

SEP

# POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768

ISSN 2395-9525



Núm. 61

Ciencia y  
Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,  
Tecnología e Innovación

Enero 2026



Enero 2026

Núm. 61

POLIBOTÁNICA



## PÁG.

## CONTENIDO

- 1 La familia *Buxaceae* en México  
The *Buxaceae* family in Mexico  
Rafael Fernández N. | María de la Luz Arreguín Sánchez
- 23 Riqueza de epífitas vasculares en la reserva El Peñón, municipio de Valle de Bravo, Estado de México, México  
Vascular epiphyte richness in The Peñón reserve, municipality of Valle de Bravo, Estado de México, Mexico  
Ivonne Gomez | Bruno Téllez | Adolfo Espejo-Serna | Ana Rosa López-Ferrari
- 55 Variación de umbrales dnbr y rbr en la detección de incendios forestales en el área Iztaccíhuatl-Popocatepetl México  
Variation of dnbr and rbr thresholds in forest fire detection in the Iztaccíhuatl-Popocatepetl area, Mexico  
Ederson Steven Cobo Muelas | Pablito Marcelo López Serrano | Daniel José Vega Nieva | Jose Javier Corral Rivas | José López García | Lilia de Lourdes Manzo Delgado
- 75 Dinámica fenológica mensual de especies de bosque mixto.  
Monthly phenological dynamics of mixed forest species.  
Cynthia Judith Carranza Ojeda | Juan Antonio Reyes Agüero | Carlos Alfonso Muñoz Robles | Anuschka Van't Hooft | Jorge Alberto Flores Cano | José Villanueva Díaz
- 101 Servicios ecosistémicos de provisión en comunidades de pueblos Otomí y Matlazincas del Estado de México, México  
Provision of ecosystem services in indigenous communities in the State of Mexico, Mexico  
Laura White-Olascoaga | David García-Mondragón | Carmen Zepeda-Gómez
- 115 Comparación de tasas de respiración del suelo en ecosistemas agrícola, agostadero y urbano en una zona semiárida en Juárez, Chihuahua, México  
Comparison of soil respiration rates in agricultural, rangeland, and urban ecosystems at semiarid areas in Juárez, Chihuahua, Mexico  
Juan Pedro Flores Margez | Alejandra Valles Rodríguez | Pedro Osuna Avila | Dolores Adilene Garcia Gonzalez
- 133 Caracterización ecológica de la zona de proliferación del hongo blanco de pino (*Tricholoma mesoamericanum*) en “El Guajolote” Hidalgo, México  
Ecological characterization of the fruiting area of the pine white mushroom (*Tricholoma mesoamericanum*) in “El Guajolote” Hidalgo, Mexico  
Alvaro Alfonso Reyes Grimaldo | Ramón Razo Zárate | Oscar Arce Cervantes | Magdalena Martínez Reyes | Jesús Pérez Moreno | Rodrigo Rodríguez Laguna
- 145 Influencia de la variabilidad climática y del fenómeno ENOS en el crecimiento radial de *Pinus rzedowskii* y *P. martinezii* en Michoacán, México  
Influence of climate variability and the ENSO phenomenon on the radial growth of *Pinus rzedowskii* and *P. martinezii* in Michoacán, Mexico  
Ulises Manzanilla Quiñones | Patricia Delgado Valerio | Teodoro Carlón Allende
- 165 Caracteres morfométricos y patrones de germinación de semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. de diferentes procedencias  
Morphometric characteristics and germination patterns of *Pinus pseudostrobus* Lindl. seeds from different sources  
Daniel Madrigal González | Nahum Modesto Sánchez-Vargas | Mariela Gómez-Romero | María Dolores Uribe-Salas | Alejandro Martínez-Palacios | Selene Ramos-Ortiz
- 181 Germinación de *Ormosia macrocalyx* Ducke (Fabaceae), árbol nativo en peligro de extinción  
Germination of *Ormosia macrocalyx* Ducke (Fabaceae), an endangered native tree  
Brenda Karina Pozo Gómez | Carolina Orantes García | Dulce María Pozo Gómez | Alma Gabriela Verdugo Valdez | María Silvia Sánchez Cortés | Rubén Antonio Moreno Moreno
- 193 Propagación in vitro de callos de morera (*Morus alba* L.) como alternativa alimenticia para larvas de gusanos de seda (*Bombyx mori*)  
In vitro propagation of *Morus alba* L. calli as an alternative feed for silkworm (*Bombyx mori*) larvae  
Alma Rosa Hernández Rojas | José Luis Rodríguez-de la O | Alejandro Rodríguez-Ortega | Elvis García-López | Manuel Hernández-Hernández | Jessica Lizbeth Sebastián-Nicolás | Rosita Deny Romero-Santos
- 205 Mejoras en un método comercial de extracción de ADN para obtener extractos de ácido nucleico de alta calidad a partir de yemas vegetativas de *Populus tremuloides* Michx.  
Improvements to a commercial DNA extraction method for high-quality nucleic acid extractions from *Populus tremuloides* Michx. vegetative buds  
Cecilia Gutierrez | Marcelo Barraza Salas | Ilga Mercedes Porth | Christian Wehenkel
- 221 Crecimiento de plántulas de *Laelia autumnalis* y *Encyclia cordigera* en función de la concentración de sacarosa y carbón activado.  
Growth of *Laelia autumnalis* and *Encyclia cordigera* seedlings as a function of sucrose and activated charcoal concentration  
Marcela Cabañas Rodríguez | María Andrade Rodríguez | Oscar Gabriel Villegas Torres | Iran Alia Tejacal | Porfirio Juarez López | José Antonio Chávez García
- 235 Dinámica fenologica mensual de especies de bosque mixto  
Montly phenological dynamics of mixed forest species  
Andrea Cecilia Acosta-Hernández | Eduardo Daniel Vivar Vivar | Marin Pompa-García



PÁG.

