



PÁG.

CONTENIDO

- 1 Diversidad florística asociada a *Clinopodium macrostemon* y *Litsea glaucescens* en un bosque de encino-pino en Oaxaca, México
Floristic diversity associated to *Clinopodium macrostemon* and *Litsea glaucescens* in an oak-pine forest in Oaxaca, México
Jarquin-Rosales Domitila | Campos Angeles Gisela Virginia | Reyes-Hernández Valentín José | Lozano-Trejo Salvador | Alpuche-Osorno Juan José | Rodríguez-Ortiz Gerardo
- 15 Diversidad morfológica de *Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. (Vitaceae) en poblaciones silvestres de cuatro localidades del estado de Veracruz, México
Morphological diversity of *Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. (Vitaceae) in wild populations from four locations in the state of Veracruz, Mexico
Mata Alejandro Humberto | Castañeda-Chávez María Del Refugio | Aguilar Pérez Luis Alfonso | Mójica-Zárate Héctor Tecumshé | Cruz-Castillo Juan Guillermo
- 27 Regeneración natural arbórea e influencia de factores edáficos de un bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua, México
Natural tree regeneration and influence of edaphic factors in a temperate forest in Guadalupe y Calvo, Chihuahua, Mexico
Mateo-García Mario Francisco | Alanís-Rodríguez Eduardo | García-García Samuel Alberto | Cuellar-Rodríguez Luis Gerardo | Yerena-Yamallel José Israel | Aguirre-Calderón Oscar Alberto
- 47 Estructura, diversidad y captura de carbono del arbolado urbano de un complejo industrial en el noreste de México
Structure, diversity, and carbon sequestration of urban trees in an industrial complex in northeastern Mexico
Alcalá Rojas Alejandro | Alanís Rodríguez Eduardo | Aguirre Calderón Oscar Alberto | Cuellar Rodríguez Gerardo | Yerena Yamallel José Israel | Sandoval García Rufino
- 59 Evaluación de la infestación de *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler en *Quercus convallata* Trel. y *Quercus edwardii* Trel. en Durango, México
Evaluation of *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler infestation in *Quercus convallata* Trel. and *Quercus edwardii* Trel. in Durango, Mexico
Dominguez-Amaya Mesias Edwin | Briseño Reyes Jaime | Vega-Nieva Daniel José | Corral-Rivas José Javier | Tinoco-Orozco Diana Aime
- 77 Efecto de prácticas agroecológicas basadas en fertilizantes orgánicos en agroecosistemas monocultivo y milpa en la Sierra de Zongolica, Veracruz, México
Effect of agroecological practices based on organic fertilization in monoculture and milpa agroecosystems in the Sierra de Zongolica, Veracruz, Mexico
De La Cruz-De Jesus Mayra Yaneth | Hernández-Vásquez Luis Alfredo | Tecpile Cortes Jaime | Reyes-Rosas Sergio | Armida-Lozano Jorge | Ramírez-Rivera Emmanuel de Jesús | Sánchez-Zavalegui Romeo Alejandro | Del Rosario-Arellano José Luis | Purroy-Vásquez Rubén | Hernández-Salinas Gregorio
- 95 Evaluación de la eficiencia de dos esquemas de fertilización y bioherbicidas en maíz (*Zea mays* L.) en el Valle del Yaqui bajo condiciones de casa sombra y riego localizado
Evaluation of the efficiency of two fertilization schemes and bioherbicides in corn (*Zea mays* L.) in the Yaqui Valley under greenhouse conditions and localized irrigation
Arellano Gil Maritza | Estrella Osuna Luis Enrique | Verdugo Fuentes Abel Alberto | Rodríguez Ramírez Roberto | Villa Lerma Alma Guadalupe | Valdez Mendoza Brissa Jeaneth | Mungarro Ibarra Catalina | Portillo García Luis Enrique
- 107 Viabilidad y germinación del polen de *Agave durangensis*
Viability and germination of *Agave durangensis* Gentry pollen
Salazar Palacios Diana Laura | Delgado Alvarado Eli Amanda | Torres Ricario Rene | Uribe Soto José Natividad | Avila Reyes Jose Antonio | Hernández Vargas Vicente | Pérez Salinas Shaila Nayeli | Chavez Aguilar Fernanda Yoana | Gutiérrez Velázquez Marcela Verónica
- 121 Florivoría por *Euphoria basalis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) y su efecto en la eficiencia reproductiva de *Ipomoea stans* (Convolvulaceae) en el volcán Teuhtli, México
Floral herbivory by *Euphoria basalis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) and its effect on the reproductive success of *Ipomoea stans* (Convolvulaceae) in the Teuhtli Volcano, Mexico
Martínez Cárdenas María de Lourdes | Vargas Miranda Bárbara | Emiliano-Juárez Alejandro A.
- 135 Influencia de la composición del medio de cultivo en la germinación asimbiótica de *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A. Romero & Carnevali (Orchidaceae)
Influence of the culture medium composition on the asymbiotic germination of *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A. Romero & Carnevali (Orchidaceae)
Olvera-Casanova Diego Alfredo | Sánchez-Contreras Angeles | Qui-Zapata Joaquín Alejandro | Herrera-Cool Gilbert José | Cob-Uicab José Vidal | López-Puc Guadalupe
- 149 Caracterización polínica en mieles de tres subespecies de *Apis mellifera* L. en Alvarado, Veracruz, México
Pollen characterization in honeys of three subspecies of *Apis mellifera* L. in Alvarado, Veracruz, Mexico
Alemán López Viridiana | López Mata Lauro | Medina Pérez Gabriela | Luna Rodríguez Lorena | Vargas Romero Juan Manuel | Galván Escobedo Iris Grisel

PÁG.

CONTENIDO

- 169 Análisis palinológico y fisicoquímico de mieles de *Apis mellifera* L. en la localidad los Cerritos, Hidalgo, México
Palynological and physicochemical analysis of honey of *Apis mellifera* L. from los Cerritos, Hidalgo, Mexico
Navarrete López Sandra Joceline | Quiroz García David Leonor | Fernández Nava Rafael
- 187 Desarrollo de un protocolo de micropropagación para *Lupinus campestris* Cham. & Schltl. como base para la domesticación y conservación
Development of a micropropagation protocol for *Lupinus campestris* Cham. & Schltl. as a basis for domestication and conservation
Rodríguez Sías Daniela | Pérez Álvarez Sandra | Sánchez-Chávez Esteban | Leyva-Hernández Héctor A. | Uranga-Valencia Luisa Patricia
- 203 Efecto de la meta-topolina sobre la multiplicación y la hiperhidricidad *in vitro* en maguey plateado (*Agave guiengola* Gentry)
Effect of meta-topolin on *in vitro* multiplication and hyperhydricity in silver maguey (*Agave guiengola* Gentry)
Ramírez Mosqueda Marco Antonio | Cadena-Zamudio Jorge David | Cruz-Gutiérrez Esmeralda J. | Sandoval-Cansino Gabriela | Delgado-Aceves
María de Lourdes | Gutiérrez-Mora Antonia
- 215 Evaluación de la toxicidad del aceite esencial de *Monarda fistulosa* L. en ratones C57BL/6
Evaluation of the toxicity of the essential oil of *Monarda fistulosa* L. in C57BL/6 Mice.
Delgadillo Puga Claudia | Cariño-Cervantes Yonatan Y. | Cruz-Martínez Yesica R. | Torre-Villalvazo Iván
- 231 Respostas fotossintéticas de espécie fitorremediadora à elevação de salinidade no meio aquático.
Photosynthetic responses of phytoremediating species to increased salinity in aquatic environments
da Silva Bastos Guimarães Alice | Moll Hüther Cristina | Jimenez de Almeida Rigueira Roberta | Soares de Melo Pedro | Martins Corrêa Gabriela |
Amado Garcia Silva Rodrigo | Oswald Silveiras Kircher Doris
- 251 Actividad antifúngica y tripanocida *in vitro* de extractos de *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y clemants
In vitro antifungal and trypanocidal activity of extracts of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y clemants
Santiago Martínez Angeles | Riley Saldaña Christian Anabí | Moreno Rodríguez Adriana | De Fuentes Vicente José Antonio | de la Cruz Chacón Iván
- 271 Efecto de nanotubos de carbono sobre la germinación y desarrollo de *Agave salmiana* de diversos períodos de colecta
Effect of carbon nanotube on the germination and development of *Agave salmiana* of various collection periods
Gómez-Pelayo Berenice | García-Nuñez Hilda Guadalupe | Arzate-Fernández Amaury Martín | Reyes-Díaz Jesús Ignacio
- 289 Crecimiento micelial *in vitro* de *Auricularia nigricans* en residuos lignocelulósicos disponibles en el estado de Campeche, México
In vitro mycelial growth of *Auricularia nigricans* in available lignocellulosic waste from the state of Campeche, Mexico
De la Cruz Blanco Geydi Mariela | Gaitán Hernández Rigoberto | Flota Bañuelos Carolina | Casanova Pérez Lorena | Sierra Sigfrido | Rosales Martinez
Veronica
- 305 *Sesuvium portulacastrum* en la fitorremediación para suelos salinos como estrategia ambiental sostenible
Sesuvium portulacastrum in phytoremediation of saline soils as a sustainable environmental strategy
Gómez Peraza Rosa Luz | Valenzuela Quiñónez Wenceslao | Espinosa Alonso Laura Gabriela | Galaviz Julian Alberto | Medina Gogoy Sergio |
Hernández Armenta Jesús Uriel
- 317 Patogenicidad de *Corynespora cassiicola* y su control *in vitro* con *Bacillus subtilis* CBCK47 y extracto acuoso de *Croton chichenensis*
Pathogenicity of *Corynespora cassiicola* and its *in vitro* control with *Bacillus subtilis* CBCK47 and aqueous extract of *Croton chichenensis*
Rivero Uribe Adriana Rubi | Moo Koh Felicia Amalia | Cristóbal Alejo Jairo | Reyes Ramírez Arturo | Tun Suárez José María | Gamboa Angulo María
Marcela
- 333 Plantas medicinales utilizadas para enfermedades respiratorias en habitantes de Pisaflores, Hidalgo, México
Medicinal plants used for respiratory diseases among inhabitants of Pisaflores, Hidalgo, Mexico
Lara Reimers Eduardo Alberto | Montesinos Adan Leonel Rosario | Mora Olivo Arturo | García Martínez José Eduardo | Cruz García Francisco |
González Fuentes José Antonio | Encinas Domínguez Juan Antonio | Preciado Rangel Pablo
- 353 Análisis etnobotánico de variedades locales de maguey pulquero en el noreste del Estado de México
Ethnobotanical analysis of local varieties of maguey pulquero in the northeast of the Estado de México
Cruz Vasconcelos Sonia Teresa | Ramírez Herrera Carlos | Cruz Huerta Nicacio | Reyes Hernández Valentín José | Gómez Guerrero Armando
- 369 Bioculturalidad a través de los hongos comestibles silvestres y cultivados en San Pedro Benito Juárez, Atlixco, Puebla
Bioculturality through wild and cultivated edible mushrooms in San Pedro Benito Juarez, Atlixco, Puebla
Segura Ruiz Karla Elaine | Casiano Ventura Miguel Angel | Sobal Cruz Mercedes | Morales Almora Porfirio
- 381 Las plantas medicinales utilizadas en la cabecera municipal de San Antonio Cañada, Puebla, México
Medicinal plants used in the municipal seat of San Antonio Cañada, Puebla, Mexico
De la luz-González Andrea | Martínez-Moreno David | Reyes-Matamoros Jenaro | Andrés-Hernández Agustina Rosa | Reyes-Azcárate Yessica
- 401 Arvenses asociadas al cajete de maguey pulquero, en Lerma, México: énfasis en el uso de especies de Asteraceae
Weed species associated with the pulque agave basin in Lerma, Mexico: emphasis on the use of Asteraceae species
González Estrada Teresa de Jesús | Sánchez-Nava Susana | Franco-Mora Omar | Sánchez-Pale Jesús Ricardo

