



PÁG.

CONTENIDO

- 1 Diversidad florística asociada a *Clinopodium macrosternum* y *Litsea glaucescens* en un bosque de encino-pino en Oaxaca, México
Floristic diversity associated to *Clinopodium macrosternum* and *Litsea glaucescens* in an oak-pine forest in Oaxaca, México
Jarquin-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.

**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

EFEECTO 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 Jesús, 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

**EFEECTO 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**

**Instituto Politécnico Nacional**

Núm. 62: 77-93 México. Julio 2026

DOI: 10.18387/polibotanica.62.6



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/)).

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 Jesús, 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

EFFECTO 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

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 77-93. Julio 2026

DOI:
10.18387/polibotanica.62.6

De La Cruz-De Jesús, Mayra Yaneth / <https://orcid.org/0009-0005-9428-0596>
Hernández-Vásquez, Luis Alfredo / <https://orcid.org/0000-0003-1072-4419>

Tecpile Cortes, Jaime

Reyes-Rosas, Sergio / <https://orcid.org/0009-0002-2670-392X>

Armida Lozano, Jorge / <https://orcid.org/0000-0001-8563-5790>

Ramírez-Rivera, Emmanuel de Jesús / <https://orcid.org/0000-0002-3865-1314>

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.

Sánchez-Zavalegui, Romeo Alejandro / <https://orcid.org/0000-0003-2753-526X>

Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU) de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México

Del Rosario-Arellano, José Luis / <https://orcid.org/0000-0003-1768-566X>

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México

Purroy Vásquez, Rubén / <https://orcid.org/0000-0001-5639-6356>

Hernández-Salinas, Gregorio / <https://orcid.org/0000-0001-7857-3624>

Autor para correspondencia: gregorio_18_18@live.com.mx

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México

RESUMEN: Se evaluó el efecto de las prácticas agroecológicas en agroecosistemas monocultivo y milpa sobre características agro-morfológicas, contenido nutrimental en savia y suelo, así como las propiedades químicas de los biofertilizantes en la Sierra de Zongolica, Veracruz, México. En cada agroecosistema se muestrearon aleatoriamente 10 plantas de maíz en etapa R6. Se registraron variables agro-morfológicas, cantidad de biomasa fresca y seca, y se determinó el contenido de nitrato, fosfato y potasio en savia mediante un fotómetro multiparamétrico. En el suelo se evaluó el pH, conductividad eléctrica (CE) y materia orgánica; mientras que, en fertilizantes orgánicos (biol y lixiviado de lombricomposta) se midieron pH, CE, sólidos totales, sólidos volátiles y concentraciones de nitrato, fosfato y potasio. Los bioles presentaron mayores concentraciones de sólidos totales y volátiles, CE, nitrato, fosfato y potasio, con pH ácido respecto al lixiviado de lombricomposta. En general, los agroecosistemas con manejo transicional mostraron mayor cantidad de biomasa fresca y seca; plantas con mayor altura y diámetro de tallo, en tanto que, los sistemas agroecológicos presentaron mayores contenidos de materia orgánica y valores óptimos de pH y CE del suelo para el cultivo de maíz. Se concluye que las prácticas agroecológicas basadas en abonos orgánicos contribuyen a mantener la fertilidad del suelo y constituyen una alternativa ecológica favorable para los agroecosistemas tradicionales en la Sierra de Zongolica.

Palabras clave: agroecología, agrobiodiversidad, maíz nativo, prácticas agrícolas sustentables, soberanía alimentaria.

ABSTRACT: The effect of agroecological practices in monoculture and milpa agroecosystems on agro-morphological characteristics, nutrient content in sap and soil, as well as the chemical properties of biofertilizers, was evaluated in the Sierra de Zongolica, Veracruz, Mexico. In each agroecosystem, 10 maize plants at the R6 stage were randomly sampled. Agro-morphological variables, fresh and dry biomass were recorded, and nitrate, phosphate, and potassium contents in plant sap were determined using a multiparameter photometer. Soil analyses included pH, electrical conductivity (EC), and organic matter. In organic fertilizers (biol and vermicompost leachate), pH, EC, total solids, volatile solids, and nitrate, phosphate, and potassium concentrations were measured. Biol showed higher concentrations of total and volatile solids, EC, nitrate, phosphate, and potassium, with a more acidic pH compared to vermicompost leachate. In general, agroecosystems under transitional management exhibited greater fresh and dry biomass, as well as taller plants with larger stem diameter. In contrast, agroecological systems presented higher organic matter content and optimal soil pH and EC values for maize cultivation. It is concluded that agroecological practices based on organic fertilizers contribute to maintaining soil fertility and represent an environmentally sustainable alternative for traditional agroecosystems in the Sierra de Zongolica.