CONTENIDO

- 259 Efecto de hongos micorrízicos arbusculares sobre la supervivencia y el crecimiento de plantas de *Dalbergia congestiflora* propagadas in vitro y por semilla en condiciones de invernadero  
Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the survival and growth of *Dalbergia congestiflora* plants propagated in vitro and from seed under greenhouse conditions  
Enrique Ambríz | Carlos Juan Alvarado López | Yoshira López Antonio | Hebert Jair Barrales Cureño | Rafael Salgado Garciglia | Alejandra Hernández García
- 273 Crioconservación de explantes florales encapsulados de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante deshidratación y vitrificación  
Cryopreservation of encapsulated floral explants of cacao (*Theobroma cacao* L.) by dehydration and vitrification  
Eliud Rodríguez Olivera | Leobardo Iracheta Donjuan | José Luis Rodríguez de la O | Carlos Hugo Avendaño Arrazate
- 295 Análisis de la diversidad genética en cacao (*Theobroma cacao* L.) y pataxte (*T. bicolor* Humb. & Bonpl.) de los estados de Tabasco y Chiapas, México  
Genetic diversity analysis in cocoa (*Theobroma cacao* L.) and pataxte (*T. bicolor* Humb. & Bonpl.) from Tabasco and Chiapas, Mexico  
Fernanda Sarahi Hernández Montes | Guadalupe Concepción Rodríguez Castillejos | Guillermo Castañón Nájera | Octelina Ruiz Castillo | Christian Asur Christian Asur | Hernán Wenceslao Araujo Torres | Régulo Ruíz Salazar
- 311 Respuesta morfogénica de *Agave angustifolia* al gradiente auxina-citocinina durante el desarrollo de embriones somáticos indirectos  
Morphogenetic response of *Agave angustifolia* to the auxin-cytokinin gradient during the development of indirect somatic embryos  
Jesús-Ignacio Reyes-Díaz | Rosa María Nava-Becerril | Amaury-Martín Arzate-Fernández
- 329 Efecto del ácido salicílico en el incremento de biomasa y azúcares reductores en *Agave cupreata* y *Agave salmiana*  
Effect of salicylic acid on increase of biomass and reducing sugars in *Agave cupreata* and *Agave salmiana*  
Hilda Guadalupe GARCÍA NÚÑEZ | Amaury Martín Arzate-Fernández | Ana María Roque-Otero | Martín Rubí-Arriaga | Aurelio Domínguez-López
- 343 Contribución al conocimiento tradicional sobre el uso y manejo de los recursos vegetales en el municipio de Malinalco, Estado de México, México.  
Contribution to traditional knowledge of plant resource use and management in Malinalco, State of Mexico, Mexico  
Margarita Micaela Avila Uribe | Blanca Margarita Berdeja-Martínez | Ana María Mora-Rocha | Yajaira Cerón-Reyes | Karla Mariela Hernández-Sánchez | María Eugenia Ordorica Vargas | Lidia Cevallos-Villanueva
- 365 La agrobiodiversidad del agroecosistema traspatio como estrategia contra la pobreza extrema en Platón Sánchez, Veracruz, México  
Agrobiodiversity in the backyard agroecosystem as a strategy against extreme poverty in Platon Sanchez, Veracruz, Mexico  
Rubén Purroy-Vásquez | Gregorio Hernández-Salinas | Jorge Armida-Lozano | Alejandro Llaguno-Aguñaga | Karla Lissete Silva-Martínez | Nicolás Francisco Mateo-Díaz
- 385 Quelites entre cocineras tradicionales nahuas y totonacas de la Sierra Norte de Puebla, México  
Quelites among nahua and totonac traditional cooks from the Northern Sierra of Puebla, Mexico  
Victoria Ortiz-Trápala | Heike Vibrans | María Edelmira Linares-Mazari | Diego Flores-Sánchez
- 409 *Litsea glaucescens* y *Clinopodium macrostemon* recursos forestales no maderables en mercados tradicionales de los Valles Centrales de Oaxaca  
*Litsea glaucescens* and *Clinopodium macrostemon* non-timber forest resources in traditional markets of the Central Valleys of Oaxaca  
Domitila Jarquín-Rosales | Gisela Virginia Campos Angeles | Valentín José Reyes-Hernández | Salvador Lozano-Trejo | Juan José Alpuche-Osorno | Gerardo Rodríguez-Ortiz
- 427 Sistemas verticales rústicos para la producción de alimentos en espacios limitados: un aporte a la seguridad alimentaria familiar  
Rustic vertical home gardens for food production in limited spaces: a contribution to household food security  
Pablo Yax-Lopez | Kevin Manolo Noriega Elías | Jorge Rubén Sosof Vásquez
- 443 Orquídeas silvestres comercializadas en cinco mercados tradicionales de Oaxaca, México  
Wild orchids sold in five traditional markets in Oaxaca, Mexico  
María Hipólita Santos Escamilla | Gisela Virginia Campos Angeles | José Cruz Carrillo Rodríguez | Nancy Gabriela Molina Luna
- 457 Proceso artesanal de elaboración de jabón de corozo (*Attalea butyracea* (Mutis ex L.F.) Wess. Boer) en la región de la Chontalpa, Tabasco, México  
Artisanal process of making corozo soap (*Attalea butyracea* (Mutis ex L.F.) Wess. Boer) in the Chontalpa region, Tabasco, Mexico  
Elsa Chávez García
- 479 La comercialización de plantas del bosque tropical caducifolio y su importancia cultural en el centro de México  
The commercialization of tropical deciduous forest plants and their cultural importance in central Mexico  
Ofelia Sotelo Caro | Alejandro Flores Palacios | Susana Valencia Díaz | David Osvaldo Salinas Sánchez | Rodolfo Figueroa Brito

# POLIBOTÁNICA

Núm. 61

ISSN electrónico: 2395-9525

Enero 2026

## Portada



Sistema de cultivo vertical integrado por módulos contenedores uniformes que albergan diversas especies herbáceas y foliares. La disposición estratificada optimiza el uso del espacio y favorece la eficiencia en la captación de luz, mientras que la heterogeneidad morfológica de las plantas evidencia la plasticidad fenotípica asociada a condiciones de cultivo intensivo en ambientes urbanos. Este sistema representa una forma de infraestructura verde orientada a la producción vegetal sustentable y a la mejora microclimática en entornos metropolitanos.

BA vertical cultivation system composed of uniform container modules housing a variety of herbaceous and foliage plant species. The stratified arrangement optimizes space use and enhances light capture efficiency, while the morphological heterogeneity of the plants reflects phenotypic plasticity under intensive cultivation conditions in urban environments. This system represents a form of green infrastructure aimed at sustainable plant production and microclimate improvement in metropolitan settings.

por/by  
Rafael Fernández Nava

# 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*  
Universidade Estadual de Feira de Santana  
Feira de Santana, Brasil

*Noemí 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](http://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 Ruíz*

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: *M. en C. Javier Tapia Santoyo*

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

## ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director:

*Dr. Isaac Juan Luna Romero*

Subdirectora Académica:

*Biol. Elizabeth Guarneros Banuelos*

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

*Lic. Edgar Gregorio Cárcamo Villalobos*

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

*Biól. Gonzalo Galindo Becerra*

---

**POLIBOTÁNICA**, Año 30, No. 61, enero 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](mailto:polibotanica@gmail.com)

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

# EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN EL INCREMENTO DE BIOMASA Y AZÚCARES REDUCTORES EN *Agave cupreata* Y *Agave salmiana*

## EFFECT OF SALICYLIC ACID ON INCREASE OF BIOMASS AND REDUCING SUGARS IN *Agave* *cupreata* AND *Agave salmiana*

García-Núñez, H.G., A.M. Arzate-Fernández, A.M. Roque-Otero, M. Rubí-Arriaga, A. Domínguez-López  
EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN EL INCREMENTO DE BIOMASA Y AZÚCARES REDUCTORES EN  
*Agave cupreata* Y *Agave salmiana*  
EFFECT OF SALICYLIC ACID ON INCREASE OF BIOMASS AND REDUCING SUGARS IN *Agave cupreata*  
AND *Agave salmiana*

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 61: 329-342 México. Enero 2026

DOI: 10.18387/polibotanica.61.19



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

## Efecto del ácido salicílico en el incremento de biomasa y azúcares reductores en *Agave cupreata* y *Agave salmiana*

### Effect of salicylic acid on increase of biomass and reducing sugars in *Agave cupreata* and *Agave salmiana*

Hilda Guadalupe García  
Núñez, Amaury Martín Arzate-  
Fernández, Ana María Roque-  
Otero, Martín Rubí-Arriaga,  
Aurelio Domínguez-López

EFFECTO DEL ÁCIDO  
SALICÍLICO EN EL  
INCREMENTO DE  
BIOMASA Y AZÚCARES  
REDUCTORES EN *Agave*  
*cupreata* Y *Agave salmiana*

EFFECT OF SALICYLIC  
ACID ON INCREASE OF  
BIOMASS AND REDUCING  
SUGARS IN *Agave cupreata*  
AND *Agave salmiana*

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 61: 329-342. Enero 2026

DOI:  
10.18387/polibotanica.61.19

Hilda Guadalupe García-Núñez <https://orcid.org/0000-0002-3758-8114>

Amaury Martín Arzate-Fernández / [amaury1963@yahoo.com.mx](mailto:amaury1963@yahoo.com.mx) 

<https://orcid.org/0000-0001-8603-0099>

Ana María Roque-Otero

Martín Rubí-Arriaga

Aurelio Domínguez-López

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento,  
Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México,  
Km 11.5 Carretera Toluca- Ixtlahuaca, 50200, Toluca, Estado de México  
C.P. 50200 Toluca, México

