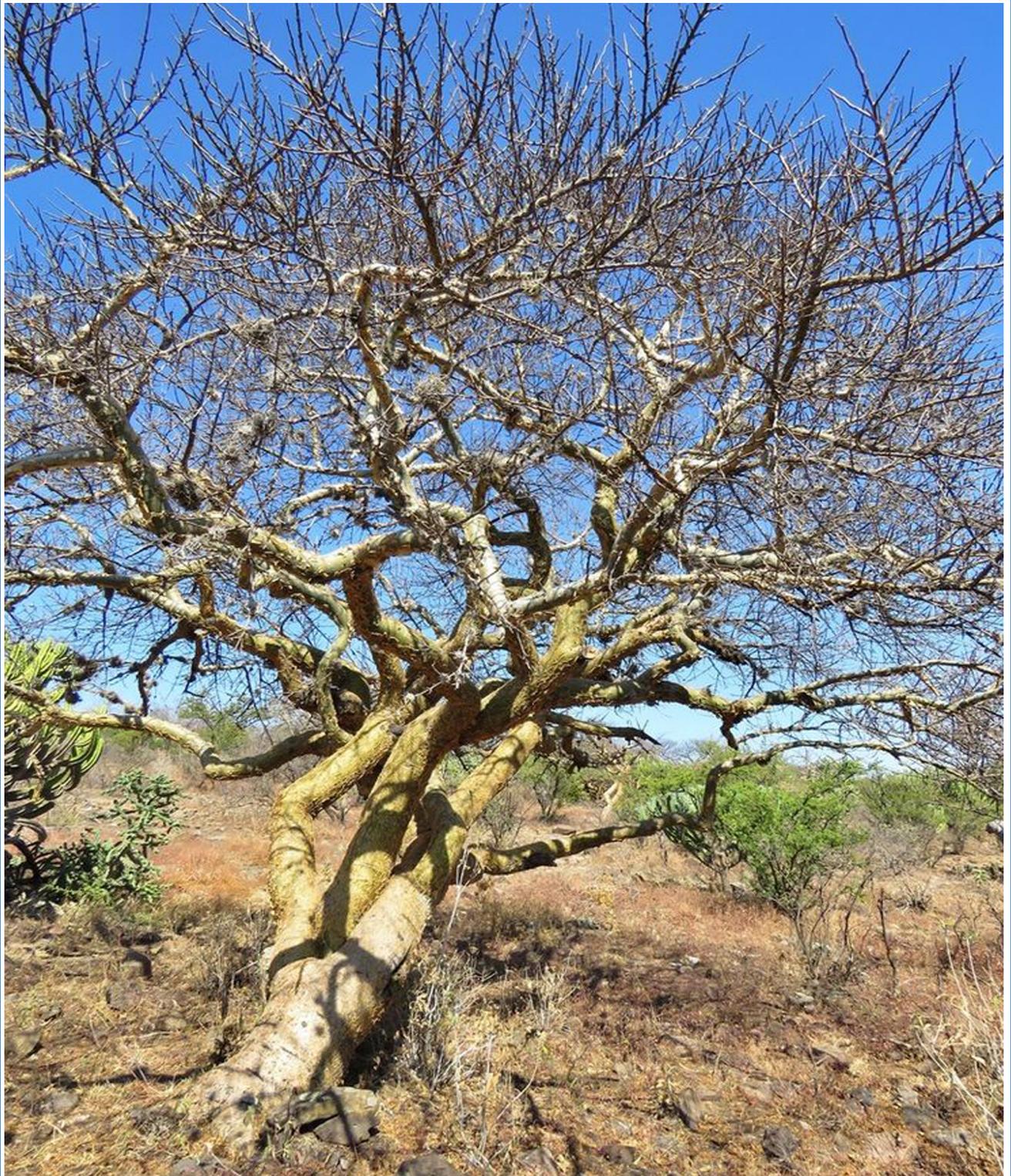


# POLIBOTÁNICA

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.  
Calllogenesis 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](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 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.





**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

[polibotanica@gmail.com](mailto:polibotanica@gmail.com)

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

# 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*

**Hernández Hernández, R.E., V. Rosales Martínez, C. Flota Bañuelos, M.L. Osnaya González, P. Morales Almora**

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*

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 355-366 México. Julio 2025

DOI: 10.18387/polibotanica.60.21



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

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*

Hernández Hernández, R.E.,  
V. Rosales Martínez,  
C. Flota Bañuelos,  
M.L. Osnaya González,  
P. Morales Almora

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*

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 355-366. Julio 2025

DOI:  
10.18387/polibotanica.60.21

Rosa Elena Hernández Hernández <https://orcid.org/0009-0001-3414-4753>

Verónica Rosales Martínez / [vrosales@colpos.mx](mailto:vrosales@colpos.mx) 

<https://orcid.org/0000-0002-5895-1250>

Carolina Flota Bañuelos <https://orcid.org/0000-0001-5533-6722>

Mónica Leticia Osnaya González <https://orcid.org/0000-0003-0836-4936>

Porfirio Morales Almora <https://orcid.org/0000-0002-4407-2335>

SECIHTI-Colegio de Colegio de Postgraduados Campus Campeche

Dirección postal: Carretera Federal Haltunchén-Edzna Km. 17.5 Sihochac,  
Champotón, Campeche. CP 24450 Teléfono: 01 (55) 58 045 991 Ext. 64706 y 54722