Key words: Agroecology, agrobiodiversity, native maize, sustainable agricultural practices, food sovereignty.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye uno de los cultivos más importantes en México, no solo por su papel agroalimentario, sino también por su valor biocultural, vigente desde la época precolombina (Kato *et al.*, 2009). El país es reconocido como centro de origen, domesticación y diversificación del maíz, albergando 64 de las aproximadamente 220 razas reportadas en América Latina, lo que representa una notable riqueza genética (CONABIO, 2025). En 2023, México tuvo una producción de 27, 549, 918 t de grano de variedades mejoradas de maíz, ubicándose en el séptimo lugar a nivel mundial (FAOSTAT, 2025), mientras que, el estado de Veracruz aportó más de 1,356,201.63 t, situándose entre las diez entidades federativas con mayor volumen (SIAP, 2025). Otros cultivos de importancia agrícola son el frijol, la calabaza y haba verde con una producción 723 642.32, 162 421.21 y 68 974.86 t, respectivamente (SIAP, 2025).

Sin embargo, el maíz además de su relevancia productiva posee un fuerte componente social y ecológico, pues las razas nativas o criollas son el pilar en los agroecosistemas tradicionales “milpa”, los cuales contribuyen a la soberanía alimentaria mediante la diversificación de alimentos, la conservación de plantas nativas y la resiliencia para hacer frente al cambio climático, manteniendo la identidad cultural y social de las comunidades rurales (Uuh-Narvaez *et al.*, 2024). La milpa es un policultivo que alberga hasta 65 especies vegetales (Kato *et al.*, 2009). Sin embargo, las políticas neoliberales en México han impactado en el manejo de la milpa al disociarse las prácticas agrícolas tradicionales mediante el fomento de la dependencia de agroquímicos para modernizar la agricultura o la siembra de maíz (Leyva-Trinidad *et al.*, 2020). Estas innovaciones corresponden al manejo convencional, promovidas por la Revolución Verde; y el agroecológico, sustentado en el conocimiento local y tecnologías campesinas heredados por generaciones; pero este modelo en algunas ocasiones emplea tecnologías convencionales para mejorar el rendimiento de los cultivos (Damián-Huato *et al.*, 2010). Aunque el manejo convencional ha contribuido al incremento de los rendimientos, su uso intensivo de agroquímicos y prácticas mecanizadas ha provocado la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad (Reyes-Palomino & Cano, 2022).

Las prácticas agrícolas más comunes en los agroecosistemas son el suministro de agroquímicos (Damián-Huato *et al.*, 2010). Siendo los fertilizantes químicos los más usados por los productores para favorecer los altos rendimientos en los cultivos, pero son costosos y dañan al medio ambiente al contribuir al aumento de los gases de efecto invernadero; por ejemplo, China es un país mayor productor y consumidor de fertilizantes nitrogenados y en el año 2005 generó entre 400 y 840 millones de toneladas de estos gases (Kahrl *et al.*, 2010).

En contraste, la agroecología se ha consolidado como un enfoque científico que analiza los agroecosistemas de manera integral, promoviendo la aplicación de principios ecológicos para el diseño de sistemas agrícolas sostenibles. Este enfoque propone estrategias basadas en el aprovechamiento eficiente de los recursos locales, la conservación de la biodiversidad, la multifuncionalidad y la resiliencia de los agroecosistemas frente a perturbaciones ambientales (Altieri, 2002; Altieri & Nicholls, 2017).

La evidencia empírica indica que las prácticas agroecológicas son sustentables y mejoran las propiedades biológicas del suelo con más diversidad de microorganismos (índice de Shannon y Weaver= 1.254 *versus* convencional con 0.850) (Martínez-Aguilar *et al.*, 2020), los rendimientos mejoran en un 5.49 % respecto al convencional (Damián-Huato *et al.*, 2010), la rentabilidad en beneficio/costo de 1.24 respecto a 0.88 en el sistema convencional (Ayala-Garay & Hernández-Vásquez, 2024). Asimismo, en sistemas agroecológicos se han registrado mayores valores en variables agro-morfológicas del maíz, incluyendo altura de planta, diámetro de tallo y biomasa fresca y seca, en comparación con sistemas convencionales que presentan menores promedios (González-Barcenas *et al.*, 2025).

