

SEP

POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768

ISSN 2395-9525

Julio 2026

Núm. 62

POLIBOTÁNICA



Núm. 62

Ciencia y
Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación

Julio 2026

PÁG.

CONTENIDO

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

PÁG.

CONTENIDO

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

POLIBOTÁNICA

Núm. 62

ISSN electrónico: 2395-9525

Julio 2026

Portada



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

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

por/by
Rafael Fernández Nava

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EQUIPO EDITORIAL

Angela Catalina Mendoza González,
Instituto Politécnico Nacional, México

Ricardo Valenzuela Garza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Carlos Fabián Vargas Mendoza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Rafael Fernández Nava,
Instituto Politécnico Nacional, México

EDITORES ASOCIADOS

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

Fernando Alzate Guarín,
Universidad de Antioquia, Colombia

María de la Luz Arreguín Sánchez,
IPN, México

Itzel Becerra Absalón,
UNAM, México

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

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

Mireya Burgos Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

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

Gustavo Cruz-Cárdenas,
IPN, México

Luis Enrique Eguarte Fruns,
UNAM, México

Adolfo Espejo Serna,
UAM Iztapalapa, México

Javier Carlos Estrada Sánchez,
Universidad de los Andes, Venezuela

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

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

Roberto Garibay Orijel,
UNAM, México

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

Diódoro Granados Sánchez,
Universidad Autónoma Chapingo, México

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

María de los Ángeles Herrera Campos,
UNAM, México

Omaira Hokche,
Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Francisco Martín Huerta Martínez,
Universidad de Guadalajara, México

Blanca León,
University of Texas at Austin, USA

Hilda P. León Tejera,
UNAM, México

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

Miguel Ángel Macías Rodríguez,
Universidad de Guadalajara, México

Tomás Martínez Trinidad,
Colegio de Postgraduados, México

Juan Luis Mata,
University of South Alabama, USA

Diana Miriam Mc Caughey Espinoza,
Universidad de Sonora

Natalia Mesa Sierra,
USDA Forest Service, USA

Demetria Martha Mondragón Chaparro,
IPN, México

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

Eberto Novelo Maldonado,
UNAM, México

Gilberto Alejandro Ocampo Acosta,
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Neftalí Ochoa Alejo,
CINVESTAV, México

Ileana Ortegón Aznar,
Universidad Autónoma de Yucatán, México

María Lelia Pochettino,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Francisco Reyes Zepeda,
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Paz Alejandra Quintanar Isaías,
UAM-Iztapalapa, México

Beatriz Quiroz-González,
IPN, México

Carlos Ramírez Vargas,
Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

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

Valentín José Reyes Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

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

Primo Sánchez Morales,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Odilón Manuel Sánchez Sánchez,
Universidad Veracruzana, México

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

Sigfrido Sierra Galván,
UNAM, México

Heike Vibrans,
Colegio de Postgraduados, México

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

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

CONSEJO EDITORIAL

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

María del Socorro González Elizondo,
Instituto Politécnico Nacional, México

Dra. Silvia Evangelista Lozano,
Instituto Politécnico Nacional, México

Luis Gerardo Zepeda Vallejo,
Instituto Politécnico Nacional, México

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

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

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

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

e) CONCLUSIONES.

ESPECIFICACIONES DE FORMATO PARA EL CUERPO DEL TRABAJO

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

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

ESTRUCTURA Y FORMATO DE LOS AGRADECIMIENTOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

9. REVISIÓN Y PUBLICACIÓN

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

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

PUBLICATION GUIDELINES

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

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

FOR PUBLICATION OF ARTICLES

Originals that comply with the following requirements will be accepted:

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

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

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

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

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

a) in jpg format

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

c) all characters must be legible and contrasted

6. All articles must include:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

FORMAT SPECIFICATIONS FOR THE BODY OF WORK

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

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

STRUCTURE AND FORMAT OF ACKNOWLEDGMENTS AND BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

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

9. REVIEW AND PUBLICATION

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

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

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

Dr. Rafael Fernández Nava
Editor en Jefe de

POLIBOTÁNICA

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

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

Dirección Web
http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CRMICYT - Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

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

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

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

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

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

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

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

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

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

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director

Dr. Mario Alberto Rodríguez Casas

Subdirectora Académica:

Biol. Elizabeth Guarneros Banuelos

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Edgar Gregorio Cárcamo Villalobos

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

Biól. Gonzalo Galindo Becerril

POLIBOTÁNICA, Año 30, No. 62, Julio 2026, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas CP 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

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

PATOGENICIDAD DE *Corynespora cassiicola* Y SU CONTROL *in vitro* CON *Bacillus subtilis* CBCK47 Y EXTRACTO ACUOSO DE *Croton chichenensis*

PATHOGENICITY OF *Corynespora cassiicola* AND ITS *in vitro* CONTROL WITH *Bacillus subtilis* CBCK47 AND AQUEOUS EXTRACT OF *Croton chichenensis*

Rivero Uribe, Adriana Rubi; Moo Koh, Felicia Amalia; Cristóbal Alejo, Jairo; Reyes Ramírez, Arturo; Tun Suárez, José María; Gamboa Angulo, María Marcela

PATOGENICIDAD DE *Corynespora cassiicola* Y SU CONTROL *in vitro* CON *Bacillus subtilis* CBCK47 Y EXTRACTO ACUOSO DE *Croton chichenensis*

PATHOGENICITY OF *Corynespora cassiicola* AND ITS *in vitro* CONTROL WITH *Bacillus subtilis* CBCK47 AND AQUEOUS EXTRACT OF *Croton chichenensis*



Patogenicidad de *Corynespora cassiicola* y su control *in vitro* con *Bacillus subtilis* CBCK47 y extracto acuoso de *Croton chichenensis*

Pathogenicity of *Corynespora cassiicola* and its *in vitro* control with *Bacillus subtilis* CBCK47 and aqueous extract of *Croton chichenensis*

Rivero Uribe, Adriana Rubi;
Moo Koh, Felicia Amalia;
Cristóbal Alejo, Jairo; Reyes
Ramírez, Arturo; Tun Suárez,
José María; Gamboa Angulo,
María Marcela

PATOGENICIDAD DE
Corynespora cassiicola Y SU
CONTROL *in vitro* CON
Bacillus subtilis CBCK47 Y
EXTRACTO ACUOSO DE
Croton chichenensis

PATHOGENICITY OF
Corynespora cassiicola AND
ITS *in vitro* CONTROL WITH
BACILLUS SUBTILIS
CBCK47 AND AQUEOUS
EXTRACT OF *Croton*
chichenensis

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 317-332. Julio 2026

DOI:

10.18387/polibotanica.62.21

Rivero Uribe, Adriana Rubi / <https://orcid.org/0009-0000-9362-7635>

Moo Koh, Felicia Amalia / <https://orcid.org/0000-0002-9346-1783>

Cristóbal Alejo, Jairo / <https://orcid.org/0000-0001-9354-1129>

Laboratorio de Fitopatología, Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal. Av.
Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

Reyes Ramírez, Arturo / <https://orcid.org/0000-0003-2348-5146>

Laboratorio de Microbiología. Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal. Av.
Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

Tun Suárez, José María / <https://orcid.org/0000-0003-3325-8430>

Autor de correspondencia: jose.ts2@conkal.tecnm.mx

Laboratorio de Fitopatología, Tecnológico Nacional de México/
Campus Conkal. Av. Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

Gamboa Angulo, María Marcela / <https://orcid.org/0000-0002-0618-0335>

Unidad de Biotecnología/ Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
Calle 43 No.130, Col. Chuburná de Hidalgo, Yucatán, Mérida 97205, México.