POLIBOTÁNICA

Núm. 62

ISSN electrónico: 2395-9525

Julio 2026

Portada



El proceso comunitario de aprendizaje y aprovechamiento sustentable de hongos comestibles a partir de residuos agrícolas, como rastrojo de maíz y frijol, representa una alternativa agroecológica que fortalece la soberanía alimentaria, promueve el uso responsable de recursos locales y contribuye a la revitalización del conocimiento etnomicológico tradicional. La participación comunitaria, el intercambio gastronómico y la transmisión intergeneracional de saberes reflejan la estrecha relación entre patrimonio biocultural, innovación tecnológica y resiliencia social en contextos rurales indígenas.

The community-based process of learning and sustainable use of edible mushrooms through agricultural residues, such as maize and bean straw, represents an agroecological alternative that strengthens food sovereignty, promotes the responsible use of local resources, and contributes to the revitalization of traditional ethnomycological knowledge. Community participation, gastronomic exchange, and the intergenerational transmission of knowledge reflect the close relationship between biocultural heritage, technological innovation, and social resilience in indigenous rural contexts.

por/by
Rafael Fernández Nava

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EQUIPO EDITORIAL

Angela Catalina Mendoza González,
Instituto Politécnico Nacional, México

Ricardo Valenzuela Garza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Carlos Fabián Vargas Mendoza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Rafael Fernández Nava,
Instituto Politécnico Nacional, México

EDITORES ASOCIADOS

Xitlali Aguirre Dugua,
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México

Fernando Alzate Guarín,
Universidad de Antioquia, Colombia

María de la Luz Arreguín Sánchez,
IPN, México

Itzel Becerra Absalón,
UNAM, México

Alexander Berrocal-Jiménez,
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

José Juan Blancas Vázquez,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Mireya Burgos Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

Alexandre Toshirrico Cardoso Taketa,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Gustavo Cruz-Cárdenas,
IPN, México

Luis Enrique Eguarte Fruns,
UNAM, México

Adolfo Espejo Serna,
UAM Iztapalapa, México

Javier Carlos Estrada Sánchez,
Universidad de los Andes, Venezuela

María Teresa Fernández-Marrón,
Universidad Complutense de Madrid, España

Daniel Freitas Freire Martins,
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brazil

Roberto Garibay Orijel,
UNAM, México

Gregorio del Carmen Godoy Hernández,
CICY, A.C. México

Diódoro Granados Sánchez,
Universidad Autónoma Chapingo, México

Anahí N. Herrera Cano,
Universidad de Buenos Aires, Argentina

María de los Ángeles Herrera Campos,
UNAM, México

Omaira Hokche,
Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Francisco Martín Huerta Martínez,
Universidad de Guadalajara, México

Blanca León,
University of Texas at Austin, USA

Hilda P. León Tejera,
UNAM, México

Victor M. Loyola Vargas,
CICY, A.C. México

Miguel Ángel Macías Rodríguez,
Universidad de Guadalajara, México

Tomás Martínez Trinidad,
Colegio de Postgraduados, México

Juan Luis Mata,
University of South Alabama, USA

Diana Miriam Mc Caughey Espinoza,
Universidad de Sonora

Natalia Mesa Sierra,
USDA Forest Service, USA

Demetria Martha Mondragón Chaparro,
IPN, México

María Eugenia Morales-Puentes,
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Eberto Novelo Maldonado,
UNAM, México

Gilberto Alejandro Ocampo Acosta,
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Neftalí Ochoa Alejo,
CINVESTAV, México

Ileana Ortegón Aznar,
Universidad Autónoma de Yucatán, México

María Lelia Pochettino,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Francisco Reyes Zepeda,
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Paz Alejandra Quintanar Isaías,
UAM-Iztapalapa, México

Beatriz Quiroz-González,
IPN, México

Carlos Ramírez Vargas,
Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Juan Antonio Reyes-Agüero,
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

Valentín José Reyes Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

Rafael Salgado Garciglia,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Primo Sánchez Morales,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Odilón Manuel Sánchez Sánchez,
Universidad Veracruzana, México

Thália do Socorro Serra Gama,
University of Sao Paulo, Brazil

Sigfrido Sierra Galván,
UNAM, México

Heike Vibrans,
Colegio de Postgraduados, México

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

Juan Ramón Zapata Morales,
Universidad de Guanajuato. Guanajuato. México

CONSEJO EDITORIAL

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

María del Socorro González Elizondo,
Instituto Politécnico Nacional, México

Dra. Silvia Evangelista Lozano,
Instituto Politécnico Nacional, México

Luis Gerardo Zepeda Vallejo,
Instituto Politécnico Nacional, México

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

POLIBOTÁNICA, revista botánica internacional del Instituto Politécnico Nacional, incluye exclusivamente artículos que representen los resultados de investigaciones originales en el área. Tiene una periodicidad de dos números al año, con distribución y Comité Editorial Internacional.

Todos los artículos enviados a la revista para su posible publicación son sometidos por lo menos a un par de árbitros, reconocidos especialistas nacionales o internacionales que los revisan y evalúan y son los que finalmente recomiendan la pertinencia o no de la publicación del artículo, cabe destacar que este es el medio con que contamos para cuidar el nivel y la calidad de los trabajos publicados.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS

Se aceptarán aquellos originales que se ajusten a las prescripciones siguientes:

POLIBOTÁNICA incluye exclusivamente artículos que representen los resultados de investigaciones originales que no hayan sido publicados.

1. El autor deberá anexar una carta membretada y firmada dirigida al Editor, donde se presente el manuscrito, así como la indicación de que el trabajo es original e inédito, ya que no se aceptan trabajos publicados o presentados anterior o simultáneamente en otra revista, circunstancia que el autor(es) deberá declarar expresamente en la carta de presentación de su artículo.
2. Al quedar aceptado un trabajo, su autor no podrá ya enviarlo a ninguna otra revista nacional o extranjera.
3. Los artículos deberán estar escritos en español, inglés, francés o portugués. En el caso de estar escritos en otros idiomas diferentes al español, deberá incluirse un amplio resumen en este idioma.
4. Como parte de los requisitos del CONACYT, POLIBOTÁNICA ahora usa la plataforma del Open Journal System (OJS); para la gestión de los artículos sometidos a la misma. Así que le solicitamos de la manera más atenta sea tan amable de registrarse y enviar su artículo en la siguiente liga: www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica
 - a) cargar el trabajo en archivo electrónico de office-word, no hay un máximo de páginas con las siguientes características:
 - b) en páginas tamaño carta, letra times new roman 12 puntos a doble espacio y 2 cm por margen
5. Las figuras, imágenes, gráficas del trabajo deben estar incluidas en el documento de Word original:
 - a) en formato jpg
 - b) con una resolución mínima de 300 dpi y un tamaño mínimo de 140 mm de ancho
 - c) las letras deben estar perfectamente legibles y contrastadas
6. Todo trabajo deberá ir encabezado por:
 - a) Un título tanto en español como en inglés que exprese claramente el problema a que se refiere. El formato para el título es: negritas, tamaño 14 y centrado;
 - b) El nombre del autor o autores, con sus iniciales correspondientes, sin expresión de títulos o grados académicos. El formato para los autores es: alineados a la izquierda, cada uno en un párrafo distinto y tamaño 12. Cada autor debe tener un número en formato superíndice indicando a qué afiliación pertenece;
 - c) La designación del laboratorio e institución donde se realizó el trabajo. La(s) afiliación(es) debe(n) estar abajo del grupo de autores. Cada afiliación deberá estar en un párrafo y tamaño

12. Al inicio de cada afiliación estará el número en superíndice que lo relaciona con uno o más autor/es.

d) El autor para correspondencia deberá estar en el siguiente párrafo, alineado a la izquierda, tamaño 12.

