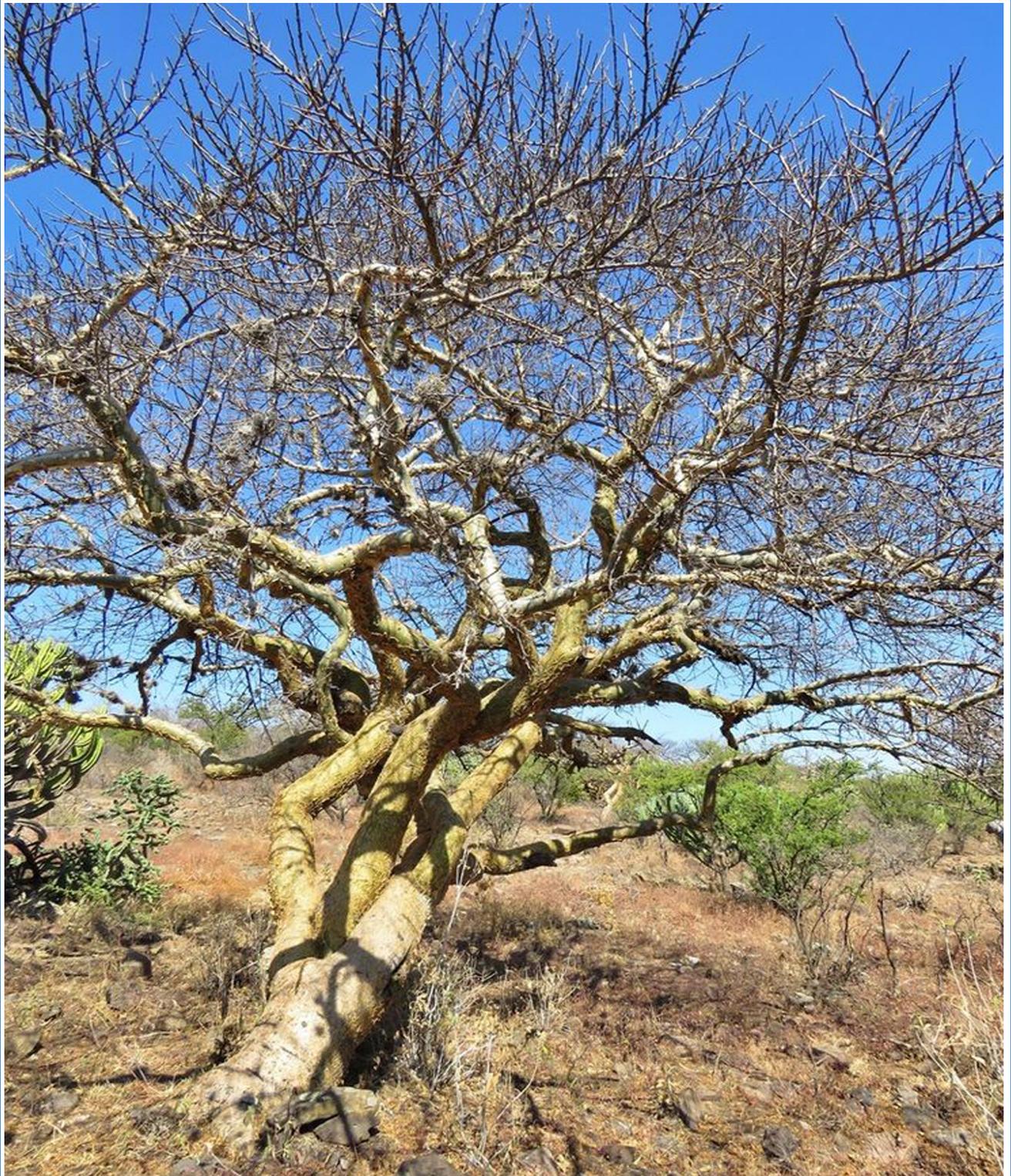


POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768

ISSN 2395-9525



Núm. 60

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

Julio 2025

PÁG.

CONTENIDO

- 1 *Mammillaria scoria* (cactaceae) una nueva especie de Querétaro, México
Mammillaria scoria (Cactaceae) a new species from Querétaro, México
Pedro González-Zamora | David Aquino | Daniel Sánchez
- 15 Revisión del género *Karwinskia* (Rhamnaceae) en México
Review of the *Karwinskia* genus (Rhamnaceae) in Mexico
Rafael Fernández Nava | María de la Luz Arreguín Sánchez
- 39 Diversidad florística de las áreas verdes urbanas de Miahuatlán, una ciudad pequeña de Oaxaca, México
Floristic diversity of the urban green areas of Miahuatlán, a small city from Oaxaca, Mexico
Víctor Gutiérrez Pacheco | Deisy Coromoto Rebolledo López
- 61 Caracterización morfológica de especies del género *Hylocereus* (Cactaceae) en una unidad de cultivo localizada en Molcaxac, Puebla, México
Morphological characterization of species of the genus *Hylocereus* (Cactaceae) in a cultivation unit located in Molcaxac, Puebla, Mexico
Vianey del Rocío Torres Pelayo
- 79 Estandarización del proceso de diafanización vegetal en las especies: *Adiantum pedantum* L. (Pteridaceae), *Nephrolepis exaltata* (L.) Schott (Nephrolepidaceae) y una Spermatophyta *Pyracantha koidzumii* Hayata Rehder Rosaceae
Standardization of the plant diaphanization process; of *Adiantum pedantum* L. (Pteridaceae), *Nephrolepis exaltata* (L.) Schott (Nephrolepidaceae) and one Spermatophyta *Pyracantha koidzumii* Hayata Rehder (Rosaceae)
Ruth Concepción Márquez Juárez | Arantxa Chowell-López | Diego Martínez Mata | Gabriela Sánchez Fabila Sánchez Fabila | Roberto Moreno Colín | Pilar Amellali Badillo-Suárez | Irma Estrella Beatriz Manuell Cacheux | Rogelio Monterrubio Valdivia
- 91 Análisis de la estructura de un bosque en una región del suroeste del estado de Durango
Analysis of the structure of a forest in a southwestern region of the state of Durango
Manuel Antonio Díaz-Vásquez | Pedro Antonio Domínguez-Calleros | Norberto Domínguez-Amaya | Héctor Manuel Loera-Gallegos | Jesús Alejandro Soto-Cervantes
- 107 Estructura y diversidad arbórea de una selva mediana perennifolia en el complejo ecoturístico Agua Selva, Tabasco, México
Tree structure and diversity of a medium evergreen forest in the Agua Selva ecotourism complex, Tabasco, Mexico
Manuel Pérez de la Cruz | Josué García León | José del Carmén Gerónimo Torres | Facundo Sánchez Gutiérrez | Miguel Alberto Magaña Alejandro | Aracely de la Cruz Pérez
- 123 Diversidad del sotobosque; un atributo de evaluación en reforestaciones utilizadas como estrategias de restauración forestal
Understory diversity; an evaluation attribute in reforestations used as a forest restoration strategy
Francisca Ofelia Plascencia Escalante | Isidoro Herrera Ávila | Marfín Pérez Suárez | Patricia Hernández De La Rosa | Gregorio Ángeles Pérez
- 141 Estructura y diversidad arbórea bajo dos esquemas de manejo forestal e influencia de la orientación geográfica en un bosque de Durango, México
Tree structure and diversity under two forest management schemes and the influence of geographic orientation in a forest in Durango, Mexico
José de Jesús Graciano Luna | Eduardo Alanís Rodríguez | Oscar Aguirre Calderón | César Martín Cantú Ayala | José Yerena Yamalle | Cristian Martínez Adriano | José Luján Soto
- 163 Reserva de carbono orgánico y nitrógeno en Luvisol bajo diferentes usos de suelo en Oaxaca, México
Organic carbon and nitrogen reserve in Luvisol under different land uses in Oaxaca, México
Celestino Sandoval García | Israel Cantú Silva
- 177 Estimación de carbono a nivel árbol individual en bosque natural mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT)
Carbon estimation at individual tree level in natural forest using unmanned aerial vehicles (UAV)
Jaime Briseño Reyes | Susana Isabel Hinojosa-Espinoza | José Javier Corral-Rivas | Jesús Aguirre-Gutiérrez | Daniel José Vega-Nieva | Héctor Manuel De los Santos Posadas
- 199 Variación morfométrica y espacial urbana de tres especies arbóreas en función del ancho de camellón en calles de la ciudad de San Luis Potosí, México
Morphometric and urban spatial variation of three tree species in relation to street median width in the city of San Luis Potosí Mexico
Andrea Candia Lomelí | Carlos Renato Ramos Palacios | Jonathan Hammurabi González Lugo | Fredy Alexander Alvarado Roberto
- 229 Descripción inicial de la fenología de *Quercus durifolia* Seemen ex Loes. árbol endémico de la Sierra Madre Occidental
Initial description of the phenology of *Quercus durifolia* Seemen ex Loes. endemic tree of the Sierra Madre Occidental
Rosa Elvira Madrid Aispuro | José Ángel Prieto Ruíz | Arnulfo Aldrete | Silvia Salcido Ruiz | Eduardo Daniel Vivar Vivar | Laura Elena Martínez Nevárez
- 245 Registro polínico en miel de *Apis mellifera* L. de dos localidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México
Pollen record on honeybee honey of *Apis mellifera* L. of Sierra of Manantlan Biosphere Reserve, Jalisco, México
Xochilt Morales Najarro | Iris Grisel Galván Escobedo | Monserrat Vázquez Sánchez | Montserrat Medina Acosta

PÁG.