RESUMEN: El objetivo del trabajo fue determinar la patogenicidad de *C. cassiicola* ITC7 en *C. chinense*, la efectividad *in vitro* de *B. subtilis* CBCK47 y el extracto acuoso de *C. chichenensis* sobre la inhibición del crecimiento micelial, esporulación y germinación de conidios de *C. cassiicola* ITC7. La prueba de patogenicidad consistió en inocular un disco de micelio de *C. cassiicola* ITC7 en hojas de *C. chinense*; la efectividad de *B. subtilis* CBCK47 contra *C. cassiicola* ITC7 se realizó en confrontación dual *in vitro* en medio de cultivo PDA, inoculando en un extremo una solución bacteriana de 1×10^8 UFC mL⁻¹ y en el otro extremo un disco de micelio de *C. cassiicola* ITC7. Cada 24 h se midió el crecimiento micelial del hongo, también se determinó la fitotoxicidad del extracto acuoso de *C. chichenensis* (a concentraciones de 3, 9, 12, 15 y 18%) sobre fragmentos de 2 cm² de hojas de *C. chinense*. La máxima concentración que no presentó fitotoxicidad se sometió a la prueba de efectividad sobre *C. cassiicola* ITC7, en cajas Petri con medio PDA mezclado con el extracto acuoso, se depositó en el centro un disco de micelio de 5 mm y se incubaron a 27 °C. La sensibilidad de *B. subtilis* CBCK47 al extracto acuoso, se llevó a cabo en medio agar nutritivo, sobre el cual se distribuyó una solución bacteriana de 1.6×10^8 UFC mL⁻¹ y después se depositaron cuatro discos de papel filtro impregnados con 20 µL: dos con el extracto acuoso, uno cloranfenicol y uno con agua destilada estéril. Los resultados indicaron que el *C. chinense* es susceptible a la inoculación de *C. cassiicola* ITC7 al manifestar los síntomas característicos de la enfermedad. *B. subtilis* CBCK47 inhibió en 14% el crecimiento micelial del hongo analizado. Concentraciones superiores al 9% del extracto acuoso de *C. chichenensis* inducen fitotoxicidad. El extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9% inhibió en 48% el crecimiento micelial, 27% la esporulación y 38% la germinación de conidios de *C. cassiicola* ITC7, pero, no afectó el crecimiento de *B. subtilis* CBCK47. Por lo anterior, el extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9% y *B. subtilis* CBCK47 a una concentración de 1×10^8 UFC mL⁻¹ aplicados en combinación para inhibir a *C. cassiicola* en *C. chinense* representa una alternativa viable.

Palabras clave: Extracto acuoso, *Bacillus subtilis*, *Croton chichenensis*, *Corynespora cassiicola*, inhibición.

ABSTRACT: The objective of the work was to determine the pathogenicity of *C. cassiicola* ITC7 in *C. chinense*, the *in vitro* effectiveness of *B. subtilis* CBCK47 and the aqueous extract of *C. chichenensis* on the inhibition of mycelial growth, sporulation and conidia germination of *C. cassiicola* ITC7. The pathogenicity test consisted of inoculating a *C. cassiicola* ITC7 mycelium disc onto *C. chinense* leaves; the effectiveness of *B. subtilis* CBCK47 against *C. cassiicola* ITC7 was determined in a dual confrontation *in vitro* in PDA culture medium, inoculating at one end with a bacterial solution of 1×10^8 CFU mL⁻¹ and at the other end with a mycelium disc of *C. cassiicola* ITC7. Mycelial growth of the fungus was measured every 24 h, and the phytotoxicity of the aqueous extract of *C. chichenensis* (at concentrations of 3, 9, 12, 15 and 18%) was also determined on 2 cm² fragments of *C. chinense* leaves. The highest concentration that did not show phytotoxicity was subjected to the effectiveness test on *C. cassiicola* ITC7, in Petri dishes with PDA medium mixed with the aqueous extract, a 5 mm mycelium disc was placed in the center and incubated at 27 °C. The sensitivity of *B. subtilis* CBCK47 to the aqueous extract was carried out on nutrient agar medium, on which a bacterial solution of 1.6×10^8 CFU mL⁻¹ was distributed and then four filter paper discs impregnated with 20 µL were deposited: two with the aqueous extract, one with chloramphenicol and one with sterile distilled water. The results indicated that *C. chinense* is susceptible to inoculation by *C. cassiicola* ITC7 by exhibiting the characteristic symptoms of the disease. *B. subtilis* CBCK47 inhibited mycelial growth of the analyzed fungus by 14%. Concentrations above 9% of the aqueous extract of *C. chichenensis* induced phytotoxicity. The 9% aqueous extract of *C. chichenensis* inhibited mycelial growth by 48%, sporulation by 27%, and conidial germination by 38% of *C. cassiicola* ITC7, but did not affect the growth of *B. subtilis* CBCK47. Therefore, the aqueous extract of *C. chichenensis* at 9% and *B. subtilis* CBCK47 at a concentration of 1×10^8 CFU mL⁻¹ applied in combination to inhibit *C. cassiicola* in *C. chinense* represents a viable alternative.

Key words: Aqueous extract, *Bacillus subtilis*, *Croton chichenensis*, *Corynespora cassiicola*, inhibition.

INTRODUCCIÓN

La mancha foliar es una enfermedad causada por un hongo fitopatógeno como *Corynespora cassiicola*; afecta alrededor de 530 especies de plantas pertenecientes a 380 géneros y, se distribuye en zonas tropicales y sub-tropicales del mundo (Dixon *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009). En el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), causa pequeñas lesiones necróticas con centros café claro y márgenes oscuros, rodeados con un halo amarillo resultado del efecto de la toxina cassiicolina (Ruiz-Hernández, 2016). Este hongo infecta principalmente hojas, tallos, raíces y frutos (Shimomoto *et al.*, 2008) lo que causa pérdidas de producción significativas. La severidad de la enfermedad varía de acuerdo con el material genético, las condiciones que prevalecen durante el crecimiento del cultivo y la virulencia del hongo (Ortega-Acosta *et al.*, 2019a).

Por otro lado, el control de la enfermedad se basa en el uso de fungicidas organosintéticos de diferentes grupos toxicológicos, los cuales, por el uso frecuente y prolongado van perdiendo su efectividad, debido a la selección de cepas resistentes del hongo y en consecuencia induciendo efectos negativos a la salud de los aplicadores y consumidores por la residualidad; contaminación y deterioro de la biodiversidad del entorno del agroecosistema (Aciego, 2006).

Esta situación ha propiciado la exploración de estrategias diferentes a los fungicidas para reducir el daño de *C. cassiicola*, como el empleo de microorganismos antagonistas y uso de extractos vegetales que han mostrado, efectividad en el control de varios hongos fitopatógenos (Vázquez-Luna *et al.*, 2007). En este sentido, *Bacillus subtilis* tiene la capacidad de producir metabolitos secundarios (fengicina, surfactina e iturina), que actúan como inhibidores del crecimiento micelial de hongos fitopatógenos (Mnif y Ghribi, 2015); como las cepas de *B. subtilis* F8 y *B. subtilis* K47 que inducen *in vitro* la producción de surfactina con actividad quitinolítica, por lo

cual, inhiben el crecimiento micelial entre un 69.1% y 72.9%, de la cepa *C. cassiicola* aislada de hojas de *Solanum lycopersicum* (Padrón-Chan *et al.*, 2025), al igual que la cepa *B. subtilis* SF1 que estaría relacionado con la producción de surfactina como potencial inhibidor *in vivo* de *Fusarium foetens* en papa (Liu *et al.*, 2023); mientras que, se propone que en col china, la cepa *B. subtilis* NCD-2 contra *Plasmodiophora brassicae* por medio de la función de fengicina estaría relacionado en la supresión de la hernia de la col, enfermedad presente en condiciones de invernadero (Guo *et al.*, 2019).

Asimismo, los extractos vegetales acuosos incorporados al medio de cultivo *in vitro* han sido efectivos en la inhibición del crecimiento micelial, esporulación y germinación de esporas de hongos fitopatógenos o al asperjarse al follaje, redujeron la severidad de la enfermedad. Como, por ejemplo, las plantas del género *Croton* que tiene reportes de al menos 339 diterpenoides (Xu *et al.*, 2018), entre los que se encuentran: flavonoides, eugenol, fenoles, terpenos y derivados diterpenos con actividad citotóxicas (Zhao *et al.*, 2016), larvicida (Quevedo *et al.*, 2007), antifúngicas (Athikomkulchai *et al.*, 2006), entre otros. En la península de Yucatán, se encuentra *Croton chichenensis* de la cual se han reportado metabolitos secundarios, como ácidos grasos, crotofuranensis I y II, ledol, diterpenos y ácido 3-acetilaleuritólico (Concha-Franco, 2020). En el caso de *C. cassiicola*, el extracto acuoso de raíz de *C. chichenensis* inhibió *in vitro* del 79-100% del crecimiento micelial (ICM), 100% la esporulación (IE) y 71-100% la germinación de conidios (IGC), además de disminuir en un 57% la severidad de *C. cassiicola* en plantas de tomate en condiciones de invernadero (Moo-Koh *et al.*, 2022). Por su parte, los extractos etanólicos de hojas y flor de muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) inhibieron a *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium* sp. y *Curvularia* sp. del ICM en 70-98% y el IGC en 84-100% (Xoca-Orozco *et al.*, 2022), lo cual se relacionó con la presencia de compuestos fenólicos como los ácidos: gálico, protocatéquico, cafeico, *p*-cumárico y rosmarínico, además de flavonoides como hesperidina, catequina, quercetina y kaempferol (Moustapha *et al.*, 2011).