7. Todo trabajo deberá estar formado por los siguientes capítulos:

a) RESUMEN y ABSTRACT. Palabras clave y Key Words. El resumen debe venir después de la afiliación de los autores, alineado a la izquierda, tamaño 12. La palabra “Resumen: / Abstract:” debe venir en negritas y con dos puntos. El texto del resumen debe empezar en el párrafo siguiente, tamaño 12 y justificado. El texto “Palabras clave / Key Words:” debe venir en negritas seguido de dos puntos. Cada una de las palabras clave deben estar separadas por coma o punto y coma, finalizadas por punto.

b) INTRODUCCIÓN y MÉTODOS empleados. Cuando se trate de técnicas o métodos ya conocidos, solamente se les mencionará por la cita de la publicación original en la que se dieron a conocer. El formato para todas las secciones en esta lista es: negritas, tamaño 16 y centrado.

c) RESULTADOS obtenidos. Presentación acompañada del número necesario de gráficas, tablas, figuras o diagramas de tamaño muy cercano al que tendrá su reproducción impresa (19 x 14 cm).

d) DISCUSIÓN concisa de los resultados obtenidos, limitada a lo que sea original y a otros datos relacionados directamente y que se consideren nuevos.

e) CONCLUSIONES.

ESPECIFICACIONES DE FORMATO PARA EL CUERPO DEL TRABAJO

1. Secciones/Subtítulos de párrafo: Fuente tamaño 16, centrado, en negritas, con la primera letra en mayúscula.
2. Subsecciones/Subtítulos de párrafo secundarios : Fuente tamaño 14, centrado, en negritas, con la primera letra en mayúscula. Cuando existan subsecciones de subsección formatear en tamaño 13 negrita y centrado.
3. Cuerpo del texto: Fuente tamaño 12, justificado. NO debe haber saltos de línea entre párrafos.
4. Las notas de pie de página deben estar al final de cada página, fuente tamaño 12 justificadas.
5. Cita textual con mas de tres líneas: Fuente tamaño 12, margen izquierdo de 4 cm.
6. Título de imágenes: Fuente tamaño 12, centrado y en negritas, separado por dos puntos de su descripción. Descripción de las imágenes: tamaño 12.
7. Notas al pie de las imágenes: Fuente tamaño 12 y centradas con respecto a la imagen, la primera letra debe estar en mayúsculas.
8. Imágenes: deben estar en el cuerpo del texto, insertadas en formato png o jpg, a por lo menos 300 dpi de resolución y centradas. Las imagenes deben estar en línea con el texto. Se consideran imágenes: gráficos, cuadros, fotografías, diagramas y, en algunos casos, tablas y ecuaciones.
9. Tablas de tipo texto: El título de las columnas de las tablas debe estar en negritas y los datos del cuerpo de la tabla con fuente normal. Los nombres científicos deben estar en *italicas*. Se recomienda utilizar las Tablas como imágenes, estas deberán de ir centradas (a por lo menos 300 dpi de resolución).
10. Notas al pie de la tabla: Fuente tamaño 12 y centradas con respecto a la tabla, la primera letra debe estar en mayúsculas.
11. Ecuaciones pueden estar en Mathtype 1 o en imagen. En este último caso, seguir instrucciones del punto 8.
12. Citas del tipo autor y año deben estar entre paréntesis, con el apellido del autor seguido por el año (Souza, 2007), primera letra en mayúscula.

- 8. LITERATURA CITADA,** Se tomara como base el Estilo APA para las Referencias Bibliográficas, formada por las referencias mencionadas en el texto del trabajo y en orden alfabético. Es obligatorio utilizar Mendeley® (software bibliográfico). El propósito de utilizar este tipo de software es asegurar que los datos contenidos en las referencias están correctamente estructurados y corresponden a las citas del cuerpo del texto.

ESTRUCTURA Y FORMATO DE LOS AGRADECIMIENTOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Los Agradecimientos deberán estar después de la última sección del cuerpo del texto. Esta información debe tener como título la palabra “Agradecimientos”, o su equivalente en otro idioma, en negritas, tamaño 12 y centrado. El texto de esta información debe estar en tamaño 12 justificado.
2. Las Referencias bibliográficas deben estar en orden alfabético sin salto de línea de párrafo, alineados a la izquierda, en tamaño 12.
3. Apéndices, anexos, glosarios y otros materiales deben incluirse después de las referencias bibliográficas. En caso de que estos materiales sean extensos deberán ser creados como archivos PDF.

9. REVISIÓN Y PUBLICACIÓN

Todos los artículos enviados a la revista para su posible publicación serán sometidos a una revisión “doble ciego”, se enviarán por lo menos a un par de árbitros, reconocidos especialistas nacionales o internacionales que los revisarán y evaluarán y serán los que finalmente recomienden la pertinencia o no de la publicación del artículo, cabe destacar que este es el medio con que contamos para cuidar el nivel y la calidad de los trabajos publicados.

Una vez aceptado el trabajo, se cobrarán al autor(es) \$299 por página más IVA, independientemente del número de fotografías que contenga.

PUBLICATION GUIDELINES

POLIBOTÁNICA, an international botanical journal supported by the National Polytechnic Institute, only publishes material resulting of original research in the botanic area. It has a periodicity of two issues per year with international distribution and an international Editorial Committee.

All articles submitted to POLIBOTÁNICA for publication are reviewed by at least a couple of referees. National or international recognized experts will evaluate all submitted materials in order to recommend the appropriateness or otherwise of a publication. Therefore, the quality of published papers in POLIBOTÁNICA is of the highest international standards.

FOR PUBLICATION OF ARTICLES

Originals that comply with the following requirements will be accepted:

1. POLIBOTÁNICA includes only items that represent the results of original research which have not been published. The author should attach an official and signed letter to Editor stating that the work is original and unpublished. We do not accept articles published or presented before or simultaneously in another journal, a fact that the author (s) must expressly declare in the letter.
2. When an article has been accepted, the author can no longer send it to a different national or foreign journal.
3. Articles should be written in Spanish, English, French or Portuguese. In the case of be written in

languages other than Spanish, it should include an abstract in English.

4. The article ought to be sent to the POLIBOTÁNICA's Open Journal System <http://www.polibotanica.mx/ojs> in an office-word file without a maximum number of pages with the following features:

a) on letter-size pages, Times New Roman font type, 12-point font size, double-spaced and 2 cm margin

5. The figures, images, graphics in the article must be attached as follows:

a) in jpg format

b) with a minimum resolution of 300 dpi and a minimum size of 140 mm wide

c) all characters must be legible and contrasted

6. All articles must include:

a) a title in both Spanish and English that clearly express the problem referred to. The format for this section is: bold, font size 14 and centered.;

b) the name of the author or authors, with their initials, no titles and no academic degrees. The format for this section is: font size 12, aligned to the left, each name in a different paragraph but without spaces in-between and a superscript number indicating the affiliation;

c) complete affiliations of all authors (including laboratory or research institution). The format for this section is: font size 12, aligned to the left, each name in a different paragraph but without spaces in-between and a superscript number at the beginning of the affiliation;

d) correspondence author should be in the next paragraph, font size 12 and aligned to the left.

7. All work should be composed of the following chapters:

a) RESUMEN and ABSTRACT. Palabras clave y Key Words. The format for this section is: bold, font size 12 and centered. Both words (RESUMEN: and ABSTRACT:) must include a colon, be in bold and aligned to the left. The body of the abstract must be justified and in font size 12. Both palabras clave: and keywords: must include a colon, be in bold and aligned to the left. Keywords must be separated by a comma or semicolon, must be justified and in font size 12.

b) INTRODUCTION y METHODS. In the case of techniques or methods that are already known, they were mentioned only by appointment of the original publication in which they were released.

c) RESULTS. Accompanied with presentation of the required number of graphs, tables, figures or diagrams very close to the size which will be printed (19 x 14 cm).

d) DISCUSSION. A concise discussion of the results obtained, limited to what is original and other related directly and considered new data.

e) CONCLUSIONS. The format for sections Introduction, Results, Discussion and Conclusions is: bold, font size 16 and centered.

FORMAT SPECIFICATIONS FOR THE BODY OF WORK

1. Sections: Font size 16, centered, bold, with the first letter capitalized.
2. Subsections / Secondary Subtitles: Font size 14, centered, bold, with the first letter capitalized. When there are second grade subsections format in size 13 bold and centered.
3. Body: Font size 12, justified. There should NOT be line breaks between paragraphs.
4. Footnotes should be at the bottom of each page, font size 12 and justified.
5. Textual quotation with more than three lines: Source size 12, left margin of 4 cm.
6. Image Title: Font size 12, centered and bold, separated by two points from its description. Description of the images: size 12.
7. Images Footnotes: Font size 12 and centered with respect to the image, the first letter must be in capital letters.
8. Images: must be in the body of the text, inserted in png or jpg format, at least 300 dpi resolution and centered. Images should be in line with the text. Graphs, charts, photographs, diagrams and, in some cases, tables and equations are considered images.
9. Text Tables: Only The title of the columns of the tables must be in bold. Scientific names must be in italics. It is recommended to use the Tables as images, they should be centered (at least 300 dpi resolution).
10. Footnotes: Font size 12 and centered with respect to the table, the first letter must be in upper case.
11. Equations can be in Mathtype 1 or in image. In the latter case, follow the instructions in point 8.
12. Quotations of the author and year type must be in parentheses, with the author's last name followed by the year (Souza, 2007), first letter in capital letters.