CONTENIDO

- 263 Efecto de complejos orgánicos en la micropropagación de *Phalaenopsis* var. Dudu
Effect of organic complexes on micropropagation of *Phalaenopsis* var. Dudu
Amaury Arzate Fernández | Sandra Martínez Martínez | Tomás Norman Mondragón | María Mariezcurrena Berazain | Arely Piña Sampedreño
- 273 Evaluación de las respuestas de tres variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculadas con bacterias cuando se cultivan en condiciones de estrés por aguas residuales y sulfato de cobre.
Evaluation of the responses of three tomato varieties (*Solanum lycopersicum* L.) inoculated with bacteria when grown under stress conditions due to wastewater and copper sulfate
Abdul Khalil Gardezi | Leticia Manuela Inzunza Medina | Guillermo Carrillo Castañeda | Hector Manuel Ortega Escobar | oscar raul mancilla villa | Juan Enrique Rubiños Panta | Jorge flores Velazquez | Mora Meraz Maldonado | Sergio Roberto Marquez Berber | Hector Flores Magdaleno | Gabriel Haro Aguilar
- 291 Especies de *Meloidogyne* asociadas a cultivos hortícolas en el Valle de Tepeaca, Puebla, México
Perineal patterns and isozyme phenotypes for the identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in vegetables from the Tepeaca Valley, Puebla, Mexico
María Gabriela Medina Canales | Ana Karen Alquicira Jimenez | Norma García Aguilar | Ilia Mariana Escobar Ávila | Alejandro Tovar Soto
- 307 Efecto de las propiedades físicas y químicas del suelo en el estado nutrimental del nopal-verdura (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill variedad Milpa Alta
Effect of soil physical and chemical properties on the nutritional status of nopal-vegetable (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill variety Milpa Alta
Bertha Patricia Zamora Morales | Aurelio Báez Pérez | Leticia Bonilla-Valencia | Jorge Artemio Zegbe Domínguez | Marisela Cristina Zamora Martínez | Abel Quevedo-Nolasco
- 325 Evaluación fitoquímica de extractos de la resina de *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl.
Phytochemical evaluation of resin extracts of *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl.
Luis Antonio Flores-Hernández | Fanny Imelda Pastenes-Felizola | Fanny Imelda Pastenes-Felizola | Jose Luis Díaz-Núñez | Pablo Noé Núñez-Aragón
- 337 Callogénesis y análisis fitoquímico de *Euphorbia nutans* Lag.
Callogenesis and phytochemical analysis of *Euphorbia nutans* Lag.
Daniel Aguilar Jiménez | Benito Reyes Trejo | José Luis Rodríguez De la O | Juan Martínez Solís
- 355 Evaluación de dos métodos de desinfección de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus*
Evaluation of two substrate disinfection methods for the production of *Pleurotus ostreatus*
Rosa Elena Hernández Hernández | Veronica Rosales Martinez | Carolina Flota Bañuelos | Mónica Leticia Osnaya González | Porfirio Morales Almora
- 367 Conservación genómica de dos especies del orden Asparagales con cariotipo bimodal, empleando hibridación genómica *in situ* (GISH)
Genomic conservation of two species of the order Asparagales with bimodal karyotype, using genomic *in situ* hybridization (GISH)
María José García Castillo | Luis Carlos Rodríguez Zapata | Lorenzo Felipe Sanchez Teyer
- 381 Prácticas de manejo para la producción de (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) en productores del Municipio de Pungarabato, Guerrero, México
Management practices for the production of (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) in producers of the Municipality of Pungarabato, Guerrero, Mexico
Jaime Olivares | Santos Rodríguez Mejía | Saúl Rojas Hernández | Teolincacihualt Romero Rosales | Miguel Ángel Damian Valdéz | Vania Jiménez Lobato | Lucero Sarabia Salgado
- 395 Manejo del ramón *Brosimum alicastrum* Sw. en huertos familiares de Tzucacab, Yucatán, México
Ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) management in home gardens of Tzucacab, Yucatán, México
Rosalba Esther Mex Mex | Juan José Jiménez Osornio | Patricia Irene Montañez-Escalante | Héctor Estrada Medina | Guadalupe del Carmen Reyes Solis
- 411 Rescate y conservación del conocimiento tradicional sobre plantas medicinales en la sierra de Taxco, Guerrero, México: El caso del Toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*)
Rescue and conservation of traditional knowledge on medicinal plants in the Sierra de Taxco, Guerrero, Mexico: The case of Toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*)
Judith Morales Barrera | Blas Cruz-Lagunas | Miguel Angel Gruintal-Santos | Mirna Vázquez-Villamar | Teolincacihualt Romero-Rosales | Saúl Rojas-Hernández | Tania de Jesús Adame Zambrano
- 441 Etnobotánica de los chiles silvestres en dos comunidades ch'oles de Tacotalpa, Tabasco, México
Ethnobotany of wild chili peppers in two ch'ol communities of Tacotalpa, Tabasco, Mexico
Guadalupe Morales Valenzuela | María Isabel Villegas Ramírez
- 459 Caracterización sensorial para la diferenciación de mezcal ancestral de dos zonas productoras de Oaxaca, México
Sensory characterization for the differentiation of ancestral mezcal from two producing areas of Oaxaca, Mexico
Susana Yareth López García | Anastacio Espejel García | Arturo Hernández Montes | Landy Hernández Rodríguez | Ariadna Isabel Barrera Rodríguez

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

Delia Fernández González
Universidad de León
León, España

Heike Vibrans
Colegio de Postgraduados
Estado de México, México

José Angel Villarreal Quintanilla
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Saltillo, Coahuila, México

Hugo Cota Sánchez
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

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

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

Claude Sastre
Muséum National d'Histoire Naturelle
Paris, Francia

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

Mauricio Velayos Rodríguez
Real Jardín Botánico
Madrid, España

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

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

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

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

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

Tom Wendt
University of Texas
Austin, Texas, US

José Manuel Rico Ordaz
Universidad de Oviedo
Oviedo, España

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

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

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

Jorge Llorente Bousquets
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, 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 itálicas. 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:

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.



**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE
ESPECIES DEL GÉNERO *Hylocereus*
(Cactaceae) EN UNA UNIDAD DE CULTIVO
LOCALIZADA EN MOLCAXAC, PUEBLA,
MÉXICO**

**MORPHOLOGICAL
CHARACTERIZATION OF SPECIES OF
THE GENUS *Hylocereus* (Cactaceae) IN A
CULTIVATED UNIT LOCATED IN
MOLCAXAC, PUEBLA, MEXICO**

**Olarte Reyes, Y., M.J. Martínez Hernández, V.R. Torres Pelayo, I. Pastor Camacho,
B. Solís Martínez**

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ESPECIES DEL GÉNERO *Hylocereus*
(Cactaceae) EN UNA UNIDAD DE CULTIVO LOCALIZADA EN MOLCAXAC,
PUEBLA, MÉXICO

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SPECIES OF THE GENUS *Hylocereus*
(Cactaceae) IN A CULTIVATED UNIT LOCATED IN MOLCAXAC, PUEBLA, MEXICO



Caracterización morfológica de especies del género *Hylocereus* (Cactaceae) en una unidad de cultivo localizada en Molcaxac, Puebla, México

Morphological characterization of species of the genus *Hylocereus* (Cactaceae) in a cultivated unit located in Molcaxac, Puebla, Mexico

Olarte Reyes, Y., M.J.
Martínez Hernández, V.R.
Torres Pelayo, I. Pastor
Camacho, B. Solís Martínez

CARACTERIZACIÓN
MORFOLÓGICA DE
ESPECIES DEL GÉNERO
Hylocereus (Cactaceae) EN
UNA UNIDAD DE CULTIVO
LOCALIZADA EN
MOLCAXAC, PUEBLA,
MÉXICO

MORPHOLOGICAL
CHARACTERIZATION OF
SPECIES OF THE GENUS
Hylocereus (Cactaceae) IN A
CULTIVATED UNIT LOCATED
IN MOLCAXAC, PUEBLA,
MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 61-78. Julio 2025

DOI:
10.18387/polibotanica.60.4

Yesica Olarte Reyes / yesicaolre_@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-6546-4629>

Maestría en Ciencias Agropecuarias, Universidad Veracruzana
Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana
Circuito Presidentes s/n Col. Centro. CP 91000. Xalapa, Veracruz, México

María de Jesús Martínez Hernández / jesmartinez@uv.mx 
<https://orcid.org/0000-0003-3049-5289>

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana
Circuito Presidentes s/n Col. Centro. CP 91000. Xalapa, Veracruz, México

Vianey del Rocío Torres Pelayo / vitorres@uv.mx
<https://orcid.org/0000-0002-1684-8394>

Facultad de Biología, Universidad Veracruzana
Circuito Presidentes s/n Col. Centro. CP 91000. Xalapa, Veracruz, México

Itaí Pastor Camacho / itaipastor10@dgetaycm.sems.gob.mx
<https://orcid.org/0009-0002-1838-1879>

Brigada de Educación para el Desarrollo Rural No. 10 de la
Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar
Subsecretaría de Educación Media Superior. Petra Jaime Hernández s/n
Col. Las Juntas, Dos Ríos, Emiliano Zapata, Veracruz, México

Bibiana Solís Martínez / bibiana.solis@dgetaycm.sems.gob.mx
<https://orcid.org/0009-0006-6085-5168>

Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 305
Colonia Bugambilias, Puebla, México