**RESUMEN:** El agave es una planta suculenta rica en azúcares naturales lo que la hace ideal para la producción de bebidas espirituosas, entre las que destaca el tequila, mezcal, bacanora y pulque. La principal materia prima para producir estas bebidas son las piñas o tallos que contienen azúcares fermentables. La cantidad y tipo de azúcares contenidos en el tallo determina la calidad del alcohol producido en estas plantas. La producción del agave es limitada debido a que, su ciclo reproductivo es muy largo (7-35 años) y dependiendo de la especie, dichas piñas se cosechan cuando alcanzan la madurez óptima. Ante esta problemática, es importante buscar estrategias eficientes y ecológicas para acelerar el crecimiento y biomasa de estas plantas, en este sentido se ha reportado que el ácido salicílico (AS) es una hormona vegetal que juega un papel muy importante en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, participa en algunos mecanismos que influyen en el incremento de la biomasa. Por lo que, su aplicación podría potenciar el metabolismo del agave. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de AS en el crecimiento, incremento de biomasa y azúcares reductores en plantas de *Agave cupreata* y *A. salmiana*, cultivadas en un sistema semi-hidropónico bajo condiciones de invernadero, donde todas las plantas se evaluaron plantas en igualdad de condiciones de nutrición. Después de 8 meses de cultivo, se colectaron tanto las hojas, tallos como la raíz de las plantas para evaluar el efecto del AS en las características morfológicas, así como la cantidad de materia orgánica seca y cuantificación de azúcares reductores. El AS tuvo un efecto diferencial en las dos especies de agave evaluadas; en el tallo de *A. cupreata* se observó un incremento significativo en la materia orgánica seca cuando se aplicó 1  $\mu$ M, mientras que en *A. salmiana* mostró una alta concentración de materia seca orgánica en la raíz cuando se aplicó 3.6  $\mu$ M de AS. El incremento significativo de azúcares reductores (72 g/100 g) se presentó en el tallo y hojas de *Agave salmiana* con 1  $\mu$ M de AS, siendo la hoja la que mostró el mayor incremento de biomasa en ambas especies de agave. El crecimiento, la biomasa y la concentración de azúcares reductores disminuyeron como un efecto negativo con la concentración más alta de AS (7.2  $\mu$ M). En este estudio, la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico demostró influir positivamente en el incremento de la biomasa y en la cantidad de azúcares reductores de las plantas de agave, mientras que en concentraciones altas el AS produce un efecto inhibitorio de estas variables. Por otra parte, la producción de plantas de agave bajo condiciones de invernadero en sistemas semi-hidropónicos, es una estrategia que puede ayudar a las plantas a potenciar su velocidad de crecimiento e incrementar su biomasa lo cual implica, la obtención de azúcares reductores en menos tiempo, al hacer más eficiente la

fotosíntesis, además, optimiza el ahorro del agua en el riego, como una estrategia ecológica que ayuda a cuidar este recurso natural. Este estudio constituye el primer reporte de la aplicación de AS en plantas con metabolismo CAM.

**Palabras clave:** Agave, Biomasa, Ácido salicílico, Azúcares.

**ABSTRACT:** Agave is a succulent plant rich in natural sugars, making it ideal for the production of spirits, most notably tequila, mezcal, bacanora, and pulque. The main raw material for producing these beverages is the stem, or heart of the agave, which contain fermentable sugars. The quantity and type of sugars in the stem determine the quality of the alcohol produced. Agave production is limited because its reproductive cycle is very long (7-35 years), and depending on the species, the stems are harvested when they reach optimal maturity. Given this limitation, it is important to seek efficient and ecological strategies to accelerate the growth and biomass of these plants. In this regard, salicylic acid (SA) has been reported as a plant hormone that plays a crucial role in regulating plant growth and development. Furthermore, it participates in some mechanisms that influence biomass increase. Therefore, its application could enhance agave metabolism. The objective of this study was to evaluate the effect of different concentrations of salicylic acid (AS) on the growth, biomass increase, and reducing sugars in *Agave cupreata* and *A. salmiana* plants cultivated in a semi-hydroponic system under greenhouse conditions, where all plants were evaluated under identical nutritional conditions. After 8 months of cultivation, leaves, stems, and roots were collected to assess the effect of AS on morphological characteristics, as well as the amount of dry organic matter and reducing sugars. AS had a differential effect on the two agave species evaluated; in the stem of *A. cupreata*, a significant increase in dry organic matter was observed when 1  $\mu\text{M}$  was applied, while in *A. salmiana*, a high concentration of dry organic matter was observed in the root when 3.6  $\mu\text{M}$  of AS was applied. A significant increase in reducing sugars (72 g/100 g) was observed in the stem and leaves of *Agave salmiana* with 1  $\mu\text{M}$  of salicylic acid (SA), with the leaves showing the greatest increase in biomass in both agave species. Growth, biomass, and reducing sugar concentration decreased negatively with the highest SA concentration (7.2  $\mu\text{M}$ ). In this study, the application of low concentrations of salicylic acid positively influenced the increase in biomass and reducing sugar content of agave plants, while at high concentrations, SA had an inhibitory effect on these variables. Furthermore, the production of agave plants under greenhouse conditions in semi-hydroponic systems is a strategy that can help plants accelerate their growth rate and increase their biomass. This translates to faster production of reducing sugars by making photosynthesis more efficient. Additionally, it optimizes water conservation during irrigation, serving as an environmentally friendly strategy to help protect this natural resource. This study constitutes the first report of the application of SA and semi-hydroponic systems in plants with CAM metabolism.

**Key words:** Agave, Biomass, Salicylic Acid, Sugars.

## INTRODUCCIÓN

En México, los agaves tienen una amplia importancia económica, agroecológica y cultural debido a sus múltiples usos (Mendoza-García, 2007), dentro de los cuales destaca la variedad de bebidas alcohólicas hechas a partir de la fermentación del azúcar en el agave y su destilación. La demanda de la producción del agave se ha centrado en la fabricación y preparación de bebidas como el tequila, mezcal, bacanora y el pulque. La principal materia prima para producir estas bebidas es la piña o tallo que contiene azúcares fermentables. El tipo y la cantidad de azúcares contenidos en el tallo determinan el volumen y calidad del alcohol, así como los compuestos que confieren las características sensoriales del producto, lo cual puede medirse en °Brix. Los grados Brix son una unidad indicadora del grado de concentración de azúcar y se expresa como: gramos de azúcar en 100 gramos de solución. En la madurez óptima un agave alcanza de 24 a 28 °Brix aproximadamente, este parámetro varía dependiendo de la etapa de crecimiento y especie de agave. La producción de esta especie se limita a su ciclo productivo que es muy largo, algunas especies alcanzan su madurez hasta los 7 ó 35 años. Debido a esta situación, los productores

utilizan agaves de diferentes edades para complementar la demanda de mezcal y pulque. Esta práctica deriva en una diferencia de contenido de azúcares acumulados en el tallo acaule de las plantas, aunado al incremento de los costos de producción. Ante esta problemática es importante generar estrategias que permitan potenciar el crecimiento, desarrollo y biomasa del agave para incrementar el contenido de azúcares reductores en un ciclo productivo más corto. En este sentido, se ha reportado que el ácido salicílico (AS) es un regulador del crecimiento y su aplicación puede potenciar el incremento de la biomasa y azúcares reductores (Larqué-Saavedra & Martín-Mex, 2007). Así mismo, se ha reportado que, al aplicar AS, se observó un incremento radical en el tamaño de las plantas y en consecuencia un aumento en la productividad del cultivo (Martín-Mex *et al.*, 2013). En un estudio, Arrazola-Cárdenas *et al.* (2020), utilizaron diferentes frecuencias entre los riegos y varias concentraciones de solución nutritiva para mejorar la calidad del cultivo de trigo y obtuvieron resultados exitosos. En otro estudio reportado por Sánchez-Mendoza y Bautista-Cruz (2022) en donde aplicaron fertilizantes de liberación lenta y fitohormonas en el crecimiento de *Agave angustifolia* Haw, obtuvieron un incremento de la biomasa. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de AS en el crecimiento, en el incremento de biomasa y azúcares reductores en plantas de *Agave cupreata* y *A. salmiana*, cultivadas en un sistema semi-hidropónico bajo condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Establecimiento de los sistemas semi-hidropónicos