En los hongos aislados del cultivo de calabaza (*Curcubita pepo* L.): *F. oxysporum*, *F. solani*, *Exserohilum rostratum* y *Nigrospora laticolonia*, el extracto acuoso de hoja de *Eucalyptus camaldulensis*, resultó el más eficiente en inhibir *in vitro* el ICM de 66-78% (Hassan *et al.*, 2021), asociado con los metabolitos reportados con actividad antifúngica, como el ácido elágico, quercetina 3-O-ramnósido, quercetina 3-O-b-D-glucurónido, ácido cafeico, ácido clorogénico, ácido ferúlico y ácido *p*-cumárico (Elansary *et al.*, 2017).

Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue: determinar la patogenicidad de *C. cassiicola* ITC7 en *C. chinense*, la efectividad *in vitro* de *B. subtilis* CBCK47 y el extracto acuoso de *C. chichenensis* sobre la inhibición del crecimiento micelial, esporulación y germinación de conidios de *C. cassiicola* ITC7.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cepas de *C. cassiicola* ITC7 y *B. subtilis* CBCK47 analizadas en este estudio pertenecen a la colección del Laboratorio de Fitopatología y Microbiología del Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal, respectivamente.

Prueba de patogenicidad de *C. cassiicola* ITC7

En cada una de cuatro plantas de chile habanero criollo de 90 días de germinación, contenidas en vasos de unicel de 1 L, provistas de sustrato a base de suelo y composta en proporción 1:1, se seleccionaron tres hojas de la parte media, las cuales se desinfectaron superficialmente con hipoclorito de sodio al 2%, se lavó con agua destilada estéril y se secó con papel absorbente estéril. A las 12 hojas se les realizó una herida con un bisturí estéril; a seis hojas se les depositó sobre la herida un disco de 5 mm de medio Papa-Dextrosa-Agar (PDA) con micelio de *C. cassiicola* y a las otras seis hojas solo un disco de medio PDA sin el hongo. Cada planta se cubrió con una bolsa de plástico transparente de alta densidad para mantener una humedad relativa superior al 80% y propiciar condiciones favorables para el hongo, posteriormente se trasladaron a una estructura protegida con malla antiáfidos. Las plantas fueron monitoreadas cada 24 h,

cuando se detectó la presencia de síntomas de mancha foliar en las hojas inoculadas, se procedió a realizar el aislamiento. Las hojas con el síntoma, se introdujeron en bolsas de plástico y trasladaron al laboratorio de fitopatología, donde se cortaron segmentos de tejido de un centímetro que incluía parte sana y enferma, que se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2% por 2 min, se enjuagaron dos veces en agua destilada estéril por 2 min y se secaron con papel estéril. El tejido se dividió en cuatro fragmentos y se depositó en cajas Petri con medio PDA y se incubaron en una estufa de cultivo, durante 48 h en oscuridad y una temperatura de 27 °C. Al detectar crecimiento fúngico, éste se transfirió a nuevas cajas Petri con medio PDA para obtener cultivos puros y realizar preparaciones y observar al microscopio compuesto las características morfológicas del micelio y esporas del hongo y comparar con claves dicotómicas (Barnett y Hunter, 2006).

Efecto antagonista de *B. subtilis* CBCK47 contra *C. cassiicola* ITC7

La activación e incremento de inóculo de *B. subtilis* CBCK47, se realizó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL con 50 mL de caldo nutritivo, en agitación constante durante 24 h, y se contabilizó el número de células bacterianas con una cámara de Neubauer, para obtener una solución de 1×10^8 UFC mL⁻¹. Respecto a *C. cassiicola* ITC7, éste se activó en cajas Petri con medio de cultivo PDA siete días previos a la realización del experimento. El efecto de *B. subtilis* CBCK47 contra *C. cassiicola* ITC7, se realizó en cajas Petri de 9 cm de diámetro con medio PDA. A 1.5 cm del borde de la caja se depositó un disco de 5 mm de diámetro del micelio del hongo y en el otro extremo a la misma distancia del borde de la caja, se agregaron 20 µL de la suspensión bacteriana de 1×10^8 UFC mL⁻¹ y consideraron dos testigos; uno con solo el hongo y el otro con solo la solución bacteriana, cada uno con tres réplicas y se incubaron en una estufa de cultivo a 27 °C; a partir de las 24 h y hasta que uno de los testigos llenó la caja, se evaluó el grado de inhibición con la siguiente fórmula (Landa *et al.*, 1997).

$$RGI = (C - T) / C * 100$$

RGI = grado de inhibición del crecimiento radial

T = diámetro promedio del crecimiento micelial en presencia de *B. subtilis*.

C = diámetro promedio del crecimiento micelial sin muestra bacteriana

100 = constante.

Efecto fitotóxico del extracto acuoso de *C. chichenensis* en *C. chinense*

El material vegetal seco y molido de raíces de *C. chichenensis*, fue proporcionado por el Laboratorio de la Unidad de Biotecnología del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY). Las raíces se colectaron en julio del 2023 (CCRN-4) en el municipio de Baca (coordenadas: N21°6'22" O89°22'36") ubicado al noreste del estado de Yucatán. El registro del ejemplar se encuentra en el herbario U Najil Tikin Xiu del CICY con número de catálogo 78036. El extracto acuoso de *C. chichenensis* se evaluó a concentraciones de 3% (p/v), 9% (p/v), 12% (p/v), 15% (p/v) y 18% (p/v). Cada concentración se preparó en un matraz Erlenmeyer con 100 mL de agua destilada estéril con material seco y triturado correspondiente, el cual se calentó a ebullición durante 15 min y posteriormente se dejó enfriar. Para eliminar los residuos vegetales, primero se filtró el extracto a través de papel Whatman No. 1 de filtración cualitativa con un tamaño de retención de 11 µm estéril; posteriormente, se realizó un segundo filtrado mediante una membrana de celulosa de 0.22 µm estéril para obtener un extracto aséptico antes del ensayo. Para la prueba se emplearon fragmentos de hojas de *C. chinense* criollo (2 cm²) con 65 días de germinación. Dichos fragmentos fueron desinfectados en hipoclorito de sodio al 2% durante 2 min, enjuagando dos veces con agua destilada estéril por 2 min y secados en papel absorbente estéril. En condiciones asépticas, se agregó un fragmento de hoja por caja Petri de 9 cm de diámetro con medio PDA. Los tratamientos fueron cinco concentraciones del extracto acuoso 3, 9, 12, 15 y 18% (p/v) más un testigo con agua destilada estéril, cada uno con cuatro réplicas. Sobre cada fragmento de hoja se depositaron 50 µL de la solución correspondiente. Los tratamientos se revisaron cada 24 h para detectar la presencia de algún daño visible como clorosis o necrosis; o hasta que el testigo manifestó daño por senescencia.

Efectividad del extracto acuoso de *C. chichenensis* contra *C. cassiicola* ITC7

Se realizó en cajas Petri de 9 cm de diámetro con medio PDA mezclado con extracto acuoso de *C. chichenensis* a concentraciones de 3 y 9% (p/v) además del testigo sin extracto, cada tratamiento tuvo cuatro replicas. En el centro de cada caja Petri se colocó un disco de 5 mm de diámetro con *C. cassiicola* y se incubaron en una estufa de cultivo a 27 °C. Para determinar la efectividad del extracto sobre el hongo, se evaluó el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial, esporulación y germinación de conidios.

Inhibición del crecimiento micelial (ICM)

Se midió cada 24 h hasta que el hongo cubrió la caja Petri en el testigo o en el tratamiento con el extracto. Los valores obtenidos fueron utilizados para calcular la efectividad del extracto con la fórmula de Abbott (1925):

$$E = ((\text{Test} - \text{Trat}) / \text{Test}) \times 100$$

Donde:

E = efectividad (%)

Test = crecimiento micelial del testigo (cm),

Trat = crecimiento micelial del tratamiento (cm),

100 = constante.

