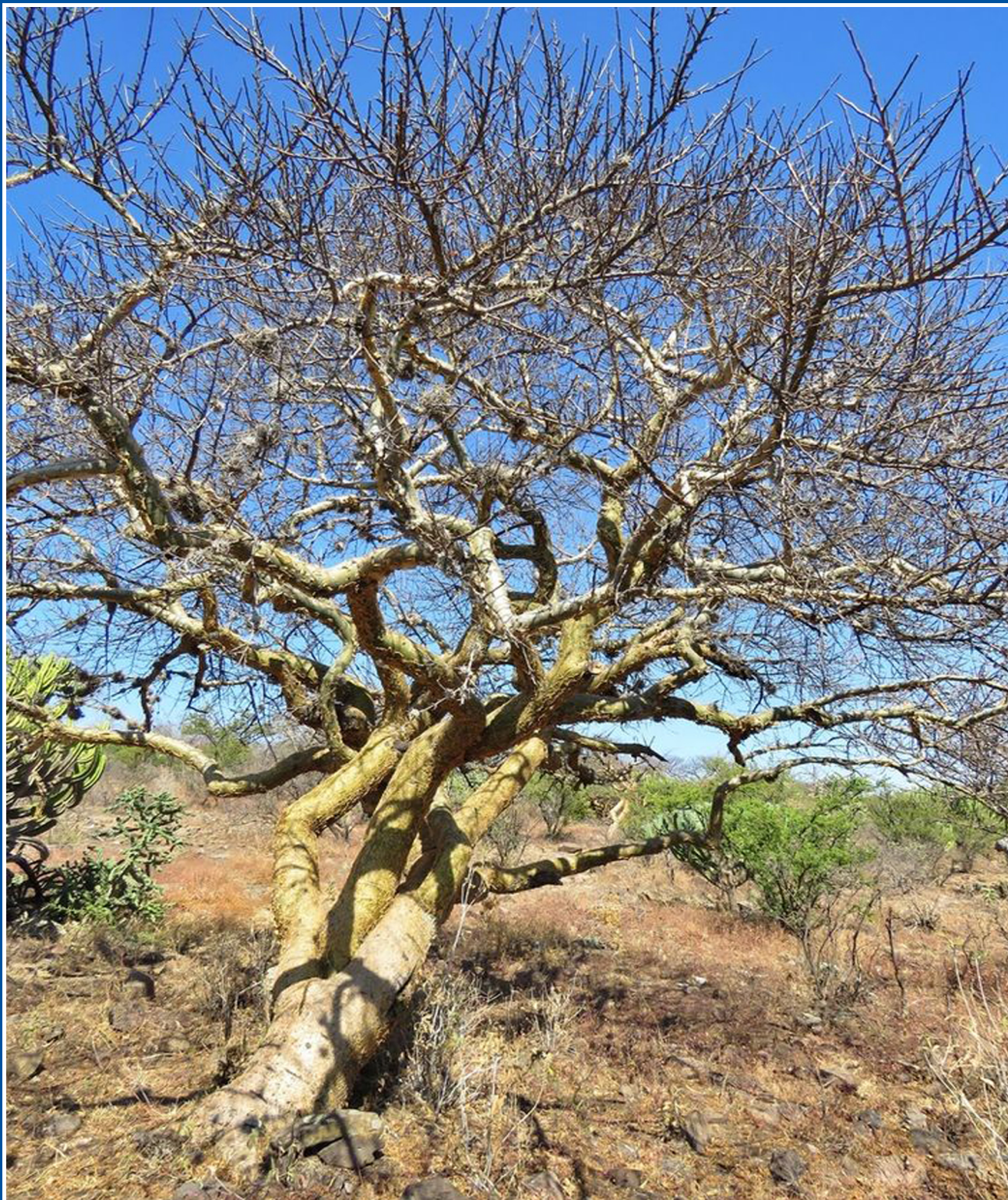


POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768

ISSN 2395-9525



Núm. 60



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
Y CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

Julio 2025

PÁG.

CONTENIDO

- 1 *Mammillaria scoria* (cactaceae) una nueva especie de Querétaro, Mexico
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 | Maria 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 Rocio 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 | Marlin 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 Yamallel | 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 a 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 México
Andrea Candia Lomelí | Carlos Renato Ramos Palacios | Jonathan Hammurabi González Lugo | Fredy Alexander Alvarado Roberto
- 229 Descripción inicial de la fenología de *Quercus durifolia* Seemen ex Loes. árbol endémico de la Sierra Madre Occidental
Initial description of the phenology of *Quercus durifolia* Seemen ex Loes. endemic tree of the Sierra Madre Occidental
Rosa Elvira Madrid Aispuro | José Ángel Prieto Ruíz | Arnulfo Aldrete | Silvia Salcido Ruiz | Eduardo Daniel Vivar Vivar | Laura Elena Martínez Nevárez
- 245 Registro polínico en miel de *Apis mellifera* L. de dos localidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México
Pollen record on honeybee honey of *Apis mellifera* L. of Sierra of Manantlan Biosphere Reserve, Jalisco, México
Xochilt Morales Najarro | Iris Grisel Galván Escobedo | Monserrat Vázquez Sánchez | Montserrat Medina Acosta

PÁG.

CONTENIDO

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

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EDITOR EN JEFE

Rafael Fernández Nava

EDITORIA ASOCIADA

María de la Luz Arreguín Sánchez

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

Christiane Anderson
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan, US

Delia Fernández González
Universidad de León
León, España

Heike Vibrans
Colegio de Postgraduados
Estado de México, México

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

Hugo Cota Sánchez
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

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

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

Claude Sastre
Muséum National d'Histoire Naturelle
Paris, Francia

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

Mauricio Velayos Rodríguez
Real Jardín Botánico
Madrid, España

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

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

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

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

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

Tom Wendt
University of Texas
Austin, Texas, US

José Manuel Rico Ordaz
Universidad de Oviedo
Oviedo, España

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

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

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

Jorge Llorente Bousquets
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

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

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

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS

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

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

1. El autor deberá anexar una carta membretada y firmada dirigida al Editor, donde se presente el manuscrito, así como la indicación de que el trabajo es original e inédito, ya que no se aceptan trabajos publicados o presentados anterior o simultáneamente en otra revista, circunstancia que el autor(es) deberá declarar expresamente en la carta de presentación de su artículo.
2. Al quedar aceptado un trabajo, su autor no podrá ya enviarlo a ninguna otra revista nacional o extranjera.
3. Los artículos deberán estar escritos en español, inglés, francés o portugués. En el caso de estar escritos en otros idiomas diferentes al español, deberá incluirse un amplio resumen en este idioma.
4. Como parte de los requisitos del CONACYT, POLIBOTÁNICA ahora usa la plataforma del Open Journal System (OJS); para la gestión de los artículos sometidos a la misma. Así que le solicitamos de la manera más atenta sea tan amable de registrarse y enviar su artículo en la siguiente liga: www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica
 - 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:

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

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

ESPECIES DE *Meloidogyne* ASOCIADAS A CULTIVOS HORTÍCOLAS EN EL VALLE DE TEPEACA, PUEBLA, MÉXICO

ROOT-KNOT NEMATODE *Meloidogyne* spp. IN VEGETABLES CROPS FROM THE TEPEACA VALLEY, PUEBLA, MEXICO

Medina Canales, Ma.G., A.K. Alquicira Jimenez, N. García Aguilar, I.M. Escobar
Ávila, A. Tovar Soto

ESPECIES DE *Meloidogyne* ASOCIADAS A CULTIVOS HORTÍCOLAS EN EL VALLE
DE TEPEACA, PUEBLA, MÉXICO

ROOT-KNOT NEMATODE *Meloidogyne* spp. IN VEGETABLES CROPS FROM THE
TEPEACA VALLEY, PUEBLA, MEXICO



Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 291-305 México. Julio 2025

DOI: 10.18387/polibotanica.60.17



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/)).