Se construyeron cuatro sistemas semi-hidropónicos, para cada uno se utilizaron tubos de PVC hidráulico (19 mm de diámetro) los cuales fueron cortados y unidos en forma de un cubo para sostener en la parte superior a seis tubos (75 mm), con un espacio de 8 cm entre cada uno de los tubos, cada tubo en la parte superior con cuatro perforaciones de un diámetro de 10 cm en los cuales se colocaron las plántulas de *Agave cupreata* y *A. salmiana*, cada sistema con capacidad para 40 plantas (Figura 1). En la parte superior se colocó un despachador con seis mangueras, por las cuales circuló la solución nutritiva (en ppm, mg/L: N=166.01, P=31.35, K=277.38, Ca=182.06, Mg=49.08, S=110.89, Fe=1.33, Cu=0.00065, Mn=0.201 y Zn= 0.03), pH 5.8-6.0, C.E. 1.5-2.5 dS/m según lo reportado por (Castañeda-Cervantes & Arzate-Fernández, 2025) en un contenedor de 40 L y dentro de éste una bomba sumergible de agua con una capacidad de 300 L/h y 65 w, para recircular el agua al sistema y una bomba de aire con una capacidad de 60 L. Se utilizó un DATA LOG GSP-8 para el monitoreo de temperatura y humedad en el invernadero, el cual registró una temperatura promedio de 15.3° C, una máxima de 43.8° C, y una mínima de -2.9° C, y una humedad promedio de 75.2%, en un período de 12 meses.





**Figura 1.** Sistema semi-hidropónico de PVC con capacidad para 40 plantas.  
**Figure 1.** Semi-hydroponic PVC system with capacity for 40 plants.

### Origen y germinación de la semilla

En el presente estudio se utilizaron semillas de *Agave cupreata* y *A. salmiana*, colectadas en el Estado de Guerrero en 2021 y almacenadas en el banco de semillas del Laboratorio de Biología Molecular Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Para la germinación de las semillas se preparó un sustrato a base de turba, agrolita y fibra de coco en una proporción 1:1:1, se homogenizó y esterilizó en una autoclave a 120 °C durante 20 min a una presión de 1.1 kg/cm<sup>2</sup>. Posteriormente, se colocó una capa de 5 cm de altura del sustrato en una charola germinadora de 25x40 cm., y se colocaron las semillas previamente desinfectadas en hipoclorito de sodio al 5% v/v durante 3 min (Rodríguez-García *et al.* 2020), y encima del sustrato, sobre las semillas, se colocó una capa delgada de ocoxal de pino, y finalmente se regó con suficiente agua para que el sustrato estuviera húmedo.

### Trasplante de las plántulas a los sistemas semi-hidropónicos

A partir de la cuarta semana de germinación, apareció la primera hoja o penca en las plántulas de agave, estas fueron desinfectadas durante 10 min en agua con ozono, posteriormente fueron transferidas a vasos de plástico biodegradable con una capacidad de 200 mL, los cuales fueron perforados 5 mm de diámetro en la base y se introdujo un hilo-estambre de 15 cm que ayudó a absorber el agua por capilaridad, cada vaso se llenó con sustrato a base de 100% tepojal con un

diámetro de partícula de 2 mm, enseguida fueron establecidos en un sistema semi-hidropónico para el crecimiento y endurecimiento de las plantas.

### Riego de las plantas y tratamientos

En cada sistema semi-hidropónico se colocaron 24 plantas creciendo con las mismas características físicas (edad, vigor), además todas con el mismo sustrato, solución nutritiva y la misma frecuencia de riegos tres veces al día (por la mañana, en la tarde y por la noche, cada riego durante 15 min de lunes a sábado) durante 2 meses. Después de este período se establecieron los tratamientos con tres concentraciones de Ácido salicílico (1.0, 3.6 y 7.2  $\mu\text{M}$ ) y el testigo (0.0  $\mu\text{M}$ ), empleando sólo agua para el tratamiento control, según la técnica descrita por (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 1998). Los tratamientos se aplicaron durante 6 meses consecutivos directamente en el contenedor del sistema semi-hidropónico.

### Análisis de las variables físicas

Después de completarse un período de 15 meses las plantas fueron extraídas de los sistemas semi-hidropónicos y se registraron los siguientes datos: número hojas, longitud y ancho de la hoja. Se midió el diámetro del tallo con un Vernier digital (Truper, CALDI- 6MP). Posteriormente, las plantas fueron seccionadas en tres partes: hoja, tallo y raíz para los análisis de biomasa y determinación de azúcares reductores en laboratorio.

### Análisis de biomasa

Se obtuvieron los pesos frescos de hoja, tallo y raíz de cada planta, con una balanza analítica (Sartorius, BP221S), después, cada una de estas muestras se colocaron en una incubadora (Felisa, Modelo FE133A) a una temperatura de 65 °C durante 72 h para eliminar la humedad. Posteriormente, las muestras se pesaron para determinar la cantidad de biomasa seca y finalmente fueron molidas hasta su pulverización con un molino eléctrico (General Electric, modelo 5XBG00G), con una criba de 20 micras. La materia orgánica seca de las hojas y tallo se depositó en un crisol de porcelana a peso constante, el cual previamente se colocó en una mufla a 550 °C durante una hora, posteriormente el crisol se puso en un desecador y se dejó enfriar a temperatura ambiente, se determinó el peso del crisol en balanza analítica y se registraron los datos como la variable A. Después se tomó una muestra representativa de 5 g previamente seca, se colocó en el crisol y se determinó el peso en la balanza analítica y se registró el dato, como la variable B. Enseguida se incineraron las muestras utilizando un mechero hasta que no emitiera humo y las paredes del crisol estuvieron blancas, entonces se introdujo el crisol, con la muestra calcinada, a la mufla a 550 °C durante 24 h; pasado el tiempo, se pasó el crisol al desecador y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente, por último se determinó el peso del crisol con la muestra calcinada y se registró el valor como la variable C.

Ecuación:

$$\text{Cenizas \%} = \frac{C - A}{B - A} \times 100$$

Donde:

A= Peso del crisol vacío en gramos

B= Peso del crisol y la muestra seca en gramos

C= Peso del crisol y la muestra calcinada en gramos

### Cuantificación de azúcares reductores

Se cuantificó la concentración de azúcares reductores por el Método DNS de Miller con algunas modificaciones. Se seleccionaron al azar muestras de hoja y de tallo de las plantas de 15 meses de edad, establecidas en los sistemas semi-hidropónicos. Las muestras se lavaron con agua corriente. En un matraz de 500 mL se disolvieron 4.8 g de NaOH (hidróxido de sodio) y se agregaron 120 mL de agua destilada, posteriormente se colocó sobre un agitador orbital, y se adicionaron 90 g de Na-K.4H<sub>2</sub>O (tartrato de sodio y potasio), finalmente se aforó hasta 240 mL con agua destilada y se homogenizó la solución. Enseguida se añadieron 3 g de DNS (ácido 3,5-

dinitrosalisílico), se agregaron 140 mL de agua destilada, se dejó en agitación 12 h, por último, se filtró la solución y se almacenó en un frasco ámbar a 4 °C. Para evaluar la concentración de azúcares reductores, se determinó una curva patrón de calibración de absorbancia en función de la concentración. Para esto, se prepararon soluciones de 0-5 mg/L, utilizando glucosa como estándar, se agregó 0.5 g de muestra y se aforó a 10 mL y se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 minutos para obtener la muestra deseada. A cada una de las muestras se aplicó el método DNS, cuya reacción se llevó a cabo en tubos de cristal de 10 mL, a los cuales se adicionaron 0.5 mL de muestra y 0.5 mL del reactivo DNS, se colocaron a ebullición durante 5 min, se enfriaron con hielo y se les añadió 5 mL de agua destilada, se homogenizó la muestra. A cada una de las muestras se les tomó una lectura de las absorbancias a una longitud de onda 540 nm en el espectrofotómetro (Genesys 10 vis) y el mismo procedimiento se realizó para el blanco para lo cual se utilizó agua destilada.

