita, el crecimiento de las plántulas está condicionado a que las semillas germinen sobre la corteza de tallos o ramas de árboles y que encuentren las condiciones ambientales apropiadas para crecer; las semillas que se caen al suelo pueden germinar pero no pueden continuar con su desarrollo. En condiciones naturales se ha reportado que los bajos porcentajes de germinación de bromelias epífitas se deben a factores como el clima y sustrato, y ello puede limitar la capacidad de las especies para colonizar hábitats perturbados y la distribución dentro del dosel (Hietz *et al.*, 2012).

Organogénesis a partir de plántulas germinadas *in vitro*

Las concentraciones de 0.5, 1 y 2 mg L⁻¹ de BA combinadas con 0.1 y 0.25 mg L⁻¹ de ANA promovieron la organogénesis en 100% de las plántulas recién germinadas. Debido al crecimiento lento de la especie, fue necesario hacer un subcultivo a medio MS libre de reguladores de crecimiento a las cuatro semanas para después contabilizar el número de brotes a las 12 semanas de la siembra *in vitro*. De este modo, la mejor respuesta, considerada como la mayor cantidad de brotes, fue favorecida por la combinación de 1 mg L⁻¹ de BA y 0.25 mg L⁻¹ de ANA que produjo 41.4 brotes por plántula (Cuadro 1), (Figura 1d-e). Esta respuesta superó por más del triple la mayor cantidad de brotes obtenidos con 0.5 y 2 mg L⁻¹ de BA combinadas con 0.25 mg L⁻¹ de ANA, que fueron 12.2 y 12.9 brotes por explantes, respectivamente.

El efecto inductor de la BA y ANA en la organogénesis de *T. takizawae* se ha reportado en la propagación *in vitro* de otras especies de bromelias mexicanas utilizando como explantes plántulas germinadas *in vitro*. Si bien los reportes son escasos, en *Tillandsia eizii*, endémica de México, la combinación de 2 mg L⁻¹ de BA y 0.1 mg L⁻¹ de ANA en medio MS promovió la formación de yemas adventicias en 40% de plántulas de 12 semanas de edad empleadas como explantes (Pickens *et al.*, 2006). En la organogénesis de *Tillandsia viridiflora* se indujeron 10.4 brotes por explante con 1.5 mg L⁻¹ de BA y 0.01 mg L⁻¹ de ANA en medio MS después de 12 semanas de cultivo (Márquez-Martínez *et al.*, 2020). En el caso de *V. heliconioides*, la inducción de 6.8 brotes por explante fue posible con 2.25 mg L⁻¹ de BA y 0.2 mg L⁻¹ de ANA en medio MS después de 12 semanas de cultivo (Hernández-Meneses *et al.*, 2018).

En otras especies como *V. gigantea* el medio MS con 2.0 mg L⁻¹ de BA y 0.5 mg L⁻¹ de ANA indujo 3.1 brotes por explante después de 16 semanas de cultivo a partir de plántulas *in vitro*; mientras que en *V. philippocoburgii* en el mejor tratamiento se obtuvieron 5 brotes por explante con estas mismas concentraciones de BA y ANA pero en el medio Knudson (Droste *et al.*, 2005). La variación en las respuestas *in vitro*, entendida como la cantidad de brotes generados por explante, entre las especies de bromeliáceas reportadas, indica que el genotipo tiene una fuerte influencia sobre la capacidad morfogénica. Por ello es muy importante desarrollar protocolos de propagación *in vitro* específicos para cada especie de bromelia.

Con los resultados obtenidos en la organogénesis de *T. takizawae* se abre la posibilidad de producir mayor cantidad de plantas y representa una ventaja sobre la germinación. El establecimiento *in vitro* de semillas en medio MS sin reguladores de crecimiento con la mitad de concentración de sales favorece la germinación, pero solo se puede generar una plántula.