Inhibición de esporulación (IE)

Se utilizaron las cajas Petri donde no hubo inhibición del crecimiento micelial. A las cuales se les agregaron 9 mL de agua destilada estéril para recolectar las esporas. Con ayuda de un portaobjetos se realizó suavemente el raspado del micelio y la suspensión obtenida se filtró a través de gasas estériles. Esta solución denominada solución madre se conservó en un tubo de 50 mL; de esta solución se tomaron 9 µL, los cuales se depositaron en el campo del hematocítmetro (cámara de Neubauer) y se observó en el microscopio compuesto con objetivo de 10X. Luego se calculó el número de conidios del hongo fitopatógeno con la siguiente fórmula (Höller *et al.*, 1999):

$$NE = (X / 0.1) (1000) (9)$$

Donde:

NE = número de esporas en 1 mL

X= promedio de esporas de los 4 campos

0.1= profundidad de la cámara

1000 = volumen

9= mL agregados a las cajas Petri para el arrastre de esporas.

Inhibición de germinación (IG)

A las cajas con crecimiento del hongo, se les adicionaron 9 mL de agua destilada estéril y con ayuda de un portaobjetos se realizó el raspado del micelio. La suspensión obtenida se filtró a través de una gasa estéril y el filtrado se recolectó en un tubo cónico (Falcon de 50 mL).

Posteriormente, se prepararon dos cajas Petri; una con medio PDA (testigo) y otra con PDA más extracto acuoso vegetal al 9%, empleando la concentración que mostró mayor efectividad de inhibición de crecimiento micelial y menor fitotoxicidad en hojas de chile habanero. Cada caja se marcó con cuatro cuadrantes y se establecieron los sitios de conteo. En cada cuadrante se colocaron 50 µL de la solución madre y se cubrió con un cubreobjetos para contabilizar las esporas. Las observaciones se realizaron cada hora, por medio de un microscopio compuesto con el objetivo de 10X, hasta que se detectó la emisión del tubo germinativo de los conidios del tratamiento testigo. Finalmente, se efectuó el cálculo de la efectividad del extracto mediante la fórmula:

$$IG = (EG/ET) \times 100$$

Donde:

IG= inhibición de germinación (%)

EG= número de esporas germinadas

ET= número de esporas totales

100 = constante.

Sensibilidad de *B. subtilis* CBCK47 a *C. chichenensis*

En cajas Petri de 9 cm de diámetro con medio de agar nutritivo, se inocularon 100 μL de *B. subtilis* CBCK47 a una concentración de 1.6×10^8 UFC mL^{-1} y se distribuyó de manera homogénea con un hisopo estéril. Después, sobre el inóculo bacteriano se depositaron cuatro discos de papel filtro Whatman de 5 mm de diámetro, dos impregnados con 20 μL de extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9%, uno con 20 μL de agua destilada estéril (testigo negativo) y otro 20 μL de cloranfenicol en concentración de 1 mg mL^{-1} (testigo positivo), cada uno con dos replicas. Cada 24 h se registró el crecimiento de la colonia bacteriana.

Análisis estadístico: los ensayos se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar y los valores obtenidos de la inhibición del crecimiento micelial de *C. cassiicola* ITC7 por *B. subtilis* CBCK47 y el porcentaje de inhibición del *C. chichenensis* contra *C. cassiicola* ITC7 en el crecimiento micelial, esporulación y germinación de conidios, previa transformación por arcoseno, fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), en el programa Infostat versión 2020 para Windows®.

RESULTADOS

Prueba de patogenicidad de *C. cassiicola* ITC7

A los tres días de la inoculación de *C. cassiicola* IT7 en hojas de *C. chinense*, se observó una mancha foliar con el centro café claro y margen oscuro rodeada de un halo clorótico, síntomas característicos de la enfermedad conocida como mancha foliar, a diferencia del testigo que no manifestó ningún síntoma (Figura 1). La mancha necrótica, incrementó de tamaño conforme transcurrió el tiempo hasta cubrir la mayor parte de la hoja y causar su desprendimiento a los 30 días (Figura 2).

En las hojas con los síntomas de mancha foliar se aisló un hongo que, de acuerdo a la coloración, tipo de micelio y forma de la espora coincidió con las características morfológicas del inóculo de *C. cassiicola*. Lo que confirmó la patogenicidad de *C. cassiicola* en chile habanero (Figura 2).

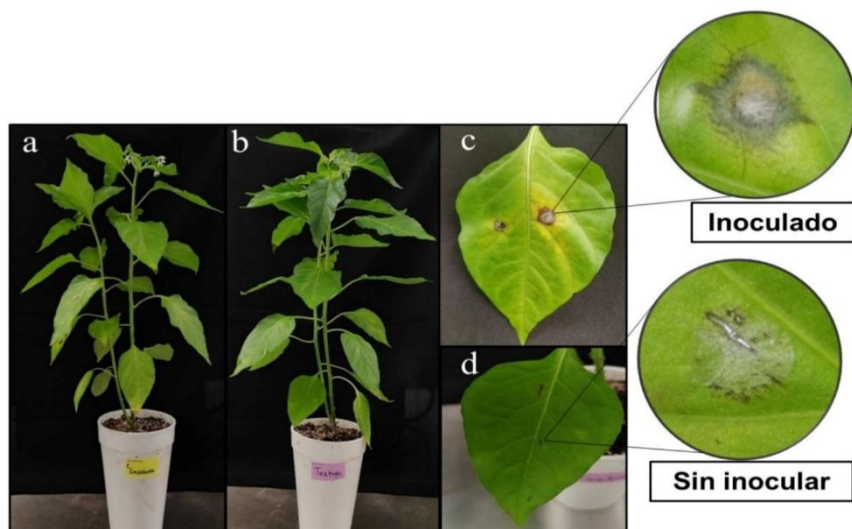


Figura 1. Síntomas de mancha foliar en hojas de *C. chinense* a los tres días de inoculadas con *C. cassiicola*: a) planta inoculada, b) planta sin inóculo, c) hoja inoculada con mancha foliar y micelio, d) hoja sin inocular ausencia de micelio.
Figure 1. Symptoms of leaf spot on *C. chinense* leaves three days after being inoculated with *C. cassiicola*: a) inoculated plant, b) plant without inoculum, c) leaf inoculated with leaf spot and mycelium, d) leaf without inoculation, absence of mycelium.

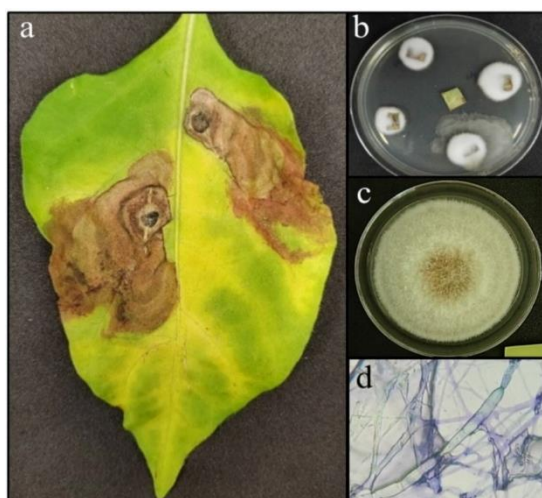


Figura 2. Aislamiento de *C. cassiicola* ITC7 agente causal de la macha foliar inoculado en hojas de *C. chinense*: a) Daño en hoja a los 30 días de inoculada, b) Crecimiento de micelio en PDA a los tres días de la siembra, c) cepa pura del hongo, d) esporas.

Figure 2. Isolation of *C. cassiicola* ITC7, the causal agent of leaf spot, inoculated on *C. chinense* leaves: a) leaf damage 30 days after inoculation, b) mycelium growth on PDA three days after sowing, c) pure strain of the fungus, d) spores.

Efecto antagonista de *B. subtilis* CBCK47 contra *C. cassiicola* ITC7

A los cinco días de realizada la confrontación de *B. subtilis* CBCK47 a una concentración del 1×10^8 UFC mL^{-1} contra *C. cassiicola* ITC7, el testigo con la bacteria lleno la caja Petri, y se determinó que *B. subtilis* CBCK47 inhibió en 14% el crecimiento micelial de *C. cassiicola* ITC7 (Figura 3).

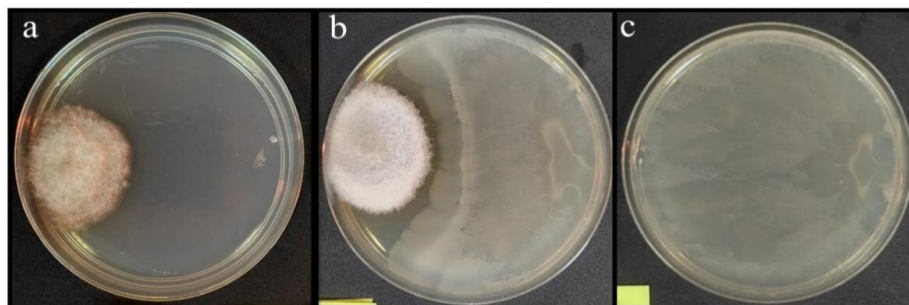


Figura 3. Inhibición del crecimiento micelial de *C. cassiicola* ITC7 por *B. subtilis* CBCK47: a) *C. cassiicola* ITC7, b) confrontación *B. subtilis* CBCK47-*C. cassiicola* ITC7, c) *B. subtilis* CBCK47.