### Diseño experimental

El manejo estadístico de la información consistió en un análisis de regresión completamente al azar, para el cual se tomaron siete plantas por tratamiento incluyendo al control, de la cuales se realizaron tres repeticiones para ambas especies, la variable independiente fue la concentración del ácido salicílico (AS) y las variables dependientes fueron aquellas respuestas relacionadas con las características fenológicas (número de hojas, longitud, ancho de la hoja, diámetro del tallo y materia seca) y una variable química (azúcares reductores). Los datos obtenidos se analizaron por medio del programa estadístico Stathgraphics Plus Versión 5.0. En aquellas variables donde se presentó diferencia significativa, se realizó una prueba de comparación de medias (método DMS) con un nivel de significancia del 95%. No se realizaron pruebas adicionales con los datos que no presentaron diferencias significativas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de las variables físicas

#### Número de hojas

Los resultados de la evaluación del efecto del Ácido salicílico, en el número, la longitud y ancho de hoja así como en el diámetro del tallo de las plantas de *A. cupreata* y *A. salmiana*, mostraron lo siguiente: en ambas especies de agave, se observó la formación completa de la primera hoja a partir de la cuarta semana, después de la germinación. En la figura 2A, se puede observar la gráfica de las medias respecto al número de hojas en *A. cupreata* donde, la primera barra corresponde al tratamiento control en el cual se registraron 10 hojas por planta, mientras que, en los tres tratamientos con 1.0, 3.6 y 7.2  $\mu$ M de AS se registraron 11 hojas por planta, lo que indica que no hubo diferencias significativas entre las concentraciones aplicadas para promover la diferenciación celular en las hojas de esta especie. Sin embargo, en *A. salmiana* (Figura 2B), si hubo diferencias significativas, ya que el control mostró una media de 8.0 hojas por planta y para los tratamientos con 1.0, 3.6 y 7.2  $\mu$ M de AS, registraron una media de 9.3, 9.5 y 7.8 hojas, respectivamente, donde con la concentración de 3.6  $\mu$ M se observó el mayor número de hojas en comparación con el testigo, por lo que el AS mostró tener un efecto favorable para diferenciación celular en nuevas hojas en la planta que cuando se aplicó 1.0 y 3.6  $\mu$ M, pero la concentración de 7.2  $\mu$ M no favoreció el número de hojas en esta especie, incluso fue ligeramente menor al control el cual registró 8.2 hojas. Sin embargo, al comparar el efecto del AS en el número de hojas en ambas especies, *A. cupreata* registró una media de 11 hojas por planta y el testigo 10.2, mientras que *A. salmiana* registró 8.9 hojas por planta en promedio y su testigo 8.2, esto indica que el AS estimula de manera positiva en el desarrollo de hojas en la planta según la especie, teniendo una mejor respuesta en *A. salmiana*. Esto se debe a que el ácido salicílico es una hormona vegetal que regula el crecimiento, desarrollo, así como la respuesta al estrés oxidativo en las plantas, incluyendo el agave. Cuando el AS se encuentra dentro de la planta se encarga de bajar los niveles

de estrés, se activan los mecanismos fisiológicos y las rutas metabólicas relacionadas con la fotosíntesis (Ogunsiji *et al.*, 2023; Abdi *et al.*, 2023). Los azúcares son los productos más importantes de la fotosíntesis y la planta los distribuye de manera eficiente en toda su estructura para la formación de órganos, tales como la hoja. Es importante destacar que, si los azúcares se dirigen a las hojas jóvenes, estas crecen más rápido, es decir, entre mayor cantidad de azúcares mayor es el crecimiento de las hojas. De aquí la importancia de que el AS esté presente, pero en concentraciones adecuadas, para no inhibir su actividad. Por otra parte, a la planta le favorece tener hojas sanas y grandes, ya que de esta manera se mantiene activa la fotosíntesis y se reduce el estrés oxidativo en plantas como el agave.

### Longitud y ancho de hoja

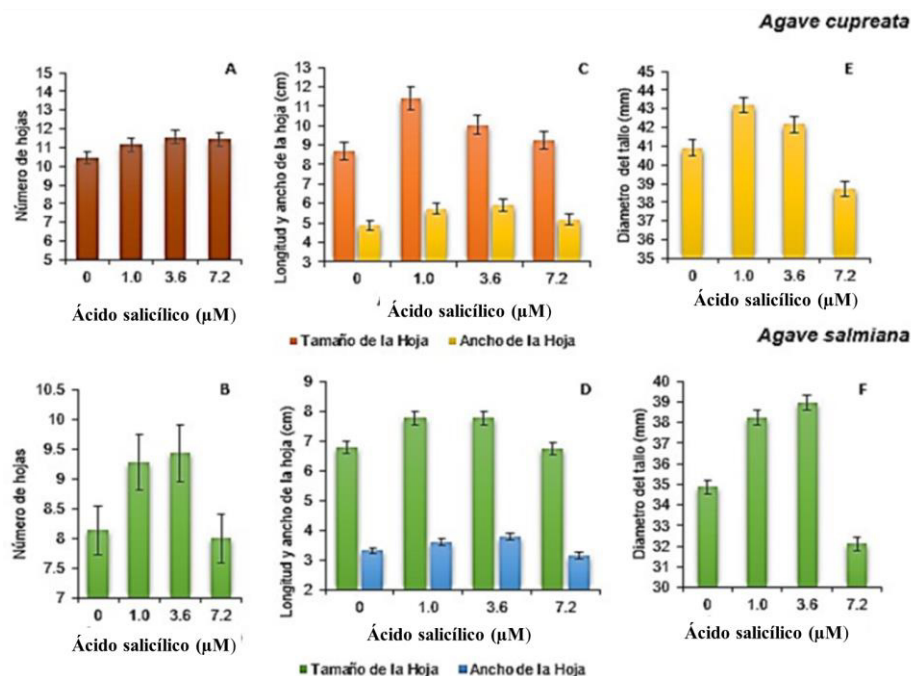
Por otra parte, en la figura 2C se puede observar el efecto del AS en la longitud (barras de color naranja) y el ancho de hoja (barras de color amarillo). En *A. cupreata* se encontró que la longitud de hoja fue mayor (11 cm) cuando se aplica una concentración de 1.0  $\mu\text{M}$  de AS, comparada con el tratamiento control (8.69 cm), esto sugiere que el AS tiene un efecto positivo en la elongación de hojas. En esta especie, también se observó que el ancho de la hoja fue ligeramente mayor cuando se aplicó 1.0  $\mu\text{M}$  y 3.6  $\mu\text{M}$  (11.7 cm y 10.2 cm, respectivamente) con respecto al control (4.86 cm), por lo tanto, no hubo diferencias significativas para esta variable entre los tratamientos, pero sí con respecto al control. Para el caso de *A. salmiana* (Figura 2D), al aplicar 1.0 y 3.6  $\mu\text{M}$  de AS la longitud de las hojas fue ligeramente mayor con 7.77 cm y 7.78 cm, respectivamente, comparado con el control (3.80 cm), sin embargo, para el ancho de hoja tampoco hubo diferencias significativas en esta especie. Así mismo se observó que, cuando se aplica una concentración de 7.2  $\mu\text{M}$  de AS hay un menor ancho de hoja, lo cual indica que, esta concentración no favorece la elongación celular en la especie, sin embargo, no existen reportes en la literatura que muestren el efecto reportado en el presente trabajo. Aunque, Anchondo-Aguilar *et al.*, (2011) demostraron que bajas concentraciones de AS favorecen la altura y el número de hojas en *Fragaria annassa*. Por otra parte, Martin-Mex *et al.* (2012) han señalado que el AS también influye positivamente en la producción de frutos en *Carica papaya* ya que, al aplicar concentraciones de 0.01  $\mu\text{M}$  incrementaron significativamente la altura y el grosor de la planta, así como el número y peso de los frutos. Estos resultados coinciden con los estudios reportados por Khoshbakht & Asgharei (2015) donde bajas concentraciones de AS influyeron en el incremento de la tasa fotosintética y en el crecimiento foliar en cítricos.