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo fue evaluar dos métodos de desinfección de sustratos de rastrojo de maíz (M) y paja de sorgo (S) utilizados como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus*, de manera rústica. Se probaron dos métodos de desinfección de los sustratos: a) agua con óxido de calcio (CaO) (400 g) y sulfato cálcico hidratado (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O) (400 g) más aplicación térmica (T1M y T5S), b) agua con CaO (400 g) y CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) sin aplicación térmica (T2M y T6S), c) agua con hipoclorito de sodio comercial (NaClO) (400 ml) más aplicación térmica (T3M y T7S) y d) agua con NaClO (400 ml) sin aplicación térmica (T4M y T8S), tanto para el rastrojo de maíz como para el rastrojo de sorgo. Se obtuvieron ocho tratamientos, cada uno con cinco repeticiones. La aplicación térmica fue un factor muy importante en la desinfección, debido a que, los tratamientos con este método presentaron menor porcentaje de contaminación (T1M, T3M, T5S y T7S), contario a aquellos que no tenían aplicación térmica, los cuales se contaminaron al 100%; a excepción de T2M con 43%, respecto al total de bolsas sembradas. De los no contaminados se pudo obtener cosechas de carpóforos; se obtuvo mayor cantidad de primordios en T3M (65) y T1M (48), mayor producción de carpóforos en T7S y T3M con un peso total de 87.33 g y 85.25 g en promedio, respectivamente. La longitud del estípite de los carpóforos fue mayor en T7S con 3.94 cm. El diámetro del estípite de los carpóforos fue mayor en T7S con 1 cm. Se recomienda que para la producción de *P. ostreatus* de manera rústica y a pequeña escala, se utilicen residuos agrícolas disponibles en la región, además, que la desinfección del sustrato sea a través del tratamiento térmico, con adición de NaClO o bien con CaO y CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O al agua.

**Palabras claves:** Desinfección, Hongos comestibles, Micelio, Producción, Residuos agrícolas.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate two disinfection methods for corn stover (M) and sorghum straw (S) substrates used as substrates for the production of *Pleurotus ostreatus*, in a rustic manner. Two substrate disinfection methods were tested: a) water with calcium oxide (CaO) (400 g) and hydrated calcium sulfate (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O) (400 g) plus thermal application (T1M and T5S), b) water with CaO (400 g) and CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) without thermal application (T2M and T6S), c) water with commercial sodium hypochlorite (NaClO) (400 ml) plus thermal application (T3M and T7S) and d) water with NaClO (400 ml) without thermal application (T4M and T8S), both for corn stover and sorghum stover. Eight treatments were obtained, each with five replicates. Thermal application was a very important factor in disinfection, because treatments with this method presented a lower percentage of contamination (T1M, T3M,

T5S and T7S), contrary to those that did not have thermal application, which were 100% contaminated; except for T2M with 43%, with respect to the total number of bags planted. From the uncontaminated ones, carpophore harvests could be obtained; a greater quantity of primordia was obtained in T3M (65) and T1M (48), greater carpophore production in T7S and T3M with a total weight of 87.33 g and 85.25 g on average, respectively. The length of the carpophore stipe was greater in T7S with 3.94 cm. The diameter of the carpophore stipe was greater in T7S with 1 cm. It is recommended that for the production of *P. ostreatus* in a rustic and small-scale manner, agricultural residues available in the region be used, in addition to the disinfection of the substrate through thermal treatment, with the addition of NaClO or with CaO and CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O to the water.

**Key words:** Disinfection, Edible mushrooms, Mycelium, Production, Agricultural waste.

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de hongos comestibles ha aumentado significativamente de 1978 al 2022, se registró poco más de 48 millones de toneladas en este último año, el principal productor fue China con 45 millones de toneladas, seguido de Japón con 469, 491 t, y en tercer lugar Estados Unidos con 318,600 t (FAOSTAT, 2023). De las especies más comercializadas, se encuentran *Agaricus bisporus* (Champiñón de París), *Lentinula edodes* (Shiitake), *Pleurotus ostreatus* (hongo ostra), *Auricularia* (oreja de judas) y *Flammulina* (seta de aguja de oro) (Briceño y Morales, 2019). El cultivo de hongos comestibles es una alternativa para aprovechar los residuos lignocelulósicos que se encuentran disponibles por ser una abundante materia prima existente (Díaz- Muñoz *et al.*, 2019). Para la producción del género *Pleurotus*, se utilizan diversos residuos agrícolas y agroindustriales, como las pajas, entre las cuales se pueden encontrar las de trigo, de arroz, de cebada, de soya, de frijol, de sésamo; rastrojos maíz, de tomate, sorgo, de jamaica, de quinua, pulpa de café, de limón, de cardamomo; bagazos de caña, de cebada, yuca, y remolacha azucarera, así mismo, de árboles forestales como el aserrín, viruta de cedro, viruta de pino, astillas de eucalipto, otros como la hierba de india, malezas y especies arbustivas del bosque (Piña-Guzmán *et al.*, 2016). No obstante, la elección del sustrato está ligada a la disponibilidad de residuos agrícolas presentes en una región.

Sin embargo, para utilizar los sustratos en el cultivo del hongo, es necesario proporcionarles un tratamiento previo, se puede aplicar calor para disminuir la flora microbiana nociva que se encuentra presente en ellos y así evitar que los microorganismos compitan por espacio y nutrientes con el micelio a cultivar. De esta manera, la pasteurización es un método cuyo propósito es preparar el sustrato para un eficaz desarrollo del hongo al eliminar microorganismos patógenos y se puede aplicar de dos formas: pasteurización con vapor y pasteurización por inmersión en agua caliente (Chen *et al.*, 2021; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Grassi & Restelli, 2019).

La pasteurización con vapor consiste en colocar el sustrato en un área cerrada, puede ser un cuarto pequeño o un recipiente metálico, se aplica vapor generado por una caldera eléctrica, ya sea de diesel o gasolina, por medio de tubos de cobre o mangueras resistentes al calor. La temperatura debe alcanzar entre 70-80 °C, además, el sustrato debe mantenerse de 2 a 4 h a esta temperatura. Esta técnica ha sido utilizada por diversos autores como Fernández *et al.* (2020), Filippi *et al.* (2019), Garzón-Gómez & Cuervo-Andrade (2008), entre otros.