Figure 3. Inhibition of mycelial growth of *C. cassiicola* ITC7 by *B. subtilis* CBCK47: a) *C. cassiicola* ITC7, b) confrontation *B. subtilis* CBCK47-*C. cassiicola* ITC7, c) *B. subtilis* CBCK47.

Efecto fitotóxico del extracto acuoso de *C. chichenensis* en *C. chinense*

En los fragmentos de hojas de *C. chinense*, a las 72 h de la aplicación del extracto acuoso de *C. chichenensis* a concentración de 18% se observó una necrosis, en 12 y 15% una clorosis, pero en 3 y 9% no manifestaron daño aparente (Figura 4, Tabla 1).

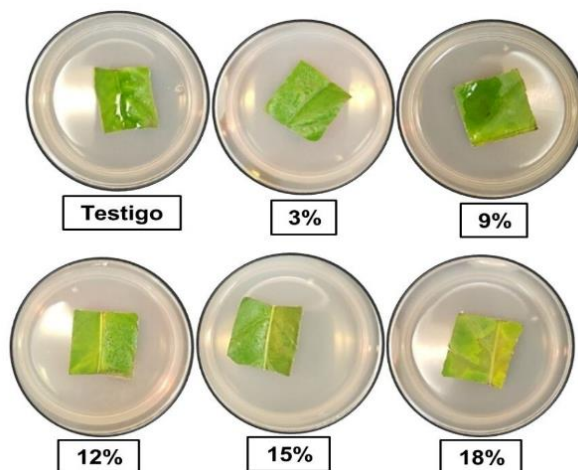


Figura 4. Efecto fitotóxico de la concentración del extracto acuoso de *C. chichenensis* en hojas de *C. chinense* a las 72 h de aplicación.

Figure 4. Phytotoxic effect of the concentration of the aqueous extract of *C. chichenensis* in *C. chinense* leaves at 72 hours of application.

Tabla 1. Efecto tóxico del extracto acuoso de *C. chichenensis* en hojas de *C. chinense*

Table 1. Toxic effect of the aqueous extract of *C. chichenensis* in *C. chinense* leaves

FITOTOXICIDAD	
Concentración del extracto acuoso (%)	Daño del extracto en hojas de <i>C. chinense</i> (%)
0	0
3	0
9	0
12	17-25
15	38-49
18	50-62

Efectividad del extracto acuoso de *C. chichenensis* contra *C. cassiicola* ITC7

El análisis de varianza de la inhibición del crecimiento micelial entre tratamientos mostró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.01$). La comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$), determinó como mejor tratamiento al extracto acuoso al 9% al inhibir en 48% el crecimiento micelial de *C. cassiicola* a los siete días de cultivo; en comparación con el 3% que manifestó una inhibición del 42% y el testigo sin extracto donde creció el micelio del hongo sin restricción (Figura 5). En la concentración al 9% también se observó un 27% de inhibición de la esporulación, 38% de la germinación de conidios y presencia de deformaciones en los conidios con respecto al testigo (Figura 6, Tabla 2).

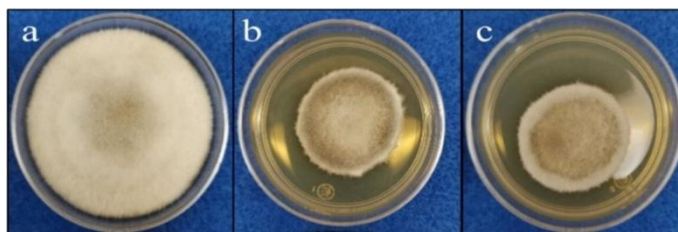


Figura 5. Efecto del extracto acuoso (EA) de *C. chichenensis* sobre el crecimiento micelial *in vitro* de *C. cassiicola* ITC7: a) Testigo, b) EA al 3%, c) EA al 9%.

Figure 5. Effect of the aqueous extract (AE) of *C. chichenensis* in the *in vitro* mycelial growth of *C. cassiicola* ITC7: a) Control, b) EA at 3%, c) EA at 9%.

Tabla 2. Efectividad del extracto acuoso de *C. chichenensis* contra *C. cassiicola* ITC7.

Table 2. Effectiveness of the aqueous extract of *C. chichenensis* against *C. cassiicola* ITC7.

Concentración del extracto acuoso (%)	Efectividad		
	Inhibición del crecimiento micelial (%)	Inhibición de esporulación (%)	Inhibición de la germinación conidial (%)
0	0c	0b	0b
3	42b	0b	0b
9	48a	27a	38a

Medias con literales diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

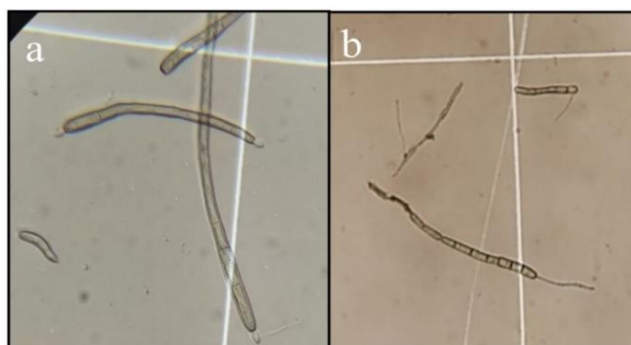


Figura 6. Esporas de *C. cassiicola* ITC7 sin o con extracto acuoso de *C. chichenensis* observadas bajo el microscopio óptico a 40X: a) esporas sin exposición al extracto acuoso, b) esporas en exposición con el extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9%.

Figure 6. Spores of *C. cassiicola* ITC7 without or with aqueous extract of *C. chichenensis* observed under the optical microscope at 40X: a) spores without exposure to the aqueous extract, b) spores exposed to the aqueous extract of *C. chichenensis* at 9%.

Sensibilidad de *B. subtilis* CBCK47 a *C. chichenensis*

A las 24 h de exposición de *B. subtilis* CBCK47 al extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9%, no se observó inhibición del crecimiento bacteriano en relación con el tratamiento con cloranfenicol que impidió el desarrollo de la bacteria (Figura 7).

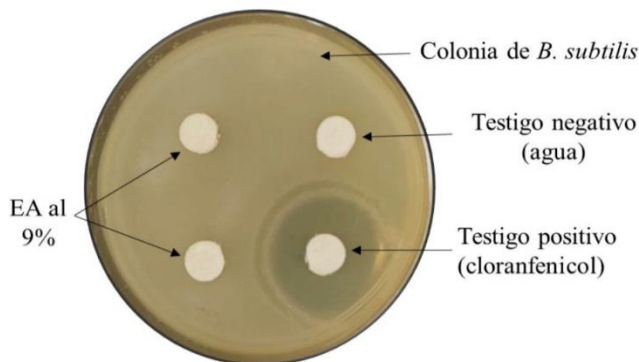


Figura 7. Sensibilidad de *B. subtilis* CBCK47 al extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9% a las 24 h de su exposición.
Figure 7. Sensitivity of *B. subtilis* CBCK47 to the aqueous extract of *C. chichenensis* at 9% after 24 hours of exposure.

DISCUSIÓN

Las plantas de chile habanero cultivar criollo (*C. chinense*) resultaron susceptibles a la cepa de *C. cassiicola* ITC7 al manifestarse los síntomas en forma de manchas café irregulares con halo clorótico, y el agente causal aislado coincidió con las características morfológicas del hongo inoculado (Barnett y Hunter, 2006). Este hongo también ha mostrado ser patógeno en cultivos como: *C. annum* (Tun-Suárez *et al.*, 2011; Chai *et al.*, 2014), *Hibiscus sabdariffa* (Ortega-Acosta *et al.*, 2019) *Solanum lycopersicum* (Mackenzie *et al.*, 2018) *Cucumis sativus* (Zhao *et al.*, 2022) y *Glycine max* (Edwards-Molina *et al.*, 2022).