8. LITERATURE CITED. All references must be cited using the APA stile. POLIBOTÁNICA requires the use of Mendeley® (free reference manager) for the entire bibliography.

STRUCTURE AND FORMAT OF ACKNOWLEDGMENTS AND BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

1. Acknowledgments must be after the last section of the body of the text. This information should be titled the word "Acknowledgments", or its equivalent in another language, in bold, size 12 and centered. The text of this information must be in size 12 justified.
2. Bibliographical references should be in alphabetical order without paragraph line jump, aligned to the left, in size 12.
3. Appendices, annexes, glossaries and other materials should be included after the bibliographic references. If these materials are extensive they should be created as PDF files.

9. REVIEW AND PUBLICATION

All articles submitted to the journal for publication will undergo a review "double-blind", they will be sent at least a couple of referees, recognized national or international experts that reviewed and evaluated and will be finally recommended the relevance or the publication of the article, it is noteworthy that this is the means that we have to take care of the level and quality of published articles.

Once accepted the article, the author will be charged \$15 USD per text page, regardless of how many pictures it contains.

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
rfernand@ipn.mx

Dirección Web
http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CRMICYT - Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de 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.



**Ciencia y
Tecnología**

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *M en C. Ismael Jaidar Monter*

Secretario Académico: *M en E N A María Isabel Rojas Ruizb*

Secretario de Innovación e Integración Social: *M.C.E. Yessica Gasca Castillo*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Martha Leticia Vázquez González*

Secretario de Servicios Educativos: *Dr. Marco Antonio Sosa Palacios*

Secretario de Administración: *Mtra. Ana María Arrona González*

Director de Educación Superior: *Lic. Tomás Huerta Hernández*

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director

Dr. Mario Alberto Rodríguez Casas

Subdirectora Académica:

Biol. Elizabeth Guarneros Banuelos

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Edgar Gregorio Cárcamo Villalobos

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

Biól. Gonzalo Galindo Becerril

POLIBOTÁNICA, Año 30, No. 62, Julio 2026, 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.

**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

VIABILIDAD Y GERMINACIÓN DEL POLEN DE *Agave durangensis*

VIABILITY AND GERMINATION OF *Agave durangensis* GENTRY POLLEN

Salazar-Palacios, Diana Laura; Delgado-Alvarado, Eli Amanda; Torres-Ricario, Rene; Uribe-Soto, José Natividad; Ávila-Reyes, José Antonio; Hernández-Vargas, Vicente; Pérez-Salinas, Shaila Nayeli; Chavez-Aguilar, Fernanda Yoana; Gutiérrez-Velázquez, Marcela Verónica

VIABILIDAD Y GERMINACIÓN DEL POLEN DE *Agave durangensis*

VIABILITY AND GERMINATION OF *Agave durangensis* GENTRY POLLEN

**Instituto Politécnico Nacional**

Núm. 62: 107-119 México. Julio 2026

DOI: 10.18387/polibotanica.62.8



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0
Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Viabilidad y germinación del polen de *Agave durangensis* GentryViability and germination of *Agave durangensis* Gentry pollen

Salazar-Palacios, Diana Laura;
Delgado-Alvarado, Eli
Amanda; Torres-Ricario,
Rene; Uribe-Soto, José
Natividad; Ávila-Reyes, José
Antonio; Hernández-Vargas,
Vicente; Pérez-Salinas, Shaila
Nayeli; Chavez-Aguilar,
Fernanda Yoana; Gutiérrez-
Velázquez, Marcela Verónica

VIABILIDAD Y
GERMINACIÓN DEL
POLEN DE *Agave durangensis*

VIABILITY AND
GERMINATION OF *Agave*
durangensis GENTRY
POLLEN

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 107-119. Julio 2026

DOI:
10.18387/polibotanica.62.8

Salazar-Palacios, Diana Laura / <https://orcid.org/0009-0005-1988-7443>
Gutiérrez-Valázquez, Marcela Verónica / <https://orcid.org/0000-0001-7587-320X>

Autor de correspondencia: mvgutierrezv@ipn.mx

Delgado-Alvarado, Eli Amanda / <https://orcid.org/0000-0003-3835-9572>

Torres-Ricario, Rene / <https://orcid.org/0000-0002-2523-6699>

Uribe-Soto, José Natividad / <https://orcid.org/0000-0001-8059-490X>

Ávila-Reyes, José Antonio / <https://orcid.org/0000-0002-8791-0837>

Hernández-Vargas, Vicente / <https://orcid.org/0000-0001-8966-7079>

Pérez-Salinas, Shaila Nayeli / <https://orcid.org/0009-0001-8984-2890>

Chavez-Aguilar, Fernanda Yoana / <https://orcid.org/0009-0007-0644-6379>

Laboratorio de Biotecnología. Instituto Politécnico Nacional.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Durango. Durango, México

RESUMEN: *Agave durangensis* Gentry es una especie de importancia económica en el sur del Estado de Durango, ya que representa el principal recurso para la elaboración de mezcal con denominación de origen. Dado que su reproducción es principalmente sexual, el conocimiento sobre la calidad del polen en distintas condiciones de almacenamiento y periodos de tiempo es fundamental para el desarrollo de programas de cultivo, mejoramiento y conservación. En el presente estudio se evaluó la viabilidad y la germinación del polen de esta especie en relación a dos condiciones de temperatura y diferente tiempo de almacenamiento. La viabilidad se evaluó mediante la técnica de tinción de Alexander y la germinación mediante el conteo de tubos polínicos desarrollados en un medio de cultivo nutritivo; ambos resultados se expresaron en porcentaje relativo. Los datos obtenidos en un periodo de seis meses mostraron una disminución de la viabilidad de 6,54% a 4°C y de 7,83% a temperatura ambiente, mientras que la germinación mostró una disminución de 58,75% a 4°C y del 98,20% a temperatura ambiente. Se encontró una correlación entre ambos viabilidad y germinación, por lo que es importante el estudio tanto de la viabilidad como de germinación para determinar la calidad del polen. Al no haber estudios sobre la calidad del polen de *Agave durangensis* en diferentes condiciones, este trabajo aporta información importante para la comprensión y conservación de la especie.

Palabras clave: Polen, *Agave durangensis*, calidad del polen, almacenamiento, temperatura

ABSTRACT: *Agave durangensis* Gentry is an economically important species in southern Durango, as it is the main resource for the production of mezcal with a designation of origin. Since its reproduction is mainly sexual, knowledge of pollen quality under different storage conditions and periods is essential for the development, improvement, and conservation of cultivation programs. This study evaluated the viability and germination of pollen from this species under two temperature conditions and different storage times. Viability was evaluated using Alexander's staining technique, and germination was assessed by counting the number of pollen tubes developed in a nutrient culture medium. Both results were expressed as percentages. The data obtained for six months showed a decrease in viability of 6,54% at 4°C and 7,83% at room temperature, while germination showed a decrease of 58,75% at 4°C and 98,20% at room temperature. A correlation was found between viability and germination; therefore, it is important to study both viability and germination to determine pollen quality. Since there are no studies on the quality of *Agave durangensis* pollen under

different conditions, this study provides important information for the understanding and conservation of the species.

Key words: Pollen, *Agave durangensis*, pollen quality, storage, temperature

INTRODUCCIÓN

En el estado de Durango se han registrado 30 especies de la subfamilia Agavoideae, de las cuales 20 pertenecen al género *Agave* (González-Elizondo *et al.*, 2009). Entre ellas se destaca *Agave durangensis* Gentry, conocida popularmente como maguey cenizo, una especie endémica del sur de Durango y del norte de Zacatecas, México, lo que refuerza el interés en desarrollar estrategias de protección. Esta planta posee un notable valor económico, cultural y ecológico (Vázquez-García *et al.*, 2007; López-Serrano *et al.*, 2022). *Agave durangensis* es la principal especie utilizada en la producción regional de mezcal, producto que cuenta con denominación de origen (Rosas *et al.*, 2014). No obstante, la escasez de plantaciones y la recolección intensiva de ejemplares silvestres podrían poner en riesgo tanto a sus poblaciones naturales como a la especie en general (Olivas *et al.*, 2007; Loera-Gallegos *et al.*, 2018; Rosales-Mata *et al.*, 2014).

La reproducción por semilla constituye la principal estrategia de *Agave durangensis* (Gallegos-Hernández *et al.*, 2024). En este proceso, el polen desempeña un papel clave, influyendo directamente en su éxito reproductivo (Opedal *et al.*, 2023). Diversos autores han evaluado la viabilidad y germinación como indicadores clave de la calidad del polen en distintas especies vegetales, aplicando distintas metodologías (González *et al.*, 1999; Lata *et al.*, 2018; Bonilla-Sánchez & Mosquera-Mosquera, 2019).

Los estudios sobre la calidad del polen son fundamentales para las investigaciones relacionadas con la reproducción sexual de la planta, ya que proporciona información sobre biología reproductiva, fertilidad, incompatibilidad, esterilidad e interacciones del polen (Aslay *et al.*, 2023). Guataquira *et al.* (2019) consideran a la viabilidad como la presencia de contenido celular al interior del grano vivo, mientras que Tuinstra & Wedel (2000) definen la germinación como la capacidad del polen para desarrollar el tubo polínico a través del cual viajará el núcleo espermático para fertilizar la ovocélula del óvulo. Aunque ambos aspectos estén estrechamente relacionados, su dependencia no es absoluta. La viabilidad es una condición necesaria para la germinación, pero no garantiza que el grano sea capaz de desarrollar un tubo polínico funcional, ya que este proceso depende además de factores fisiológicos y de las condiciones del medio ambiente (Dafni & Firmage, 2000).