Especies de *Meloidogyne* asociadas a cultivos hortícolas en el Valle de Tepeaca, Puebla, MéxicoRoot-knot nematode *Meloidogyne* spp. in vegetables crops from the Tepeaca Valley, Puebla, Mexico

Medina Canales, M.G.,
A.K. Alquicira Jimenez,
N. García Aguilar,
I.M. Escobar Ávila,
A. Tovar Soto

ESPECIES DE *Meloidogyne*
ASOCIADAS A CULTIVOS
HORTÍCOLAS EN EL
VALLE DE TEPEACA,
PUEBLA, MÉXICO

ROOT-KNOT NEMATODE
Meloidogyne spp. IN
VEGETABLES CROPS
FROM THE TEPEACA
VALLEY, PUEBLA, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 291-305. Julio 2025

DOI:

10.18387/nolibotanica.60.17

María Gabriela Medina-Canales / mmedinac@ipn.mx 

<https://orcid.org/0000-0002-4421-3249>

Ana Karen Alquicira-Jiménez

Ilia Mariana Escobar-Ávila <https://orcid.org/0000-0002-6877-4630>

Norma García-Aguilar

Alejandro Tovar-Soto <https://orcid.org/0000-0001-9847-4711>

Laboratorio de Nematología Agrícola, Departamento de Parasitología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. CDMX, México

RESUMEN: El objetivo fue identificar especies de *Meloidogyne* asociadas a hortalizas del Valle de Tepeaca, Puebla, utilizando la técnica de fenotipos isoenzimáticos de esterasa (EST) y malato deshidrogenasa (MDH), conjuntamente, con la técnica morfológica descriptiva del patrón perineal de hembras. Durante 2018-2019 se muestrearon suelo y raíces de hortalizas con agallas de campos sembrados con zanahoria, cilantro, betabel y calabaza. De cada una de las raíces de estos cultivos se obtuvieron 40 hembras, a las que se extrajeron proteínas por disgregación mecánica, luego se separaron por electroforesis en geles de poliacrilamida. Posteriormente las isoenzimas se revelaron para conocer la movilidad relativa (Rm); por otro parte, con la cutícula de las hembras se realizaron cortes con lo que se analizó la morfología de los patrones perineales para corroborar la identificación conjuntamente. Los resultados mostraron que en los cultivos muestreados se encontraron los fenotipos isoenzimáticos de EST: A1, A2a, A3, VSF-S1, H1, I1, J2a y M2, mientras que para MDH se obtuvieron los fenotipos: N1, N1a, N1e y N2a; asociados a las especies: *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. hapla*, *M. chitwoodi*, y *M. enterolobii*; también se encontraron los fenotipos G1, G1-VF1 para EST y N1d para MDH los que no pudieron asociarse a alguna especie conocida. Los patrones perineales mostraron concordancia con los resultados obtenidos por los fenotipos isoenzimáticos. Resulta relevante el hallazgo de *M. javanica*, *M. chitwoodi* y *M. enterolobii* en la zona de estudio, ya que constituyen nuevos registros para la zona de estudio, y por ello deben tomarse las medidas necesarias para evitar su dispersión.

Palabras clave: *Beta vulgaris*, *Daucus carota*, esterasa, malato deshidrogenasa, patrones perineales, *Meloidogyne* spp.

ABSTRACT: The objective was to identify *Meloidogyne* species associated with vegetables from the Tepeaca Valley, Puebla, using the isozyme phenotypes esterase (EST) and malate dehydrogenase (MDH), together with the morphological technique descriptive of the perineal pattern of females. During 2018-2019, soil and roots with vegetable galls were sampled from fields planted with carrots, coriander, beets and pumpkin. From each of the roots of these cultures, 40 females were obtained from which proteins were extracted by mechanical disintegration, then separated by electrophoresis in polyacrylamide gels. Subsequently, the isoenzymes were revealed to know the relative mobility (Rm); On the other hand, cuts were made with the cuticle of the females to analyze the morphology of the perineal patterns to corroborate the joint identification. The results showed that in the sampled cultures the isoenzymatic phenotypes of EST were found, A1, A2a, A3, VSF-S1, H1, I1, J2a and M2, while for MDH the phenotypes were obtained: N1, N1a, N1e and N2a; associated with the species: *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. hapla*, *M. chitwoodi*, and *M. enterolobii*. The phenotypes G1,

G1-VF1 for EST and N1d for MDH were also found, which could not be associated with any known species. The perineal patterns showed agreement with the results obtained by the isoenzymatic phenotypes. The discovery of *M. javanica*, *M. chitwoodi* and *M. enterolobii* in the study area is relevant, since they constitute new records, and therefore the necessary measures must be taken to prevent their dispersion.

Key words: *Beta vulgaris*, *Daucus carota*, esterase, malate dehydrogenase, perineal pattern, *Meloidogyne* spp.

INTRODUCCIÓN

Los nematodos agalladores *Meloidogyne* spp. son de los patógenos del suelo más importantes que limitan la productividad de los cultivos (Brito *et al.*, 2008). Muchas de las especies están ampliamente distribuidas a nivel mundial en donde ocasionan pérdidas severas a los rendimientos y a la calidad de las cosechas (Hunt y Handoo, 2009; Karssen *et al.*, 2013; Subbotin *et al.*, 2021; Desaegeer, 2022; Wesemael *et al.*, 2024); algunas de estas especies se encuentran en las diferentes regiones agrícolas de nuestro país, ocasionando mermas importantes a los rendimientos y a veces pérdidas totales al afectarse la calidad de las cosechas, esto último hace que pierdan su valor comercial (Medina-Canales *et al.*, 2011; Medina-Canales *et al.*, 2012; Medina-Molina *et al.*, 2018; Cid del Prado-Vera *et al.*, 2018; Cristóbal-Alejo *et al.*, 2018). En México, la zona agrícola conocida como el Valle de Tepeaca, en el estado de Puebla, una importante zona productora de hortalizas para el mercado nacional, destaca por la producción de zanahoria (*Daucus carota* L.), cilantro (*Coriandrum sativum* L.), betabel (*Beta vulgaris* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), brocoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), col (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), entre otros (SIAP, 2020); en donde están presentes varias especies del nematodo agallador *Meloidogyne* como: *M. chitwoodi* (Montes-Belmont, 2000), *M. incognita* (Cid del Prado Vera *et al.*, 2001), *M. arenaria* y *M. hapla* (Medina-Canales *et al.*, 2011; Cid del Prado-Vera *et al.*, 2018) y otras más atacando a éstas y a otras hortalizas. Autores como Medina-Canales *et al.* (2011, 2012) y Medina-Molina *et al.* (2018) han encontrado en la zona alta incidencia por estos nematodos en variedades comerciales de zanahoria y betabel; es frecuente que las pérdidas sean totales debido a que algunas de las cosechas al estar deformadas o con presencia de agallas prominentes pierdan su valor comercial. Hoy en día la identificación de las especies es de vital importancia, para contar con un diagnóstico preciso y oportuno y con ello poder diseñar programas de manejo para cada especie del nematodo y cultivo. La literatura actual hace referencia que para la identificación precisa de las especies de nematodos agalladores *Meloidogyne* es recomendable recurrir a métodos bioquímicos, moleculares y morfológicos entre los que debe haber complementariedad (Carta *et al.*, 2005; Powers & Ramírez-Suárez, 2012; Karssen *et al.*, 2013; Wesemael *et al.*, 2024). Los métodos bioquímicos, donde destacan los “fenotipos isoenzimáticos” de esterasa (EST) y malato deshidrogenasa (MDH), son muy valiosos para la identificación de las especies más importantes de *Meloidogyne*, son una herramienta estable, sensible, rápida, confiable y económica (Brito *et al.*, 2010; Karssen *et al.*, 2013; Subbotin *et al.*, 2021; Wesemael *et al.*, 2024). Esta herramienta es útil para estudios extensivos, en donde se busca evaluar la distribución de las especies, búsqueda de especies atípicas, permite detectar mezcla de especies en los cultivos (Souza, 2008). Esta prueba puede ser confirmatoria y complementaria a los datos morfológicos en especial con el patrón perineal de hembras (Hunt & Handoo, 2012). En el caso de los métodos moleculares es indispensable elegir correctamente los marcadores moleculares a utilizar, ya que con algunos de éstos no es posible distinguir especies emparentadas cercanamente (Carta *et al.*, 2005; Adams *et al.*, 2007; Karssen *et al.*, 2013; Wesemael *et al.*, 2024); además de que requieren de equipo costoso y reactivos caros importados, lo que los hace poco atractivos y prácticos. Por su parte, la morfología sigue siendo de gran valor en la identificación de las especies de nematodos agalladores dentro de éstos destaca en particular el patrón perineal de hembras, una de las herramientas más frecuentemente utilizadas. Este patrón describe la morfología de la región posterior de las hembras adultas en donde se localizan la zona vulva-ano (perineo), la terminación de la cauda, los fasmidios, las líneas laterales rodeadas por estrías cuticulares, este conjunto de

caracteres son especie-específicos y por lo tanto de gran utilidad para la identificación de las especies (Hunt & Handoo, 2012; Karssen *et al.*, 2013; Rosas-Hernández *et al.*, 2024).

El objetivo del presente trabajo fue: Identificar las especies de *Meloidogyne* asociadas a hortalizas de la zona agrícola el Valle de Tepeaca, Puebla, utilizando la prueba de fenotipos isoenzimáticos de EST y MDH y complementar la identificación mediante la técnica morfológica de los patrones perineales de hembras adultas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolecta de material

Durante 2018-2019 se realizaron seis muestreos de suelo y raíces de diversas hortalizas en el municipio de Acatzingo, Puebla (18° 55' 30" y 19° 06' 18" Latitud Norte y 97° 48' 18" y 97° 59' 18" longitud oeste); dichos muestreos se programaron de tal forma que coincidieran con la madurez de los cultivos, pues durante este período las agallas producidas por los nematodos son más visibles, favoreciendo así el reconocimiento de plantas infectadas (Brito *et al.*, 2008). El muestreo se realizó de manera aleatoria en dos campos de zanahoria, uno de calabaza, uno de cilantro y uno de betabel. Estos campos fueron previamente muestreados y se detectó la presencia de este nematodo provocando poco crecimiento de plantas, agallas y deformaciones en las raíces (Medina-Canales *et al.*, 2011; Medina-Molina *et al.*, 2018).