La capacidad de *B. subtilis* CBCK47 de inhibir el crecimiento micelial *in vitro* de *C. cassiicola*, fitopatógeno de *C. chinense*, se atribuye a su capacidad de sintetizar metabolitos secundarios como: surfactinas, fengicinas e iturinas consideradas con actividad antifúngica o actividad antagónica directa, a través de la competencia por espacio y nutrientes (Fernando *et al.*, 2005; Shafi *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2018). Otras especies del género *Bacillus*, producen compuestos orgánicos volátiles y enzimas líticas como quitinasas, que hidrolizan la pared celular, lo que causa la muerte de los hongos (Maung *et al.*, 2022). En la cepa de *B. subtilis* CBCK47 se ha reportado la presencia de genes capaces de sintetizar surfactina a la que se le atribuye una inhibición del crecimiento micelial hasta en un 69% de *C. cassiicola* aislada de *S. lycopersicum* (Padrón-Chan *et al.*, 2025) y del 64 al 75% en *Alternaria alternata*, *Helminthosporium rostratum*, *Curvularia lunata* y *C. gloeosporoides*, aislados de diversas hortalizas (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2014; Ruiz-Hernández *et al.*, 2016). En *B. subtilis* GM5 la inhibición del 51.5-72.7% en cepas de *Alternaria* spp. se asoció con la liberación de surfactina y fengicina (Mardanov *et al.*, 2016). Cepas como *B. subtilis* CBMT51 inhibieron el 71% del crecimiento micelial de *F. equiseti* aislado de *C. chinense* (Mejía-Bautista *et al.*, 2016), la cepa *B. subtilis* F62 mostró *in vitro*, potencial antagónico en cepas de *Fusarium* sp. en el cual redujo 35-63% el crecimiento micelial, además de que inhibió el 100 % la germinación de conidios (Russi *et al.*, 2022), mientras que la cepa *B. subtilis* BS2 presentó una fuerte actividad antagónica, en 61-67% de inhibición contra *Lasioidiplodia theobromae* (Lira-Hernández *et al.*, 2025). Otras especies como *B. siamensis* TV16 y *B. velezensis* YZU 173039, causaron un alto potencial antagónico con 62.6% y 66 % de inhibición de *C. cassiicola* en el crecimiento micelial, respectivamente (Duy, 2023; Huang *et al.*, 2025).

La fitototoxicidad del extracto acuoso de *C. chichenensis* a concentraciones superiores al 9% en hojas de *C. chinense* bajo condiciones *in vitro*, produjo necrosis y clorosis foliar, daños causados por este extracto en hojas de *S. lycopersicum* a concentración del 12% de necrosis en la superficie, venas o márgenes de las hojas (Moo-Koh *et al.*, 2022). En el caso del extracto de *Eucalyptus camaldulensis* a 0.71% (p/v), en concentraciones de 0.125, 0.250, 0.5 y 1 $\mu\text{L mL}^{-1}$ aplicado sobre maleza en *Amaranthus hybridus* y *Portulaca oleracea* inhibieron el crecimiento de las plantas por el contenido de sesquiterpenos (Verdeguez *et al.*, 2009). El extracto de corteza de *Senna spectabilis* a concentración del 25% disminuyó el 85% del crecimiento de *Vigna radiata*, 40% *Cicer arietinum* y 65% *A. cruentus* por el contenido de flavonoides, glucósidos fenólicos e hidroxycumarina (Prajitha y Bai, 2025); mientras que el extracto oleoso de *Azadirachta indica* ocasionó lesiones del 35% en hojas de *Ixora coccinea* a concentración del 0.02 mg de azadiractina (Esparza-Díaz *et al.*, 2010). Los extractos de *C. annuum*, *Origanum vulgare* y *Rosmarinus officinalis* en concentración individual de 100% (300 g L⁻¹ agua) ocasionaron daños fitotóxicos como moderada acción caustica en hojas y tallo, así como muerte de tallos del 75% en plántulas de *Zea mays*, también, el extracto *Allium sativum* y *O. vulgare* a concentración del 100%, causaron la muerte de *Phaseolus vulgare* (Anza-Cruz *et al.*, 2023). Por otro lado, el extracto acuoso de hojas, tallo y semillas *Jatropha curcas* a concentraciones de 50, 100, 150 y 200 g L⁻¹ no ocasionaron fitotoxicidad de *S. melongena* (Silva-Illescas y Arias-Reverón, 2025).

El extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9% contra *C. cassiicola*, resultó el más eficiente al inhibir en 48% el crecimiento micelial, 27% la esporulación y 38% la germinación de conidios, esta efectividad podría estar asociada a la presencia de metabolitos secundarios como los diterpenos en especies del género *Croton*, con actividad antifúngica, antimicrobiana, y antioxidante (Coy-Barrera *et al.*, 2025). Al respecto, el extracto etanólico de *C. chichenensis* ha mostrado una inhibición del 78% en el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*, 83% en *F. oxysporum* y 62% en *Rhizopus* sp., mientras que el extracto crudo de hojas inhibió el 62% de *A. tagetica* (Gamboa-Angulo *et al.*, 2008). En el caso del extracto acuoso de *C. chichenensis* al 12% causó un 99% de inhibición del crecimiento micelial en *C. lunata* ITC22, 100% *F. equiseti* ITC32 y *C. cassiicola* ITC23; en cuanto a la germinación de conidios un 80% en *A. alternata*, 70% en *F. equiseti*, 100% en *C. cassiicola* y *C. lunata*; en estos hongos impidió la esporulación (Moo-Koh *et al.*, 2022). En un estudio *in vitro* las fracciones del extracto metanólico de *C. cajucara* a concentración de 0.2 mg mL⁻¹ se observó un efecto inhibitorio de *F. oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* (Souza *et al.*, 2006). Además, el extracto etanólico de *C. macrostrachyus* *in vitro* inhibió el crecimiento micelial de *Aspergillus niger* de por lo menos 15.5 mm (Habtom y Gebrehiwot, 2019).

El extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9% no afectó el crecimiento de *B. subtilis* *in vitro*, esta respuesta de compatibilidad se ha observado cuando se aplicaron extractos de hojas de *Allium cepa* L. x *Allium sativum* al 10% *in vitro* para la compatibilidad con *B. subtilis* BS16 y *Pseudomonas fluorescens* Pfl1 y Pfl15 no presentaron afectación sobre las bacterias (Latha *et al.*, 2009); los extractos etanólicos de macis (*Myristica fragrans*), alcaravea (*Carum carvi*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) a 1% (p/v) presentaron actividad esporicida de la cepa *B. subtilis* ATCC 6633 en intervalo de 91-97% (Cho y Chung, 2017). Así mismo, los extractos de *A. indica*, *A. conyzoides*, *Aglaiia odorata* a concentraciones no mayor al 50% *in vitro*, no causaron efecto sobre bacterias endófitas *Bacillus* sp. y *Pseudomonas* sp. (Hoesain *et al.*, 2021).

El hecho de que el extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9% resultara el más eficiente, al inhibir un 48% el crecimiento micelial, 27% la esporulación y 38% la germinación de conidios de *C. cassiicola*, y no afectar el crecimiento de *Bacillus subtilis* CBCK47 bajo condiciones *in vitro*, sugiere que el extracto acuoso y la bacteria antagonista pueden ser empleados de manera simultánea como una alternativa viable para reducir el daño de *C. cassiicola* en chile habanero, como sugiere la aplicación de *B. subtilis* TM3 y el extracto de hojas de betel (*Piper betle*) en plantas de *Zea mays* para controlar *F. verticilloides* en campo, pues inhibieron en un 25.19% la podredumbre del tallo y 13.33% podredumbre de la mazorca (Suriani *et al.*, 2021), mientras tanto *Bacillus* sp. cepa B15 y el extracto de *Larrea tridentata* en cultivo de papa (*S. tuberosum*) en campo, disminuyeron el daño de *R. solani* a una severidad leve de 15-20 esclerocios (Hernández-Castillo *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

El chile habanero criollo es susceptible a la infección de *C. cassiicola* ITC7, al expresar los síntomas característicos de la mancha foliar.

Concentraciones del extracto acuoso de *C. chichenensis* superiores al 9% causan fitotoxicidad en hojas bajo condiciones de laboratorio.

En confrontación dual, la concentración de 9% fue más eficiente en inhibir el crecimiento micelial, esporulación y germinación de conidios, sin afectar el crecimiento bacteriano de *B. subtilis* CBCK47 con efecto inhibitorio contra el hongo fitopatógeno.