Por otro lado, Chanchao *et al.* (2023) desinfectaron a una temperatura de 121 °C durante 30 min el aserrín y harina de arroz utilizados como sustrato para el cultivo de *Volvariella volvacea*. Así mismo, Ye *et al.* (2023), para las bolsas con carrizo (*Phragmites australis*) utilizaron la misma temperatura (121 °C), no obstante, el tiempo fue de 2 h en la autoclave, para el cultivo de *P. ostreatus* y *P. eryngii* (Yin *et al.*, 2025), utilizaron la misma temperatura al pasteurizar, sin embargo, el tiempo fue de 3 h con los sustratos de aserrín, paja de trigo y salvado de trigo para el cultivo de Shiitake, ostra y reishi.

La desinfección por inmersión en agua caliente consiste en sumergir el sustrato en agua (75-80 °C) durante 1 h. Autores como Cruz-Moreno (2019), Díaz Muñoz *et al.* (2019), Fernández-Urbe

(2014) y Romero-Arenas *et al.* (2018) por mencionar algunos, han utilizado esta técnica, la cual ha sido efectiva para la producción.

Otro método para desinfectar los sustratos fue el utilizado por Cruz *et al.* (2010) quienes sumergieron el sustrato en agua a temperatura ambiente durante un periodo de tiempo 24-30 h, en una solución de agua y CaO, para posteriormente escurrirlo durante 12 horas en época de verano y 24 horas en época de invierno. Lograron cosechas de entre 0.270 g a 1.59 kg de hongo fresco en sustratos de olote de maíz y pulpa de café, solos y combinados a distintas proporciones. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar dos métodos de desinfección de rastrojo de maíz y de paja de sorgo utilizados como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* de manera rústica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se realizó dentro de las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Campeche ubicado en la Carretera Haltunchén – Edzná, km. 17.5 Sihochac, Champotón, Campeche, el cual se ubica entre los paralelos 17°49' y 20°51' N, 89°06' y 92° 27' O, en el municipio de Champotón en el Estado de Campeche. La fase de pasteurización de los sustratos se realizó en el campo experimental, la fase de siembra y producción se realizó en el laboratorio de Fitopatología del campus con una temperatura controlada de 23 °C.

El rastrojo de maíz y la paja de sorgo se obtuvieron mediante donación de algunos productores que se dedican a la producción de estos cultivos en la región, en cuanto al micelio con la cepa de *P. ostreatus* utilizado para la siembra fue adquirido de manera comercial.

### Desinfección del sustrato

Se utilizaron dos tipos de residuos agrícolas: rastrojo de maíz (M) y paja de sorgo (S), los cuales se picaron con una picadora de forraje con criba de 5 cm, para posteriormente colocarlos en una arpillera para su desinfección, esto se realizó de manera rústica como se menciona a continuación. Se utilizaron dos métodos de desinfección de los sustratos: 1) inmersión en agua caliente e 2) inmersión en agua a temperatura ambiente. En los tratamientos con aplicación térmica, se utilizaron dos recipientes de aluminio con una capacidad de 200 litros aproximadamente; los cuales se llenaron con agua potable hasta aproximadamente  $\frac{3}{4}$  del recipiente y se colocaron en una fogata encendida con leña. Una vez que el agua alcanzó los 90 °C (cuya temperatura fue medida con un termómetro de mercurio) a uno de los recipientes se le vertió 400 g de óxido de calcio (CaO) (evita que se modifique el pH) y 400 g de sulfato cálcico hidratado (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O) (evita que se pierdan los nutrientes), posteriormente el agua se agitó hasta homogeneizar los ingredientes añadidos; al segundo contenedor solo se añadió 400 ml de hipoclorito de sodio comercial (NaClO) al 10%, de igual manera se homogeneizó la mezcla (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016).

Para los tratamientos en inmersión en agua a temperatura ambiente, se utilizaron dos recipientes de plástico con capacidad de 200 litros aproximadamente, los cuales se llenaron con agua potable hasta  $\frac{3}{4}$ , a uno de los recipientes se le añadió la misma cantidad de NaClO y de CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O antes mencionado (400 g) y al segundo recipiente la misma cantidad de NaClO (400 ml). El agua de los recipientes fue agitada de manera manual para mezclar completamente los ingredientes añadidos, una vez mezclados todos los ingredientes dentro del recipiente, las arpilleras se sumergieron y se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 24 h siguiendo la metodología realizada por Cruz *et al.* (2010).

### Inoculación del sustrato

Una vez que los sustratos fueron desinfectados, para el caso de los tratamientos con aplicación térmica, se dejaron enfriar hasta alcanzar una temperatura de 30 ° C aproximadamente, según Gaitán-Hernández *et al.* (2006), y en el caso de los tratamientos de inmersión a temperatura ambiente, el sustrato solo se escurrió, para que ambos sustratos alcanzaran un porcentaje de humedad aproximada del 30%. Posteriormente se procedió a la siembra, para ello se colocaron 4 kg de sustrato en peso húmedo en bolsas de polietileno y se inoculó con 150 g de micelio de *P.*

*ostreatus*, se colocó una capa alterna al sustrato y el micelio hasta llegar a tres cuartas partes de la bolsa, con el propósito de una mejor invasión micelial (Flores-Montes de Oca, 2012; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016), al final, se selló con un amarre de la misma bolsa. Los tratamientos evaluados se enlistan en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados en la desinfección de los sustratos para la producción de *P. ostreatus*.  
**Table 1.** Treatments evaluated in the disinfection of substrates for the production of *P. ostreatus*.