La superficie muestreada en cada campo fue de aproximadamente una hectárea y en cada uno se recolectaron diez submuestras, las cuales constaron de 200 g de suelo y 100 g de raíces (Shurtleff & Averre, 2000). Cada muestra compuesta de cada cultivo se colocó en una bolsa de polietileno debidamente etiquetada con los datos de campo, las que se trasladaron al Laboratorio de Nematología Agrícola, del Departamento de Parasitología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, en donde fueron procesadas (De la Jara-Alcocer *et al.*, 1994; Shurtleff & Averre, 2000).

Separación de raíces con agallas

Las raíces con agallas de cada muestra se separaron y lavaron con cuidado para eliminar el suelo adherido. Con ayuda de un estereomicroscopio y agujas de disección se extrajeron 40 hembras de 40 agallas (con sus respectivas masas de huevos) de cada campo muestreado, para determinar los fenotipos isoenzimáticos, analizar los patrones perineales y descartar mezcla de poblaciones (Brito *et al.*, 2008; Medina-Canales *et al.*, 2014; Da Cunha *et al.*, 2021).

Determinación de fenotipos isoenzimáticos

Extracción y electroforesis de proteínas

Para determinar el fenotipo EST, cada hembra recolectada (en total se trabajaron con 40 hembras de cada campo muestreado de manera independiente) se colocó en un portaobjetos con 20 µL del regulador de extracción (20 g de sacarosa o glicerol, 2 mL de tritón X-100, 100 mL agua bidestilada), se lisó con ayuda de una punta de jeringa de insulina, se retiró la cutícula para posteriormente obtener el patrón perineal; tanto el regulador como el contenido de la hembra se colocaron en un tubo Eppendorff. Los tubos se centrifugaron a 13,000 rpm durante 2 minutos y se guardaron a -20°C hasta su uso. Para determinar el fenotipo MDH, el procesamiento de las hembras fue similar, variando únicamente el regulador de extracción (20 g de sacarosa o glicerol, 0.1 g de TRIS, 0.1 g de ascorbato, 0.1 g cisteína, 100 mL de agua bidestilada, pH 8.0) (Esbenshade & Triantaphyllou, 1985; Carneiro *et al.*, 2024).

La electroforesis se realizó en geles de poliacrilamida, los cuales estuvieron formados por un gel separador con una concentración de acrilamida 12.5% y un gel concentrador al 18%. El gel se montó en una cámara de electroforesis vertical (EC® EU) y se colocó el regulador de corrimiento (TRIS 6 g, Glicina 28 g, Agua 1L, pH 8.3, Dilución 1:9) (Esbenshade & Triantaphyllou, 1985; Carneiro *et al.*, 2024).

A los extractos de proteínas obtenidas previamente, se les colocaron 5 µL de azul de bromofenol 0.02% y la mezcla se colocó en los pozos del gel de poliacrilamida; el gel se dejó correr durante 30 minutos a 80 volts y después 70 minutos a 250 volts; se lavó con agua bidestilada y se realizó

una tinción a 37°C durante 1 hora con la solución para teñir a la isoenzima de interés. Para los fenotipos isoenzimáticos EST se utilizaron 100 mL de regulador fosfatos, 30 mg de EDTA, 60 mg de fastblue RR y 40 mg de α-naftilacetato diluidos en 2 mL acetona; para el caso de los fenotipos isoenzimáticos MDH se utilizaron 10 mL de sol. A (10.6 g Na₂CO₃ + 13.4 g malato), 15 mL de sol. B (6.06 g TRIS, pH = 7.1), 50 mg de NAD, 30 mg de NBT, 50 mL de agua y 2 mg de PMS diluido en 26 mL de agua bidestilada (Esbenshade & Triantaphyllou, 1985; Carneiro *et al.*, 2024).

Determinación del fenotipo isoenzimático

A partir del número de bandas y la movilidad electroforética se calculó la movilidad relativa (R_m) (R_m = distancia de migración de la banda proteica / la longitud de corrida total del gel x 100). Este índice es diferente entre especies de *Meloidogyne*, ya que a cada una le corresponde uno en específico.

Caracterización de patrones perineales

La cutícula obtenida anteriormente de 10 hembras de cada campo muestreado se colocó en un portaobjetos con una gota de ácido láctico al 45 %, se cortó ecuatorialmente con ayuda de una aguja de insulina. Después se hicieron los cortes de ajuste para tener el patrón perineal en forma de cuadrado. Cada patrón perineal se limpió cuidadosamente, posteriormente se transfirió a una gota de glicerina en un portaobjetos limpio, en donde se acomodó y se colocó un cubreobjetos, las preparaciones se etiquetaron con lo que quedaron listas para describir las características de los patrones de cada población (Hunt & Handoo 2012; Karssen *et al.*, 2013).

RESULTADOS

La tabla 1 indica los cultivos muestreados, las localidades georreferenciadas, los patrones isoenzimáticos encontrados y las especies de *Meloidogyne* identificadas.

Tabla 1. Fenotipos isoenzimáticos y especies de *Meloidogyne* encontradas en diferentes cultivos de hortalizas, así como su localidad de origen dentro del Valle de Tepeaca, Puebla.

Table 1. Isozyme phenotypes and species of *Meloidogyne* identify in different vegetable crops, as well as their locality of origin within the Tepeaca Valley, Puebla.

Planta Hospedante	Ubicación geográfica	Localidad Municipio	Fenotipo enzimático		Especies
			EST	MDH	
Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.)	N 18° 58' 549" O 97° 47' 878" 1900 msnm	El Cristo, Acatzingo	A1, A2a, A3	N1, N1e	<i>M. arenaria</i>
Calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	N 18° 58' 534" O 97° 47' 855" 1900 msnm	El Cristo, Acatzingo	S1	N1a	<i>M. chitwodii</i>
Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	N 18° 96' 792" O 97° 79' 017" 2138 msnm	Santa María Actipa, Acatzingo	G1	N1a	<i>Meloidogyne</i> sp.1
			G1-VF1	N1	<i>Meloidogyne</i> sp.2
Betabel (<i>Beta vulgaris</i> L.)	N 18° 87' 583" O 97° 79' 796" 2170 msnm	Santa María Actipa, Acatzingo	S1	N1a	<i>M. chitwoodi</i>
			H1	H2	<i>M. hapla</i>

Planta Hospedante	Ubicación geográfica	Localidad Municipio	Fenotipo enzimático		Especies
			EST	MDH	
			J2a	N1	
Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.)	N 18° 97' 429" O 97° 79' 848" 2170 msnm	Santa María Actipa, Acatzingo	H1 I1 VSI-SI	N2a N1d	<i>M. javanica</i> <i>M. hapla</i> <i>M. incognita</i> <i>M. enterolobii</i>

Determinación de fenotipos isoenzimáticos y morfología del patrón perineal

Fenotipos de esterasa (EST)

Se encontraron once fenotipos de EST y 18 bandas importantes de actividad enzimática para las especies de *Meloidogyne* (Fig. 1) asociadas a zanahoria, cilantro, betabel y calabaza; además, se revisaron los patrones perineales, los cuales permitieron complementar la identificación con los fenotipos isoenzimáticos encontrados (Fig. 2). También se encontraron seis fenotipos de MDH y ocho bandas importantes de actividad enzimática (Fig. 1).

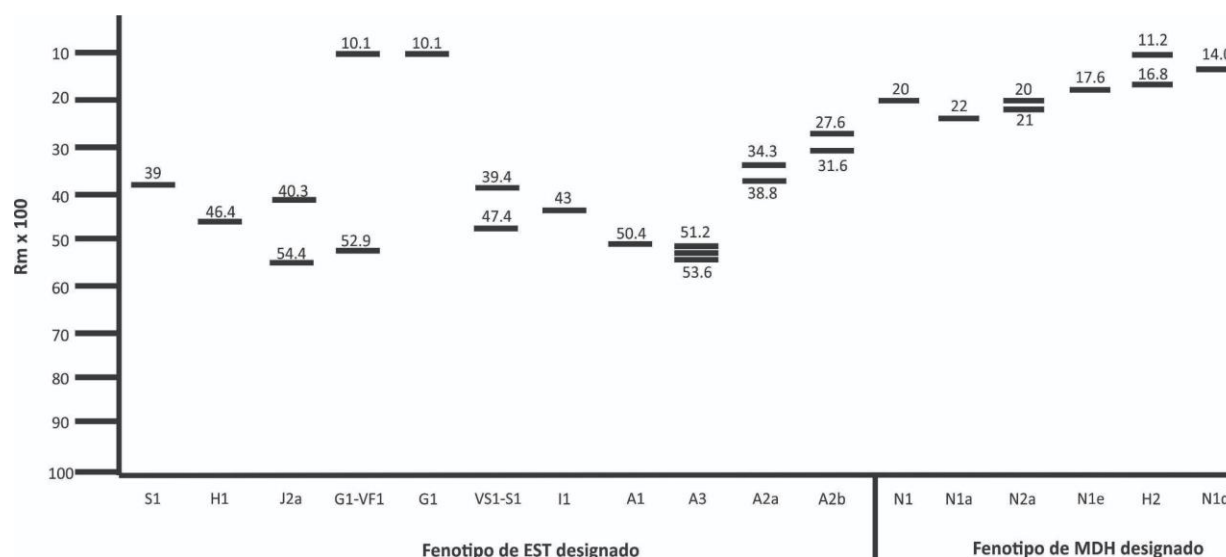


Figura 1. Representación esquemática de los fenotipos isoenzimáticos de EST y de MDH observados en *Meloidogyne* spp. provenientes de cultivos agrícolas el Valle de Tepeaca, Puebla.: S1 = *M. chitwoodi*; H1 = *M. hapla*; J2a = *M. javanica*; G1-VF1 = *Meloidogyne* sp. 1; G1 = *Meloidogyne* sp. 2, VS1-SI = *M. enterolobii*, I1 = *M. incognita*, A1, A3, A2a, A2b = *M. arenaria*. Fenotipos isoenzimáticos de MDH observados en *Meloidogyne* spp. N1 = *M. javanica*, *M. arenaria*, *Meloidogyne* sp.2; N1a = *M. chitwoodi*, *Meloidogyne* sp.1; N2a = *M. incognita*; N1e = *M. arenaria*; H2 = *M. hapla*; N1d = No pudo asociarse a alguna especie.