El extracto acuoso de *C. chichenensis* al 9% y *B. subtilis* CBCK47 a una concentración de 1×10^8 UFC mL⁻¹ aplicados en combinación representan una alternativa viable de biocontrol de *C. cassiicola* en *C. chinense* y contribuir a la reducción del uso de fungicidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto con clave 22654.25-P cuyo nombre es: Manejo biorracional de *Corynespora cassiicola* en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de posgrado asignada (1313519).

LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18, 265–267.
- Aciego, J. (2006). Efecto en la rizosfera del cultivo de maíz sobre algunas poblaciones microbianas y características químicas de un suelo tropical. *Rev. Venesuelos*. 6: 39-45.
- Anza-Cruz, H. G., Ramírez-González, S. I., López-Báez, O., & Espinoza-Zaragoza, S. (2023). Fitotoxicidad de extractos vegetales en la germinación de semillas y desarrollo inicial de plantas mono y dicotiledóneas. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(32), 126–149. <https://doi.org/10.31644/IMASD.32.2023.a07>
- Athikomkulchai, S., Prawat, H., Thasana, N., Ruangrunsi, N., & Ruchirawat, S. (2006). COX-1, COX-2 Inhibitors and Antifungal Agents from *Croton hutchinsonianus*. *Chemical And Pharmaceutical Bulletin*, 54(2), 262-264. <https://doi.org/10.1248/cpb.54.262>
- Barnett, H.L., & Hunter, B.B. (2006). *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4th Edition, The American Phytopathological Society, St. Paul Minnesota. USA.
- Chai, A. L., Du, G. F., Shi, Y. X., Xie, X. W., & Li, B. J. (2014). *Corynespora* spot of hot pepper caused by *Corynespora cassiicola* in China. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36(3), 207-411. <https://doi.org/10.1080/07060661.2014.927926>.
- Cho, W., & Chung, M. (2017). Antimicrobial effect of a combination of herb extract and organic acid against *Bacillus subtilis* spores. *Food Science and Biotechnology*, 26(5), 1423-1428. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0164-5>
- Concha-Franco, S. (2020). Caracterización de metabolitos minoritarios de las raíces de *Croton chichenensis* y su evaluación antifúngica [Tesis de Licenciatura, no publicada, Universidad Autónoma de Yucatán] Repositorio Institucional.
- Coy-Barrera, C. A., Galvis, L., Rueda, M. J., & Torres-Cortés, S. A. (2025). The *Croton* genera (Euphorbiaceae) and its richness in chemical constituents with potential range of applications. *Phytomedicine Plus*, 5(1), 100746. <https://doi.org/10.1016/j.phtplu.2025.100746>
- Dixon, L. J., Schlub, R. L., Pernezny, K., & Datnoff, L. E. (2009). Host specialization and phylogenetic diversity of *Corynespora cassiicola*. *Phytopathology*, 99(9), 1015-1027. <https://doi.org/10.1094/phyto-99-9-1015>

- Duy, L. Q. (2023). Evaluation of antifungal activity against *Corynespora cassiicola* by bacteria isolated from soil in the root zone of cucumber plants. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(12) <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241220>
- Edwards-Molina, J. P., Navarro, B. L., Allen, T. W., & Godoy, C. V. (2022). Soybean target spot caused by *Corynespora cassiicola*: a resurgent disease in the Americas. *Tropical Plant Pathology*, 47(3), 315-331. <https://doi.org/10.1007/s40858-022-00495-z>
- Elansary, H. O., Salem, M. Z., Ashmawy, N. A., Yessoufou, K., & El-Settawy, A. A. (2017). *In vitro* antibacterial, antifungal and antioxidant activities of *Eucalyptus* spp. leaf extracts related to phenolic composition. *Natural Product Research*, 31 (24), 2927-2930. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1303698>
- Esparza-Díaz, G., López-Collado, J., Villanueva-Jiménez, J. A., Osorio-Acosta, F., Otero-Colina, G., & Camacho-Díaz, E. (2010). Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agrociencia*, 44(7), 821-833.
- Fernando, W.G.D., Nakkeeran, S., & Zhang, Y. (2005). Biosynthesis of antibiotics by PGPR and its relation in biocontrol of plant diseases. In: Siddiqui, Z.A. (eds) PGPR: Biocontrol and Biofertilization. *Springer*, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-4152-7_3
- Gamboa-Angulo, M. M., Cristóbal-Alejo, J., Medina-Baizabal, I. L., Chí-Romero, F., Méndez-González, R., Simá-Polanco, P., & May-Pat, F. (2008). Antifungal properties of selected plants from the Yucatan peninsula, Mexico. *World Journal of Microbiology And Biotechnology*, 24 (9), 1955-1959. <https://doi.org/10.1007/s11274-008-9658-x>
- Guo, S., Zhang, J., Dong, L., Li, X., Asif, M., Guo, Q., Jiang, W., Ma, P., & Zhang, L. (2019). Fengycin produced by *Bacillus subtilis* NCD-2 is involved in suppression of clubroot on Chinese cabbage. *Biological Control*, 136, 104001 <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104001>
- Habtom, S., & Gebrehiwot, S. (2019). *In vitro* antimicrobial activities of crude extracts of *Vernonia amygdalina* and *Croton macrostachyus* against some bacterial and fungal test pathogens. *J Phytopharmacol*, 8(2), 57-62.
- Hassan, H.S., Mohamed, A.A., Felefel, M.N., Salem, M.Z.M., Ali, H.M., Akrami, M., & Abd-Elkader, D.Y. (2021). Extractos naturales de plantas y antagonistas microbianos para controlar patógenos fúngicos y mejorar la productividad del calabacín (*Cucurbita pepo* L.) *in vitro* e invernadero. *Horticulturae*, 7 (11), 470. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110470>
- Hernández-Castillo, F.D., Lira-Saldivar, R.H., Cruz-Chávez, L., Gallegos-Morales, G., Galindo-Cepeda, M., Padrón-Corral, E., & Hernández-Suárez, M. (2008). Potencial antifúngico de cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Phyton (Buenos Aires)*, 77, 241-252.
- Hoesain, M., Socharto, Prastowo, S., Pradana, A. P., Asyiah, I. N., Kustiawan, F., Ramadhan, F. S., Rohmah, W., & Nengtyas, Y. A. (2021). *In vitro* studies on *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. compatibility with botanical pesticide. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 759(1), 012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/759/1/012069>
- Höller, U., König, M. G., & Wright, A. D. (1999). Three new metabolites from marine-derived fungi of the genera *Coniothyrium* and *Microphaeopsis*. *J. Nat. Prod.* 62: 114-118.
- Huang, C., Guo, Z., Yang, X., Long, X., Wen, M., Wu, H., Rashad, Y. M., Hu, J., & Deng, J. (2025). Biocontrol efficacy of *Bacillus velezensis* YZU 173039 against *Corynespora* leaf spot on tobacco. *Biocontrol Science and Technology*, 35(5), 527-540. <https://doi.org/10.1080/09583157.2025.2481506>
- Landa, B. B., Hervás, A., Bettiol, W., & Jiménez-Díaz, R. M. (1997). Antagonistic activity of Bacteria from the chickpea rhizosphere against *Fusarium Oxysporum* f. sp. *ciceris*. *Phytoparasitica*, 25(4), 305-318. <https://doi.org/10.1007/bf02981094>
- Latha, P., Anand, T., Ragupathi, N., Prakasam, V., & Samiyappan, R. (2009). Antimicrobial activity of plant extracts and induction of systemic resistance in tomato plants by mixtures of PGPR strains and Zimmu leaf extract against *Alternaria solani*. *Biological control*, 50(2), 85-93