En la Sierra de Zongolica, Veracruz, se encuentran agroecosistemas de monocultivo y milpa basados en maíz nativo, manejados bajo esquemas agroecológicos y de transición agroecológica. En estos sistemas se implementan prácticas orientadas a mejorar la calidad del suelo (aplicación de materia orgánica y la no quema), conservar la biodiversidad (uso de semilla nativas y asociación de cultivos), optimizar la nutrición del cultivo (aplicación de lixiviados y bioles), reducir el uso de herbicidas y glifosato, además de fortalecer el manejo fitosanitario (Altieri, 2002; SADER-INIFAP, 2022).

Sin embargo, aún es limitada la evidencia científica sobre el impacto de estas prácticas en variables agro-morfológicas, el estado nutrimental de las plantas y las propiedades del suelo en agroecosistemas de monocultivo y milpa en esta región. Esta falta de información limita el diseño e implementación de políticas públicas orientadas a la sustentabilidad agrícola, incluyendo la regulación y estandarización de fertilizantes orgánicos artesanales (Rojas-Pérez *et al.*, 2020; González-Márquez *et al.*, 2021).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de prácticas agroecológicas basadas en fertilizantes orgánicos en agroecosistemas monocultivo y milpa bajo manejo agroecológico y transicional en la Sierra de Zongolica, Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en tres municipios de la Sierra de Zongolica, en Veracruz, México (Figura 1). El primero fue el municipio de Xoxocotla, que se encuentra ubicado entre los 18° 36' y 18° 47' latitud norte y 96° 50' y 97° 02' longitud oeste, a una altitud entre 2100 y 2700 msnm, con clima templado subhúmedo, temperaturas promedio de 12 a 18 °C y precipitaciones con intervalos de 100 a 1100 mm. Cuenta con 17 localidades, que juntas abarcan un total de 37.4 km² de superficie de las cuales 20.8 km² son ocupadas para sembrar maíz, frijol y haba (SIEGVER, 2024a). El municipio de Texhuacán, se encuentra entre los 18° 35' y 18° 39' latitud norte y 96° 58' y 97° 05' longitud oeste con altitudes de 1100 a 2500 msnm, con clima semicálido húmedo, temperaturas promedio de 14 a 20 °C y precipitaciones de 1900 a 2600 mm, cuenta con 20 localidades, sumando en total 42.7 km² de superficie, de las cuales 21.1 km² son destinadas a la agricultura y sus principales cultivos son el maíz, café y frijol (SIEGVER, 2024b). Por último, el municipio de Tlaquilpa encontrándose ubicado entre los 18° 34' y 18° 39' latitud norte y 97° 02' y 97° 09' longitud oeste, localizado a altitudes que van desde los 1840 a 2700 msnm, con clima templado húmedo, temperaturas promedio de entre los 12 y 20 °C y precipitaciones de los 1100 a 2100 mm, cuenta con 67 localidades comuna superficie total de 56.4 km², de los cuales 30.7 km² son de vocación agrícola y sus principales cultivos son el maíz, frijol y manzana (SIEGVER, 2024c).