Figure 1. Schematic representation of EST and MDH isoenzyme phenotypes observed in *Meloidogyne* spp. from different crops in the Tepeaca Valley, Puebla: S1 = *M. chitwoodi*; H1 = *M. hapla*; J2a = *M. javanica*; G1-VF1 = *Meloidogyne* sp. 1; G1 = *Meloidogyne* sp. 2, VS1-SI = *M. enterolobii*, I1 = *M. incognita*, A1, A3, A2a, A2b = *M. arenaria*. MDH isoenzyme phenotypes observed in *Meloidogyne* spp. N1 = *M. javanica*, *M. arenaria*, *Meloidogyne* sp.2; N1a = *M. chitwoodi*, *Meloidogyne* sp.1; N2a = *M. incognita*; N1e = *M. arenaria*; H2 = *M. hapla*; N1d = Could not be associated with any species.

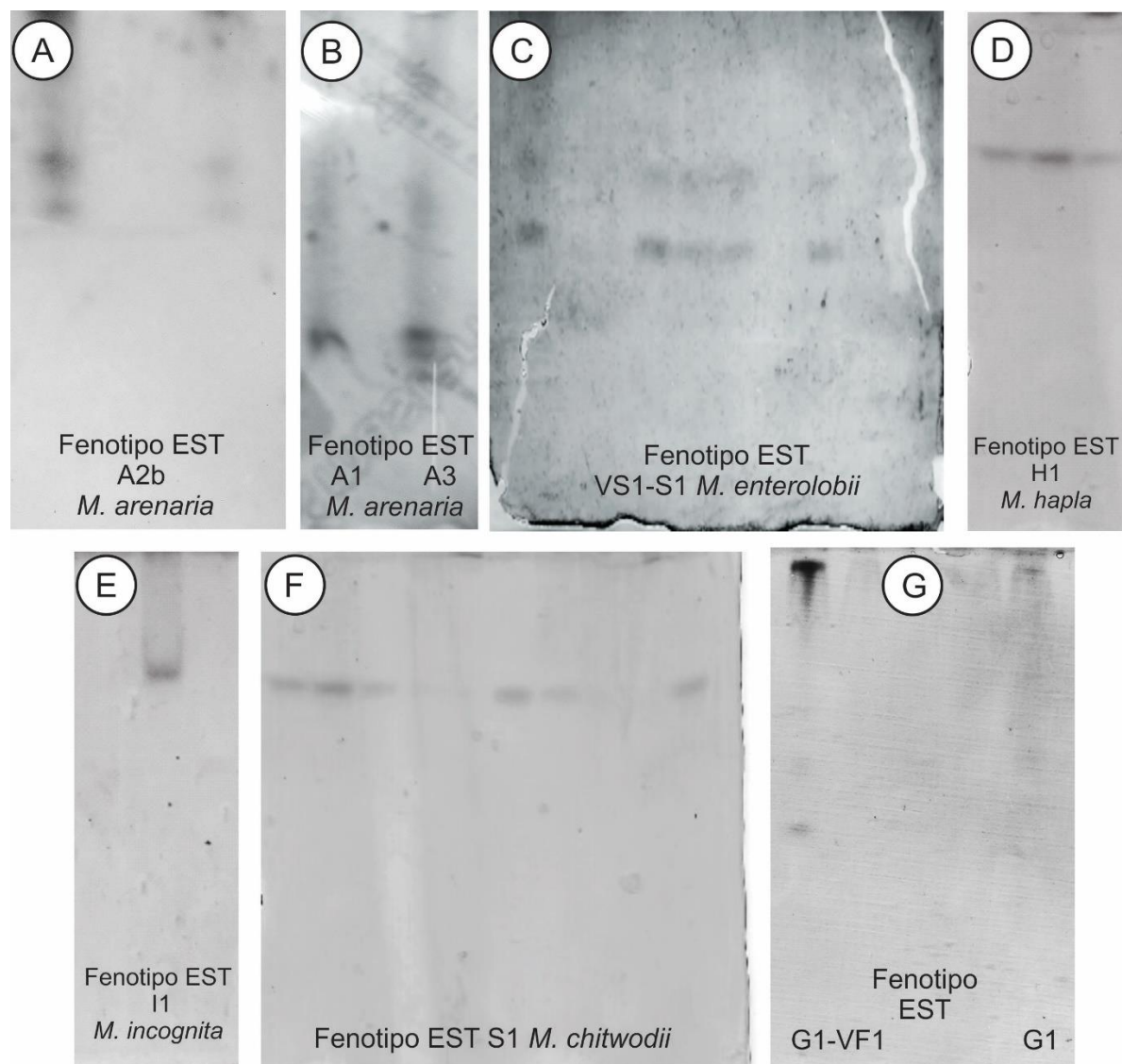


Figura 2. Zimograma de los fenotipos isoenzimáticos de EST de *Meloidogyne* spp. provenientes de cultivos agrícolas el Valle de Tepeaca, Puebla: A y B) Fenotipos de *M. arenaria*, C) Fenotipo VS1-S1 de *M. enterolobii*, D) Fenotipo H1 de *M. hapla*, E) Fenotipo I1 de *M. incognita*, F) Fenotipo S1 de *M. chitwodii*, G) Fenotipo G1-VF1 de *Meloidogyne* sp. 2 y G1 de *Meloidogyne* sp. 1.

Figure 2. Zymogram of the EST isoenzymatic phenotypes of *Meloidogyne* spp. from agricultural crops in the Tepeaca Valley, Puebla: A y B) A1, A2b y A3 EST phenotypes of *M. arenaria*, C) VS1-S1 EST phenotypes of *M. enterolobii*, D) H1 EST phenotypes of *M. hapla*, E) I1 EST phenotypes of *M. incognita*, F) S1 EST phenotypes of *M. chitwodii*, G) G1-VF1 EST phenotypes of *Meloidogyne* sp. 2 and G1 of *Meloidogyne* sp. 1.