RESUMEN: Pitahaya perteneciente al género *Hylocereus* spp, es de gran importancia económica debido a las propiedades alimenticias y capacidad antioxidante del fruto. En México se cultiva varias especies de Pitahaya en traspatios y parcelas, sin embargo, durante en el proceso de domesticación, se han perdido algunas características morfológicas que permiten diferenciar a las especies de gran importancia productiva en cultivos no tradicionales. El objetivo principal de este estudio fue caracterizar morfológicamente la raíz, tallo y flor de cuatro especies de pitahayas del género *Hylocereus* cultivadas en una parcela del municipio de Molcaxac, Puebla, mediante descriptores previamente definidos para apoyar a los agricultores seleccionar hacer un mejor uso de las características morfológicas del cultivo de pitahaya y de aquellos con que sean de mayor potencial productivo. Para la caracterización de la especie se clasificaron de acuerdo con la coloración de la pulpa de la fruta de 10 individuos por especie por tres repeticiones, y completamente al azar: pulpa roja (R); pulpa blanca (B); pulpa rosa Oaxaca (ROAX) y pulpa solferina (SP) de 10 plantas de cada cultivar. Posteriormente, se tomaron medidas de descriptores morfológicos, longitud de raíz

primaria y secundaria, raíces adventicias, peso de raíces, longitud de flor, longitud y ancho de ovario, longitud y ancho del tubo receptacular, número y longitud de brácteas en ovario, número y longitud de brácteas de tubo receptacular, número/longitud y ancho de sépalos, número/longitud y ancho de petaloides, número/longitud y ancho de pétalos, número de lóbulos bifidos, hercogamia y número de estambres, asimismo se documentaron fotos. Este estudio permitió reconocer a la pitahaya R como *Hylocereus ocamponis*; a la B como *Hylocereus undatus*; pitahaya pulpa rosa ROAX como *Hylocereus* sp. y pitahaya pulpa púrpura SP como *Hylocereus purpusii*. Se encontró variabilidad entre las raíces primarias con mayor longitud en *H. undatus* (26.2cm) y *H. purpusii* (24.2cm) además de hercogamia (1.7cm) en *H. sp.* *H. undatus* (30.6 cm) y *H. sp.* presentaron mayor longitud de tallos (32.4 cm). La flor de mayor longitud fue la especie *H. undatus* (33.3 cm), y *H. ocamponis*, fue la que presentó únicamente márgenes marcados de coloración verde y rojizo, principalmente en las brácteas, los sépalos, petaloides y tépalos externos. Esta caracterización morfológica permitió la identificación fenotípica de los individuos de *Hylocereus* cultivados en la parcela “Hermanos Solís” ubicada en el municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México; con la finalidad de llevar a cabo un mejor manejo de producción y selección de las mimas.

Palabras clave: Pitahaya, descriptores morfología, cactáceas.

ABSTRACT: Pitahaya of the *Hylocereus* genus is of great economic importance due to its nutritional properties and antioxidant capacity. In Mexico, several species of pitahaya are cultivated in backyards and plots; however, during the domestication process, there continues to be a loss of visual morphological details that allow for the differentiation of species that are of significant productive importance. The main objective was to conduct a preliminary morphoagronomic analysis of the root, stem, and flower of four species of pitahayas from the *Hylocereus* genus cultivated in Molcaxac, Puebla, using defined descriptors. A completely randomized experimental design was employed. The selected individuals were classified according to the pulp coloration of the fruit for species characterization: red pulp (R), white pulp (B), Oaxaca pink pulp (ROAX), and purple pulp (SP). Subsequently, measurements of the defined agromorphological descriptors were taken, length of primary and secondary root, adventitious roots, weight of roots, length of flower, length and width of ovary, length and width of receptacular tube, number and length of bracts in ovary, number and length of bracts of receptacular tube, number/length and width of sepals, number/length and width of petaloids, number/length and width of petals, number of bifid lobes, herkogamy and number of stamens, Photos were also documented. The red pulp pitahaya was recognized as *Hylocereus ocamponis*; the white pulp as *Hylocereus undatus*; the Oaxaca pink pulp as *Hylocereus* sp.; and the purple pulp as *Hylocereus purpusii*. Variability was found among the primary roots, with greater length in *Hylocereus undatus* (26.2 cm) and *Hylocereus purpusii* (24.2 cm), and herkogamy (1.7 cm) was found in *Hylocereus* sp. The species *Hylocereus undatus* (30.6 cm) and *Hylocereus* sp. exhibited greater stem lengths (32.4 cm). The longest flower was from the species *Hylocereus undatus* (33.3 cm), while *Hylocereus ocamponis* presented only very pronounced green and reddish margin coloration, mainly in the bracts, sepals, petaloids, and outer tepals. This agromorphological characterization allowed for easy identification among the phenotypes of pitahaya cultivated in the “Hermanos Solís” plot located in the municipality of Molcaxac, Puebla, Mexico, with the purpose of carrying out better production management and selection of the same.

Key words: Pitahaya, morphology descriptors, Cactaceae.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya (*Hylocereus* spp.) es comúnmente conocida como “Fruta del Dragón” y considerada como una fruta exótica, es atractiva y cotizada tanto en los mercados europeos como asiáticos (Verona-Ruiz *et al.*, 2020) y en México. El fruto de la pitahaya tiene una alta capacidad antioxidante, debido a que presenta compuestos como betalainas, betaninas y betacianinas; con actividad biológica relacionados al estrés, efectos antiinflamatorio, además son una fuente de colorante natural asociado al contenido de betacianinas y con un gran aporte nutricional (Jiménez-García *et al.*, 2022; Attar *et al.*, 2022; Verona-Ruiz *et al.*, 2020). En México prevalecen dos géneros, “*Stenocereus*” e “*Hylocereus*”; en el caso del género *Stenocereus* comprende de 22 a 24 especies de pitahayas; de las 17 a 20 que se encuentran en México, ocho especies se cultivan en el centro-sur del país (Sánchez-Mejorada, 1984) desde tiempos prehistóricos. Dentro del género *Hylocereus*, se encuentran 31 especies (Castillo Martínez *et al.*, 2005), de las cuales *Hylocereus minutiflorus*, *Hylocereus ocamponis*, *Hylocereus purpusii* e *Hylocereus undatus* se distribuyen en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tabasco, Veracruz, Guerrero, Querétaro, Estado de México, Puebla, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Colima y Sinaloa (Ortiz-Hernández & Carrillo-Salazar, 2012; Bauer, 2003; Esquivel Rodríguez, 2013; Ruiz-Domínguez *et al.*, 2019); y se registra que la especie *H. undatus* se encuentra en forma silvestre en todos estos estados (Montesinos Cruz *et al.*, 2015).

En el estado de Puebla los cultivos de pitahaya se han establecido en huertos familiares con una heterogeneidad del material genético reducido, por ejemplo, se ha encontrado que los frutos difieren en forma, tamaño, color, y número de brácteas, o bien, se reduce el número de frutos desarrollados respecto al total de flores producidas; un hallazgo similar, se reportó en la Península de Yucatán (Castillo Martínez *et al.*, 2005), donde se encontró un genotipo con fruto de color amarillo claro, cuya floración es abundante, pero con reducida producción de frutos. En otros lugares de México se ha reportado que la diversidad biológica de *Hylocereus* cultivados en traspatios y en las plantaciones recién iniciadas son pocos conocidos. Esta controversia en la identificación de la pitahaya se debe en parte al considerar el color del fruto como el único criterio para definir las especies, una práctica que carece de una base taxonómica teórica firme. Además, diversos estudios con especies de cactus domesticadas han demostrado que la variación en los rasgos de los frutos, incluido el color, están relacionados con este proceso de domesticación (Grimaldo-Juárez *et al.*, 2018); por lo tanto, es importante identificar varios caracteres fenotípicos en las plantas y las similitudes entre sus características.

La caracterización de plantas es una herramienta para determinar, diferenciar taxonómicamente (Serrano-Estrada *et al.*, 2023), y estimar en una especie la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Así la caracterización de la diversidad fenotípica de las poblaciones y la identificación de las especies de pitahaya se realiza normalmente con base en características morfológicas como el color de tallos, costillas con bordes, presencia/ausencia de suberificación, ubicación de areolas o tipos de espinas, color de flores y color de frutos (Castillo Martínez *et al.*, 2005); que normalmente son características agronómicas y morfológicas para describir, seleccionar y utilizar los recursos genéticos (Legaria Solano *et al.*, 2005) como una primera aproximación hacia el conocimiento del germoplasma (Cevallos Macías, 2022).

Una caracterización morfológica mediante descriptores estándares permite diferenciar fácil y rápidamente entre fenotipos (Andrés Mejía *et al.*, 2013), dando a conocer las características específicas de cada variedad evaluada. Un caso de ello es el estudio realizado en Bhakti Alam Agrotourism, Pasuruan, (Hamidah *et al.*, 2017), determinaron el número de caracteres distintivos y dominantes de la pitahaya (*Hylocereus*) y la relación entre la clasificación de la pitahaya con base en sus caracteres morfológicos. Observaron 63 caracteres, incluyendo segmentos de tallo/ramas, areolas, flores, frutos y semillas; estos caracteres se analizaron utilizando métodos descriptivos y fenéticos. Con base en el resultado descriptivo, hubo 59 caracteres distintivos que afectaron la clasificación de cinco especies de pitahaya: pitahaya blanca, pitahaya rosa, pitahaya roja, pitahaya rojo violáceo y pitahaya amarilla. Con base en el análisis fenético, se obtuvo un