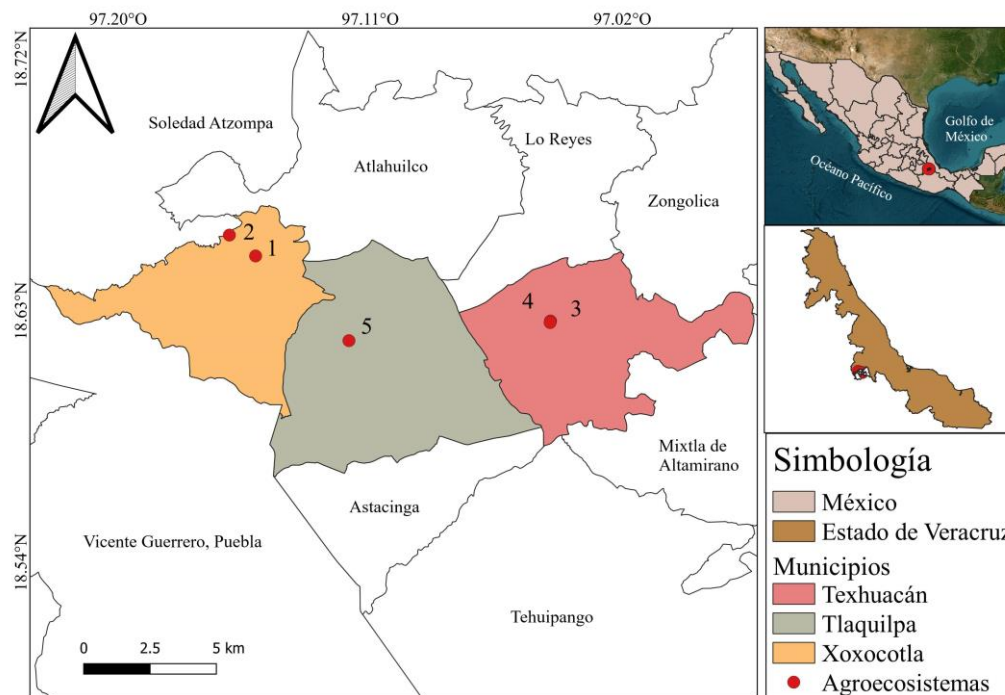


Figura 1. Localización de los agroecosistemas monocultivo y milpa en la Sierra de Zongolica.
Figure 1. Geographic location of monoculture and milpa agroecosystems in the Sierra de Zongolica.

Caracterización de los agroecosistemas

Agroecosistema (AE1)

Es un monocultivo de maíz nativo de la raza Cónico en transición agroecológica porque la fertilización es mixta aplicando los químicos sintéticos y abonos orgánicos (SADER-INIFAP, 2022). Ubicado a una altitud de 2107 msnm, tipo de suelo luvisol crómico (INIFAP-CONABIO, 1995), clima templado húmedo C(m)(f) (García, 1998), precipitación anual de 800 a 1200 mm (Vidal-Zepeda, 1990). El cultivo de maíz fue fertilizado de una manera mixta aplicando químicos sintéticos y abonos orgánicos. La urea (46N-00P-00K) se aplicó al momento de la siembra y el DAP (fosfato diamónico; 18N-46P-00K) en la segunda escarda. El biol a una concentración del 10 % en un volumen total de 200 L de agua potable ha⁻¹ al momento de la siembra, etapa de germinación y V6 (Nleya *et al.*, 2016).

Agroecosistema (AE2)

Es un sistema de policultivo con maíz nativo raza Cónico X Olotón asociado con especies nativas de frijol Ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), calabaza chilacayote (*Cucurbita ficifolia*) y quelite (*Amaranthus* spp.). Es manejado bajo un sistema en donde aplican fertilizantes sintéticos químicos y abonos orgánicos, de los cuales aplicaron una sola vez urea (46N-00P-00K) al momento de la siembra y el DAP (fosfato diamónico; 18N-46P-00K) durante la segunda escarda. Así como dos veces el biol a una concentración del 10 % en un volumen total de 200 L de agua potable ha⁻¹ en la etapa de germinación y V6 (Nleya *et al.*, 2016), por lo cual se considera un manejo agroecológico transicional (SADER-INIFAP, 2022). El AE2 se localiza a una altura de 2298 msnm, con un tipo de suelo luvisol crómico (INIFAP-CONABIO, 1995), clima templado húmedo C(m) (García, 1998) y precipitación anual de 800 a 1200 mm (Vidal-Zepeda, 1990).

Agroecosistema (AE3)

El cultivo de maíz nativo raza Cónico se encontraba asociado con una gran diversidad de especies como la calabaza chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), quelite (*Amaranthus* spp.), alcatraz (*Zantedeschia aethiopica* L.), nopal (*Opuntia ficus-indica*), y algunos árboles frutales de aguacate (*Persea americana* var. Mexicana) y limón (*Citrus aurantifolia* Swingle). El sistema fue agroecológico (SADER-INIFAP, 2022) pues no hicieron uso de ningún fertilizante sintético ni prácticas convencionales. La nutrición del maíz fue a partir del lixiviado de lombricomposta (concentración del 7.5 % en un volumen total de 200 L de agua potable ha⁻¹) aplicado durante la fase fenológica de germinación y V6. También se abonó con 200 g de vermicomposta al momento de la siembra. No se realizó control de plagas ni de enfermedades.