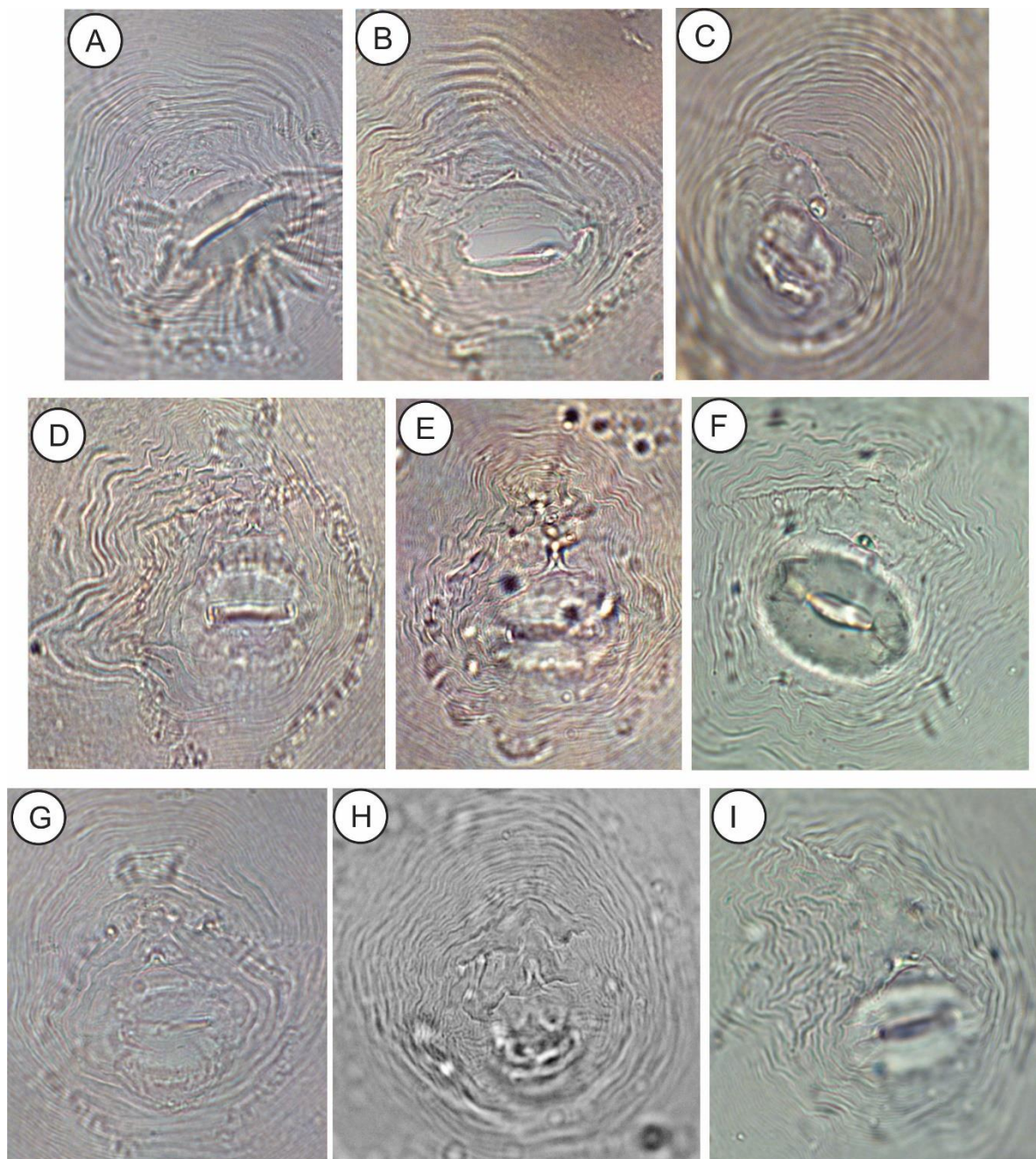


Figura 3. Patrón perineal de hembras de *Meloidogyne* spp. provenientes de cultivos agrícolas el Valle de Tepeaca, Puebla: A y B) patrón perineal de *M. arenaria*, C) Patrón perineal de *M. enterolobii*, D) Patrón perineal de *M. hapla*, E) Patrón perineal de *M. incognita*, F) Patrón perineal de *M. chitwodii*, G) patrón perineal de *M. javanica*, H) Patrón perineal de *Meloidogyne* sp. 1, I) Patrón perineal de *Meloidogyne* sp. 2.

Figure 3. Perineal pattern of *Meloidogyne* spp. females from agricultural crops in the Tepeaca Valley, Puebla: A and B) Perineal pattern of *M. arenaria*, C) Perineal pattern of *M. enterolobii*, D) Perineal pattern of *M. hapla*, E) Perineal pattern of *M. incognita*, F) Perineal pattern of *M. chitwodii*, G) Perineal pattern of *M. javanica*, H) Perineal pattern of *Meloidogyne* sp. 1, I) Perineal pattern of *Meloidogyne* sp. 2.

Los fenotipos correspondientes a *M. arenaria* fueron el A1 (Rm: 50.5), A3 (Rm: 51.2, 52.4, 53.6) y dos fenotipos atípicos designados como A2a (Rm: 34.3, 38.8) y A2b (Rm: 27.6, 31.6); todos se asociaron al cultivo de zanahoria (Tabla 1) (Figs. 1, 2A-B). El patrón perineal respectivo, fue redondeado con arco dorsal bajo, con hombreras en los costados formadas por ondulaciones pronunciadas de las estrías dorsales, cerca de las líneas laterales (Fig. 3A, B).

Meloidogyne chitwoodi presentó el fenotipo S1 (Rm: 38.2) y fue encontrado en los cultivos de calabaza y betabel (Tabla 1) (Figs. 1, 2 F). El patrón perineal se caracterizó por ser redondeado a ovalado con arco dorsal bajo, con estrías rotas cerca del área perineal, curvadas, retorcidas, líneas del campo lateral débilmente visibles (Fig. 3F).

El fenotipo I1 (Rm: 43) correspondió a *M. incognita* y se encontró asociado a zanahoria (Tabla 1) (Figs. 1, 2E). El patrón perineal característico de la especie presentó arco dorsal alto y cuadrado formado por estrías lisas a onduladas; algunas estrías se bifurcan cerca de las líneas laterales, aunque no claramente visibles (Fig. 3E).

Meloidogyne enterolobii presentó el fenotipo VSI-SI (=En2) (Rm: 39.4, 45.4) en zanahoria (Tabla 1) (Figs. 1, 2C); el patrón perineal fue de forma ovalada, con arco dorsal alto a veces redondeado a cuadrado, con estrías finas muy espaciadas, campo lateral ausente o con una sola línea en la unión de los arcos dorsal y ventral (Fig. 3C).

Meloidogyne hapla presentó el fenotipo H1 (Rm: 46.8) y se encontró asociado a betabel y zanahoria (Tabla 1) (Figs. 1, 2D); el patrón perineal correspondiente con arco dorsal bajo, redondeado a aplanado, con estrías onduladas que forman una o dos alas; las estrías lisas a onduladas se observaron puntuaciones arriba del ano (Fig. 3D).

El fenotipo J2a (Rm: 40.3, 54.4), (Figs. 1) correspondiente a *Meloidogyne javanica* asociado al cultivo de betabel (Tabla 1), presentó un patrón perineal con arco dorsal bajo, ligeramente redondeado a aplanado, el rasgo característico de este patrón son las líneas laterales muy visibles que lo dividen en regiones dorsal y ventral (Fig. 3G).

Dos especies no se pudieron identificar provenientes del cultivo de cilantro y se les asignaron los fenotipos G1 (Rm: 10.1) y G1-VF1 (Rm: 10.1, 52.9); ambas correspondieron a especies no identificadas y se denominaron *Meloidogyne* sp. 1 y *Meloidogyne* sp. (Figs. 1, 2G) 2 (Tabla 1), estas hembras presentaron patrones perineales atípicos con arco dorsal alto, estrías onduladas, sin líneas del campo lateral visibles (Fig. 3H, I).

Fenotipos de malato deshidrogenasa (MDH)

Entre todas las poblaciones de *Meloidogyne* se observaron seis fenotipos diferentes y ocho bandas importantes de actividad para MDH (Fig. 1). El fenotipo designado como N1 (Rm: 20) correspondió a *M. javanica* y *M. arenaria*; ésta última también presentó el fenotipo atípico designado como N1e (Rm: 17.6). El N1a (Rm: 21) se asoció a *M. chitwoodi*, el N2a (Rm: 20, 21) a *M. incognita* y el H2 (Rm: 11.2, 16.8) a *M. hapla*. Además, en uno de los campos de zanahoria se encontró el fenotipo N1d (Rm: 14), el cual no pudo asociarse a alguna especie (Fig. 1) (Tabla 1).

DISCUSIÓN

En calabaza se encontró a *M. chitwoodi*, misma que presentó los fenotipos S1:N1a para EST y MDH, respectivamente; lo que coincide con lo reportado por Esbenschade & Triantaphyllou, (1985) respecto a la caracterización enzimática de esta especie. Este fenotipo no es especie-específico, ya que también lo presenta *M. plantani* (Esbenschade & Triantaphyllou, 1985), por lo que se recurrió a la observación del patrón perineal para confirmar la identificación, dicho patrón presentó arco dorsal bajo y cuadrado, con estrías onduladas y sin líneas del campo lateral, como lo mencionan (Hunt & Handoo 2009; Hunt & Handoo 2012; Karssen *et al.*, 2013), ello aunado a los antecedentes de la presencia de *M. chitwoodii* parasitando zanahoria en la zona de estudio (Montes-Belmont, 2000). Esta especie se ha encontrado asociada a papa (*Solanum tuberosum* L.), zanahoria, jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), betabel (*Beta vulgaris* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.), avena (*Avena sativa* L.) (Ferris *et al.*, 1993; Cid del Prado-Vera *et al.*, 2018), pero no en calabaza lo que representa un nuevo registro en la zona.

En betabel se identificó a *M. javanica*, *M. hapla* y *M. chitwoodi*. El hecho de que *M. javanica* se haya encontrado mezclada con *M. hapla* y *M. chitwoodi*, coincide con lo observado por otros

investigadores (Brito *et al.*, 2008). El fenotipo EST determinado en este estudio para *M. javanica* es J2a (atípico), el cual solo ha sido reportado en soya (*Glycine max* L.) en Brasil (Da Cunha *et al.*, 2003; Machado *et al.*, 2022) y en tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en Florida (Brito *et al.*, 2008); los fenotipos de EST que comúnmente se han asociado a esta especie son el J2 y J3 (Carneiro *et al.*, 1996; Cofcewicz *et al.*, 2005; Molinari *et al.*, 2005; Brito *et al.*, 2008; Brito *et al.*, 2010; Quénéhervé *et al.*, 2011). A pesar de que *M. javanica* está ampliamente distribuida y tiene una amplia gama de hospedantes (Hunt & Handoo, 2009), el cultivo de betabel no ha sido reportado en México como hospedante y por ello este es el primer registro. Respecto a *M. hapla*, esta presentó el fenotipo H1 especie-específico, tal como se ha reportado en trabajos previos (Esbenshade & Triantaphyllou, 1985; Carneiro *et al.*, 1996; Carneiro *et al.*, 2000; Molinari, 2001; Brito *et al.*, 2008), a pesar de que este fenotipo es especie-específico en algunas ocasiones es necesario corroborar el fenotipo de otra enzima como la MDH, ya que puede haber diferencias en las movilidades electroforéticas debidas a las variaciones de la técnica y condiciones del laboratorio (Carneiro *et al.*, 1996).