Las técnicas de tinción (técnicas indirectas) tienen como objetivo revelar el contenido citoplasmático, el núcleo y la integridad de la membrana, mientras que las pruebas de germinación (técnicas directas) ofrecen una visión de la cantidad real de granos de polen fértil en condiciones adecuadas, ya que los nutrientes del medio de crecimiento presentan condiciones similares al estigma del pistilo para que el tubo polínico pueda desarrollarse (Kadluczka *et al.*, 2021). Por lo anterior, las pruebas de tinción pueden sobreestimar la fertilidad real del polen, por lo que por sí solas no muestran la realidad de la calidad del polen, la evaluación en conjunto de viabilidad y germinación proporciona una estimación más certera.

El desarrollo de protocolos que permiten mantener granos de polen viables y con la capacidad de germinar resultan útiles para ser utilizados en programas de conservación *in situ* y *ex situ* de plantas. El almacenamiento de grandes cantidades de polen también puede contribuir al desarrollo de programas de conservación de la diversidad genética y de reproducción, especialmente en especies amenazadas, con poblaciones pequeñas y poco numerosas (Anushma *et al.*, 2024; Wolkis *et al.*, 2024), o con distribución natural restringida, como es el caso de *A. durangensis*.

A pesar de la importancia económica de *A. durangensis* y de que su principal mecanismo de reproducción es a través de la producción de semillas, hasta donde fue posible investigar para la realización del presente trabajo, no existen estudios sobre la calidad del polen para la especie. Esto contrasta con lo que ha ocurrido con otras especies del género *Agave*, algunas de las cuales tienden a la reproducción vegetativa como la principal estrategia para establecer plantaciones o

mantener sus poblaciones naturales. Tal es el caso de los estudios de mecanismos de propagación para *A. fourcroydes* y *A. tequilana* (Infante *et al.*, 2003; Abraham *et al.*, 2009).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es determinar la viabilidad y germinación del polen de *Agave durangensis* almacenado a temperatura ambiente y 4°C, en diferentes tiempos de almacenamiento durante un periodo de seis meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

En junio del 2024 se seleccionaron y colectaron las panículas que tuvieran las flores con anteras inmaduras provenientes de cinco ejemplares de *A. durangensis* cultivados en el vivero del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional (24°03'05"N, 104°36'41"O). Las panículas fueron colocadas en condiciones de laboratorio para completar su maduración siguiendo la metodología descrita por Rodríguez-Garay *et al.* (2018). Durante los primeros días de la dehiscencia de las anteras el polen fue recolectado utilizando una brocha, golpeando suavemente o cepillando las anteras dehiscentes, lo que permitió su depósito en cajas Petri.

Almacenamiento de polen

El polen fue secado durante 1 hora a temperatura ambiente. Luego, se prepararon 14 alícuotas de polen por individuo, que fueron depositadas en tubos Eppendorf de 2 mL, totalizando 70 muestras. Estas se almacenaron bajo dos condiciones de temperatura: ambiente (23,5 ± 1,3 °C) y refrigeración a 4 °C, utilizando perlas de sílica como desecante dentro de frascos herméticos. Las muestras se analizaron en los días 1, 2, 4, 8, 16, 30, 60, 120 y 180 para ambas condiciones de temperatura.

Prueba de viabilidad

La estimación del porcentaje de viabilidad del polen se determinó mediante el método de tinción de Alexander, siguiendo las modificaciones de Peterson *et al.* (2010). Se aplicaron de 2 a 4 gotas de la solución colorante en un portaobjetos, conteniendo una muestra de polen (aproximadamente 0,8 mg). Se calentó lentamente el portaobjetos sobre un mechero de alcohol en una campana extractora hasta que la solución de tinción estuvo a punto de hervir (aprox. 30 seg). Se movió brevemente el portaobjetos dentro y fuera de la flama, para facilitar que el tinte se absorbiera por completo en los granos de polen. Se colocó un cubreobjetos sobre la muestra y se aplicó presión para que el tinte cubriera uniformemente los granos. Finalmente, las muestras fueron examinadas en microscopio óptico (Leica DMi1), utilizando el objetivo de 10x. Se contabilizaron los granos de polen viables, identificados por estar teñidos de rojo, y los no viables, teñidos de verde, considerando la totalidad del campo visual. Los conteos se realizaron por triplicado, utilizando tres preparaciones independientes por muestra. La viabilidad se expresó como porcentaje relativo de granos viables aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Viabilidad (\%)} = \frac{\text{Número de granos viables}}{\text{Número de granos observados}} \times 100$$

Prueba de germinación

La estimación del porcentaje de germinación se realizó colocando aproximadamente 0,3 mg de polen sobre portaobjetos que contenían 40 µL de medio Brewbaker & Kwack (1963), sin esterilizar. El medio contenía sacarosa (100 g/L), ácido bórico (100 mg/L), nitrato de calcio (300 mg/L), sulfato de magnesio (200 mg/L), y nitrato de potasio (100 mg/L). Los portaobjetos se colocaron en cajas Petri con papel filtro humedecido en el fondo y se incubaron en oscuridad durante 2 h a 24°C. Pruebas preliminares indicaron que después de 2 h se lograba la longitud adecuada de los tubos polínicos y la mayor proporción de germinación. Los conteos de granos germinados se realizaron con un microscopio óptico, en un aumento de 10x. Se consideró un

grano germinado cuando el tubo polínico, emergido a través de la ectoabertura, alcanzó una longitud del tubo mayor que el diámetro del grano de polen. Las observaciones se realizaron por triplicado. La germinación se cuantificó considerando el porcentaje de granos de polen germinados en la totalidad del campo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Germinación (\%)} = \frac{\text{Número de granos germinados}}{\text{Número de granos observados}} \times 100$$

Análisis de datos

Para evaluar diferencias significativas entre los efectos del tiempo de almacenamiento y las temperaturas sobre la viabilidad y germinación del polen, primeramente, se evaluó la normalidad y homogeneidad de los datos, y después se realizó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando los softwares InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2010) y GraphPad Prism 8 versión 10.0.2 (GraphPad Software, 2024). Las medias correspondientes a las diferentes condiciones experimentales se compararon mediante la prueba de Duncan. La correlación entre viabilidad y germinación del polen se determinó mediante el coeficiente de Pearson, utilizando el software R versión 4.4.1 (R Core Team, 2024).

RESULTADOS

Evaluación de la viabilidad del polen

La viabilidad del polen de *A. durangensis* al día de la colecta varió entre el 90,8% y el 95,9%. Las micrografías mostraron un alto porcentaje de granos viables al inicio del experimento, así como ligeros cambios visibles al final el periodo de experimentación (Figura 2). Bajo condiciones de almacenado a 4°C, el polen presentó una disminución no significativa en su viabilidad durante los primeros 8 días. A partir de ese momento, las diferencias entre los distintos tiempos de almacenamiento se volvieron significativas con respecto al día 1 (Figura 2). En esta condición, la máxima reducción registrada en la viabilidad fue del 6,54% al finalizar el experimento, en el día 180.

En contraste con el almacenamiento a 4°C, las diferencias significativas en la viabilidad del polen a temperatura ambiente se presentaron a partir del día 30. Al finalizar el experimento, el día 180, se observó una disminución del 7,3% en comparación con el valor inicial.

En el presente estudio, no se encontró una interacción significativa entre la temperatura y el tiempo de almacenamiento ($p > 0.05$). Tampoco se observaron diferencias significativas en la viabilidad del polen entre las dos temperaturas evaluadas ($p > 0.05$), manteniendo su potencial de sobrevivencia bajo ambas temperaturas con ligeras reducciones; sin embargo, se observaron diferencias significativas en la viabilidad a lo largo del tiempo ($p < 0.05$).

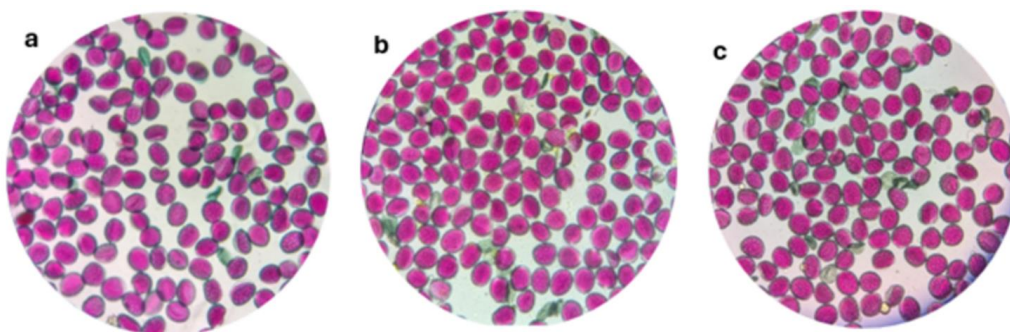


Figura 1. Comportamiento de viabilidad del polen de *Agave durangensis* (Imágenes representativas; n=5). a) Primer día de recolección. b) Final del tiempo de experimentación en almacenamiento de 4°C. c) Final del tiempo de experimentación en almacenamiento a temperatura ambiente.

Figure 1. Viability behavior of *Agave durangensis* pollen (Representative images; n=5). a) First day of collection. b) End of the experiment period in storage at 4°C. c) End of the experiment period in storage at room temperature.