El AE3 se ubica a una altura de 2060 msnm, con un tipo de suelo luvisol crómico (INIFAP-CONABIO, 1995), clima templado húmedo C(m)(f) (García, 1998) y precipitación anual de 1200 a 1500 mm (Vidal-Zepeda, 1990).

Agroecosistema (AE4)

El maíz nativo raza Pepitilla es sembrado bajo un sistema agroecológico sin uso de fertilizantes químicos ni de insecticidas sintéticos. Al igual que el anterior, es nutrido a través de lixiviado de lombricomposta (concentración del 7.5 % en un volumen total de 200 L de agua potable ha⁻¹) durante la fase fenológica de germinación y V6) y 200 g de vermicomposta al momento de la siembra. Se encuentra asociado con especies nativas de frijol (*Phaseolus coccineus* L.) y calabaza (*Cucurbita ficifolia*) (SADER-INIFAP, 2022).

El AE4 se sitúa a una altura de 2067 msnm, con un tipo de suelo luvisol crómico (INIFAP-CONABIO, 1995), clima templado húmedo C(m)(f) (García, 1998) y precipitación anual de 1200 a 1500 mm (Vidal-Zepeda, 1990).

Agroecosistema (AE5)

Este agroecosistema con maíz nativo raza Olotón está asociado con especies nativas de la región como la calabaza chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), haba (*Vicia faba*) y frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), empleando fertilizantes sintéticos como la urea (46N-00P-00K) y DAP (fosfato diamónico) (18N-46P-00K), aplicando solo una vez al principio de la siembra en todo el ciclo del cultivo. Por lo cual se clasifica como un agroecosistema en transición (SADER-INIFAP, 2022). El AE5 se ubica a una altitud de 2375 msnm, con un tipo de suelo luvisol crómico (INIFAP-CONABIO, 1995), clima templado húmedo C(m)(f) (García, 1998) y precipitación anual de 800 a 1200 mm (Vidal-Zepeda, 1990).

En el presente estudio la clasificación del sistema de manejo en los cinco agroecosistemas fue con base en el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos (Figura 2):

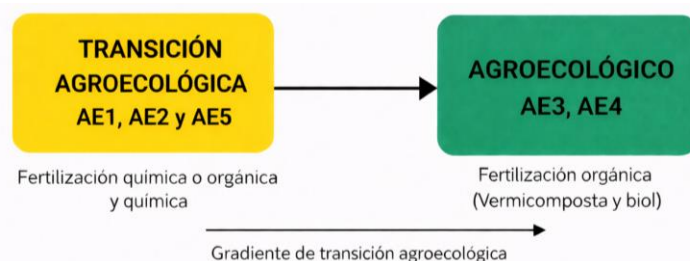


Figura 2. Clasificación de los agroecosistemas tradicionales de monocultivo y milpa (AE) en la Sierra de Zongolica, con base en el sistema de manejo. El manejo agroecológico (AE3, AE4) se caracterizó por el uso exclusivo de fertilización orgánica, mientras que el manejo transicional (AE1, AE2 y AE5) combinó prácticas convencionales y agroecológicas, incluyendo el uso de fertilización orgánica y/o química.

Figure 2. Classification of traditional monoculture and milpa agroecosystems (AE) in the Sierra de Zongolica based on management system. Agroecological management (AE3, AE4) was characterized by the exclusive use of organic fertilization, whereas transitional management (AE1, AE2, and AE5) combined conventional and agroecological practices, including the use of organic and/or chemical fertilization.

Preparación y aplicación del biol, y lixiviado y vermicomposta de lombriz

El biol utilizado en los AE1 y AE2 fue elaborado en un biodigestor de tanque (Figura 3A) de forma artesanal, utilizando los siguientes materiales: 50 kg de estiércol fresco de bovino sin precomposteo, 2 kg de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), 1200 L de agua potable, 10 kg de ceniza, 5 L de agua de nixtamal (nejayote), 500 ml de zumo de limón, 5 kg microorganismos de montaña provenientes de un bosque mesófilo de montaña de la región y 15 kg de melaza, con un tiempo de retención hidráulica de 6 meses. Los microorganismos de montaña fueron recolectados siguiendo el manual técnico de la SADER (2022). El biol se aplicó a una dosis de 10 % en un volumen total de 200 L de agua potable ha⁻¹.