dendograma que mostró la relación de la clasificación de la pitahaya. La pitahaya rojo violáceo y la pitahaya roja estuvieron estrechamente relacionadas con un 50.7% en valor de similitud. Asimismo, el análisis de componentes principales, se identificaron 34 caracteres que influyeron significativamente en la clasificación de la pitahaya; dos de ellos fueron los más dominantes: la curvatura del tallo y el número de restos de bracteolas, con un valor de componente de 0,955. Otro estudio similar realizado por (Garbanzo-León *et al.*, 2019), fue para relacionar variables no destructivas con variables destructivas para construir una herramienta para el uso de proyecciones de crecimiento en pitahaya en Costa Rica. A través de regresiones lineales mostraron que existe una alta precisión ($r^2 > 0,85$) en algunas variables de crecimiento en los tallos de pitahaya, lo cual podría ser una herramienta eficaz para generar cuantificaciones de crecimiento en el cultivo a partir de un parámetro alométrico. Asimismo, se continúan realizando estudios relacionados con la caracterización morfológica y la producción de frutos provenientes de huertos familiares con la finalidad de iniciar la selección de los más prometedores y su cultivo en las parcelas o traspatios (Castillo Martínez *et al.*, 2005; Carrillo Criollo & Yumbra-Orbes, 2022). No obstante, en ocasiones no es posible captar algunos detalles morfológicos de la selección tradicional de la pitahaya; debido que durante en el proceso de domesticación, se continúa con la frecuente incorporación de nuevos o diferentes variedades de pitahayas en traspatios o en los cultivos (Carrillo-Galván *et al.*, 2020); sin tener claridad que especies se están cultivando, así como su incompatibilidad sexual, periodo de floración, poca o nula producción de frutos. Es común confundirse, y algunas veces no se pueden identificar que especie de pitahaya se está cultivando. Por ello, es importante detallar las características morfológicas de cada especie de pitahaya, el cuál apoyaría a los productores guiarse sobre que especie necesita polinización cruzada y cuales tienen compatibilidad sexual. Por lo tanto, se debe considerar reunir datos mediante descriptores de cada genotipo cultivado, con una ficha descriptiva individual para disponer de una información ordenada acerca de las características que componen al espécimen bajo estudio y que este favorezca la identificación de las plantaciones cultivadas (Franco & Hidalgo, 2003; Vegas Albino *et al.*, 2015; Morillo Coronado, 2016). A pesar de que existen actualmente varios estudios sobre la morfología de la pitahaya, en este caso particular, fue necesario incrementar las investigaciones sobre la caracterización morfológica que sea fácil de medir, registrar o evaluar la forma, estructura o comportamiento de una accesión de las especies que son cultivadas en parcelas, tal es el caso del cultivo conocido como “Hermanos Solís” propiedad del Sr. Osvaldo Ramos Castro, ubicada en el municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México, cuyo objetivo principal fue caracterizar morfológicamente la raíz, tallo y flor de cuatro especies de pitahayas del género *Hylocereus* cultivadas en una parcela, usando descriptores previamente reportados y definidos, con la finalidad de apoyar a los agricultores seleccionar y hacer un mejor uso de los cultivos de pitahaya y de aquellos con que sean de mayor potencial productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El cultivo de pitahaya se encuentra ubicada en la parcela “Hermanos Solís” municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México; en las coordenadas 18°43'38" latitud norte y 97°56'25" longitud oeste (GPS IN SITU), a una altura a nivel de mar de 1696 msnm. (GPS IN SITU), con una temperatura promedio anual de 19.2 °C y precipitación anual de 600 a 700 mm, con clima semicálido, subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2010).

Selección y colecta del material vegetativo

Se utilizaron cuatro especies de pitahaya y 10 individuos por cada especie por tres repeticiones, las cuales se clasificaron de acuerdo con la coloración de la pulpa de la fruta: pulpa roja (R), pulpa blanca (B), pulpa rosa Oaxaca (ROAX) y pulpa solferina púrpura (SP) y considerando el mismo tiempo de plantación. Durante la primavera y verano, se colectaron las raíces, tallos y

flores de las cuatro especies y se realizó un archivo fotográfico de cada parte área con una cámara digital marca Canon (EOS 4000D). Asimismo, se realizó una lista de descriptores morfológicos para la caracterización morfológica de la pitahaya de cada especie, para ello se utilizó como referencia el trabajo realizado por Carrillo Criollo & Yumbla-Orbes, (2022) y González Espino & Alvarado Ruíz, (2004), con algunas modificaciones que se describen a continuación con más detalle.

Caracterización morfológica

Tomando en cuenta el método descrito por Carrillo Criollo & Yumbla-Orbes, (2022), se seleccionaron 10 plantas de cada cultivar por tres repeticiones y completamente al azar. La caracterización morfológica de raíz, tallo y flor se realizó mediante los parámetros establecidos tanto por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2010) como por González Espino & Alvarado Ruíz, (2004) con algunas modificaciones, como presencia de raíz primaria y secundaria, raíces adventicias, medición y pesado de raíces, longitud de flor, longitud y ancho de ovario, longitud y ancho del tubo receptacular, número y longitud de brácteas en ovario, número y longitud de brácteas de tubo receptacular, número/longitud y ancho de sépalos, número/longitud y ancho de petaloides, número/longitud y ancho de pétalos, número de lóbulos bífidos, hercogamia y número de estambres.

Caracteres morfológicos de raíz, tallo y flor

En la medición de las raíces, se consideraron diez tallos con raíces de cada especie de pitahaya por triplicado del mismo cultivo, se midió la longitud (centímetro, cm) de raíces primarias, secundarias, y adventicias; posteriormente se obtuvo el peso fresco y seco en gramos (g). Para el tallo, se consideraron los siguientes descriptores de longitud de tallo (cm), ancho del tallo (cm), número y longitud de ramas, altura de la cresta (cm), distancia entre areola (cm), número y longitud de espinas (cm). A las flores colectadas (10 individuos de cada especie) se les midió la longitud de flor (cm); separación y medición de longitud y ancho de los sépalos (tépalos externos), petaloides (tépalos medios) y pétalos. Posteriormente se midió la longitud y ancho interno del ovario (cm) y del tubo receptacular. Asimismo, se cuantificó y se midió la longitud y ancho de brácteas del ovario, así como el número, longitud y ancho de brácteas del tubo receptacular (cm), con la ayuda de un vernier (Pretul VER-6P). En el órgano reproductor se midió la longitud del estilo, se cuantificaron los lóbulos, la hercogamia y el número de estambres.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada descriptor evaluado en este estudio fueron analizados mediante análisis descriptivo para obtener la media y error estándar; asimismo se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias, y se utilizó una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey $P \leq 0.05$), utilizando el programa STATISTICA®. Posteriormente se graficaron los datos en Excel versión 2018 para representarlos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron cuatro especies de Pitahaya *Hylocereus ocamponis*, *Hylocereus undatus*, *Hylocereus* sp. y *Hylocereus purpusii* en los cultivos de la parcela “Hermanos Solís” municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México, distinguiéndose por su color de pulpa. Hasta ahora, los únicos índices prácticos de cosecha han sido el color de la epidermis y la firmeza del fruto, que generalmente son evaluados subjetivamente por los recolectores de fruta. Por ejemplo, para la especie *H. undatus* se ha demostrado que la epidermis de los frutos se torna completamente rojo cuando han alcanzado la madurez y el desarrollo completamente (Le Bellec & Vaillant, 2011). Con respecto a la raíz, se encontró entre las raíces primarias una mayor longitud en las especies *Hylocereus undatus* y *Hylocereus purpusii* (26.2 y 24.2 cm, respectivamente) con respecto a

Hylocereus sp y *Hylocereus aconponis*. Mientras que la especie *H. undatus* presentó mayor longitud de raíces adventicias (3.1 cm). No obstante, se observó que la especie *Hylocereus undatus* y *Hylocereus purpursii* tiene un mayor número de raíces adventicias aparente (1.7 y 2.2, respectivamente). Con respecto a la longitud de raíces secundarias fueron similares entre las cuatro especies de pitahaya (Figura 1) y la especie *Hylocereus* sp. no presentaron raíces adventicias. Con respecto al peso fresco y seco es variable entre las especies, y se observó un mayor peso fresco en *H. purpursii* del 13.4g (Figura 1). Es importante resaltar que las raíces son un componente fundamental para los cultivos, por ejemplo, la morfología de una raíz está determinada por el volumen de suelo disponible para la absorción de agua y nutrientes, y proporcionan el anclaje, dicha actividad está regulada por los genes e influenciado por múltiples factores ambientales (Verona-Ruiz *et al.*, 2020). Sin embargo, por ser un órgano subterráneo, ha sido la menos que las estructuras aéreas. En este estudio en particular, las características morfológicas de las raíces fueron fácilmente observables y expresables en las cuatro especies de Pitahaya, y permitió como primer paso determinar si existe o no variabilidad entre las raíces como un dato taxonómico básico e importante para la caracterización morfológica de los recursos fitogenéticos (Verona-Ruiz *et al.*, 2020), como se han reportado en otros estudios (Hernández-Villarreal A. E., 2013; Morillo *et al.*, 2021); donde se describen las características botánicas de la Pitahaya como una planta epífita o hemiepífita (Andrés Mejía *et al.*, 2013) con raíces primarias y secundarias bien diferenciadas (Meráz Alvarado *et al.*, 2003). Sin embargo, no se puede generalizar que las raíces sea una base para determinar la especie, debido que el tipo de suelo influye en el crecimiento y reorganización de este, o bien, por las condiciones ambientales (temperatura, elementos nutrientes, estrés hídrico y salino, entre otros), como ha sido reportado en otras investigaciones (Balliu *et al.*, 2021; Balliu & Sallaku, 2021; Pedersen *et al.*, 2021), donde han confirmado que las altas temperaturas afectan no sólo la tasa de crecimiento de las puntas de las raíces individuales, sino también la arquitectura total del sistema radicular, especialmente la formación y orientación de las raíces laterales (Balliu & Sallaku, 2021).