Clave	Descripción
T1M	Rastrojo de maíz + agua + CaO (400 g) + CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O (400 g) + aplicación térmica
T2M	Rastrojo de maíz+ agua + CaO (400 g) + CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O (400 g) +sin aplicación térmica
T3M	Rastrojo de maíz + inmersión en agua con NaClO (400 ml) + aplicación térmica
T4M	Rastrojo de maíz + inmersión en agua con NaClO (400 ml) +sin aplicación térmica
T5S	Paja de sorgo + agua + CaO (400 g) + CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O (400 g) + aplicación térmica
T6S	Paja de sorgo +agua + CaO (400 g) + CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O (400 g) + sin aplicación térmica
T7S	Paja de sorgo + inmersión en agua con NaClO (400 ml) + aplicación térmica
T8S	Paja de sorgo + inmersión en agua con NaClO (400 ml) + sin aplicación térmica

Por cada tratamiento se hicieron cinco repeticiones, con un total de 40 unidades para todo el diseño experimental.

### Fase de incubación

Las bolsas inoculadas fueron colocadas en un estante de metal, el cual se cubrió con una tela color negra para proporcionar oscuridad. Se mantuvo una temperatura ambiente de 26 °C en el área durante toda la fase de incubación y producción mediante un aire acondicionado. Una vez que las bolsas fueron invadidas completamente por el micelio, se les proporcionó iluminación, por lo que se retiró la tela negra que cubría el estante donde se depositaron las bolsas (Flores-Montes de Oca, 2012; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016).

### Fase de fructificación

Durante esta fase se brindó iluminación y aireación a las bolsas para inducir a la emergencia de los primordios, para este caso se abrieron las ventanas del área. Una vez que los primordios emergieron, se realizó un corte a la bolsa en forma triangular para cada uno de ellos y así proporcionarles mejor aireación, se procuró no levantar el corte de la bolsa completamente; en casos donde los primordios estuvieron muy cerca uno del otro, se eligió sólo uno, de esta manera, para no competir por el espacio y nutrientes, lo que les ayudó a tener un mejor desarrollo (Flores-Montes de Oca, 2012; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016).

### Cosecha

Una vez que los carpóforos alcanzaron su madurez, se procedió a la cosecha, esto ocurrió aproximadamente entre los cinco a los siete días a partir de la aparición de cada primordio. La cosecha se realizó cuidadosamente con la ayuda de una navaja para realizar el corte; realizar la cosecha de esta manera, ayuda a que broten primordios nuevamente en el mismo sitio, a diferencia de cuando se hace de forma manual (girando el pie del hongo con la mano), esto se comprobó al realizar el corte con una navaja y también de forma manual durante experimentos previos. Las variables evaluadas fueron: % de contaminación de las bolsas por tratamiento (manejándose como el 100% = 5 repeticiones o bolsas), número de primordios (mediante el conteo de cada carpóforo), peso de los carpóforos (g) (con una báscula digital), diámetro del píleo (cm), la longitud y diámetro del estípite (cm) fueron medidos con un vernier digital, los datos fueron recopilados durante dos cosechas realizadas (Flores-Montes de Oca, 2012; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016).

### Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico InfoStat/E. Se realizó análisis de varianza (ANOVA), posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey

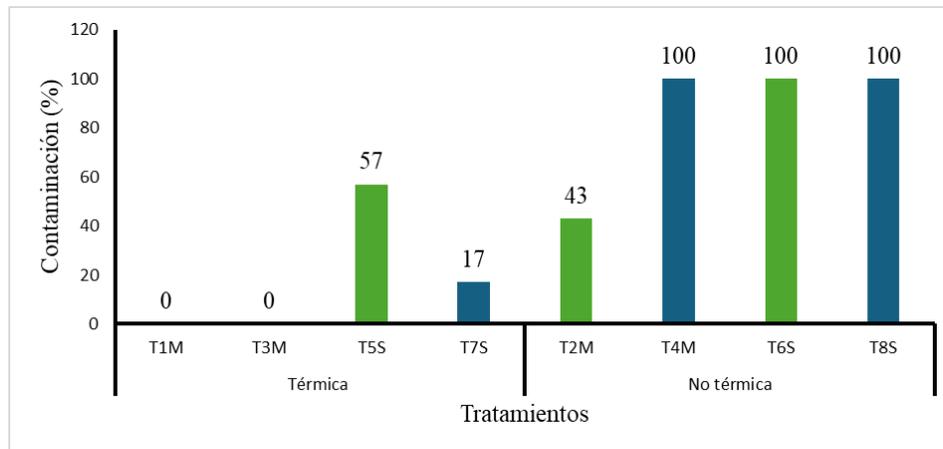
( $P \leq 0.05$ ) para determinar las diferencias entre los tratamientos evaluados, además se realizó la correlación de Spearman con el paquete estadístico Statística V. 7.0.

## RESULTADOS

### Eficiencia del tipo de esterilización de los sustratos

Se detectó que no existe correlación entre los métodos de desinfección del sustrato utilizado para cada tratamiento y las variables evaluadas, derivado de los resultados obtenidos con la prueba de Spearman ( $P \leq 0.05$ ), no obstante, se encontró que los hongos con el mayor diámetro del píleo están correlacionados con la variable peso ( $r_s = 0.53$ ), es decir, a mayor tamaño de los carpóforos, mayor es el peso de ellos. Así mismo, el peso se correlaciona con el número total de carpóforos cosechados ( $r_s = 0.58$ ), la longitud y diámetro del estípite también poseen buena correlación con el tamaño del píleo ( $r_s = 0.59$ ;  $r_s = 0.67$ ). Por ende, a mayor diámetro y longitud del estípite, diámetro del sombrero y número total de carpóforos, mayor es el peso de éstos.

Así mismo, el mejor método para desinfectar los sustratos utilizados en este trabajo fue el de inmersión en agua caliente + CaO + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O, esto debido a que los tratamientos que incluían esta forma de desinfección no presentaron contaminación (T1M y T3M) y en algunos casos (T5S y T7S) presentaron menor porcentaje de contaminación del total de las bolsas por tratamiento. Por el contrario, todas las bolsas de los tratamientos T4M, T6S y T8S se contaminaron por otro tipo de hongos no comestibles, del género *Trichoderma* spp; a estos tratamientos no se les proporcionó aplicación térmica, por lo que las bolsas dañadas se desecharon completamente para evitar contaminación al resto de ellas. Sin embargo, de los tratamientos sin aplicación térmica, se encontró que el tratamiento T2M fue una excepción, debido a que el 57% de sus repeticiones no se contaminó y se lograron cosechar los cuerpos fructíferos (Figura 1).