Respecto al lombricompostaje (Figura 3B), este fertilizante orgánico fue aplicado en el AE3 y AE4, en este sistema se manejó la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), la cual fue alimentada con 300 kg de estiércol fresco de equino, ovino y bovino sin precomposteo, 40 kg de ceniza, y en la última capa de arriba se añadió cáscara de frutas y de huevo de forma frecuente. Se aplicó agua de lluvia para activar el sistema y ésta se recirculó por alrededor de 5 meses hasta ser utilizado. Se aplicó 200 g de vermicomposta al momento de la siembra del cultivo de maíz. El lixiviado de lombricomposta se aplicó de forma foliar en una dosis del 7.5 % en un volumen total de 200 L de agua potable ha⁻¹ durante la etapa de germinación del maíz; y en la base de la raíz cuando la planta se encontraba en una etapa fenológica V6 (Nleya *et al.*, 2016).



Figura 3. Módulos de producción de biofertilizantes artesanales en la Sierra de Zongolica. A) Biodigestor, B) Sistema de lombricompostaje.

Figure 3. Production modules of artisanal biofertilizers in the Sierra de Zongolica. A) Biodigester, B) Vermicomposting system.

Muestreo de plantas de maíz

De acuerdo con González-Barcenas *et al.* (2025) se realizó un muestreo aleatorio de 10 plantas de maíz de cada agroecosistema en la etapa final del ciclo reproductivo cuando la planta de maíz alcanzó su madurez fisiológica (R6) (Nleya *et al.*, 2016). Se midieron las variables agromorfológicas, se etiquetaron con los datos correspondientes de la parcela se guardaron en bolsas de nylon dentro de una hielera y se trasladaron al laboratorio de Análisis Físico Químico del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica donde se conservaron en un congelador Torrey® modelo CHTC-75D a 4 °C hasta finalizar los análisis correspondientes.

Medición de variables agro-morfológicas

Se midió la altura de planta desde la raíz hasta la inflorescencia masculina con una cinta métrica Truper® y el diámetro de tallo a 15 cm encima del inicio de las raíces con un vernier digital Mitutoyo®.

Determinación de biomasa fresca y seca del maíz

De la planta de maíz se separó los órganos (hoja, tallo, mazorca con hoja y raíz), para posteriormente pesar esta biomasa en fresco con una balanza analítica (Albino-Garduño *et al.*, 2015). Previo a ello, las raíces se enjuagaron con agua corriente para eliminar tierra. Para estimar el peso en seco, los órganos fueron guardados en bolsas de papel y en una estufa de madera se sometieron a una temperatura de 60 °C hasta alcanzar un peso constante. El pesaje se realizó en una balanza analítica marca VELAB®.

Determinación de N-P-K en savia de plantas de maíz

Los análisis de savia de las plantas de maíz se realizaron con el fotómetro multiparamétrico de la marca HANNA® instruments modelo HI83325 (Oumasst *et al.*, 2022), que permitió determinar el nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^-), el fósforo en fosfato (PO_4^{3-}) y potasio (K^+). Para ello, se siguió el método de análisis en savia obtenido del tallo (Barrios *et al.*, 2012; Echeverría *et al.*, 2001). El tallo sin piel se cortó en pedazos de aproximadamente 10 cm, se exprimió manualmente y se obtuvo la savia, que fue filtrada con papel filtro Whatman No. 10, para enseguida determinar la cantidad de nitrato, fosfato y potasio, siguiendo las recomendaciones del fabricante (Hanna, 2024). Para lo cual se diluyó a un factor 10 X donde al recipiente de vidrio del fotómetro se le agregó 1 mL de la muestra de savia filtrada y 9 mL de agua destilada. Para el nitrato se usó el reactivo HI93728-0, para el fosfato se emplearon los reactivos HI93717A-0 y HI937171B-0, y para el potasio los reactivos HI93750A-0 y HI93750B-0.

Determinación de características fisicoquímicas del biol y lixiviado de lombricomposta

Se obtuvieron dos muestras de 500 mL de biol y lixiviado de cada módulo de producción de fertilizantes orgánicos, se guardaron en refrigeración a 4 °C, subsiguientemente se determinó el pH y la conductividad eléctrica con un potenciómetro previamente calibrado de la marca HANNA® modelo HI9813-51. Se determinó las concentraciones de nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}) y potasio (K^+) con la ayuda de un fotómetro multiparamétrico marca HANNA® instruments modelo HI83325, siguiendo las recomendaciones del fabricante (Hanna, 2024). Para lo cual se hizo una dilución a un factor 10 X donde al recipiente de vidrio del fotómetro se le agregó 1 mL de muestra filtrada y 9 mL de agua destilada. Para el nitrato se usó el reactivo HI93728-0, para el fosfato se emplearon los reactivos HI93717A-0 y HI937171B-0, y para el potasio los reactivos HI93750A-0 y HI93750B-0.