Una de las funciones principales de las raíces primarias es absorber los nutrientes y alimentar a la planta, estas se desarrollan entre una profundidad de 5 a 10 cm. Mientras que las raíces secundarias o adventicias nacen en la parte aérea de la planta; su función es de sostén, por lo que se adhieren a las superficies de árboles, piedras o muros (González Espino & Alvarado Ruíz, 2004; Vargas *et al.*, 2020). Esta arquitectura del sistema radicular determina la formación, el alargamiento y el ángulo de crecimiento de las raíces, en si apoya a la caracterización de la planta pitahaya para determinar el conjunto de características morfológicas y diferenciarlas taxonómicamente como un estudio preliminar fenotípico (López-Santiago *et al.*, 2008; Sudarjat Leovika *et al.*, 2018), el cual es importante en la agricultura para implementar prácticas agronómicas efectivas y sostenibles que maximicen la salud y el crecimiento de los cultivos de pitahaya. No obstante, en ocasiones no es posible captar todos los detalles morfológicos de la selección tradicional de la especie bajo estudio; debido que, durante el proceso de domesticación y cultivo, se continúa con la frecuente incorporación de nuevos y diversas especies de plantas de Pitahaya, y aunado a las condiciones ambientales y tipo de suelo; las características físicas y químicas de la solución nutritiva, la disponibilidad de agua y los organismos microbianos que habitan en la rizosfera, pueden afectar el crecimiento de las raíces, el volumen y profundidad de la zona de las raíces, en sí, en todo el sistema radicular de crecimiento, rendimiento y calidad del producto de las plantas en los sistemas de cultivo (Balliu & Sallaku, 2021).

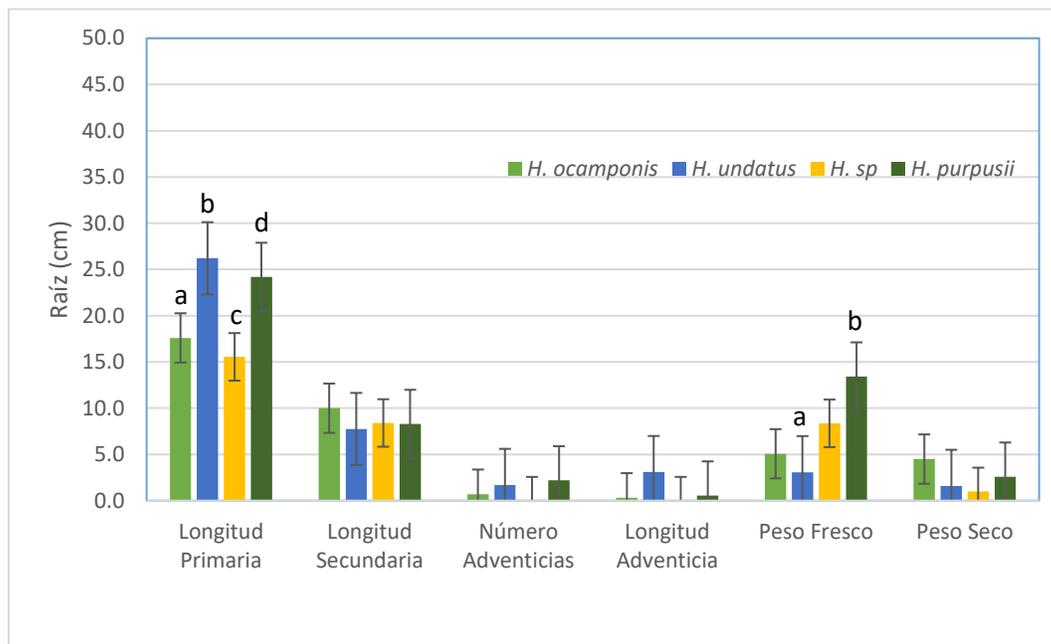


Figura 1. Características morfológicas de raíz entre las cuatro especies de pitahaya, representados en centímetros (cm). Las medias con diferente letra en una columna por grupo de descriptores son diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Figure 1. Root morphological characteristics among the four pitahaya species, represented in centimeters (cm). Means with different letters in a column per descriptor group are different (Tukey $P \leq 0.05$).

Con relación a las características morfológicas de los tallos (Figura 2), presentaron color verde claro, con hendiduras, lóbulos y areola de tres a cuatro espinas muy característicos de las pitahayas; no obstante, la especie *H. undatus* y *Hylocereus sp* presentó mayor longitud de tallos (30.6 y 32.4 cm, respectivamente) y número de espinas, 20.6 y 17.8, respectivamente (Figura 3). Mientras que las especies *H. ocamponis* y *purpusii* presentaron una mayor longitud de ramas (44.6 y 47.9 cm, respectivamente), y la de menor longitud fue la especie *H. undatus* (12.4 cm). Comparando las otras características morfológicas, como es el ancho de tallo, número de ramas, altura de la cresta, distancia entre areola y longitud de espinas, no hay variación entre los descriptores estudiados de los cuatro especies de estudio (Figura 3). Con estos hallazgos, se observó que las características morfológicas relevantes son longitud del tallo y ramas, así como el número de espinas en los cuatro especies de pitahayas de este estudio. Generalmente, las diferencias en el germoplasma de pitahaya se pueden demostrar fácilmente con algunas características fenotípicas distintivas, como el tamaño del fruto, el color del fruto y el número de espinas en la areola que se formaron en los segmentos de las ramas/tallos (Goenaga et al., 2020). Estudios similares, registraron que los descriptores de tallos son importantes para diferenciar especies (Andrés Mejía et al., 2013; González Espino & Alvarado Ruíz, 2004). Para el género *Hylocereus*, se encontraron que los tallos están profundamente acostillados (tres costillas) y son epífitos (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1978; Meráz-Alvarado et al., 2003); y presentan costillas o aristas gruesas; estas características de los tallos son importantes en las formas de propagación vegetativa para conservar y seleccionar las características deseables de cada especie en cuestión, y para que se produzcan raíces en condiciones ambientales favorables y tener un adecuado balance hormonal. Además, los tallos o cladodios de la Pitahaya poseen hábitos trepadores; son del tipo xerofítico, suculentos, verdes, fotosintéticos y de epidermis gruesa, se caracterizan por presentar costillas o aristas gruesas que los recorren longitudinalmente (Rosales-

Bustamante *et al.*, 2009); permitiendo que se desarrollen bien en zonas de bajas precipitaciones (Vallester-Cruzata *et al.*, 2021). Otro dato interesante en el campo de la gastronomía, los tallos de la Pitahaya *H. undatus* son utilizados por su característica consistencia suave y su contenido nutricional en proteínas, fibra e importantes contenidos de zinc y potasio (Montesinos Cruz *et al.*, 2015). Aunado a ello, la caracterización morfológica de los tallos permitió seleccionar y medir los descriptores morfológicos más adecuados para conocer taxonómicamente a las plantas de pitahayas, que estas sean confiables y discriminativos para evaluaciones futuras dentro de la Parcela y, así seleccionar las plantas que den mejor rendimiento de cosecha. No obstante, se debe considerar las hibridaciones intra e interespecífica que puedan darse durante las plantaciones de pitahayas, debido que esto ha creado cierta confusión taxonómica, incluso a nivel mundial (Silvia *et al.*, 2017). Por lo tanto, es importante considerar este punto y comentarles a los agricultores de la parcela de los “Hermanos Solís” municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México, para un mejor manejo y selección de las especies que ofrezcan mejores posibilidades comerciales.

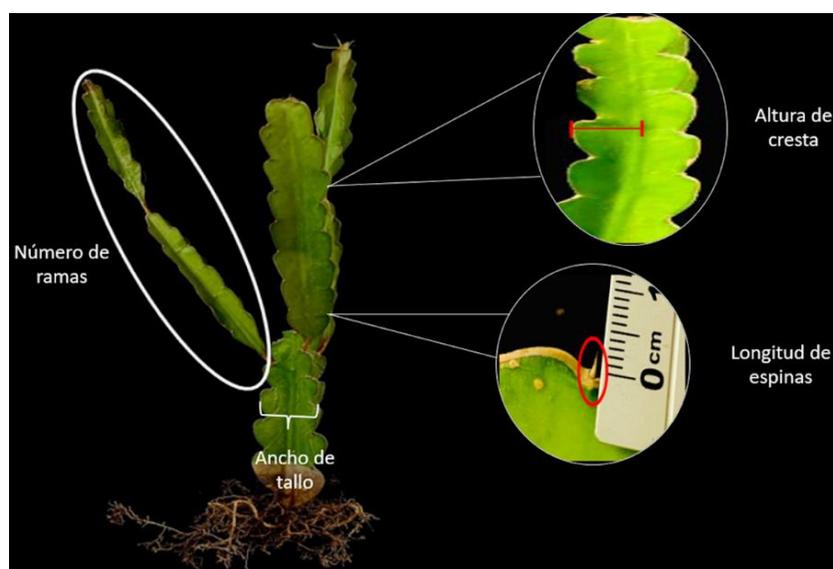


Figura 2. Muestra las partes morfológicas y los tipos de descriptores considerados en el tallo de pitahaya expresados en centímetros (cm).

Figure 2. Show the morphological parts and types of descriptors considered in the pitahaya stem expressed in centimeters (cm).