**Figura 1.** Bolsas de *P. ostreatus* contaminadas (%) en los diferentes tratamientos realizados. T1M: Rastrojo de maíz + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + aplicación térmica. T2M: Rastrojo de maíz + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + sin aplicación térmica. T3M: Rastrojo de maíz + NaClO (400 ml) + aplicación térmica. T4M: Rastrojo de maíz + NaClO (400 ml) + sin aplicación térmica. T5S: Paja de sorgo + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + aplicación térmica. T6S: Paja de sorgo + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + sin aplicación térmica. T7S: Paja de sorgo + NaClO (400 ml) + aplicación térmica. T8S: Paja de sorgo + NaClO (400 ml) + sin aplicación térmica.

**Figure 1.** Bags of contaminated *P. ostreatus* (%) in the different treatments carried out. T1M: Corn stover + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + thermal application. T2M: Corn stover + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + without thermal application. T3M: Corn stover + NaClO (400 ml) + thermal application. T4M: Corn stover + NaClO (400 ml) + without thermal application. T5S: Sorghum straw + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + thermal application. T6S: Sorghum straw + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + without thermal application. T7S: Sorghum straw + NaClO (400 ml) + thermal application. T8S: Sorghum straw + NaClO (400 ml) + no thermal application.

### Primordios obtenidos por tratamiento

Debido a la presencia de tratamientos completamente contaminados, los cuales se desecharon, sólo se logró la producción de carpóforos en los tratamientos T1M, T2M, T3M, T5S y T7S. Es importante destacar que los tratamientos con mayor cantidad de primordios fueron T3M y T1M, con 65 y 48 unidades, respectivamente, lo que resultó en un promedio de 8.13 y 6.7 primordios por tratamiento (Tabla 2). No obstante, no todos los primordios llegaron a desarrollarse, debido a que aquellos que se encontraban muy próximos entre sí fueron reducidos, eligiéndose sólo uno de ellos.

### Peso (g) de los carpóforos

De acuerdo con los resultados de la comparación de medias de Tukey sobre la variable peso (g) de los carpóforos cosechados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0.22$ ), no obstante, se obtuvo mayor peso en T7S y T3M con 87.33 y 85.25 g en promedio, respectivamente, a diferencia del tratamiento 5S con menor peso (35.17 g en promedio), es decir, en T7S y T3M se obtuvo más del doble que en el tratamiento 5S (Tabla 2).

### Longitud de estípite de los carpóforos

Respecto a la variable longitud de estípite, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $P=0.43$ ). Sin embargo, el tratamiento T7S presentó el valor más alto, con un promedio de 3.94 cm, seguido de T2M, T5S, T3M y T1M, con 3.82, 3.37, 3.36 y 3.19 cm, respectivamente (Tabla 2).

### Diámetro del pileo de los carpóforos

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en el diámetro del pileo entre los tratamientos ( $P>0.52$ ) (Tabla 2). El diámetro mínimo registrado fue de 2.4 cm y el máximo de 14.19 cm, con promedios de 10.61 cm en T3M, 7.83 cm en T2M, 6.94 cm en T5S, 6.84 cm en T7S y 6.43 cm en T1M.

### Diámetro del estípite

En cuanto al diámetro del estípite de los carpóforos, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P>0.97$ ). Sin embargo, el tratamiento T7S presentó el mayor diámetro del estípite, con un promedio de 1 cm, mientras que el tratamiento T2M tuvo el diámetro más pequeño, con un promedio de 0.81 cm (Tabla 2).

### Total de carpóforos obtenidos de las dos cosechas realizadas

Respecto al número de carpóforos obtenidos por tratamiento, la comparación de medias de Tukey no reveló diferencias significativas entre ellos ( $P=0.15$ ). No obstante, el mayor número de carpóforos se observó en T7S, con un promedio de 23.4, seguido de T3M y T1M en segundo y tercer lugar, con 18.64 y 15.09, respectivamente. En cuarto y quinto lugar se ubicaron T2M, con un promedio de 14.39, y T5S, con 13.37 carpóforos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Comparación de medias de Tukey sobre las variables evaluadas.

**Table 2.** Comparison of Tukey means on the variables evaluated.

Tratamientos	Diámetro del estípite (cm)	Peso de las setas (g)	Longitud del estípite (cm)	Diámetro del sombrero (cm)	Número de primordios emergidos	Número total de hongos
T1M	0.94±0.90 <sup>a</sup>	51.62±84.94 <sup>a</sup>	3.19±1.50 <sup>a</sup>	6.14±1.50 <sup>a</sup>	6.67±11.40 <sup>a</sup>	15.09±13.60 <sup>a</sup>
T2M	0.81±0.90 <sup>a</sup>	41.9±84.94 <sup>a</sup>	3.82±1.50 <sup>a</sup>	3.82±1.50 <sup>a</sup>	3.40±11.40 <sup>a</sup>	14.39±13.60 <sup>a</sup>
T3M	0.88±0.90 <sup>a</sup>	85.25±84.94 <sup>a</sup>	3.36±1.50 <sup>a</sup>	3.36±1.50 <sup>a</sup>	8.13±11.40 <sup>a</sup>	18.64±13.60 <sup>a</sup>
T5S	0.94±0.90 <sup>a</sup>	35.17±84.94 <sup>a</sup>	3.37±1.50 <sup>a</sup>	3.37±1.50 <sup>a</sup>	2±11.40 <sup>a</sup>	12.37±13.60 <sup>a</sup>
T7S	1±0.90 <sup>a</sup>	87.33±84.94 <sup>a</sup>	3.94±1.50 <sup>a</sup>	3.94±1.50 <sup>a</sup>	2.83±11.40 <sup>a</sup>	23.4±13.60 <sup>a</sup>

## DISCUSIÓN

Respecto a la desinfección de los sustratos, se observó que el método por inmersión en agua caliente es el más viable para evitar la contaminación en la producción de *P. ostreatus* (Cruz-Moreno, 2019; Díaz-Muñoz *et al.*, 2019; Fernández-Uribe, 2014; Guzmán-Mejía *et al.*, 2019 y Romero-Arenas *et al.*, 2018).