### Diámetro de tallo

El efecto del AS sobre el diámetro del tallo se puede observar en la figura 1E, en donde para *A. cupreata* se observó que al aplicar una concentración de 1.0  $\mu\text{M}$  de AS el tallo fue mayor (43.2 mm) comparando con el tallo del testigo (40.9 mm), mientras que cuando se aplicó 7.2  $\mu\text{M}$  de AS el diámetro fue menor (38.8 mm) comparando con el tallo del tratamiento testigo (40.9 mm). Por otra parte, en *A. salmiana*, cuando se aplicó 3.6  $\mu\text{M}$  de AS el diámetro del tallo fue mayor (39 cm) comparado con el control, pero cuando se aplicó 7.2  $\mu\text{M}$  el diámetro del tallo registró un valor menor comparado, sin embargo, no hubo una diferencia significativa entre estos tratamientos. Estos resultados son importantes, ya que se observó un incremento del tallo en poco tiempo, esto quiere decir que, el AS pudo promover la elongación del tallo. Esto se debe a que el AS induce la expresión de genes relacionados con la síntesis de celulosa y hemicelulosa, componentes clave de la pared celular, además, el AS aumenta la actividad enzimática de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL), lo que conduce a un aumento en la síntesis de lignina, un componente importante de la pared celular. Debido a esto, el AS puede promover o inhibir el crecimiento celular, dependiendo de la concentración. En concentraciones bajas el AS puede estimular el crecimiento celular y aumentar la biomasa. Tal como sucedió en este estudio con la aplicación de concentraciones bajas en las plantas de agave. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, el efecto del AS en el incremento de la biomasa puede variar dependiendo de la especie de la planta así como de las condiciones ambientales. En cambio, altas concentraciones pueden inhibir el crecimiento actuando como regulador negativo. Tal como se observó en los resultados del presente estudio. Esto tiene una gran influencia positiva, ya que se ha reportado



que el AS activa genes relacionados con la síntesis de la RuBisCO (Ribulosa 15, Bifosfato, Carboxilasa, Oxigenasa) y sus subunidades LSU y SSU. Esto significa que las plantas tratadas con AS pueden producir mayor cantidad de la enzima en los cloroplastos lo que favorece la apertura estomática y optimiza el intercambio gaseoso en el mesófilo de la hoja. Al aumentar la concentración interna de  $\text{CO}_2$ , la RuBisCO tiene mayor sustrato disponible para catalizar la carboxilasa, aumentando su eficiencia. Finalmente, como la RuBisCO es muy sensible al estrés oxidativo por calor, sequía o salinidad, el ácido salicílico activa enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), y peroxidasa (POD) que reducen especies reactivas de oxígeno (ROS). Esto protege la estructura y la función de la RuBisCO, evitando su degradación o su desactivación, esto implica que la producción de azúcares está segura para el tallo del agave, donde se acumulan los azúcares en forma de jugos, que servirán para la elaboración de bebidas como el mezcal y el pulque, favoreciendo la calidad y la cantidad de alcohol. Resultados similares han sido reportados por Tucuch *et al.* (2017) donde en plántulas de trigo los valores del diámetro del tallo estuvieron por encima del control al aplicar  $1.0 \mu\text{M}$  de AS. Estos resultados también coinciden con los reportes de Hayat y Ahmad (2007) donde demostraron que la aplicación de AS en bajas concentraciones favorecieron el incremento de la bioproduktividad, sobre todo en el tamaño del área foliar, así como la longitud y densidad de las raíces, bajo condiciones de invernadero. Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Khodary (2004) quien reportó que aplicaciones de  $10 \text{ mM}$  de AS en *Zea mays* aceleraron la actividad de la enzima RuBisCO, aumentando la actividad fotosintética; permitiendo un incremento en el contenido de clorofila a y b, de carotenoides y de carbohidratos; provocando un aumento también en la longitud, peso fresco y seco de la raíz; altura, biomasa seca y fresca de la parte aérea de la planta. En este estudio al analizar y comparar los resultados del efecto del AS sobre estas variables se puede decir que, la especie de *A. salmiana* respondió favorablemente en el crecimiento, número, longitud y ancho de las hojas, así como el incremento del diámetro de tallo, por lo tanto, la concentración de  $3.6 \mu\text{M}$  influye positivamente en las tres variables evaluadas.



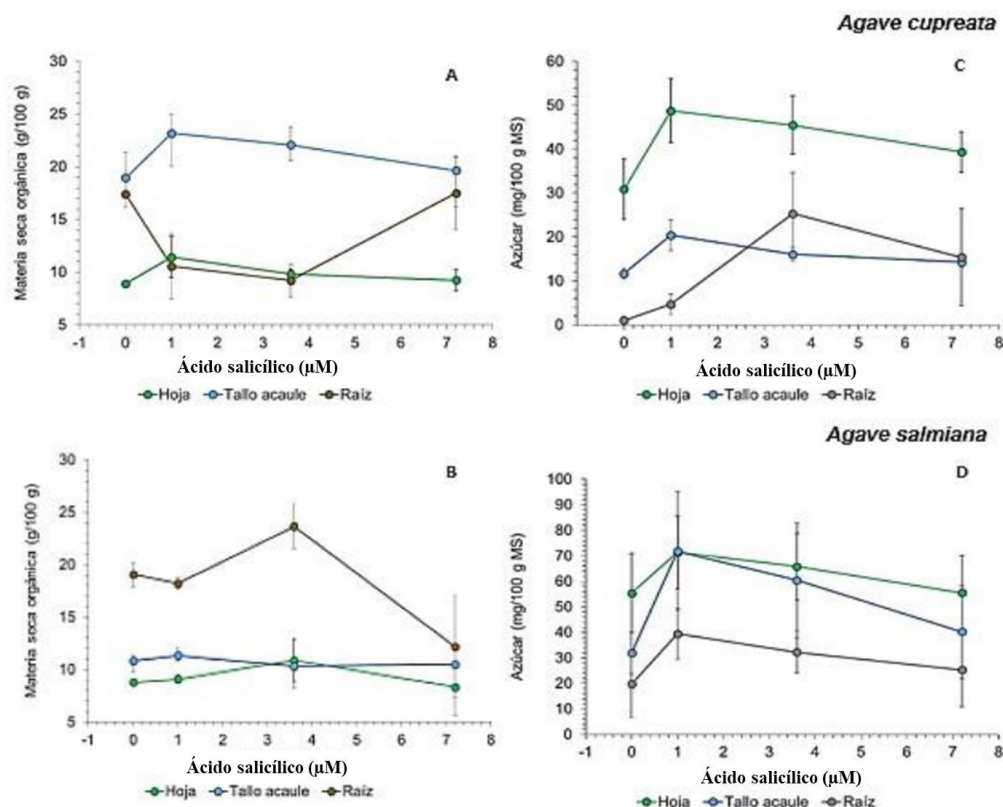
**Figura 2.** Efecto del Ácido salicílico en el número, la longitud y ancho de hoja, y el efecto en el diámetro del tallo de las plantas de *A. cupreata* y *A. salmiana*, de 15 meses de edad.

**Figure 2.** Effect of salicylic acid on the number, length and width of leaf, and the effect on stem diameter of 15-month-old *A. cupreata* and *A. salmiana* plants.