Alargamiento de los brotes

Los tres tratamientos evaluados favorecieron el alargamiento de los brotes, pero la respuesta fue mejor con las concentraciones de 0.25 y 0.5 mg L⁻¹ de AG₃ en comparación con el medio sin reguladores de crecimiento. La mayor longitud promedio de brotes fue de 6.8 cm con 0.5 mg L⁻¹ de AG₃, seguido de 3.8 cm con 0.25 mg L⁻¹ de AG₃; en el medio sin reguladores la altura fue de 3.3 cm (Figura 1f). El crecimiento de las bromelias se caracteriza por ser perenne en su ambiente natural, con raíces cortas, y está en función del suministro de agua, nutrientes y calidad de luz (Laube & Zotz, 2003). En *T. takizawae* este crecimiento también se observó durante el cultivo *in vitro*, aunque la fuente de carbono, los nutrientes y los reguladores de crecimiento aportados por el medio de cultivo favorecieron el desarrollo. En esta especie no se conoce con exactitud el tiempo estimado para que alcancen su floración, pero es probable que pueden tardar años.

En bromelias se ha reportado que el AG₃ promueve el alargamiento de las plantas; no obstante, la efectividad de la giberelina dependerá de la especie y la dosis empleada. El alargamiento de los brotes de *Vriesea friburgensis* (Alves & Guerra, 2001) y *Dyckia distachya* (Pompelli & Guerra, 2005) fue promovido con 1.7 mg L⁻¹ de AG₃; mientras que en *V. reitzii* los brotes crecieron mejor con 3.4 mg L⁻¹ (Dal Vesco & Guerra, 2010).

Enraizamiento de brotes

El enraizamiento se presentó en todos los tratamientos evaluados y fue mejor en los medios con AIB. El número mayor de raíces y mayor altura de planta se indujeron con 1 mg L⁻¹ de AIB con promedio de 7.7 raíces por planta y 6.2 cm, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Enraizamiento de los brotes de *Tillandsia takizawae* regenerados *in vitro* en presencia de ácido indolbutírico (AIB), después de cuatro semanas de cultivo.

Table 1. In vitro germination, adventitious shoot formation, and number of shoots per explant of *Tillandsia takizawae* with benzyladenine (BA) and naphthaleneacetic acid.

AIB (mg L ⁻¹)	Enraizamiento (%)	Número de raíces	Altura de planta (cm)
0	100	a	2.2
0.25	100	a	4.0
0.5	100	a	6.8
1	100	a	7.7
DMSH	0		0.7

Medias con letras iguales dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta.

El enraizamiento se observó a partir de la segunda semana de cultivo en todos los tratamientos (Figura 1g); las raíces fueron de color amarillo claro y después de la cuarta semana se tornaron de color café. Generalmente, la fase de enraizamiento en el cultivo *in vitro* se induce al reducir las concentraciones de citocininas y aumentar las de auxinas (Anis & Ahmad, 2016). El AIB es una de las auxinas sintéticas usadas para inducir el enraizamiento de brotes regenerados *in vitro* (Phillips & Garda, 2019) y en *T. takizawae* resultó eficiente después de cuatro semanas de cultivo.

En las bromelias epífitas la función principal de las raíces es brindar anclaje a la planta ya que la absorción de agua y nutrientes es llevada a cabo por los tricomas que se ubican en las hojas, como sucede en las especies del género *Tillandsia* (Mondragón *et al.*, 2011). Con respecto a la altura de las plantas *in vitro* de bromelias se ha reportado que es uno de los factores limitantes previo a la etapa de aclimatación, ya que plantas menores de 3 cm comprometen la tasa de supervivencia (Guerra & Dal Vesco, 2010).

Aclimatación de plantas

La supervivencia de las plantas de *T. takizawae* cultivadas en la mezcla de turba, perlita y corteza de pino fue de 95% (Figura 1h). En la aclimatación de bromelias se pueden emplear diferentes sustratos con resultados óptimos como mezclas de corteza de pino (*Pinus L.*), cáscara de arroz carbonizada, vermiculita, turba, arena o fibra de coco (Dal Vesco y Guerra, 2010; De Resende *et al.*, 2016; Hernández-Meneses *et al.*, 2018). Después de esta fase se deben aplicar prácticas de manejo agronómico, en condiciones de invernadero o bajo malla sombra, que garantice el crecimiento de las plantas para que puedan sobrevivir a las condiciones definitivas o para los fines a los que se destinen.