Con este método se reduce la producción de hasta un 20% comparado con otros métodos como la utilización de vapor, uso de químicos e incluso cuando no se proporciona ningún tratamiento al sustrato (Jaramillo y Albertó, 2013).

La importancia de realizar una buena desinfección de los sustratos radica también en la presencia de azúcares solubles que no se eliminan por lixiviación en ellos, lo que provoca un incremento importante en la temperatura dentro de él durante la fase de incubación, factor que contribuye a un rápido desarrollo de hongos y mohos antagonistas para *Pleurotus* spp, principalmente *Mucor*, *Trichoderma* y *Trichurus*. Para ello, es necesario remojar la paja por periodos de 60 h, para inducir a un lixiviado de la mayoría de los componentes solubles, azúcares entre ellos (Sánchez-Vázquez *et al.*, 2007).

El número de primordios obtenidos en el presente trabajo es menor al obtenido por Michel-Aceves *et al.* (2015) con un promedio de 17.2 primordios, también con paja de sorgo como sustrato; aunque estos autores añadieron algunos compuestos químicos y biológicos (Agromil plus, sulfato de cobre, extracto de primordios de las variedades BCL, BGAT y BSMA, metabolitos de *Trichoderma* y pasta de sorgo, ajenos a la presente investigación) para favorecer el desarrollo de *P. ostreatus*. Así mismo, Acevedo-Cárdenas (2017) obtuvieron 94.80 primordios en promedio, sólo en la primera cosecha. Sin embargo, ellos utilizaron mezclas de diversos sustratos entre ellos 57% rastrojo de maíz, 30% de aserrín, 10% de residuos de pan, 1% de calcio y 2% de azúcar; colocaron 3 kg de sustrato por cada bolsa y realizaron 10 réplicas por cada tratamiento evaluado. Los resultados de estas investigaciones proporcionan información importante sobre usar aditivos nutrimentales que pueden ayudar al crecimiento y desarrollo de carpóforos en la producción *P. ostreatus*.

Respecto al peso de los carpóforos obtenido en esta investigación, es bajo comparado con lo reportado por Caicedo Ruiz *et al.* (2024), quienes obtuvieron 154 y 153.4 g en la primera y segunda cosecha en cultivo de *P. pulmonarius* sobre cáscara de cacahuate como sustrato. Por su parte, Acevedo-Cárdenas (2017) cosecharon 269.50 gramos en promedio, utilizando mezclas de sustratos y otros aditivos nutrimentales, los cuales no fueron considerados en esta investigación. Cuando se compara la producción de carpóforos en esta investigación, con otras donde utilizan otros sustratos, la cantidad obtenida en este trabajo es menor, ejemplo de ello es lo que reportan Morán-Arellanos *et al.* (2020) al haber obtenido 187.37 g en promedio en rastrojo de frijol, 93.75 g en cascarilla de Huaxin y 178 g en paja de trigo, no obstante, se observó que el rastrojo de maíz y el rastrojo de sorgo es más productivo que el rastrojo de pulpa de calabaza con 35 g y en fruto de pixoi sólo con 10 g, sólo con cuatro repeticiones por tratamiento, además de haber colocado 200 g de sustrato en peso seco por cada bolsa.

Por otro lado, Roblero-Mejía *et al.* (2021) señalaron haber obtenido un mínimo de 64.9 g y un máximo de 147.8 g de peso promedio de hongos cosechados por bolsa, en cuyos tratamientos utilizaron como sustratos al olote de maíz, pasto pangola y pulpa de café, todos ellos mezclados en diferentes proporciones y de manera individual. Asimismo, el peso promedio obtenido por Fufa *et al.* (2021) fue de los 101.11 a 253.07 g con rastrojo de olote de maíz, paja de mijo africano (*Eleusina coracana*) y residuos de bambú, solos y en combinación, en bolsas con 500 g de sustrato. La explicación puede deberse a que el rastrojo de maíz contiene alto contenido de celulosa y hemicelulosa (40-25 y 17%, respectivamente) (Fuentes *et al.*, 2001).

La longitud del estípite de los carpóforos obtenida es similar a los valores reportados por Dedousi *et al.* (2024), los cuales se encontraron entre un rango de 3.18 a 3.91 cm en promedio, al utilizar paja de trigo, paja de cebada y avena, combinados con sustrato reutilizado del cultivo de *P. ostreatus* junto con residuos de setas (estípites/setas deformes), en bolsas con 1 kg de sustrato y cinco repeticiones por tratamiento. Por su parte, Melanouri *et al.* (2022) obtuvieron entre 2.1 a 3.7 cm en promedio de longitud para la cepa 144 de *P. ostreatus* y entre 2.7 a 3.3 cm para la cepa 150, con los mismos sustratos que evaluaron Dedousi *et al.* (2024) pero en esta ocasión cada

sustrato por separado. A su vez, Subedi *et al.* (2023) señalaron entre 3.05 a 3.44 cm de la longitud de estípites en producción de *P. ostreatus* utilizando paja de arroz, y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) como sustratos, combinados y en distintas proporciones. Caicedo Ruiz *et al.* (2024) mencionan que la longitud del estípites se encuentra relacionada con la concentración de nitrógeno y proteínas contenidas en el sustrato.