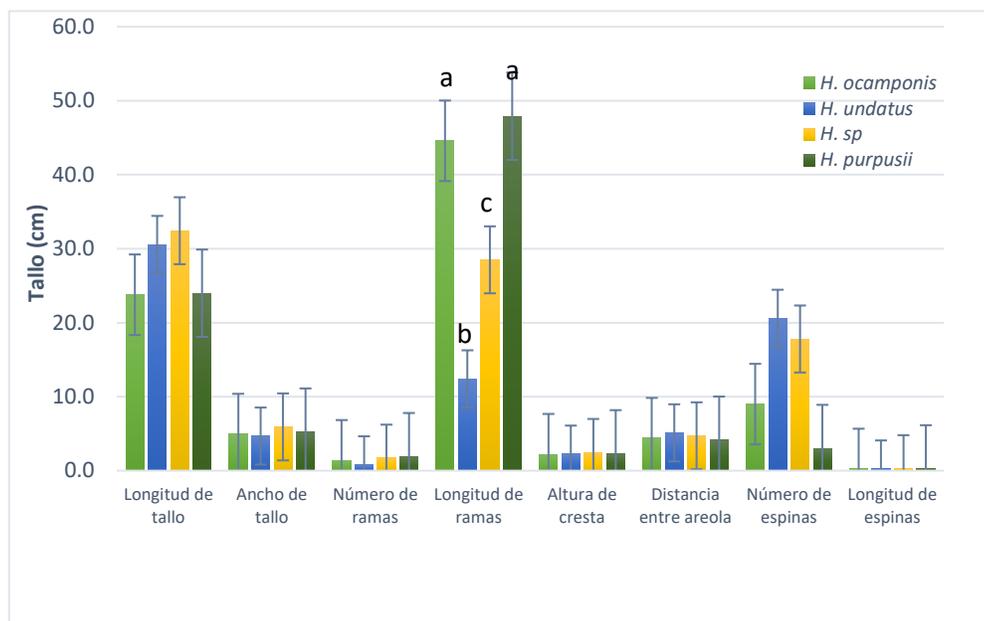


Figura 3. Características morfológicas del tallo entre las cuatro especies de pitahaya, representados en centímetros (cm). Las medias con diferente letra en una columna por grupo de descriptores son diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Figure 3. Morphological characteristics of the stem among the four species of pitahaya, represented in centimeters (cm). Means with different letters in a column per descriptor group are different (Tukey $P \leq 0.05$).

En el caso de las flores, se identificaron caracteres descriptivos florales relevantes en las cuatro especies de pitahaya evaluadas, las cuales fueron longitud de flor (Figura 4), longitud y ancho del ovario, longitud y ancho del tubo receptacular, número-longitud y ancho de brácteas de ovario, número y longitud de brácteas del tubo receptacular, número-longitud y ancho de sépalos, número-longitud y ancho de petaloides, número-longitud y ancho de pétalos, número de lóbulos bifidos, distancia de hercogamia y número de estambres (Tabla 1, Figura 4). La flor más grande fue la especie *H. undatus* (33.3 cm) y *H. sp* (31.2 cm). Morillo-Coronado *et al.*, (2021), mencionaron que un descriptor es una variable o atributo que se observa en un conjunto de individuos de una población de plantas, como es el caso de la Pitahaya. Por ejemplo, la coloración de tépalos de las flores y tamaño (Figura 5 e-h); estas características podrán ser usadas visualmente en las evaluaciones preliminares y preferentemente con consenso de cultivos particulares (Quevedo Guerrero *et al.*, 2020).



Figura 4. Representa las partes de la flor externa (lado izquierdo) y un corte longitudinal con caracteres descriptivos florales de pitahaya (lado derecho), así como las brácteas de ovario, brácteas de tubo receptacular, sépalos, petaloides, pétalos, ovario, estambres y lóbulos.

Figure 4. Represents the parts of the external flower (left side) and a longitudinal section with descriptive floral characters of pitahaya (right side), as well as the ovary bracts, receptacle tube bracts, sepals, petaloids, petals, ovary, stamens and lobes.

Por otro lado, se encontró en la especie *H. ocamponis* un mayor número de brácteas ovárica el cual fue de 28.0 y de brácteas del tubo receptacular de 18.4. En cuanto al número de sépalos (tépalos externos) fue de 18.6, petaloides (tépalos medios) de 25.9 y pétalos de 27.6; observándose un mayor número de estambres de 926.1, en relación con las otras tres especies de pitahaya. Mientras que la *H. undatus*, las únicas variaciones en relación con las otras tres especies de pitahaya fueron el ancho interno del ovario el cual fue de 2.2 cm, longitud del tubo de 10.0 cm, y longitud de brácteas del tubo receptacular que fue de 10.3cm. En la especie *Hylocereus* sp., tuvo una mayor longitud de sépalos de 15.7 cm y petaloides de y 17.2 cm (Tabla 1). Castillo Martínez *et al.*, (2005), en años anteriores concluyeron que la variedad de genotipos de pitahaya se diferenció principalmente por las características de sus estructuras reproductivas y quienes eran autocompatibles, así como quienes podrían tener un mayor potencial económico para la región sur de Quintana Roo, México. Generalmente, las flores de la pitahaya son grandes y tienen simetría ligeramente bilateral debido a la curvatura o inclinación del tubo receptacular (Andrés Mejía *et al.*, 2013; Cituk Chan *et al.*, 2024). Estudios similares han reportado que las características del cladodio, florales y del fruto de la especie de pitahaya *H. megalanthus*, como las nervaduras marginales del cladodio, la cera, el color del sépalo, el color del anillo en la base de los órganos reproductivos en la flor, la forma del fruto, la posición hacia la cáscara, la pulpa el color, el color de la cáscara y el tamaño de la semilla son rasgos taxonómicos visibles para distinguir entre la especie *H. undatus* y *H. costaricensis* (Morillo-Coronado *et al.*, 2021).

Tabla 1. Descriptores florales relevantes para las cuatro especies de pitahaya. Los números en negrita reflejan el promedio de las principales variaciones en cada especie. La media en cada columna que son diferentes (Tukey $P \leq 0.05$)*.

Table 1. Relevant floral descriptors for the four pitahaya species. The numbers in bold reflect the average of the main variations in each species. Means in each column that are different (Tukey $P \leq 0.05$)*.

Descriptores florales	<i>H. ocamponis</i>	<i>H. undatus</i>	<i>H. sp</i>	<i>H. purpusii</i>
Longitud de la flor (cm)	28.6	33.3*	31.2	26.5
Longitud interna del ovario (cm)	4.4	3.3	3.5	2.7
Ancho interno del ovario (cm)	1.8	2.2*	1.8	1.8
Longitud del tubo (cm)	9.9	10.0*	7.3	8.6
Ancho del tubo (cm)	0.7	1.0	0.9	1.1
Número de brácteas ovario	28.0*	16.1	13.1	13.4
Longitud de brácteas ovario	2.5	3.5	3.4	3.9
Ancho de brácteas chicas	1.1	1.7	2.0	1.8
Número de brácteas del tubo receptacular	18.4*	13.4	12.2	10.4
Longitud de brácteas del tubo receptacular (cm)	6.0	10.3*	8.8	8.5
Número de sépalos (tépalos externos)	18.6*	13.5	12.8	14.3
Longitud de sépalos (cm)	6.0	10.3	15.7*	9.5
Ancho de sépalos (cm)	1.3	1.6	1.4	1.5
Número de petaloides (tépalos medios)	25.9*	10.7	11.8	12.3
Longitud de petaloides (cm)	12.2	16.1	17.2*	12.3
Ancho de petaloides (cm)	1.3	1.4	1.1	1.3
Numero de pétalos	27.6*	19.7	22.0	19.4
Longitud de pétalos (cm)	10.3	13.6	13.7	10.4
Ancho de pétalos (cm)	2.2	3.1	2.9	1.8
Lóbulos bifidos	0.0	0.9	0.1	3.3
Distancia hercogamia (cm)	0.5	1.3	1.7	0.8
Número de estambres	926.1*	764.2	729.7	661.1

Otra característica morfológica relevante que se observó fue en la especie *H. ocamponis*, presento márgenes muy marcados de coloración verde y rojizo en las brácteas, los sépalos, petaloides y tépalos externos (Figura 5 a y e). Por otro lado, en las cuatro especies registradas en este estudio, está presente la hercogamia, y se le atribuye como especies autoincompatibles (Castillo Martínez *et al.*, 2005; Lichtenzveig *et al.*, 2000; Morillo-Coronado *et al.*, 2021), que obliga la polinización cruzada para su fecundación (de Nettancourt, 1977). La flor de la especie *Hylocereus sp* tiene una distancia de hercogamia 1.7 cm, mientras que la flor de *H. ocamponis* tiene una distancia de 0.5 cm. Se describe que la hercogamia se refiere a la separación espacial de anteras y estigmas de la misma flor, lo que impide o reduce la autopolinización y la autogamia. Esta característica morfológica es una forma única de polimorfismo morfológico en las flores de algunas especies de plantas, que impide la autofecundación de cada flor (Jiménez-Durán & Cruz-García, 2011). El origen del polen también puede influir en el tiempo transcurrido entre la polinización y la cosecha del fruto (conocido como fenómeno de metaxenia, que anteriormente solo se observaba en *H. polyrhizus* (Le Bellec & Vaillant, 2011). Un caso particular es en la especie *H. undatus*, los

episodios de floración son cíclicos y se extienden durante un periodo de cinco a seis días, la polinización de las flores ocurre durante la noche por murciélagos nectarívoros como *Leptonycteris curasoae* y *Choeronycteris mexicana* o por una especie de mariposa perteneciente a la familia Sphingidae, del género *Maduca*. Durante el día, las abejas (*Apis mellifera*) polinizan las flores, esto al parecer no es un mayor problema relacionado con el rendimiento de los frutos en los principales países productores de América Latina y Asia (Le Bellec & Vaillant, 2011).