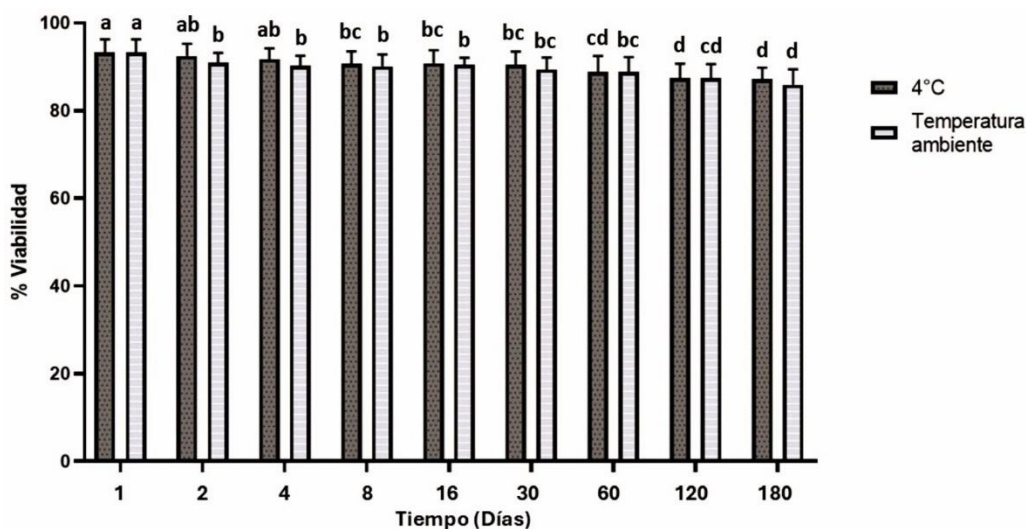


Figura 2. Viabilidad de polen de *Agave durangensis* en siete periodos de tiempo de almacenamiento bajo dos condiciones de temperatura. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los periodos de tiempo.

Figure 2. Viability of *Agave durangensis* pollen in seven storage time periods under two temperature conditions. Different letters indicate significant differences between time periods.

Dinámica de germinación del polen

La Figura 3 muestra la evolución de la germinación del polen bajo ambas temperaturas de almacenamiento. A 4°C, las diferencias significativas se observaron a partir del día 4 respecto al primer día. Al final de tiempo de experimentación (día 180), y a esta temperatura (4°C), la reducción promedio de la germinación, con respecto al día 1, fue de 58,75%. A temperatura ambiente, diferencias significativas se registraron de igual forma a partir del día 4. En los días 120 y 180, se registró una reducción severa de la germinación del polen, alcanzado un promedio de 98,20% al día 180, con respecto al día 1.

Las micrografías evidenciaron la disminución del crecimiento del tubo polínico en el día 180, principalmente a temperatura ambiente (Figura 4). A partir del día 30 se observaron diferencias significativas en la germinación del polen entre las dos temperaturas. El análisis de varianza reveló resultados estadísticamente significativos en la interacción de la temperatura y el tiempo ($p < 0.05$), además en el efecto de la temperatura ($p < 0.05$) y tiempo ($p < 0.05$) sobre la capacidad

de germinación del polen. Los resultados revelaron que la temperatura de 4°C mantiene capacidades más altas de germinación del polen de *A. durangensis* que la temperatura ambiente a cualquier tiempo de almacenamiento evaluado.

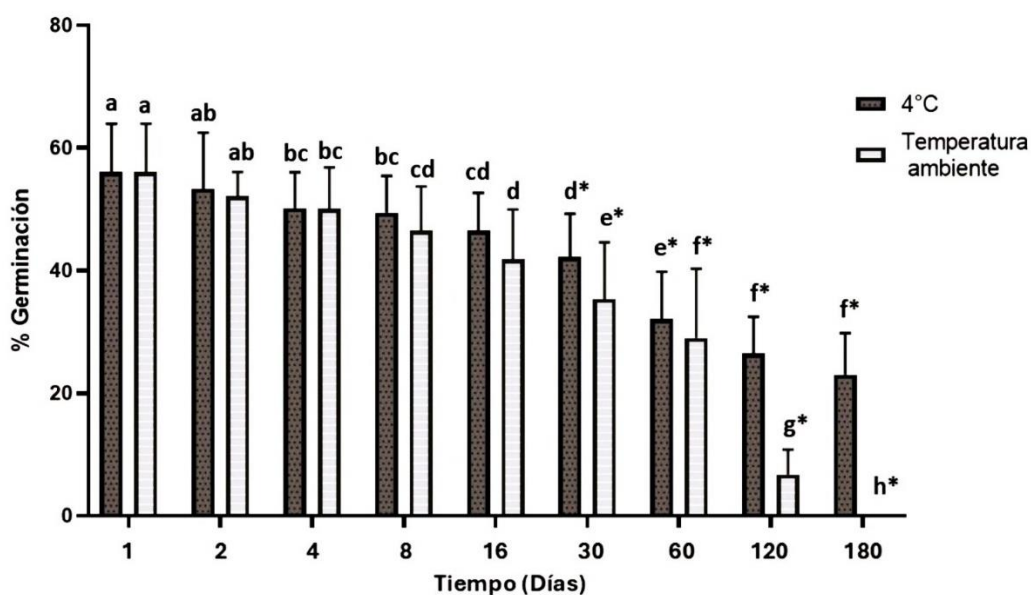


Figura 3. Germinación de polen de *Agave durangensis* en siete tiempos de almacenamiento bajo dos condiciones de temperatura. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los periodos de tiempo.

* Indica diferencias significativas entre las temperaturas.

Figure 3. Germination of *Agave durangensis* pollen for seven storage periods under two temperature conditions. Different letters indicate significant differences between time periods.

* Indicates a significant difference between temperatures.

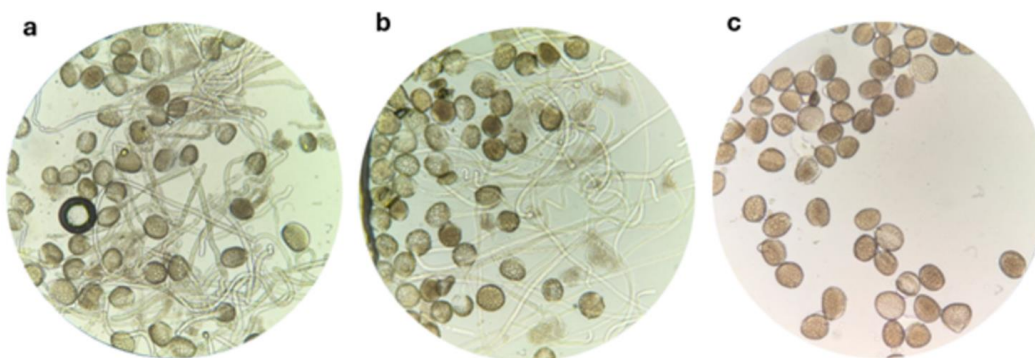


Figura 4. Evolución de germinación del polen de *Agave durangensis* (Imágenes representativas; n=5). a) Primer día de recolección. b) Final del tiempo de experimentación en almacenamiento a 4°C. c) Final del tiempo de experimentación en almacenamiento a temperatura ambiente.

Figure 4. Germination evolution of *Agave durangensis* pollen (Representative images; n=5). a) First day of collection. b) End of the experiment period in storage at 4°C. c) End of the experiment period in storage at room temperature.

Relación estadística entre viabilidad y germinación

Se encontró una correlación significativa entre la viabilidad y la germinación del polen ($p=0.021$, $p=0.0011$) (Figura 5). La correlación más alta se observó a temperatura ambiente ($R=0.32$), en general, las correlaciones entre ambas variables en las dos temperaturas experimentales fueron moderadas.

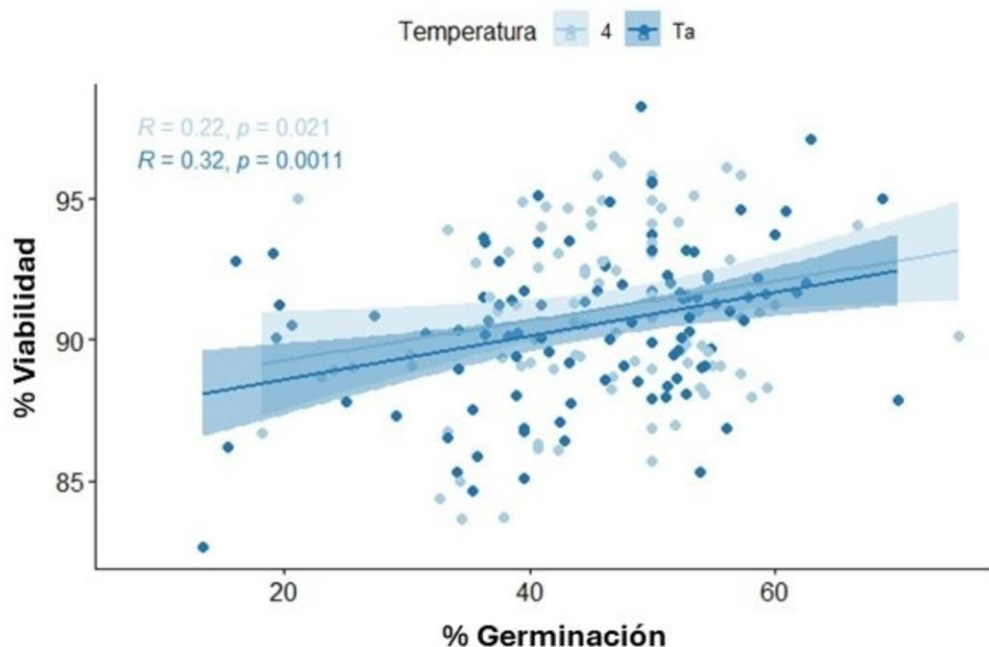


Figura 5. Correlación entre viabilidad y germinación *in vitro* de polen de *Agave durangensis* bajo diferentes condiciones de almacenamiento

Figure 5. Correlation between viability and *in vitro* germination of *Agave durangensis* pollen under different storage conditions

DISCUSIÓN

Las variables ambientales y el tiempo desde la colecta del polen son importantes para la viabilidad y difiere con cada especie. Autores como Aldahadha *et al.* (2020) y Čalić *et al.* (2021) encontraron una interacción significativa entre la temperatura y el tiempo, así como diferencias significativas de acuerdo con la temperatura (Kadri *et al.*, 2022). Khan *et al.* (2024) y Aldahadha *et al.* (2020) coinciden en postular que el tiempo de almacenamiento es un factor determinante que provoca disminuciones significativas en la viabilidad de polen almacenado.