En el presente trabajo los fenotipos H1 de *M. hapla* encontrado en betabel y el fenotipo I1 encontrados en *M. incognita* en zanahoria presentaron una movilidad electroforética similar; cuando los fenotipos de EST son muy similares es necesario analizar el fenotipo MDH. El fenotipo H2 de MDH en cultivo de betabel confirma que la especie asociada a este cultivo es *M. hapla*; dicho fenotipo ha sido reportado por Carneiro *et al.* (1996) en poblaciones provenientes de jitomate, lechuga (*Lactuca sativa* L.), café (*Coffea arabica* L.) y kiwi (*Actinidia deliciosa* Liang). Además, el patrón perineal presentó arco dorsal bajo, redondeado, con estrías que forman una o dos alas laterales y puntuaciones arriba del ano lo cual lo reporta (Wesemael *et al.*, 2024) como característico de esta especie.

De los dos campos de zanahoria infestados con *Meloidogyne*, en el primero, localidad El Cristo, municipio de Acatzingo, Puebla, se encontraron las especies *M. incognita*, *M. enterolobii* y *M. hapla*. *Meloidogyne incognita* mostró el fenotipo I1 de EST el cual es especie específico, este fenotipo es el más común para *M. incognita* y ha sido reportado en países como: Brasil, Estados Unidos, Paraguay, Colombia (Carneiro *et al.*, 1996; Molinari, 2001; Da Cunha *et al.*, 2003; Carneiro *et al.*, 2004; Molinari *et al.*, 2005; Brito *et al.*, 2008; Brito *et al.*, 2010; Riascos *et al.*, 2019; Resquín-Romero *et al.*, 2023), además se determinó el fenotipo N2a de MDH el cual es poco común, ya que solo ha sido reportado en Florida asociado a una ornamental no identificada (Brito *et al.*, 2010). La forma del patrón perineal presentó arco dorsal alto y cuadrado formado por estrías lisas a ondulada tal cual se reportan para *M. incognita* (Wesemael *et al.*, 2024). Por lo que se confirma la especie usando tanto los fenotipos de EST, MDH y la forma del patrón perineal. *Meloidogyne incognita* es la especie más distribuida a nivel mundial, ya sea en forma individual o en mezcla con otras poblaciones (Trudgill *et al.*, 2000), como en este caso. Es importante conocer cuando hay mezcla de especies porque se ha observado, que si éstas se reproducen por partenogénesis y bajo condiciones favorables del medio ambiente es factible la hibridación, dando lugar a nuevos fenotipos de MDH (Van Der Beek & Karssen, 1997).

Por su parte *M. enterolobii* mostró el fenotipo de EST VS1-S1 (= M2, = En2), el que ha sido reportado anteriormente en Brasil y es especie específico (Carneiro *et al.*, 2000; Souza *et al.*, 2022), China (Xu *et al.*, 2004), Florida (Brito *et al.*, 2004), Martinica (Quénéhervé *et al.*, 2011) y en Portugal (Santos *et al.*, 2019). En cuanto a la MDH se encontró el fenotipo N1a, coincidente con *M. enterolobii* (Carneiro *et al.*, 2000; Brito *et al.*, 2004; Quénéhervé *et al.*, 2011). Con lo que respecta a la morfología del patrón perineal mostró arco dorsal redondeado, con estrías finas espaciadas y campo lateral ausente distintivo de esta especie (Wesemael *et al.*, 2024); sin embargo, Brito *et al.* (2004), así como Perichi & Crozzoli, (2010) comentan que existe variabilidad en estos patrones, los que pueden ser confundidos con *M. incognita*. En este estudio *M. enterolobii* se encontró asociada a zanahoria, lo cual constituye un nuevo registro en el Estado de Puebla, pues esta especie ya había sido identificada en zanahoria en el estado de Veracruz (Salinas-Castro *et al.*, 2022). Esta especie aparece en el panorama mundial como polífaga parasitando ornamentales, arvenses y una gran variedad de plantas de cultivo, entre ellas jitomate, pimiento (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.), perejil (*Petroselinum crispum* Mill.), papa, col (*Brassica oleracea* var. *esculenta* L.), calabaza, zanahoria, brócoli (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), apio (*Apium graveolens* L.), *Cereus hildmannianus* (Cactaceae), *Lampranthus* sp. (Aizoaceae), *Physalis peruviana* (Solanaceae) y *Callistemon* sp. (Myrtaceae) (Wang *et al.*, 2004;

Rodríguez *et al.*, 2007; Moens *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2019); además, se ha encontrado a *M. enterolobii* en poblaciones concomitantes, conviviendo con *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica* (Rodríguez *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2019; Cid del Prado-Vera *et al.*, 2018; Carrillo-Fasio *et al.*, 2020) tal y como se observó en este estudio. Es importante resaltar: Xu *et al.* (2004) determinaron que esta especie es conespecífica con *M. mayaguensis* debido a que los marcadores moleculares IGS (espaciador intergénico largo), COII (Citocromo oxidasa II) e rRNA (RNA ribosomal) son idénticos para ambas especies, al igual que el fenotipo de esterasa; además, existe gran similitud en la gama de hospedantes y la morfología. Por tal motivo, Brito *et al.* (2008) mencionan que ambos nombres son sinónimos; sin embargo, se prefiere referir como *M. enterolobii* debido a que esta especie fue descrita primero (Yang & Eisenback, 1983). Esta especie ha sido considerada una de las más importantes por su amplia distribución geográfica, se ha detectado su presencia en África, Estados Unidos, Sudamérica, Centroamérica y Europa (Moens *et al.*, 2009), en México *M. enterolobii* fue identificada por primera vez en sandía (*Citrullus lanatus* var. *sunsugar*) en el estado de Veracruz (Ramírez-Suárez *et al.*, 2014). Esta especie actualmente ha sido reportada en el estado de Sinaloa en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en papa (Cid del Prado-Vera *et al.*, 2018; Carrillo-Fasio *et al.*, 2020; Rosas-Hernández *et al.*, 2024) y en Veracruz parasitando zanahoria (Salinas-Castro *et al.*, 2022) en estos casos la identificación se realizó a nivel morfométrico y molecular.

En el campo de zanahoria de la localidad de Santa María Aticpa, municipio de Acatzingo se identificó a *M. arenaria*, con los fenotipos de EST A1, A2a, A2b y A3, lo cual concuerda con Esbenshade & Triantaphyllou, (1985) ya que esta especie es la que presenta mayor variabilidad intraespecífica y se le ha designado seis fenotipos (Murata *et al.*, 2023; Carneiro *et al.*, 2024). Los fenotipos de EST más comunes son A2 y A3 y han sido reportados en Brasil y Argentina (Carneiro *et al.*, 1996; Carneiro *et al.*, 2000; Da Cunha *et al.*, 2003; García & Sánchez-Puerta, 2012). El fenotipo de EST A1 es poco común y solo ha sido reportado por Esbenshade & Triantaphyllou, (1985) y por Cofcewicz *et al.* (2005) en un cultivo de banana (*Musa paradisiaca* L.). Además, se observaron dos fenotipos atípicos designados en este estudio como A2a y A2b, estos han sido reportados en poblaciones de *M. arenaria* en Japón provenientes de plantas de jitomate, taro, berenjena y soya (Murata *et al.*, 2023). Para MDH se determinó el fenotipo N1, el cual ha sido ampliamente reportado para *M. arenaria* (Esbenshade & Triantaphyllou, 1985; Carneiro *et al.*, 1996; Carneiro *et al.*, 2000; Molinari, 2001; Carneiro *et al.*, 2004; Cofcewicz *et al.*, 2005; Brito *et al.*, 2008; Brito *et al.*, 2010; Quénéhervé *et al.*, 2011) y también se observó un fenotipo atípico designado como N1e. A estos resultados se suma la morfología del patrón perineal, el cual fue redondeado con arco dorsal bajo, con hombreras en los costados característicos de la especie *M. arenaria* (Wesemael *et al.*, 2024).

En cilantro se determinó la presencia de dos especies de *Meloidogyne* que no pudieron ser identificadas por este método, la primera con un fenotipo de EST designado como G1-VF1, el cual no coincide con alguno que haya sido reportado hasta el momento. La segunda especie mostró el fenotipo de EST designado como G1 (en este trabajo) el cual es de migración lenta, según lo reportado por Blok & Powers, (2009), el único fenotipo de EST de migración lenta reportado hasta el momento es Mg1 y corresponde a *M. graminis*. Este fenotipo de EST ha sido reportado en *Stenotaphrum secundatum* (planta arvense) (Brito *et al.*, 2010), sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) y maíz (*Zea mays*) (Karssen, 2002; Perichi *et al.*, 2006) y pastos de campo de golf (Azevedo de Oliveira *et al.*, 2018). El cilantro no se encuentra dentro del grupo de las gramíneas, no ha sido reportado como un hospedante de *M. graminis* y además la morfología del patrón perineal obtenido no es característico de *M. graminis*, por lo que es necesario confirmar la identificación de la especie con técnicas moleculares en conjunto con la caracterización morfológica de hembras, machos y juveniles (Blok & Powers, 2009).