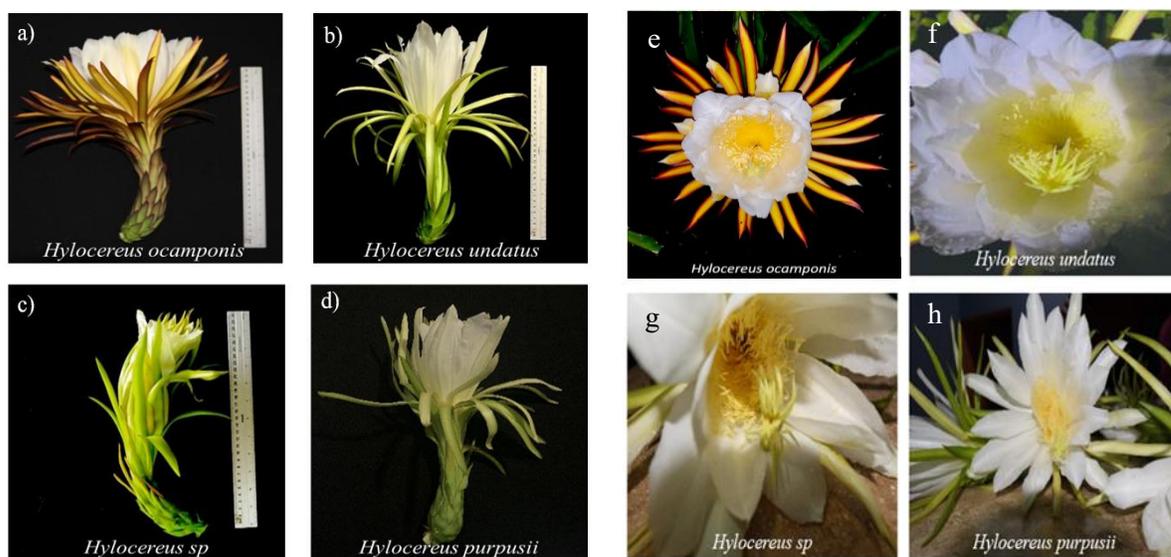


Figura 5. En la letra a-d se observa de manera lateral la flor de la pitahaya. Las letras e-h se observa de manera frontal la flor de las cuatro especies de pitahaya encontradas en los cultivares de Molcaxac, Puebla, Méx.

Figure 5. Letters a-d show the pitahaya flower from the side. Letters e-h show the flowers of the four pitahaya species found in cultivars from Molcaxac, Puebla, Mexico, from the front.

La caracterización morfológica de pitahaya en los cultivos de la parcela “Hermanos Solís” ubicada en el municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México, permitió diferenciar y determinar la naturaleza de cada especie de pitahaya (Gómez-Hinostrosa *et al.*, 2014). Así como identificar características deseables basados en criterios morfológicos relevantes y estimar el grado de variación dentro de una población de pitahaya para un mejor manejo de producción en las siguientes siembras, como se ha reportado en otros cultivos (Betancur G. *et al.*, 2020; Sudarjat Leovika *et al.*, 2018; Tel-Zur *et al.*, 2011).

Asimismo, permitió sistematizar el trabajo de toma de datos en campo, evaluación y poder difundir la información entre productores (Lachenaud *et al.*, 1999). Debido que, en ocasiones, la amplia variación morfológica que pueden ser observadas en las estructuras vegetativas, podría llevar a la confusión para identificar cada especie, con falta de consenso (Gómez-Hinostrosa *et al.*, 2014). Además, estudios sobre especies de cactus domesticadas (Aparecida de Andrade *et al.*, 2008) han demostrado variaciones en las características morfológicas de la fruta, flores (Ramírez Ortiz, 2017; Silva *et al.*, 2011); y raíces (Verona-Ruiz *et al.*, 2020), están relacionadas con el proceso de domesticación, resultando en una falta de base de datos taxonómicos (Jalgaonkar *et al.*, 2022).

En este estudio, se consideró descriptores claros cualitativos, con una expresión continua en términos positivos acorde a los atributos morfológicos que poseen las variedades de pitahaya (Quevedo Guerrero *et al.*, 2020). Asimismo, con los hallazgos obtenidos en este estudio, se da a conocer la variabilidad global de una previa siembra de pitahaya de la parcela, la cual permitirá en un futuro, homogeneizar las accesiones de acuerdo con sus morfotipos de primer momento y establecer la caracterización morfológica de cuatro especies de pitahayas, que a su vez los descriptores morfológicos puedan ser utilizados en la caracterización fenotípica visual de las especies *Hylocereus ocamponis*, *Hylocereus undatus*, *Hylocereus sp* y *Hylocereus purpusii*, para los futuros programas de mejoramiento productivo de los cultivos de pitahaya en la parcela “Hermanos Solís” ubicada en el municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México. Esta caracterización se pudo discriminar fácilmente entre fenotipos de pitahaya similar a otras investigaciones previas con fines de conservación y mejoramiento genético de las especies; por ejemplo, un estudio evaluó las caracterizaciones morfológicas, bioquímicas y moleculares de cuatro genotipos de fruta del dragón (*Hylocereus spp.*) cultivados en Andaman y en la isla de Nicobar y reveló la presencia de una cantidad considerable de variaciones genéticas que podrían usarse como caracteres clave para distinguir tres especies diferentes. Por lo que la heterogeneidad morfológica y genética en muchas características del fruto, como la dulzura, el tamaño, la forma, el color y el número de brácteas, resultante de la hibridación intra e interespecífica, dificulta aumentar los estándares de calidad para el mercado de exportación, planteando serios problemas al determinar el rendimiento en el manejo y la vida útil de las pitahayas (Abirami *et al.*, 2021). A pesar de que existe muchas contradicciones con respecto a la clasificación botánica de *Hylocereus* que dificultan la caracterización, así como el rendimiento y calidad de fruto en los cultivares de pitahaya (Goenaga *et al.*, 2020); los descriptores morfológicos para este estudio permitió diferenciar y determinar principalmente la longitud primaria de la raíz y raíces adventicias, longitud del tallo y rama; así como la longitud de la flor y la distancia de hercogamia entre las especies de pitahaya y bajo las mismas condiciones ambientales dentro de la parcela, el cual sería una herramienta útil de crecimiento y reactivación agrícola en los cultivos de pitahaya de la parcela “Hermanos Solís” ubicada en el municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México.

CONCLUSIÓN

En la parcela de “Hermanos Solís” ubicada en el municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México, se encontraron cuatro especies de plantas de pitahaya. Las raíces tuvieron una marcada variación en la longitud de la raíz primaria entre las cuatro especies evaluadas, *Hylocereus ocamponis*, *Hylocereus undatus*, *Hylocereus sp* y *Hylocereus purpusii*. Asimismo, se encontró variación en la longitud de la rama entre las cuatro especies. Por otro lado, en la flor, se encontró la presencia de márgenes muy marcados de coloración verde y rojizo en las brácteas, los sépalos, petaloides y tépalos externos en la morfología de la flor, únicamente en la especie *Hylocereus ocamponis*. Los descriptores usados para este estudio permitieron caracterizar a las plantas de pitahayas cultivadas en una parcela, el cual fue fácil de medir, registrar, evaluar y hacer referencia a la forma y estructura del cultivo de pitahaya. Por lo tanto, se sugiere utilizar descriptores discriminatorios como una guía preliminar de los cultivares de pitahayas en la parcela de “Hermanos Solís” ubicada en el municipio de Molcaxac, estado de Puebla, México, para contribuir en la selección de las especies y que sean de mayor interés productivo.

LITERATURA CITADA

Abirami, K., Swain, S., Baskaran, V., Venkatesan, K., Sakthivel, K., & Bommayasamy, N. (2021). Distinguishing three Dragon fruit (*Hylocereus spp.*) species grown in Andaman and

- Nicobar Islands of India using morphological, biochemical and molecular traits. *Scientific Reports*, 11(1), 2894. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81682-x>
- Andrés Mejía, H., Muriel Ruiz, S. B., Montoya, C. A., & Reyes Sequeda, C. (2013). *In situ* Morphological Characterization of *Hylocereus* spp. (Fam.: Cactaceae) Genotypes from Antioquia and Córdoba (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 66(1), 6845–6854. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179928411002>
- Aparecida de Andrade, R. , Vilar de Morais Oliveira, I. , Habib Silva, M. T. , & Martins, A. B. G. (2008). Germinação de pitaya em diferentes substratos. *Revista Caatinga*, 21(1), 71–75. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117576010>
- Balliu, A., & Sallaku, G. (2021). The environment temperature affects post-germination growth and root system architecture of pea (*Pisum sativum* L) plants. *Scientia Horticulturae*, 278, 109858. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109858>
- Balliu, A., Zheng, Y., Sallaku, G., Fernández, J. A., Gruda, N. S., & Tuzel, Y. (2021). Environmental and Cultivation Factors Affect the Morphology, Architecture and Performance of Root Systems in Soilless Grown Plants. *Horticulturae*, 7(8), 243. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7080243>
- Bauer, R. (2003). A synopsis of the tribe Hylocereeae F.Buxb. *Cactaceae Systematics Initiatives*, 17, 6–63.
- Betancur G., J. A., Muriel R., S. B., & Gonzalez J., E. P. (2020). Morphological characterization of the red dragon fruit - *Selenicereus undatus* (Haw.) D.R. Hunt – under growing conditions in the municipality of San Jerónimo (Antioquia, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1), 9019–9027. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.77735>
- Bravo, H., & Sánchez, H. (1978). *Las cactáceas de México*. (Vol. 1). Universidad Autónoma de México.
- Carrillo Criollo, J. F., & Yumbra-Orbes, M. (2022). Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de *Helianthus annuus* L. para flor de corte. *Siembra*, 9(1), e3323. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3323>
- Carrillo-Galván, G., Bye, R., Eguiarte, L. E., Cristians, S., Pérez-López, P., Vergara-Silva, F., & Luna-Cavazos, M. (2020). Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: Agastache (Lamiaceae)—an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00368-2>
- Castillo Martínez, M., Muñoz, L., & Guzmán, M. (2005). *Colegio de Postgraduados*.
- Castillo Martínez, R., Livera Muñoz, M., & Márquez Guzmán, G. J. (2005). Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agrociencia*, 39(2), 183–194. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239206>
- Cevallos Macías, K. L. (2022). *Caracterización morfológica en el cultivo de pitahaya (Hylocereus spp) en el Ecuador* [Tesis, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11373>
- Citik Chan, D., Balam Traconis, L., Pool Pech, J. A., Espadas Hernández, J. M., Pinzón López, L., & Andueza-Noh, R. H. (2024). Un vistazo al interior de la pitahaya rosa y blanca (*Selenicereus* spp.). *Centro de Investigación Científica de Yucatán*, 111–115.
- de Nettancourt, D. (1977). *Incompatibility in Angiosperms* (Vol. 3). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-12051-4>
- Esquivel Rodríguez, P. (2013). Los frutos de las Cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), 215. <https://doi.org/10.15517/am.v15i2.11916>
- Franco, T. L. , & Hidalgo, Rigoberto. (2003). *Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Garbanzo-León, G., Chavarría-Pérez, G., & Vega-Villalobos, E. V. (2019). Correlaciones alométricas en *Hylocereus costaricensis* y *H. monacanthus* (pitahaya): una herramienta para cuantificar el crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*, 425–436. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33574>