**Efecto del ácido salicílico sobre el contenido de materia seca orgánica y azúcares reductores**

Los resultados de la evaluación del efecto del AS sobre el contenido de materia seca orgánica y de azúcares reductores en *A. cupreata* mostraron diferencias significativas (Figura 3), indicando que con 1.0  $\mu\text{M}$  de AS el contenido de materia orgánica se incrementó a (23 g/100 g) en el tallo, no así para la hoja y raíz, ya que se obtuvieron valores de 10 y 11 g/100 g, respectivamente, sin embargo, cuando se aplicó el AS a una concentración de 7.2  $\mu\text{M}$  la materia orgánica seca disminuyó en el tallo y hoja, lo cual coincide con los resultados obtenidos de la formación de hojas y tamaño del tallo, donde el efecto fue negativo para la planta. Para el caso de la materia seca orgánica en *A. salmiana* (Figura 3B), en el tratamiento con 3.6  $\mu\text{M}$  de AS, se obtuvo un valor de 23 g/100 g para la raíz, en cambio para el tallo y la hoja fue de 9 y 11 g/100 g, respectivamente, muy similar a los valores del tratamiento control de ambos órganos de la planta, sin embargo, se esperaba encontrar valores altos de materia seca orgánica cuando se aplicó 1.0  $\mu\text{M}$  y coincidir con los valores registrados respecto al número de hoja y longitud de tallo. Esto se debe a que el AS favoreció la formación de las raíces laterales y el alargamiento de la raíz principal, lo que mejora la absorción del agua y nutrientes. Así como también, el AS promueve la traslocación de azúcares a las raíces aumentando el desarrollo celular. Esto también obedece a que el AS interactúa con otras fitohormonas como las auxinas y las citoquininas que coordinan la división celular, el crecimiento de raíces y brotes. Estos resultados coinciden con Gutiérrez-Coronado *et al.* (1998) quienes reportaron que, en soya la aplicación de bajas concentraciones de AS favoreció significativamente el crecimiento de la raíz.

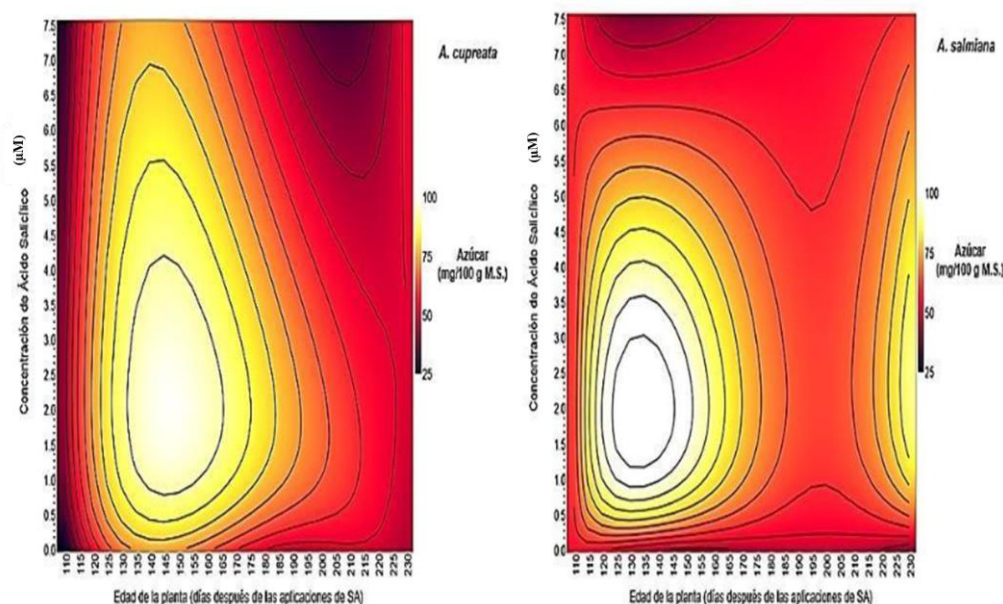
También, se observó que los valores más bajos de materia seca para raíz, tallo y hoja se obtuvieron con 7.2  $\mu\text{M}$  de AS, lo cual tiene una correspondencia a lo encontrado para el crecimiento de estos órganos en esta especie evaluada. En cuanto a los resultados de azúcares reductores en *A. cupreata* (Figura 3C), se pudo observar que la mayor concentración de azúcares fue superior en las hojas (56 g/100 g) que en el tallo y la raíz (8 y 2 g/100 g), respectivamente cuando se aplicó 1.0  $\mu\text{M}$  de AS, y que estos disminuyeron con 7.2  $\mu\text{M}$  de AS. En el caso de *A. salmiana* (Figura 3D), también la mayor concentración de azúcares se obtuvo con 1.0  $\mu\text{M}$  de AS, donde el tallo y la hoja registraron una concentración de 76 g/100 g, comparado con el tratamiento control el cual alcanzó 30 g/100 g. Mientras que, la raíz alcanzó una concentración de 18 g/100 g. Estos resultados coinciden con los estudios reportados por González-Díaz *et al.* (2020) quienes mencionan que los azúcares, tales como los fructanos representan más del 80% del peso seco de las plantas de agave, incluyendo inulinas, fructooligosacáridos y estos dependen de la especie del agave y la edad de la planta. Además, los fructanos pueden localizarse en órganos superficiales como las hojas. También en el presente estudio, se reveló claramente que la concentración de 7.2  $\mu\text{M}$  de AS no tiene un efecto potencializador en el crecimiento de la planta, ni en el contenido de materia seca orgánica y tampoco en la concentración de los azúcares reductores.



**Figura 3.** Efecto del ácido salicílico sobre el contenido de la materia seca orgánica y azúcar en plantas de *A. cupreata* (A y C) y *A. salmiana* (B y D) de 15 meses de edad. Las barras representan la DMS ( $p \leq 0.05$ ).

**Figure 3.** Effect of salicylic acid on organic dry matter and sugar content in 15-month-old *A. cupreata* (A and C) and *A. salmiana* (B and D) plants. Bars represent DMD ( $p \leq 0.05$ ).

Los resultados de la concentración de azúcares en las plantas de *A. cupreata* y *A. salmiana*, con respecto a la edad de las plantas y la concentración de AS, se observan en la figura 4. Para el caso de *A. cupreata*, a los 145 días de edad de la planta, se observó el mayor porcentaje de azúcares reductores 85 mg/100 g a una concentración de 3.0  $\mu\text{M}$  de AS. En *A. salmiana*, el máximo nivel de azúcar se observó a una edad de 135 días de las plantas y con 2  $\mu\text{M}$  de AS, lo que refleja la capacidad de esta especie de almacenar carbohidratos a temprana edad, específicamente fructanos, ya que las plantas de *A. tequilana* almacenan fructanos como principal carbohidrato de reserva según lo reportado por López *et al.* (2003); González-Díaz *et al.* (2020). Estos resultados coinciden con un estudio realizado por Medallo-Mojica y López-Pérez (2013) quienes reportaron que en plantas de *Agave tequilana* Weber var. azul extraídas a una edad de 2 a 7 años, las cuales mostraron que conforme aumenta la edad de la planta en campo, los fructanos almacenados se vuelven moléculas más complejas y muestran un incremento gradual. Esto sugiere que, en este estudio, si se hubiera continuado con las aplicaciones de AS podría haber aumentado el grado de polimerización de los fructanos. Por lo tanto, se podrán cosechar los tallos de agave en periodos relativamente más cortos. Además, el efecto del AS se comportó de forma diferenciada para cada uno de los tratamientos según la especie en estudio. Por otra parte, los resultados indican que este tipo de plantas con metabolismo CAM responden favorablemente a este regulador de crecimiento, incluso aplicado en bajas concentraciones, pero en niveles altos puede producir un efecto inhibitorio.