CONCLUSIONES

La germinación *in vitro* de semillas de *Tillandsia takizawae* y la organogénesis a partir de plántulas pueden solventar las restricciones de bajas tasas de germinación y mortalidad de plantas en condiciones naturales. Los resultados de este estudio abren la posibilidad de propagar gran cantidad de plantas como una estrategia más que ayude a la protección de la especie, la recuperación de poblaciones silvestres y su eventual aprovechamiento sustentable con fines comerciales. Este protocolo de propagación *in vitro* a partir de semillas permite mantener la variabilidad genética de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Al Campo Experimental Zacatepec del INIFAP, por las facilidades otorgadas para llevar a cabo el estudio en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos e invernadero.

LITERATURA CITADA

- Alves, G. M., & Guerra, M. P. (2001). Micropropagation for mass propagation and conservation of *Vriesea friburgensis* var. *paludosa* from microbuds. *Journal of the Bromeliad Society*, 51(5), 202-212.
- Anis, M., & Ahmad, N. (2016). Plant tissue culture: a journey from research to commercialization. En M. Anis, & N. Ahmad, *Plant tissue culture: propagation, conservation and crop improvement* (págs. 3-13). Singapore: Springer Science+Business Media.
- Benzing, D. H. (2000). *Bromeliaceae: Profile of an Adaptive Radiation*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