En la zona hortícola del Valle de Tepeaca, de donde proceden las muestras, se sabe de la presencia de *M. chitwoodi* (Montes-Belmont, 2000), *M. hapla*, *M. arenaria* (Medina-Canales *et al.*, 2011) y *M. incognita* (Cid del Prado Vera *et al.*, 2001), identificadas por caracteres morfológicos y morfométricos. La presencia de *M. chitwoodi* en calabaza y *M. javanica* en betabel en la zona constituyen nuevos registros en el país, mientras que *Meloidogyne enterolobii* en zanahoria es el primer registro en la zona. Lo que hace necesario tomar medidas para evitar su dispersión. Estos informes reafirman la importancia que tienen las especies emergentes como *M. enterolobii*, la cual cuenta con una amplia gama de hospedantes y es capaz de parasitar cultivos importantes que

poseen el gen que les confiere resistencia a otras especies de *Meloidogyne* (Moens *et al.*, 2009). Es de suma importancia conocer la distribución de estos nematodos en toda la zona y para ello es necesario llevar a cabo el diagnóstico integral, el cual implicaría el análisis morfológico, morfométrico, molecular y enzimático mediante el uso de fenotipos isoenzimáticos. Este método de identificación es poco usado en el país, a pesar de que en Europa es parte del protocolo para la identificación de algunas especies de *Meloidogyne* propuesto por la EPPO (2016), por lo que es necesario incluir este método como parte de la taxonomía integrativa y crear bases de datos de los perfiles de EST y MDH de especies de *Meloidogyne* presentes en México. La identificación precisa y rápida de las especies del género *Meloidogyne* es de gran utilidad debido a que estos nematodos son los causantes de las mayores pérdidas en los cultivos, por lo que conocer la (s) especies presentes en una zona agrícola determinada permite poder implementar las estrategias adecuadas para llevar a cabo las prácticas para el manejo integrado de estos patógenos para cada cultivo (Sikora *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

Se identificaron a partir de los fenotipos isoenzimáticos de esterasa (EST), malato deshidrogenasa (MDH) y la morfología del patrón perineal seis especies de *Meloidogyne* en hortalizas provenientes de cuatro cultivos y cinco localidades muestreadas en el Valle de Tepeaca, Puebla; siendo de mayor importancia el hallazgo de *M. enterolobii*, *M. chitwoodi* y *M. javanica*, ya que representan nuevos registros para la zona de estudio, por lo que deben tomarse las medidas necesarias para evitar su dispersión.

Se encontraron los fenotipos de esterasa G1 y G1-VF1 los que no pudieron asociarse a ninguna especie, por lo que es necesario complementar la identificación con métodos moleculares, lo cual nos confirma la importancia de usar varias herramientas complementarias entre sí para realizar un diagnóstico certero.

En México, es importante establecer nuevos protocolos de diagnóstico que permitan la identificación precisa de las especies de *Meloidogyne*; dónde deben considerarse la determinación de los fenotipos isoenzimáticos a partir de una sola hembra, ya que es un método sensible, reproducible y confiable. Esto representa todo un reto para las autoridades fitosanitarias de nuestro país, pero los resultados serán favorables para el correcto manejo de las especies.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico de la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN, quien otorgó financiamiento para realizar la presente investigación como parte de los proyectos SIP-IPN: 20195105 y 20200707.

LITERATURA CITADA

- Adam, M. A. M., Phillips, M. S., & Blok, V. C. (2007). Molecular diagnostic key for identification of single juveniles of seven common and economically important species of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.). *Plant Pathology*, 56(1), 190–197. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01455.x>
- Blok, V. C., & Powers, T. O. (2009). Biochemical Methods. In R. N. Perry, Moens M., & J. L. Starr (Eds.), *Root-Knot nematodes*. (pp. 100–103). CABI.
- Brito, J. A., Kaur, R., Cetintas, R., Stanley, J. D., Mendes, M. L., Mcavoy, E. J., Powers, T. O., & Dickson, D. W. (2008). Identification and isozyme characterization of *Meloidogyne* spp. infecting horticultural and agronomic crops and weed plants in Florida. *Nematology*, 10(5), 757–766. www.brill.nl/nemy

- Brito, J. A., Kaur, R., Cetintas, R., Stanley, J. D., Mendes, M. L., Powers, T. O., & Dickson, D. W. (2010). *Meloidogyne* spp. infecting ornamental plants in Florida. *Papers in Plant Pathology*, 441.
- Brito, J., Powers, T. O., Mullin, P. G., Inserra, R. N., & Dickson, D. W. (2004). Morphological and molecular characterization of *Meloidogyne mayaguensis* isolates from Florida. *Journal of Nematology*, 36, 232–240.
- Carneiro M. D. G. R., Souza F. B. C., Mattos S. V., & Correia R. V. (2024). Molecular techniques for root-knot Nematode identification. In: Molinari S. (Ed.), *Plant-Nematode Interactions* (pp. 227–246). Springer Nature. <http://www.springer.com/series/7651>
- Carneiro, R., Almeida, R., & Quénéhervé, P. (2000). Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* pp. populations. *Nematology*, 2, 645–654.
- Carneiro, R., Tigano, M., Randing O., & Almeida R. (2004). Identification and genetic diversity of *Meloidogyne* spp. on coffee from Brazil, Central America and Hawaii. *Nematology*, 6, 287–298.
- Carneiro, R. M. O. G., Ritta, M., Almeida, A., & Carneiro, R. G. (1996). Enzyme phenotypes of Brazilian populations of *Meloidogyne* spp. *Fundamental and Applied Nematology*, 19(6), 555–560.
- Carrillo-Fasio, J. A., Angúlo-Castro, A., Ángel Martínez-Gallardo, J., Ayala-Tafuya, F., Gilberto Yáñez-Juárez, M., Jesús, & Retes-Manjarrez, E. (2020). Distribution and incidence of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on pepper in Sinaloa, Mexico. *Tropical Plant Pathology*, 46, 195–200. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00400-6>
- Carta, L. K., Handoo, Z. A., Powers, T. O., Miller, S. A., Pérez-Zubiri, R., & Ramírez-Suárez, A. (2005). Sistema de información científica guidelines for isolation and identification of regulated nematodes of potato (*Solanum tuberosum* L.) in North America. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(2), 211–222. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61223216>
- Cid del Prado Vera I., Tovar Soto A., & Hernández Alfonsina, J. (2001). Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(1), 32–39. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61219105>
- Cid del Prado-Vera I., Franco-Navarro F., & Godínez-Vidal D. (2018). Plant parasitic nematodes and managements strategies of major crops in Mexico. In: Subbotin, S. A., & Chitambar, J. J. (Eds.). *Plant parasitic nematodes in sustainable agriculture of North America* 1st Ed. (pp. 31–68). Springer.
- Cofcewicz, E. T., Carneiro, R. M. D. G., Randig, O., Chabrier, C., & Quénéhervé, P. (2005). Diversity of *Meloidogyne* spp. on Musa in Martinique, Guadeloupe, and French Guiana. *Journal of Nematology*, 37(3), 313–322.
- Cristóbal-Alejo J, Cetz-Chi JI, Tún-Suárez J Ma, Moo-Koh FA, Peraza-Luna FA, & Candelero-De la Cruz J. (2018). Fungal filtrate of Trichoderma with nematicidal activity against *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3), 2224–4697.
- Da Cunha, J., D’Arc, R., & Gomes. R. (2003). Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne* spp. provenientes de regiões brasileiras produtoras de soja. *Nematologia Brasileira*, 27, 1–12
- Cunha, T. G. D., Visôto, L. E., Pinheiro, L. M., God, P. I. V. G., Rosa, J. M. O., Oliveira, C. M. G., & Lopes, E. A. (2021). Distribution of *Meloidogyne* species in carrot in Brazil. *Ciência Rural*, 51, e20200552.
- De la Jara-Alcocer, F., Zeron-Bravo, F., Torres-Coronel, R., & Tovar-Soto, A. (1994). Manual de Prácticas de Nematología Agrícola. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN.
- Desaeger J. (2022). A Root-knot Nematode Paradise made in Plastic: The case of Florida vegetables. In Sikora R A., Desaeger J, & Molendijk L P G (Eds.), *Integrated nematode management. state-of-the-art and Visions for the Future*. (pp. 247–254). CABI.
- Esbenshade, P. R., & Triantaphyllou, A. C. (1985). Use of Enzyme phenotypes for identification of *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, 17(1), 6.
- EPPO. (2016), PM 7/103 (2) *Meloidogyne enterolobii*. EPPO Bull, 46: 190–201. <https://doi.org/10.1111/epp.12293>