Los datos sobre el diámetro del píleo de los carpóforos obtenidos en el presente trabajo son más elevados de acuerdo con López-Rodríguez *et al.* (2008), al obtener promedios para el diámetro del píleo de 5.77 cm en sustrato de aserrín; 5.53 cm con olote de maíz; 5.47 cm con cáscara de arveja y 5.81 cm con capacho de uchuva (*Physalis peruviana*). Por su parte, Fufa *et al.* (2021) obtuvieron entre 2.95 a 4.58 cm en promedio del diámetro de píleo de los cuerpos fructíferos, al utilizar el olote de maíz, paja de mijo africano (*Eleusine coracana*) y residuos de bambú, solos y combinados como sustratos.

Así mismo, Romero *et al.* (2010) registraron de entre 4.7 a 8.5 cm para el diámetro del píleo de setas crecidas con residuos de plátano y de 5.1 a 10.2 cm en paja de trigo. Por su parte, Dedousi *et al.* (2024) reportaron de entre 3.55 a 5.89 cm de diámetro en sustrato de paja de trigo, paja de cebada y avena, combinados con sustrato gastado del cultivo de *P. ostreatus* junto con residuos de setas (estípites/setas deformes). No obstante, se han reportado resultados más bajos, siendo de entre 4.63 a 5.21 cm de diámetro al utilizar como sustratos a la paja de arroz y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) (Subedi *et al.*, 2023).

El diámetro del estípites es similar al obtenido por Dedousi *et al.* (2024) entre 0.80 a 1.16 cm en promedio, producidos con sustratos de paja de trigo, paja de cebada y avena, residuo de café, combinados con sustrato reciclado del cultivo de *P. ostreatus* junto con residuos de setas (estípites/setas deformes). Esta medida está relacionada con la concentración de nitrógeno que contenga el sustrato (Caicedo Ruiz *et al.*, 2024). Por lo que se infiere que los sustratos utilizados pudieran tener una baja concentración de nitrógeno.

Finalmente, el valor total de carpóforos cosechados es similar al valor obtenido por Dedousi *et al.* (2024) de 17-32 carpóforos en promedio con los sustratos evaluados en *P. ostreatus*. Así mismo, Subedi *et al.* (2023) obtuvieron entre 16.50-34.50 carpóforos en promedio, en sustratos de paja de arroz y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en distintas combinaciones. El rastrojo de maíz es ampliamente recomendable para la producción de *P. ostreatus* debido a que contiene grandes cantidades de celulosa, proteína en un 4.90%, Fibra en un 72.45%, entre otros (Fuentes *et al.*, 2001).

## CONCLUSIÓN

Se demostró que el mejor método para desinfectar el sustrato para la producción de *P. ostreatus* es el de inmersión en agua proporcionando aplicación térmica, además de la adición de CaO y CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O para evitar la modificación del pH y la pérdida de los nutrientes del sustrato. De esta manera se asegura mayor inocuidad y menos probabilidad de contaminación.

Se recomienda utilizar tanto a la paja de sorgo como al rastrojo de maíz para la producción de *P. ostreatus*, debido a que con el primero se obtuvo mayor producción de carpóforos (23.4), mayor peso en promedio (87.33 g) y mayor longitud del estípites (3.94 cm). Así mismo, el mayor diámetro de los carpóforos se obtuvo con el sustrato rastrojo de maíz (6.14 cm) a diferencia de T7S con 3.94 cm en promedio.

Así mismo, al producir *P. ostreatus* de manera rústica y a pequeña escala, se pueden utilizar como sustratos residuos agrícolas disponibles y desinfectarse a través de inmersión con agua y NaClO (opción 1) o bien añadir CaO y CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (opción 2) más aplicación térmica.

## AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada a la primera autora durante el postgrado. Al proyecto 7108 Rescate de saberes agrícolas en los agroecosistemas para el diseño de estrategias sostenibles y contribuir a la soberanía alimentaria, en Campeche. Al Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo-Cárdenas, C. (2017). Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el municipio de Málaga Santander. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 4. <https://doi.org/10.23850/24220582.857>
- Briceño-P. Erika., y Morales R. (2019). Producción de hongos comestibles: una alternativa novedosa de negocio para el agro en el sur de Chile. Universidad Austral de Chile. *Campo y tecnología*, 14, 14-16. En <https://hdl.handle.net/20.500.14001/38922>
- Caicedo Ruiz, W., Cuadrado Cano, B., & Infante Jiménez, C. (2024). Apreciación de residuos orgánicos agrícolas como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus pulmonarius*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 26(1), 81–90. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v26n1.111029>
- Chancho, C., Phoura, Y., Sreyneang, N., Lita, C., Eneang, O., Norong, U. O., & Chansorphea, S. (2023). Recycling of spent Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) sawdust waste for the production of Straw mushroom (*Volvariella volvacea*). *Insight: Cambodia Journal of Basic and Applied Research*, 5(01), 8–16. <https://doi.org/10.61945/cjbar.2023.5.1.1>
- Chen, F., Grimm, A., Eilertsen, L., Martín, C., Arshadi, M., & Xiong, S. (2021). Integrated production of edible mushroom (*Auricularia auricular-judae*), fermentable sugar and solid biofuel. *Renewable Energy*, 170, 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.124>
- Cruz, D., López De León, E., Pascual, L. F., & Battaglia, M. (2010). Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. In *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 104(4). <https://doi.org/10.12895/jaeid.20103/4.16>
- Cruz-Moreno, B. A. (2019). *Cultivo de hongos comestibles Pleurotus djamor y Pleurotus ostreatus utilizando residuos de Agave tequilana*. Universidad Autónoma de Querétaro. 100 p.
- Dedousi, M., Melanouri, E. M., Karayannis, D., Kaminarides, E. I., & Diamantopoulou, P. (2024). Utilization of spent substrates and waste products of mushroom cultivation to produce new crops of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii* and *Agaricus bisporus*. *Carbon Resources Conversion*, 7(2). <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2023.08.001>
- Díaz Muñoz, K., Guajardo, M. C., Alberto, C., Torres, L., Luis, & Gil Ramírez, A., Betzabet, C., Vásquez, B., & Cabos Sánchez, J. (2019). Production of *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 grown on different waste lignocellulosic. *Arnaldoa*, 26(3), 1177–1184. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26322>
- FAOSTAT (Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2023). *Cultivos y productos de ganadería*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Fernández, N., Gaggino, R., Positieri, M. J., & Kreiker, J. (2020). Materiales biopoliméricos desarrollados a partir de micelio y residuos lignocelulósicos. Estado de la técnica actual y perspectivas de aplicación en el campo del hábitat. *AJEA*, 5. <https://doi.org/10.33414/ajea.5.774.2020>
- Fernández-Uribe, Y. del S. (2014). *Cultivo de orellanas (Pleurotus ostreatus) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango*. 92 p.
- Filippi, M. V., Cayolo, F., Maldonado, J. F., Martínez, D. A., & Belén Buglione, M. (2019). *Control de contaminantes durante el proceso de producción de hongos comestibles*. 9 p.
- Flores-Montes de Oca, A. (2012). *Índice manual de cultivo de hongo seta Pleurotus ostreatus de forma artesanal*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 36 p.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S., Ortíz de la Rosa, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad *in vitro* de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) *Agronomía Mesoamericana*, 12 (2), 189-192.