- Dal Vesco, L. L., & Guerra, M. P. (2010). *In vitro* morphogenesis and adventitious shoot mass regeneration of *Vriesea reitzii* from nodular cultures. *Scientia Horticulturae*, 125(4), 748-755. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2010.05.030
- De Resende, C., Ribeiro, C., Mendes, G. C., Soares, C. G., Braga, V., da Cruz, B. P., . . . Peixoto, P. H. (2017). *In vitro* culture of *Vriesea cacuminis* L.B. Sm. (Bromeliaceae): an endemic species of Ibitipoca State Park, MG, Brazil. *Iheringia, Série Botânica*, 71(1), 55-61. doi:https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/488
- Droste, A., Silva, A. M., Matos, A. V., & Almeida, J. W. (2005). *In vitro* culture of *Vriesea gigantea* and *Vriesea philippocoburgii*: two vulnerable bromeliads native to Southern Brazil. *Brazilian Archives of biology and Technology*, 48, 717-722. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132005000600006
- Ehlers, R. (2000). A new *Tillandsia* from southern Mexico. *Journal of the Bromeliad Society*, 50, 216-221.
- Espejo-Serna, A., & López-Ferrari, O. R. (2018). La familia Bromeliaceae en México. *Botanical Sciences*, 96(3), 533-554. doi:https://doi.org/10.17129/botsci.1918
- Flores-Palacios, A., Bustamante-Molina, A. B., Corona-López, A. M., & Valencia-Díaz, S. (2015). Número de semillas, germinación y longevidad en especies de *Tillandsia* silvestres de bosque seco de valor hortícola. *Scientia Horticulturae*, 187, 72-79. doi:https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.003
- García-Martínez, R., & Beutelspacher, C. R. (2022). A new stoloniferous species of *Catopsis* (Bromeliaceae) from Chiapas, Mexico. *Journal of the Bromeliad Society*, 72(3), 119-127.
- Guerra, M. P., & Dal Vesco, L. L. (2010). Strategies for the micropropagation of bromeliads. En S. M. Jain, & S. J. Ochatt, *Protocols for in vitro propagation of ornamental plants. Methods in Molecular Biology* (págs. 47-66). New York, USA: Humana Press–Springer. doi:http://dx.doi.org/10.1007/978-1-60327-114-1_6
- Hernández-Cárdenas, R. A., Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R., & Lara-Godínez, S. A. (2020). *Tillandsia dichromantha* (Tillandsioideae; Bromeliaceae), a new species from the state of Oaxaca, Mexico. *Phytotaxa*, 447(2), 81-87. doi:https://doi.org/10.11646/phytotaxa.447.2.1
- Hernández-Meneses, E., Rangel-Estrada, S. E., López-Peralta, M. C., 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 Fitotecnica Mexicana*, 41(2), 99-106. doi:https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.99-106
- Hietz, P., Winkler, M., Scheffknecht, S., & Hülber, K. (2012). Germination of epiphytic bromeliads in forests and coffee plantations: microclimate and substrate effects. *Biotropica*, 44(2), 219-229. doi:https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00791.x
- Hornung-Leoni, C. T. (2011). Bromeliads: traditional plant food in Latin America since prehispanic times. *Polibotánica*, 32, 219-229.
- Jiménez-López, D. A., Solórzano, J. V., Vibrans, H., Espejo-Serna, A., & Peralta-Carreta, C. (2019). Ceremonial use of bromeliads and other vascular epiphytes in cemeteries of two indigenous communities of Las Margaritas, Chiapas, Mexico. *Economic Botany*, 73(1), 127-132. doi:https://doi.org/10.1007/s12231-019-09445-4
- Laube, S., & Zotz, G. (2003). Which abiotic factors limit vegetative growth in a vascular epiphyte? *Functional Ecology*, 17(5), 598-604. doi:https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2003.00760.x
- Luther, H. E. (2014). *An alphabetic list of bromeliad binomials*. Florida, USA: The Marie Selby Botanical Gardens and The Bromeliad Society International.
- Márquez-Martínez, J., López-Peralta, M. C., Hernández-Meneses, E., & Cruz-Huerta, N. (2020). Regeneración *in vitro* de plantas de *Tillandsia viridiflora* (beer) baker por organogénesis directa. *Agrociencia*, 54(6), 763-778. doi:https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i6.2180
- Meza-Espinoza, L., García-Magaña, M. L., Vivar-Vera, M. A., Sáyago-Ayerdi, S. G., Chacón-López, A., Becerra-Verdín, E. M., . . . Montalvo-González, E. (2017). Aspectos etnobotánicos, nutricionales y actividad biológica de extractos de frutos del género *Bromelia*. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 40(4), 425-437.

Recibido:
5/septiembre/2023

Aceptado:
15/enero/2024

- Mondragón-Chaparro, D. M., Ramírez-Morillo, I. M., Flores-Cruz, M., & García-Franco, J. G. (2011). *La familia Bromeliaceae en México*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-493.
- Phillips, G. C., & Garda, M. (2019). Plant tissue culture media and practices: an overview. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 55, 242-257. doi:<https://doi.org/10.1007/s11627-019-09983-5>
- Pickens, K. A., Affolter, J. M., Wetzstein, H. Y., & Wolf, J. H. (2003). Enhanced seed germination and seedling growth of *Tillandsia eizii* in vitro. *HortScience*, 38(1), 101-104. doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.1.101>
- Pickens, K. A., Wolf, J., Affolter, J. M., & Wetzstein, H. Y. (2006). Adventitious bud development and regeneration in *Tillandsia eizii*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 42, 348-353. doi:<https://doi.org/10.1079/IVP2006779>
- Pompelli, M. F., & Guerra, M. P. (2005). Micropropagation enables the mass propagation and conservation of *Dyckia distachya* Hassler. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 5(1), 117-126.
- SAS Institute Inc. (2003). *The SAS system for windows. Release 9.1*. Cary, N.C., U.S.A.
- Winkler, M., Huelber, K., & Hietz, P. (2005). Effect of canopy position on germination and seedling survival of epiphytic bromeliads in a Mexican humid montane forest. *Annals of Botany*, 95(6), 1039-1047. doi:<https://doi.org/10.1093/aob/mci115>