**Figura 4.** Iso-concentración de azúcares según la dosis de ácido salicílico y la edad de las plantas de *A. cupreata* (imagen izquierda) y *A. salmiana* (imagen derecha) de 15 meses de edad.

**Figure 4.** Iso-concentration of sugars according to the dose of salicylic acid and the age of 15-month-old *A. cupreata* (left image) and *A. salmiana* (right image) plants.

La producción de plantas de agave en sistemas semi-hidropónicos bajo condiciones de invernadero con aplicación de AS, podría ser una estrategia eficiente para potenciar la velocidad de crecimiento en las plantas al incrementar su biomasa, lo que implica la obtención de azúcares reductores en menos tiempo y ahorro de agua en el riego, lo cual lo hace un sistema eficiente y ecológico que ayuda a capturar más luz solar y dióxido de carbono, y esto también podría contribuir a disminuir el impacto del calentamiento global.

## CONCLUSIONES

El ácido salicílico (AS) aplicado en bajas concentraciones tiene un efecto favorable sobre la reducción del estrés oxidativo, lo que favorece el crecimiento de la hoja, tallo y raíz de las plantas de agave, según la especie en estudio.

Altas concentraciones de ácido salicílico tienen un efecto negativo y ralentizan el crecimiento de las plantas de *A. cupreata* y *A. salmiana*.

La aplicación de AS en una concentración moderada tiene una influencia positiva sobre la activación permanente de la RuBisCO, la cual favorece la acumulación de los azúcares reductores en *A. cupreata* y *A. salmiana*, mientras que la aplicación en altas concentraciones de AS impide la acumulación de azúcares reductores en ambas especies estudiadas.

En este estudio, el AS favoreció la presencia de azúcares en el tallo del agave en un corto tiempo, lo cual indica que puede ser una opción para acelerar la obtención de alcoholes utilizados para la generación de bebidas fermentadas a partir de plantas de *A. salmiana* y *A. cupreata*.

Es posible el crecimiento de plantas de este género en sistemas semi-hidropónicos bajo condiciones de invernadero como una estrategia ecológica y sustentable de cultivo.

Este estudio puede aplicarse a otros casos de plantas de metabolismo CAM.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada con el número 781824

**Financiamiento:** Con recursos propios

**Declaración de conflicto de intereses.** Los autores declaran que no hay conflicto de intereses entre ellos

**Cumplimiento de normas éticas.** No aplica

**Disponibilidad de los datos:** Los datos están disponibles con el Dr. Amaury Martín Arzate Fernández (autor para correspondencia: amaury1963@yahoo.com.mx, con previa solicitud)

**Declaración de contribución del autor (CRediT).** H.G. García-Núñez – Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Redacción, revisión y edición Investigación, A.M. Roque-Otero- Metodología, Validación, Redacción del borrador original, Análisis formal, Investigación, A.M. Arzate-Fernández- Conceptualización, Administración del proyecto, Redacción, revisión. A. Domínguez-López – Conceptualización, Investigación, Recursos, metodología, y revisión, Martín Rubí-Arriaga– Investigación y revisión.

## LITERATURA CITADA

- Abdi, N., Van Biljon, A., Steyn, C., & Labuschgne, M. T. (2022). Salicylic Acid Improves Growth and Physiological Attributes and Salt Tolerance Differentially in Two Bread Wheat Cultivars. *Plants*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/plants11141853>
- Anchondo-Aguilar, A., Núñez-Barrios, A., Ruiz Anchondo, T., Martínez-Tellez, J., Vergara Yoisura, S., & Larqué-Saavedra, A. (2011). Effect of salicylic acid in bioproductivity of strawberry (*Fragaria ananassa*) cv Aronosa. In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (2)2. 293-298. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263119711010>
- Castañeda Cervantes, C., & Arzate Fernández, A. M. (2025). Efecto de 6-bencilamino purina en dos especies de agave como estrategia de propagación en un sistema semi-hidropónico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 28(2), 1–7. <https://doi.org/10.56369/tsaes.5812>
- González-Díaz, R. L., Rodríguez-Gómez, F., & Cortés-Romero, C. (2020). Fructan exohydrolases and its importance in the metabolism of fructans in *Agave tequilana* Weber var. azul. *Revista Colombiana de Química*, 49(3), 3–12. <https://doi.org/10.15446/rcq.v49n3.84882>
- Gutiérrez-Coronado, M. A., Trejo-López, C., & Larqué-Saavedra, A. (1998). Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36(8), 563–565. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(98\)80003-X](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(98)80003-X)
- Hayat, S., & Ahmad, A. (2007). *Salicylic acid a plant hormone*. Springer. India. [www.springer.com](http://www.springer.com). ISBN-13 978-1-4020-5184-0 (e-book)
- Khodary, S. E. A. (2004). Effect of Salicylic Acid on the Growth, Photosynthesis and Carbohydrate Metabolism in Salt Stressed Maize Plants. *International Journal of & Biology*. <http://www.ijab.org>
- Khoshbakht, D., & Asgharei, M. R. (2015). Influence of foliar-applied salicylic acid on growth, gas-exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence in citrus under saline conditions. *Photosynthetica*, 53(3), 410–418. <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0109-2>
- Larqué-Saavedra, A., & Martin-Mex, R. (2007). *Chapter 2 Effects of Salicytic Acid on the Bioproductivity of plants*.



**Recibido:**  
18/julio/2025

**Aceptado:**  
8/diciembre/2025

- López, M. G., Mancilla-Margalli, N. A., & Mendoza-Díaz, G. (2003). Molecular Structures of Fructans from *Agave tequilana* Weber var. *azul*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27), 7835–7840. <https://doi.org/10.1021/jf030383v>
- Martín-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, Á., Herrera-Tuz, R., Vergara-Yoisura, S., & Larqué-Saavedra, A. (2012). Positive effect of salicylic acid application on productivity of papaya (*Carica papaya*). In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (Vol. 3).
- Martín-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, A., & Larqué-Saavedra, A. (2013). Potential Benefits of Salicylic Acid in Food Production. In *Salicylic acid* (pp. 299–313). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6428-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6428-6_13)
- Medallo-Mojica, Erika., & López-Pérez, M. G. (2013). Análisis comparativo entre jarabe de agave azul (*Agave tequilana* Weber var. *azul*) y otros jarabes naturales. *Agrociencia*, 47 (Análisis comparativo entres jarabe de agave azul () *Agave tequilana* Weber var. *azul*) y otros jarabes naturales), 233–244. [www.redalyc.org/articulo.oa?id=30226978003](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30226978003)
- Mendoza-García, J. A. (2007). *Los agaves de México*. <https://www.researchgate.net/publication/26549731>
- Ogunsiji, E., Umebese, C., Stabentheiner, E., Iwala, E., Odjegba, V., & Oluwajobi, A. (2023). Salicylic Acid Enhances Growth, Photosynthetic Performance and Antioxidant Defense Activity Under Salt Stress in Two Mungbean [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek] Variety. *Plant Signaling & Behavior*, 18 (1). <https://doi.org/10.1080/15592324.2023.2217605>
- Rodríguez-García, M. F., Huerta-Espino, J., Villaseñor-Mir, H. E., Rivas-Valencia, P., González-González, M., Hortelano-Santa Rosa, R., Robles-Yerena, L., & Aranda-Ocampo, S. (2020). Chemical treatment to wheat seed to reduce the incidence of bacteria. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 38(2). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2001-5>
- Tucuch-Hass, C., Alcántar-González, G., Trejo-Téllez, L.I., Volke-Haller, H., Salinas-Moreno, Y., & Larqué-Saavedra, A. (2017). Effect of Salicylic Acid on Growth, nutritional Status, and performance of Maize (*Zea mays*). *Agrociencia*, 51(7), 771-781. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?scrip=sci\\_arttext&pid=S1405-31952017000700771&Ing=es&tIng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?scrip=sci_arttext&pid=S1405-31952017000700771&Ing=es&tIng=es).