- Fufa, B. K., Tadesse, B. A., & Tulu, M. M. (2021). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on Agricultural Wastes and Their Combination. *International Journal of Agronomy*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/1465597>
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, R., Perez-Merlo, R., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción*.
- Garzón-Gómez, J. P., & Cuervo-Andrade, J. L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. In *Julio-Diciembre*, 6 (10).
- Grassi, E., & Restelli, M. F. (2019). *Guía para la producción de hongos comestibles*. <https://www.researchgate.net/publication/338655295>
- Guzmán-Mejía, D. M., Herrera-Ardón, J. A., Fuentes-Paz, E. S., & Hernández-Archila, A. V. C. (2019). Evaluación del crecimiento y producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales utilizando restos de cosecha en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala. 24–40. <https://www.researchgate.net/publication/335833822>
- Jaramillo, M., S., & Albertó, E. (2013). Heat treatment of wheat Straw by immersion in hot water decreases mushroom yield in *Pleurotus ostreatus*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 30(2), 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2012.11.004>
- López-Rodríguez, C., Hernández-Corredor, R., Suárez-Franco, C., & Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. In *Universitas Scientiarum* (Vol. 13). [www.javeriana.edu.co/universitas\\_scientiarum](http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum)
- Melanouri, E. M., Dedousi, M., & Diamantopoulou, P. (2022). Cultivating *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* mushroom strains on agro-industrial residues in solid-state fermentation. Part II: Effect on productivity and quality of carposomes. *Carbon Resources Conversion*, 5(1), 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2021.12.005>
- Michel-Aceves, A. C., Ariza-Flores, R., Otero-Sánchez, A., & Barrios-Ayala, A. (2015). Chemical and biological products as supplements that increase the production of Mushroom oyster *Pleurotus ostreatus*. *Interciencia*, 40(8), 542-548.
- Morán-Arellanos, T., Bautista-Ortega, J., Sobal-Cruz, M., Rosales-Martínez, V., Candelaria-Martínez, B., & Huicab-Pech, Z. G. (2020). Potencial biotecnológico de residuos vegetales para producir *Pleurotus ostreatus* en zonas rurales de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 685–693.
- Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., & Robles-Martínez, F. (2016). Utilization of agricultural and agroindustrial residues in the cultivation and production of edible mushrooms (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32 (Especial Residuos Sólidos), 141–151. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.10>
- Pineda-Insuati, J., Duarte-Trujillo, A., & Ponce-Vásquez, C. (2016). *Champiñón ostra: guía de producción artesanal / Pleurotus ostreatus: guide for homemade production*. <https://www.researchgate.net/publication/307858229>
- Roblero-Mejía, D. O., Aguilar-Marcelino, L., & Sánchez, J. E. (2021). Efecto de la variación del sustrato en la productividad de dos cepas de *Pleurotus* spp. *Scientia Fungorum*, 52, e1377. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1377>
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M. A., Macías, A., Tapia, A. M., Parraguirre, J. F. C., & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando hoja de plátano deshidratada (*Musa paradisiaca* L.), en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53–63. [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)
- Romero-Arenas, O., Ángeles Valencia-De Ita, M., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Barros, O. A., & Ángel Damián-Huato, M. (2018). Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15 (2), 145-160.
- Sánchez-Vázquez, J. E., Martínez-Carrera, D., Mata, G., & Leal-Lara, H. (2007). *El cultivo de setas Pleurotus spp en México* (1a. Edición, Vol. 1).
- Subedi, S., Kunwar, N., Ray-Pandey, K., & Raj-Jhosi, Y. (2023). Performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on paddy straw, water hyacinth and their combinations. *Heliyon*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19051>

**Recibido:**

10/septiembre/2024

**Aceptado:**

4/junio/2025

- Ye, D., Hu, Q., Bai, X., Zhang, W., & Guo, H. (2023). Increasing the value of Phragmites australis straw in a sustainable integrated agriculture model (SIAM) comprising edible mushroom cultivation and spent mushroom substrate compost. *Science of the Total Environment*, 869. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161807>
- Yin, Y., Chen, B., Xu, S., Zuo, J., Xu, Y., Xiong, S., & Chen, F. (2025). Investigation of crop straw for edible and medicinal fungi cultivation: Assessment of lignocellulose preprocessing and spent substrate biofuel properties. *Industrial Crops and Products*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120004>