Los resultados del presente estudio revelaron que la temperatura no provocó disminución significativa de la viabilidad del polen de *A. durangensis*, en ninguno de los tiempos de almacenamiento evaluados, lo que está en desacuerdo con lo reportado por Kadri *et al.* (2022) para *Phoenix dactylifera* L. y por Aldahadha *et al.* (2020) para *Pistacia vera* L.

Algunos autores (Kadri *et al.*, 2022; Čalić *et al.*, 2021; Novara *et al.*, 2017) han reportado que las condiciones de almacenamiento influyen en la viabilidad del polen en distintas especies, siendo 4°C la temperatura que mejor preserva su viabilidad. Los resultados del presente estudio revelaron que la viabilidad del polen de *A. durangensis* fue la más alta, aunque no significativamente, a temperatura de 4°C que a temperatura ambiente, dado que la exposición a temperaturas mayores de 28°C podría acelerar el envejecimiento del polen, lo que conlleva daños en la integridad intracelular, aceleración de la actividad enzimática y acumulación de radicales libres, afectando negativamente su conservación a largo plazo (Wang *et al.*, 2010), el almacenamiento a 4°C podría representar una mejor opción de almacenamiento.

En promedio, la viabilidad del polen de *A. durangensis* se redujo 6,7% al final del tiempo de experimentación, respecto al primer día, lo cual es relativamente bajo comparado con reducciones reportadas para el polen de *Paeonia lactiflora* Pall (Du *et al.*, 2019) y *Pistacia vera* (Aldahadha *et al.*, 2020). Nuestros resultados sugieren que el polen de *Agave durangensis* mantiene su potencial de sobrevivencia bajo distintas temperaturas. Este hallazgo podría ser útil para controlar el proceso de envejecimiento del polen y prolongar su preservación en el tiempo.

El potencial de germinación varía entre especies, puede ser corta como en *Leonurus cardiana* L. que retiene esta capacidad durante 50 días (Shekari *et al.*, 2016) o tan larga como en *Paeonia ostii* que tiene la capacidad de retenerla más de 300 días a 4°C (Li *et al.*, 2023). Algunos autores reportaron resultados estadísticamente significativos en la interacción de la temperatura y tiempo, en la determinación del potencial de germinación, además de diferencias significativas en este potencial debidas a la temperatura y también en el tiempo de almacenamiento (Aldahadha *et al.*, 2020; Čalić *et al.*, 2021; Shekari *et al.*, 2016). Para *A. durangensis*, la temperatura tuvo un impacto sobre la germinación del polen y diferencias significativas se pueden observar claramente a partir del día 30, siendo significativamente baja a los 120 y 180 días de almacenamiento a temperatura ambiente (Figura 2). En general, los resultados del presente estudio sugieren que el almacenamiento a 4°C ayuda a preservar la capacidad germinativa del polen de *Agave durangensis* durante un período más prolongado en comparación con la temperatura ambiente. La reducción progresiva observada en ambas temperaturas (ambiente y 4°C) indica que la longevidad del polen es relativamente alta, comparado con lo reportado para *Agave tequilana* Weber var. azul y *Agave angustifolia* Haw (López & Rodríguez, 2008). Nuestros resultados revelan información importante para establecer estrategias de almacenamiento óptimas para la conservación del polen de *A. durangensis*, que puede contribuir al desarrollo de programas de reproducción y manejo genético.

La conservación de la germinación del polen a bajas temperaturas se debe a la reducción de procesos degradativos, menor actividad enzimática, estabilización de membranas, menos estrés oxidativo, disminución de ROS (Especies reactivas de oxígeno) (Beltrán *et al.*, 2019; Čalić *et al.*, 2021; Muhlemann *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2010). Además, almacenar polen con bajo contenido de humedad prolonga su longevidad, ya que la humedad puede favorecer procesos no deseados como la proliferación microbiana (Ateyyeh, 2012; Jalca *et al.*, 2019). En el presente estudio se tuvo el cuidado, almacenando el polen de *A. durangensis* en contenedores con sílica gel.

No existe consenso entre los reportes sobre la correlación entre viabilidad y germinación del polen, ya que la correlación resultante se ve afectada por el método utilizado para estimar la viabilidad. Así como Ng & Daniel (2000) no encontraron correlación entre la viabilidad y germinación del polen de *Dioscorea rotundata* otros autores si lo hicieron. Por ejemplo, Novara *et al.* (2017) reportaron para el polen de *Corylus avellana* una correlación significativa alta entre la viabilidad, determinada mediante método de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (TTC) y la germinación, mientras que esos mismos autores reportaron una correlación que bajó de magnitud cuando la viabilidad se determinó mediante fluoresceína. Sin embargo, correlaciones significativamente altas entre la viabilidad y la germinación del polen de pistache (*Pistacia vera*) fueron reportadas por Aldahadha *et al.* (2020), utilizando distintos métodos de tinción (yodo+yoduro de potasio o bien, solución de safranina). Los resultados del presente estudio revelaron una correlación significativa entre la viabilidad, determinada por tinción de Alexander y la germinación de *A. durangensis*. Nuestros resultados, los de Aldahadha *et al.* (2020) y Novara *et al.* (2017) sugieren que es importante seleccionar técnicas apropiadas o una combinación de ellas para estimar con precisión la viabilidad y así la calidad polen. La estimación de la viabilidad y de la germinación deben considerarse como dos herramientas complementarias para evaluar la calidad del polen de diferentes especies (Rodríguez-Riano & Dafni, 2000).

La técnica de tinción permitió una aproximación práctica a la viabilidad al evidenciar la presencia e integridad del citoplasma de los granos de polen, sin embargo, estudios comparativos como el de Passarelli (1999), que evalúa la técnica de tinción, germinación *in vitro* y técnica fluorocromática, indican que los resultados obtenidos por tinción deben interpretarse con precaución, ya que no indican necesariamente la funcionalidad metabólica completa. Dado lo anterior, la técnica fluorocromática basada en diacetato de fluoresceína puede considerarse como

una herramienta complementaria para fortalecer la estimación de la viabilidad (Shivanna & Rangaswamy, 1992).

CONCLUSIÓN

La viabilidad y la germinación del polen de *Agave durangensis* disminuyen en diferente magnitud bajo diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento, siendo la germinación la más afectada, principalmente a temperatura ambiente. El almacenamiento a 4°C permite una mejor conservación de la germinación que la temperatura ambiente durante un periodo de 180 días. Esta información es útil para el desarrollo de programas de propagación para el establecimiento de plantaciones, de fertilización artificial y mejoramiento, entre otros, para *A. durangensis*. La viabilidad y el potencial de germinación es diferente en polen de distintas especies, esto hace difícil establecer una tendencia universal en su conservación o degradación, por lo que deben determinarse de manera específica. Aunque la viabilidad y la germinación disminuyen en diferentes magnitudes, hay una correlación significativa entre ellas para el polen de *A. durangensis*, lo que resalta la importancia de considerar ambos aspectos al evaluar la calidad del polen de la especie.

LITERATURA CITADA

- Abraham, M., Ramírez, R., Gil, K., & Simpson, J. (2009). AFLP analysis of genetic variability in three reproductive forms of *Agave tequilana*. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 32(3), 171–175. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802009000300004&lng=es&nrm=iso&tln=en
- Aldahadha, A., Samarah, N., & Bataineh, A. (2020). Effect of storage temperature and duration on pollen viability and *in vitro* germination of seven pistachio cultivars. *Journal of Applied Horticulture*, 22(3), 184–188. <https://doi.org/10.37855/jah.2020.v22i03.33>
- Anushma, P. L., Rajasekharan, P. E., & Singh, T. H. (2024). Pollen cryobanking in wild solanums for conservation and utilization of nuclear genetic diversity. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71(6), 2687–2697. <https://doi.org/10.1007/S10722-023-01805-3/METRICS>
- Aslay, M., Yıldız, F., Kaya, O., & Bitá-Nicolae, C. (2023). Reproductive biology and pollination ecology of *Fritillaria michailovskyi* Fomin (Liliaceae), endemic to east Anatolia (Turkey). *Diversity*, 15(3), 414. <https://doi.org/10.3390/d15030414>
- Ateyyeh, A. F. (2012). Effect of storage method on date palm and pistachio pollen viability. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 8(4), 573–582. https://www.researchgate.net/publication/272202350_Effect_of_Storage_Method_on_Date_Palm_and_Pistachio_Pollen_Viability#:~:text=Cryopreserved%20pollen%20of%20date%20palm,freezer%20just%20for%20%20weeks.
- Beltrán, R., Valls, A., Cebrián, N., Zornoza, C., Breijo, F. G., Armiñana, J. R., Garmendia, A., & Merle, H. (2019). Effect of temperature on pollen germination for several Rosaceae species: Influence of freezing conservation time on germination patterns. *Peer J*, 2019(12). <https://doi.org/10.7717/peerj.8195>
- Bonilla-Sánchez, A. P., & Mosquera-Mosquera, H. R. (2019). Viabilidad y germinación *in vitro* de taxones de las tribus Cymbidieae y Epidendreae (subfamilia Epidendroideae, Orchidaceae). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(168), 494–501. <https://doi.org/10.18257/raccefy.888>
- Brewbaker, J. L., & Kwack, B. H. (1963). The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany*, 50(9), 859–865. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1963.tb06564.x>
- Čalić, D., Milojević, J., Belić, M., Miletić, R., & Zdravković-Korać, S. (2021). Impact of storage temperature on pollen viability and germinability of four Serbian autochthon apple

- cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 12, 709231. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.709231>
- Dafni, A., & Firmage, D. (2000). Pollen viability and longevity: Practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1–4), 113–132. <https://doi.org/10.1007/BF00984098/METRCS>
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Walter, C. (2010). *Infostat: software para análisis estadístico*.
- Du, G., Xu, J., Gao, C., Lu, J., Li, Q., Du, J., Lv, M., & Sun, X. (2019). Effect of low storage temperature on pollen viability of fifteen herbaceous peonies. *Biotechnology Reports*, 21, e00309. <https://doi.org/10.1016/J.BTRE.2019.E00309>
- Gallegos-Hernández, G., Almaraz-Abarca, N., Delgado-Alvarado, E. A., Ávila-Reyes, J. A., & Torres-Ricario, R. (2024). Variation of the chemical and biochemical responses to salinity during germination and early growth of seedlings of two populations of *Agave durangensis* Gentry. *Plant Science Today*, 11(2), 193–204. <https://doi.org/10.14719/pst.2963>
- González, M. E., Estévez, Ana., Castillo, J., & Moré, O. (1999). Métodos para la evaluación de la calidad del polen en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 2(20), 63–67. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones>
- González-Elizondo, M., López, I. L., Galván, R., & González-Elizondo, M. S. (2009). *Agaves-magueyes, lechuguillas y noas-del Estado de Durango y sus alrededores*. <https://www.researchgate.net/publication/322243902>
- GraphPad Software. (2024). *GraphPad Prism version 10.0.2 for Windows*. GraphPad Software Inc. <https://www.graphpad.com/>
- Guataquira, S., Mesa, E., Ruiz, R., & Romero, H. (2019). Evaluación de la viabilidad y germinabilidad del polen durante la labor de polinización asistida en campo. *Palmas*, 40(1), 13–20. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12788>
- Infante, D., González, G., Peraza-Echeverría, L., & Keb-Llanes, M. (2003). Asexual genetic variability in *Agave fourcroydes*. *Plant Science*, 164(2), 223–230. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00404-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00404-1)
- Jalca, I., García, L., Castro, J., Villamar, R., & Guachambala, M. (2019). Condiciones óptimas para almacenamiento del polen de *Ochroma pyramidale*. *Bosque (Valdivia)*, 40(2), 227–233. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000200227>
- Kadluczka, D., Czernicka, M., Sliwinska, E., Bieniasz, M., Maćkowska, K., Kapczyńska, A., & Grzebelus, E. (2021). Development and quality of pollen in *Lachenalia* cultivars with determination of genome size and chromosome number. *Scientia Horticulturae*, 277, 109842. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109842>
- Kadri, K., Elsafy, M., Makhoul, S., & Awad, M. A. (2022). Effect of pollination time, the hour of daytime, pollen storage temperature and duration on pollen viability, germinability, and fruit set of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv “Deglet Nour.” *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 1085–1091. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.062>
- Khan, I., Naeem, M. K., Shahzad, A., Zhang, Z., Chen, J., & Sajjad, M. (2024). Optimizing wheat pollen preservation for enhanced viability and *in vitro* germination. *Agronomy*, 14(1), 201. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010201>
- Lata, S., Sharma, G., Garg, S., & Mishra, G. (2018). Pollen viability, germination and stigma receptivity studies in different strawberry cultivars. *Agricultural Research Journal*, 55(4), 627. <https://doi.org/10.5958/2395-146x.2018.00115.1>
- Li, M., Jiang, F., Huang, L., Wang, H., Song, W., Zhang, X., Zhang, Y., & Niu, L. (2023). Optimization of *in vitro* germination, viability tests and storage of *Paeonia ostii* pollen. *Plants*, 12(13), 2460. <https://doi.org/10.3390/plants12132460>
- Loera-Gallegos, H., Corral, J., Montiel, E., Solís, R., Chávez, J., & González, G. (2018). Calidad de sitio para *Agave durangensis* Gentry en la Sierra de Registrillo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6), 1171–1180. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V9I6.1582>

- López, S., & Rodríguez, B. (2008). Simple methods for *in vitro* pollen germination and pollen preservation of selected species of the genus *Agave*. *E-Gnosis*, 6, 1–7. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73011197002www.e-gnosis.udg.mx/vol6/art2>
- López-Serrano, P. M., Núñez-Fernández, G. A., Alvarado-Barrera, R., García-Montiel, E., Ramírez-Aldaba, H., & Bocanegra-Salazar, M. (2022). Biomass estimation of *Agave durangensis* Gentry using high-resolution images in Nombre de Dios, Durango. *Proyecto*: 2017-4-292674. *CONAFOR-CONACYT.*, 6(6). <https://doi.org/10.3390/drones6060148>
- Muhlemann, J. K., Younts, T. L. B., & Muday, G. K. (2018). Flavonols control pollen tube growth and integrity by regulating ROS homeostasis during high-temperature stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(47), E11188–E11197. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1811492115/-/DCSUPPLEMENTAL>
- Ng, N., & Daniel, I. O. (2000). Storage of pollens for long-term conservation of yam genetic resources. In F. Engelmann & H. Takagi (Eds.), *Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm: Current Research Progress and Application* (pp. 430–437). Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences; Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
- Novara, C., Ascari, L., La Morgia, V., Reale, L., Genre, A., & Siniscalco, C. (2017). Viability and germinability in long term storage of *Corylus avellana* pollen. *Scientia Horticulturae*, 214, 295–303. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.042>
- Olivas, U., Valdez, J. R., Aldrete, A., González, M. D. J., & Vera, G. (2007). Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: Definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(4), 411–419. <https://doi.org/10.35196/rfm.2007.4.411>
- Opedal, Ø. H., Pérez-Barrales, R., Brito, V. L. G., Muchhala, N., Capó, M., & Dellinger, A. (2023). Pollen as the link between floral phenotype and fitness. *American Journal of Botany*, 110(6), e16200. <https://doi.org/10.1002/ajb2.16200>
- Passarelli, L. (1999). Relación entre la germinación del polen “*in vitro*”, reacción fluorocromática y tinción con azul de algodón en lactofenol, en dos especies de *Solanum* sec. *Cyphomandropsis*. *Publicación Electrónica de La Asociación Paleontológica Argentina*, 6(1), 91–93. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/116002>
- Peterson, R., Slovin, J. P., & Chen, C. (2010). A simplified method for differential staining of aborted and non-aborted pollen grains. *International Journal of Plant Biology*, 1(2), 66–69. <https://doi.org/10.4081/pb.2010.e13>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rodríguez-Garay, B., López-Díaz, S., Rodríguez-Domínguez, J. M., Gutiérrez-Mora, A., & Tapia-Campos, E. (2018). Application of *in casa* pollination and embryo rescue techniques for breeding of *Agave* species. *Plant Cell Culture Protocols*, 1815, 289–300. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_20
- Rodríguez-Riano, T., & Dafni, A. (2000). A new procedure to asses pollen viability. *Sexual Plant Reproduction*, 12(4), 241–244. <https://doi.org/10.1007/S004970050008/METRICS>
- Rosales-Mata, S., Hernández, M., Sarmiento, H., & Sigala, J. (2014). Producción de planta de *Agave durangensis* en sistema de acolchado y riego por goteo. (Comisión Editorial del CEVAG, Ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. https://www.researchgate.net/publication/273972254_PRODUCION_DE_PLANTA_DE_Agave_durangensis_EN_SISTEMA_DE_ACOLCHADO_Y_RIEGO_POR_GOTEO
- Rosas, I., Colmenero, A., Naranjo, N., & Rodríguez, J. H. (2014). El mezcal de Durango, México: un análisis histórico, biológico y económico para su producción sustentable. *Ingeniantes*, 1, 75–83. <https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes1/El%20mezcal%20de%20Durango,%20M%C3%A9xico.pdf>

Recibido/ Received:
1/septiembre/2025

**Recepción de versión
corregida / Revised
versión received:**
26/enero/2026

Aceptado / Accepted:
23/abril/2026

- Shekari, A., Nazeri, V., & Shokrpour, M. (2016). Pollen viability and storage life in *Leonurus cardiaca* L. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(3), 101–104. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.02.004>
- Shivanna, K., & Rangaswamy, N. (1992). Self-Incompatibility. In *Pollen biology: A laboratory manual*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77306-8_8
- Tuinstra, M. R., & Wedel, J. (2000). Estimation of pollen viability in grain Sorghum. *Crop Science*, 40(4), 968–970. <https://doi.org/10.2135/CROPSCI2000.404968X>
- Vázquez-García, J., Cházaro-Basáñez, M., Hernández-Vera, G., Vargas-Rodríguez, Y., & Zamora, P. (2007). Taxonomía del género *Agave* en el occidente de México: una panorámica preliminar. In *Agaves del Occidente de México. Serie Fronteras de Biodiversidad* (1ra ed.). Universidad de Guadalajara, CUCEI-CUCBA. https://www.researchgate.net/publication/256082577_Taxonomia_del_genero_Agave_en_el_occidente_de_Mexico_una_panoramica_preliminar
- Wang, H.-J., Huang, J.-C., & Jauh, G.-Y. (2010). Pollen germination and tube growth. *Advances in Botanical Research*, 54(C), 1–52. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(10\)54001-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(10)54001-1)
- Wolkis, D., Eltringham, C., Fant, J., Foster, J., Knight, T., Meyer, A., Romero-Saltos, H., Walsh, S. K., Wood, A., & Havens, K. (2024). Pollen banking is a critical need for conserving plant diversity. *Nature Plants*, 10(9), 1270–1271. <https://doi.org/10.1038/s41477-024-01757-1>