- Goenaga, R., Marrero, A., & Pérez, D. (2020). Yield and Fruit Quality Traits of Dragon Fruit Cultivars Grown in Puerto Rico. *HortTechnology*, 30(6), 803–808. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04699-20>
- Gómez-Hinostrosa, C., Hernández, H. M., Terrazas, T., & Correa-Cano, M. E. (2014). Studies on Mexican Cactaceae. V. Taxonomic notes on *Selenicereus tricae*. *Brittonia*, 66(1), 51–59. <http://www.jstor.org/stable/24692673>
- González Espino, S. E., & Alvarado Ruíz, J. C. (2004). *Utilización de caracteres cualitativos y cuantitativos determinantes en la variación fenotípica de pitahaya (Hylocereus undatus Britt y Rosse), que permiten proponer una guía de descriptores* [Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional Agraria (UNA)]. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1872>
- Grimaldo-Juárez, O., Suárez-Hernández, Á. M., Ceceña-Durán, C., & González-Mendoza, D. (2018). Diversidad morfológica de semilla y fruto de diez colectas mexicanas de *Lagenaria siceraria*. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 63. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.28205>
- Hamidah, Tsawab, H., & Rosmanida. (2017). *Analysis of Hylocereus spp. diversity based on phenetic method*. 020012. <https://doi.org/10.1063/1.4985403>
- Hernández Villarreal A. E. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), 113–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.05>
- INEGI. (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010, Molcaxac, Puebla. In INEGI (Ed.), *Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3., clave geoestadística 21098*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.inegi.org.mx/contenidos/ap/mexicocifras/datos_geograficos/21/21098.pdf
- Jalgaonkar, K., Mahawar, M. K., Bibwe, B., & Kannaujia, P. (2022). Postharvest Profile, Processing and Waste Utilization of Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.): A Review. *Food Reviews International*, 38(4), 733–759. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1742152>
- Jiménez-Durán, K., & Cruz-García, F. (2011). Incompatibilidad sexual, un mecanismo genético que evita la autofecundación y contribuye a la diversidad vegetal sexual incompatibility, a genetic mechanism that prevents self-fertilization and contributes to plant diversity. In *Artículo de Revisión Rev. Fitotec. Mex* (Vol. 34, Issue 1).
- Lachenaud, P., Bonnot, F., & Oliver, G. (1999). Use of floral descriptors to study variability in wild cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) in French Guiana. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46(5), 491–500. <https://doi.org/10.1023/A:1008763321959>
- Le Bellec, F., & Vaillant, F. (2011). Pitahaya (pitaya) (*Hylocereus* spp.). In *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (pp. 247–273e). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857092618.247>
- Legaria Solano Juan Porfirio, María Elisa Alvarado Cano, & Ricardo Gaspar Hernández. (2005). Diversidad Genética en Pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth. Britton y Rose). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3), 179–185. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.redalyc.org/pdf/610/61028301.pdf>
- Lichtenzweig, J., Abbo, S., Nerd, A., Tel-Zur, N., & Mizrahi, Y. (2000). Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. *American Journal of Botany*, 87(7), 1058–1065. <https://doi.org/10.2307/2657005>
- López-Santiago, J., Nieto-Ángel, R., Barrientos-Priego, A. F., Rodríguez-Pérez, E., Colinas-Leon, M. T., Borys, M. W., & González-Andrés, F. (2008). Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus* spp.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 14(2), 97–111. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000200002&lng=es&tlng=es.
- Meráz Alvarado Ma. del Refugio, Manuel Ángel Gómez Cruz, & Rita Schwentesius Rindermann. (2003). Pitahaya de México - Producción y comercialización en el contexto internacional. In C. A. Flores Valez (Ed.), *Pitayas y pitahayas. Producción, poscosecha*,

- industrialización y comercialización*. (Primera edición, pp. 1–175). CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo.
- Montesinos Cruz, J. A., Rodríguez-Larramendi, L., Ortiz-Pérez, R., Fonseca-Flores, M. de los Á., Ruíz Herrera, Giovanni., & Guevara-Hernández, Francisco. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 67–76. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500007&lng=es&tlng=es.
- Morillo Coronado, A. C. (2016). Morphological Characterization of *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran in the Province of Lengupá / Morphological Characterization of *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran in the Province of Lengupá. *Ciencia En Desarrollo*, 7(2), 23–34. <https://doi.org/10.19053/01217488.v7.n2.2016.4072>
- Morillo-Coronado, A. C., Manjarres Hernández, E. H., & Forero-Mancipe, L. (2021). Phenotypic Diversity of Morphological Characteristics of Pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.) Germplasm in Colombia. *Plants*, 10(11), 2255. <https://doi.org/10.3390/plants10112255>
- Ortiz-Hernández, Y. D., & Carrillo-Salazar, J. A. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 220–237. <https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/334/151>
- Pedersen, O., Sauter, M., Colmer, T. D., & Nakazono, M. (2021). Regulation of root adaptive anatomical and morphological traits during low soil oxygen. *New Phytologist*, 229(1), 42–49. <https://doi.org/10.1111/nph.16375>
- Quevedo Guerrero, J. N., Ramírez Villalobos, M., Zhiminaicela Cabrera, J., Noles León, M. J., Quezada Hidalgo, C., & Aguilar Flores, S. (2020). Diversidad morfoagronómica: caracterización de 650 árboles de *Theobroma cacao* L. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 14–21.
- Ramírez Ortiz, M. E. (2017). *Propiedades funcionales de hoy* (M.E. Ramírez Ortiz, Ed.). Omnia Science. <https://doi.org/10.3926/oms.361>
- Rosales-Bustamante, E. P., Luna-Morales, C. del C., & Cruz-León, A. (2009). Clasificación y selección tradicional de pitaya (*Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb.) en Tianguistengo, Oaxaca y variación morfológica de cultivares. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(1), 75–82.
- Sánchez-Mejorada R., H. (1984). Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. En *Aprovechamiento del pitayo*. ITAO Oaxaca, UAM. México, 621.
- Silva, A. D. C. C. DA, Sabião, R. R., Chiamolera, F. M., Segantini, D. M., & Martins, A. B. G. (2017). Morphological traits as tool to verify genetic variability of interspecific dragon fruit hybrids. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(1). <https://doi.org/10.1590/0100-29452017168>
- Silva, A. de C. correia da, Martins, A. B. G., & Cavallari, L. de L. (2011). Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1162–1168. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400014>
- Sudarjat Leovika, A., Suminar, E., Isnaniawar, V., Abdilah Ha, M., Albi Fauzi, A., & Mubarok, S. (2018). Morphological Characterization and Adaptation of Four Dragon Fruit Genotypes in Pangandaran Regency of Indonesia. *Asian Journal of Plant Sciences*, 18(1), 21–25. <https://doi.org/10.3923/ajps.2019.21.25>
- Tel-Zur, N., Mizrahi, Y., Cisneros, A., Mouyal, J., Schneider, B., & Doyle, J. J. (2011). Phenotypic and genomic characterization of vine cactus collection (Cactaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(7), 1075–1085. <https://doi.org/10.1007/s10722-010-9643-8>
- UPOV: Internacional para la protección de las obtenciones vegetales. (2010, December 10). *S TG/DRAGON (proj.5) Proyecto pitahaya*. Chrome-Extension://Efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/Https://Www.Upov.Int/Edocs/Mdocs/Upov/Es/Tc/47/Tg_dragon_proj_5.Pdf. chrome-

Recibido:
12/octubre/2024

Aceptado:
6/junio/2025

- extension://efaidnbmnnnibpcajpegglefindmkaj/https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/es/tc/47/tg_dragon_proj_5.pdf
- Vallester-Cruzata, R., Caridad M. Noriega-Carrera, David Zamora-Blanco, Hugo Marcelino Oliva-Díaz., Miguel Falcón-Figueroa, Yoandy Rodríguez-Castro, Martha R. Hernández-Zaldívar, Lázaro Ramos-Gourrie, & Alex Pérez-Borges. (2021). la pitahaya o fruta dragón: The pitahaya or dragon fruit. *El fruticultor, CitriFrut.*, 38(1), 57–64.
- Vargas, Y., Pico, J., Díaz, A., Sotomayor, D., Burbano, A., Caicedo, C., Paredes, N., Congo, C., Tinoco, L., Bastidas, S., Chuquimarca, J., Macas, J., & Viera, W. (2020). *Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana*. (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias., Ed.; Primera edición, Vol. 117). https://www.researchgate.net/publication/343224125_Manual_del_Cultivo_de_Pitahaya_para_la_Amazonia_Ecuatoriana#fullTextFileContent
- Vegas Albino, D. P., Bracamonte Guevara, O., & Valladolid Cavero, A. (2015). Caracterización morfológica de seis variedades parentales de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y trece cruzas obtenidas de un plan de hibridación. *Revista Peruana de Biología*, 22(2), 175–192. <https://doi.org/10.15381/rpb.v22i2.11352>
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439–453. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>