- Ferris, H., Carlson, H. L., Viglierchio, D. R., Westerdahl, B. B., Wu, F. W., Anderson, C. E., Juurma, A., & Kirby, A. D. W. (1993). Host status of selected crops to *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology*, 25(4S), 849.
- García, L. E., & Sánchez-Puerta, R. V. (2012). Characterization of a root-knot nematode population of *Meloidogyne arenaria* from Tupungato (Mendoza, Argentina). *Journal of Nematology*, 44, 291–301.
- Hunt D. I., & Handoo Z. (2012). Root-knot Nematodes. In Practical plant nematology 1st Ed (pp. 359–409). Colegio de Postgraduados-Universidad Autónoma de Chapingo-Mundi Prensa.
- Hunt, D. J., & Handoo Z. A. (2009). Taxonomy, identification and principal species. In Perry N. R., Moens M., & Starr L. J. (Eds.), Root-Knot nematodes (pp. 55–97). CABI.
- Karssen, G. (2002). The plant-parasitic nematode genus *Meloidogyne* Göldi, 1892 (Tylenchida) in Europe. Brill.
- Karssen, G., Wesemael, W., & Moens, M. (2013). Root-knot Nematodes. In N. R. Perry & M. Moens (Eds.), Plant Nematology, Second Ed. (pp. 73–108).
- Machado, A. C. Z., Lemes, C. F. C., Silva, S. A., Shigueoka, L. H., Dorigo, O. F., Deuner, C. C., & Ribeiro, N. R. (2022). Variant *Meloidogyne javanica* populations from Brazil could impact the breeding programs and the management in soybean fields. *Tropical Plant Pathology*, 47(3), 442–449. <https://doi.org/10.1007/s40858-022-00492-2>
- Medina-Canales, M. G., Rodríguez-Tovar, A. V., Manzanilla-López, R. H., Zúñiga, G., & Tovar-Soto, A. (2014). Identification and molecular characterisation of new Mexican isolates of *Pochonia chlamydosporia* for the management of *Meloidogyne* spp. *Biocontrol Science and Technology*, 24(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/09583157.2013.838623>
- Medina-Canales, Ma. G., Ramírez-San Juan, E., Torres-Coronel, R. & Tovar-Soto, A. (2012). Pathogenicity of *Meloidogyne arenaria* against two varieties of carrot (*Daucus carota* L.) in Mexico. *Nematropica* 42 (2): 335-340.
- Medina-Canales Ma. G., Carvajal-Sandoval A., Alejandre-Aguilar R., & Tovar-Soto A. (2011). Alteraciones histológicas inducidas por *Meloidogyne hapla* y *M. arenaria* en zanahoria (*Daucus carota* L.) en el valle de Tepeaca, Puebla, México. *Nematropica*, 41, 223–228.
- Medina-Molina, C.O., Medina-Canales, MA. G., Torres-Coronel, R., Carvajal-Sandoval, A. & Tovar-Soto, A. (2018). Histological changes for root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in beetroot roots (*Beta vulgaris* L.). *Polibotánica*, 46 (2): 58-64.
- Moens, M., Perry, R. N., & Starr, J. L. (2009). *Meloidogyne* species a diverse group of novel and important plant parasites. In: R. N. Perry, M. Moens, & J. L. Starr (Eds.), Root-Knot nematodes. (pp. 1–17). CABI.
- Molinari, S. (2001). Polymorphism of esterase isozyme zymograms of *Meloidogyne* populations detected by phastsystem. *Nematologia Mediterranea*, 29, 63–66.
- Molinari, S., Lamberti, F., Crozzoli, R., Sharma S. B., & Sánchez Portales L. (2005). Isozyme patterns of exotic *Meloidogyne* spp. populations. *Nematologia Mediterranea*, 33, 61–65.
- Montes-Belmont, R. (2000). Nematología Vegetal en México. Investigación documental. Sociedad Mexicana de Fitopatología.
- Murata, G., Yashiro, T., Uehara, T., Uesugi, K., Iwahori, H., & Narabu, T. (2023). Characterization of the atypical *Meloidogyne arenaria* (Tylenchida: Meloidogynidae) in Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 58(3), 245-255.
- Perichi, G., & Crozzoli, R. (2010). Morfología, morfometría y hospedantes diferenciales de poblaciones de *Meloidogyne* de los estados Aragua y Zulia, Venezuela. *Fitopatología Venezolana*, 23, 5–15.
- Perichi, G., Crozzoli, R., & Alcano, M. (2006). Primer reporte de *Meloidogyne graminis* (Nematoda: Tylenchida) en Venezuela. *Fitopatología Venezolana*, 19, 17–18.
- Powers T O., & Ramírez-Suárez A. (2012). Molecular diagnostics of nematodes: some practical considerations. In Manzanilla-López R. H. & Marbán-Mendoza N. (Eds.), *Practical Plant Nematology* (1st ed., Vol. 1, pp. 131–145). Editorial Colegio de Postgraduados-Universidad Autónoma de Chapingo-Mundi Prensa.
- Quénéhervé, P., Godefroid, M., Mège, P., & Marie-Luce, S. (2011). Diversity of *Meloidogyne* spp. parasitizing plants in Martinique Island, French West Indies. *Nematropica*, 41, 191–199.

Recibido:
3/septiembre/2024

Aceptado:
4/junio/2025

- Ramírez-Suárez, A., Rosas-Hernández, L., Alcasio-Rangel, S., & Powers, T. O. (2014). First report of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* parasitizing watermelon from Veracruz, Mexico. *Plant Disease*, 98, 428.
- Riascos, D. H., Mosquera-Espinosa, A. T., de Agudelo, F. V., Rosa, J. M. O., Oliveira, C. M. G., & Muñoz, J. E. (2019). Morphological, biochemical, and molecular diagnostics of *Meloidogyne* spp. associated with *Musa* spp. in Colombia. *Nematropica*, 49(2), 229-245.
- Rodríguez, M., L., Gómez, L., & Peteira, B. (2007). *Meloidogyne mayaguensis*, plaga emergente para la agricultura tropical y subtropical. *Revista Protección Vegetal*, 22, 183–198.
- Rosas-Hernandez, L., Patiño-Espejel, M. G., & Rodríguez-Mendoza, J. (2024). Detección del nematodo agallador *Meloidogyne enterolobii* en tubérculos de papa de Ahome, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, S123.
- Rusique, L., Inácio, M. L., Mota, M., & Nóbrega, F. (2018). Morphological, biochemical and molecular characterisation of *Meloidogyne javanica*, from North Portugal, in tomato. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(1), 193-198.
- Santos, D., Abrantes, I., & Maleita, C. (2019). The quarantine root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* a potential threat to Portugal and Europe. *Plant Pathology*, 68(9), 1607–1615. <https://doi.org/10.1111/ppa.13079>
- Shurtleff M. C., & Averre C. W. (2000). Diagnosing plant diseases caused by nematodes 1st Ed, APS Press. 189 p.
- SIAP. (2020). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Sikora R A, Desaegeer J., & Molendijk L. (2022). Integrated nematodes management: State-of-the-art and Visions for the Future 1st Ed. CABI.460 p.
- Souza, F. de B. C., Rafael, G., Belot, J. L., Negri, B. F., Perina, F. J., Cares, J. E., & Carneiro, D. G. R. M. (2022). Occurrence of a new race of *Meloidogyne enterolobii* and avirulent *M. incognita* populations parasitizing cotton in western Bahia state, Brazil. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2022.101874>
- Souza, R. (2008). Taxonomic coffee-parasitic Root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. In R. Carneiro & Cofcewicz E.T. (Eds.), *Plant-Parasitic Nematodes of coffee*. (pp. 87–122). Springer.
- Subbotin, S. A., Palomares-Rius, J. E. & Castillo, P. (2021). Systematics of root-knot nematodes (Nematoda: Meloidogynidae). Brill. Leiden-Boston. 585 pp.
- Taylor, A. L., & Sasser, J. N. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos del nódulo de la raíz. Departamento de Fitopatología de la universidad de Carolina del norte y agencia de Estados Unidos para el desarrollo internacional.
- Trudgill, D. L., Bala, G., Blok V. C., Daudi, A., Davies, K. G., Gowen, S. R., Fargette, M., Madulu, J. D., Mateille, T., Mwageni, W., Netscher, C., Phillips, M. S., Sawadogo, A., Trivino C. G., & Voyoukalou, E. (2000). The importance of tropical root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and factors affecting the utility of *Pasteuria penetrans* as a biocontrol agent. *Nematology*, 2, 823–845.
- Van Der Beek, J. G., & Karssen, G. (1997). Interspecific hybridization of meiotic parthenogenetic *Meloidogyne chitwoodi* and *M. fallax*. *Phytopathology*, 87(10), 1061-1066.
- Wang, Y. F., Xiao S., Huang, Y. K., Zhou, X., Zhang, S. S., & Liu, G. K. (2004). First report of *Meloidogyne enterolobii* on carrot in China. *Plant Disease*, 98, 1019.
- Wesemael, W., Moens, M. & Bellafiore, S. (2024). Root-Knot Nematodes. Pp.74-123. In: Perry, R., Moens, M. and Jones, T.J. (Eds.). *Plant Nematology* 3rd edition. CABI, Wallingford, Oxon, UK. 582 pp.
- Xu, J., Liu P., Meng, Q., & Long, H. (2004). Characterisation of *Meloidogyne* species from China using isozyme phenotypes and amplified mitochondrial DNA restriction fragment length polymorphism. *European Journal of Plant Pathology*, 110, 309–315.
- Yang, B., & Eisenback, J. D. (1983). *Meloidogyne enterolobii* n. sp. (Meloidogynidae), a Root-knot nematode parasitizing pacara earpod tree in China. *Journal of Nematology*, 15, 381–391.