- Lira-Hernández, T. de J., Rivera, B. G., Cágál, Á. C., Larios, A. L. V., Rosas, F. H., & Monterroza, M. J. V. (2025). Evaluación del antagonismo de *Bacillus* spp. sobre hongos fitopatógenos de lima persa (*Citrus x latifolia* Tan.). *Revista Bio Ciencias*, 12, Artículo e1806. <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1806>
- Liu, L., Jin, X., Lu, X., Guo, L., Lu, P., Yu, H., & Lv, B. (2023). Mechanisms of Surfactin from *Bacillus subtilis* SF1 against *Fusarium foetens*: A novel pathogen inducing potato wilt. *Journal of Fungi*, 9(3), 367. <https://doi.org/10.3390/jof9030367>
- Mackenzie, K. J., Sumabat, L. G., Xavier, K. V., & Vallad, G. E. (2018). A Review of *Corynespora cassiicola* and Its Increasing Relevance to Tomato in Florida. *Plant Health Progress*, 19(4), 303-309. <https://doi.org/10.1094/php-0518-0023-rv>
- Mardanov, A. M., Hadieva, G. F., Lutfullin, M. T., Khilyas, I. V., Minnullina, L. F., Gilyazeva, A. G., Bogomolnaya, L. M., & Sharipova, M. R. (2016). *Bacillus subtilis* strains with antifungal activity against the phytopathogenic fungi. *Agricultural Sciences*, 08(01), 1-20. <https://doi.org/10.4236/as.2017.81001>
- Maung, C. E. H., Choub, V., Cho, J., & Kim, K. Y. (2022). Control of the bacterial soft rot pathogen, *Pectobacterium carotovorum* by *Bacillus velezensis* CE 100 in cucumber. *Microbial Pathogenesis*, 173(PtA)105807. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105807>
- Mejía-Bautista, M. Á., Reyes-Ramírez, A., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., Del Carmen Borges-Gómez, L., & Pacheco-Aguilar, J. R. (2016). *Bacillus* spp. en el Control de la Marchitez Causada por *Fusarium* spp. en *Capsicum chinense*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34(3). 208-222. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1603-1>
- Mnif, I., & Ghribi, D. (2015). Review lipopeptides biosurfactants: Mean classes and new insights for industrial, biomedical, and environmental applications. *Biopolymers*, 104(3), 129-147. <https://doi.org/10.1002/bip.22630>
- Moo-Koh, F. A., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., Medina-Baizabal, I. L., Arjona-Cruz, A. A., & Gamboa-Angulo, M. (2022). Activity of aqueous extracts from native plants of the Yucatan Peninsula against fungal pathogens of tomato *in vitro* and from *Croton chichenensis* against *Corynespora cassiicola* on Tomato. *Plants*, 11(21), 2821. <https://doi.org/10.3390/plants11212821>
- Moustapha, B., Gutiérrez-Avella, A. D.M., Fuentes-Ordaz, R., Castañeda-Moreno, R., & Martínez, M. (2011). Constituyentes químicos del muérdago mexicano (*Psittacanthus calyculatus*). *Moléculas*, 16 (11), 9397-9403. <https://doi.org/10.3390/molecules16119397>
- Ortega-Acosta, S. Á., Ochoa-Martínez, D. L., Hernández-Morales, J., & Palemón-Alberto, F. (2019). Morphological and genetic characterization of *Corynespora cassiicola* isolates obtained from roselle and associated weeds. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 38(1). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1909-2>
- Ortega-Acosta, S. Á., Ochoa-Martínez, D. L., Leyva-Mir, S. G., Velasco-Cruz, C., Mora-Aguilera, J. A., & Hernández-Morales, J. (2019a). Control químico del manchado de hojas y cálices de jamaica en Guerrero, México. *Summa Phytopathologica*, 45(1), 38-43. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/182006>
- Padrón-Chan, A., Cristóbal-Alejo, J., & Reyes-Ramírez, A. (2025). Actividad biosurfactante de dos cepas quitinolíticas de *Bacillus subtilis* y su antagonismo contra *Corynespora cassiicola*. *Biotechnia*, 27, e2362. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v27.2362>
- Prajitha, T., & Bai, R. S. (2025). A study on the phytotoxicity of bark and root extracts of the invasive *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin and Barneby. *Russian Journal of Ecology*, 56(2), 123-134. <https://doi.org/10.1134/s1067413624602574>
- Quevedo, R., Nuñez, L., & Moreno-Murillo, B. (2007). Contribución al estudio químico y de bioactividad de dos especies nativas: (*Croton bogotanus*. Cuatr. y *Croton funckianus*. Cuatr.) Euphorbiaceae. *Scientia et Technica*, 13(33), 391-393.
- Ruiz-Sánchez, E., Mejía-Bautista, M. Á., Cristóbal-Alejo, J., Valencia-Botín, A., & Reyes-Ramírez, A. (2014). Actividad antagonista de filtrados de *Bacillus subtilis* contra *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7), 1325-1332.

Recibido / Received:
27/enero/2026

**Recepción de versión
corregida / Revised
version received:**
19/mayo/2026

Aceptado / Accepted:
2/junio/2026

- Ruiz-Hernández, J. (2016). Bioecología y control de *Corynespora cassiicola* (Berk. & MA Curtis) en *Solanum lycopersicum* (L.). *Revista de Protección Vegetal*, 31(2), 148-148.
- Russi, A., Almança, M. A. K., & Schwambach, J. (2022). *Bacillus subtilis* strain F62 against *Fusarium oxysporum* and promoting plant growth in the grapevine rootstock SO4. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 94 (3) e 20210860. <https://doi.org/10.1590/0001-376520220210860>
- Shafi, J., Tian, H., & Ji, M. (2017). *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31(3), 446-459. <https://doi.org/10.1080/13102818.2017.1286950>
- Shimomoto, Y., Adachi, R., Morita, Y., Yano, K., Kiba, A., Hikichi, Y., & Takeuchi, S. (2008). *Corynespora* blight of sweet pepper (*Capsicum annuum*) caused by *Corynespora cassiicola* (Berk. & Curt.) Wei. *Journal of General Plant Pathology*, 74(4), 335-337. <https://doi.org/10.1007/s10327-008-0100-x>
- Silva-Illescas, P. F., & Arias-Reverón, J. M. (2025). Eficiencia de extractos botánicos de *Jatropha curcas* L. para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Agronomía Mesoamericana*, 61233. <https://doi.org/10.15517/am.2025.61233>
- Smith, L., Datnoff, L., Pernezný, K., & Schlub, R. (2009). Phylogenetic and pathogenic characterization of *Corynespora cassiicola* isolates. *Acta Horticulturae*, 808, 51-56. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.808.6>
- Souza, M. A. A., Souza, S. R., Veiga, V. F., Jr, Cortez, J. K., De Sousa Leal, R., Dantas, T. N. C., & Maciel, M. A. M. (2006). Composição química do óleo fixo de *Croton cajucara* e determinação das suas propriedades fungicidas. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16, 599-610. <https://doi.org/10.1590/s0102-695x2006000500004>
- Suriani, Sebayang, A., Mirsam, H., Pakki, S., Azrai, M., & Muis, A. (2021). Control of *Fusarium verticillioides* on corn with a combination of *Bacillus subtilis* TM3 formulation and botanical pesticides. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 7000-7005. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.07.083>
- Tun-Suárez, J. M., Castillo-Peraza, M. E., Cristóbal-Alejo, &, Latournerie-Moreno, L. (2011). Etiología de la mancha foliar del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) y su control *in vitro* en Yucatán, México. *Fitosanidad*, 15(1), 05-10.
- Vázquez-Luna, A., Pérez-Flores, L., & Díaz-Sobac, R. (2007). Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(4), 306-313. <https://doi.org/10.1080/11358120709487705>
- Verdeguer, M., Blázquez, M. A., & Boira, H. (2009). Phytotoxic effects of *Lantana camara*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Eriocephalus africanus* essential oils in weeds of Mediterranean summer crops. *Biochemical Systematics And Ecology*, 37(4), 362-369. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2009.06.003>
- Wang, J., Guo, R., Wang, W., Ma, G., & Li, S. (2018). Insight into the surfactin production of *Bacillus velezensis* B006 through metabolomics analysis. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 45(12), 1033-1044. <https://doi.org/10.1007/s10295-018-2076-7>
- Xoca-Orozco, L. A., Cortez-Fonseca, K., Luna-López, C., Hernández-Mendoza, G., De Jesús Flores-Sierra, J., Chacón-López, M. A., & Aguilera-Aguirre, S. (2022). Inhibición *in vitro* de hongos fitopatógenos utilizando extractos de muérdago mexicano (*Psittacanthus calyculatus*). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9 (3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3431>
- Xu, W., Liu, W., & Liang, Q. (2018). Chemical constituents from *Croton* species and their biological activities. *Molecules*, 23(9), 2333. <https://doi.org/10.3390/molecules23092333>
- Zhao, B., Peng, S., He, W., Liu, Y., Wang, J., & Zhou, X. (2016). Antitubercular and cytotoxic tiglane-type diterpenoids from *Croton tiglium*. *Bioorganic & Medical chemistry Letters*, 26 (20), 4996-4999. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2016.09.002>
- Zhao, Q., Shi, Y., Wang, Y., Xie, X., Li, L., Fan, T., Guo, L., Chai, A., & Li, B. (2022). Temperature and humidity regulate sporulation of *Corynespora cassiicola* that is associated with pathogenicity in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Biology*, 11(11), 1675. <https://doi.org/10.3390/biology11111675>