Análisis de suelo de los agroecosistemas monocultivo y milpa**pH y Ce**

Para el muestreo de suelo se siguió la recomendación de la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002). En cada agroecosistema se realizó un muestreo en forma de zig zag de 0 a 20 cm de profundidad, obteniendo 20 submuestras que fueron mezcladas y homogeneizadas para obtener una muestra compuesta de 2 kg por parcela. Se determinó el pH de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), a través del método AS-02, medido en una solución de agua destilada en una relación suelo: agua 1:2; y se determinó la conductividad eléctrica con un potenciómetro marca HANNA® modelo HI9813-51.

Materia orgánica

Para la determinación de la materia orgánica se utilizó el método por calcinación sugerido por Eyherabide *et al.* (2014). Las muestras se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron a 1.68 mm (malla número 10), posteriormente se pesaron 5 g en crisoles previamente medidos y tarados, para ser sometidas primeramente a 105 °C durante 24 h en una estufa de secado de la marca Quincy Lab (model 10 lab oven). Las muestras se depositaron en un desecador de vidrio durante

30 minutos y se pesaron, finalmente se introdujeron en una mufla ARSA® modelo AR-340 con una estabilidad de 12 °C, a una temperatura de 360 °C durante 2 h. Antes de ser pesadas se mantuvieron en el desecador de vidrio durante 30 minutos. Todas las mediciones se realizaron en una balanza analítica VELAB® con una sensibilidad de 0.001g. El cálculo de la materia orgánica se realizó a través de la diferencia de pesos mediante la siguiente ecuación propuesta por Eyherabide et al. (2014):

$$\% \text{ de materia orgánica} = \frac{(\text{Peso a } 105^{\circ}\text{C} - \text{peso a } 360^{\circ}\text{C})}{(\text{peso a } 105^{\circ}\text{C})} * 100$$

Análisis estadístico

Todos los datos obtenidos se analizaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene para validar normalidad y homogeneidad de varianzas, respectivamente. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las variables que no cumplieron con los supuestos de normalidad se sometieron a un análisis no paramétrico de Kruskal Wallis con nivel de significancia del 5 % ($P \leq 0.05$). Para los análisis se utilizó el Software InfoStat versión 2020 (Balzarini *et al.*, 2008). Para el caso de las variables químicas (sólidos totales, sólidos volátiles, pH, conductividad eléctrica, nitrato, fosfato y potasio) de los fertilizantes orgánicos y suelo (pH y conductividad eléctrica) solo se obtuvieron promedios empleando el programa de cómputo Microsoft Excel Office 2019.

RESULTADOS

Composición de los fertilizantes orgánicos

El biol aplicado en los AE1 y AE2 presentó un pH ácido y concentraciones altas de nitrato, fosfato y potasio con valores promedio de 4 400.0, 247.0 y 1 595.0 mg L⁻¹, respectivamente. Además, presentaron un contenido elevado de sólidos totales (23 500.0 mg L⁻¹) y sólidos volátiles (15 100.0 mg L⁻¹) (Tabla 1).

En contraste, el lixiviado de lombricomposta empleado en los AE3 y AE4 presentaron menores concentraciones de nitrato y fosfato; pero, destacaron por sus niveles relativamente elevados de potasio (>1 400 mg L⁻¹) y un pH alcalino (7.6 – 8.0).

Tabla 1. Características químicas de los fertilizantes orgánicos aplicados en los agroecosistemas monocultivo y milpa (AE).

Table 1. Chemical properties of organic fertilizers applied in monoculture and milpa agroecosystems (AE).

Biofertilizante	Sólidos Totales (mg L ⁻¹)	Sólidos Volátiles (mg L ⁻¹)	pH	CE (mS cm ⁻¹)	Nitrato (mg L ⁻¹)	Fosfato (mg L ⁻¹)	Potasio (mg L ⁻¹)
Biol del AE1 y AE2	23 500.0	15 100.0	4.6	>4	4 400.0	247.0	1 595.0
Lixiviado del AE3	2 300.0	1 700.0	7.6	1.2	635.0	80.0	900.0
Lixiviado del AE4	5 300.0	2 300.0	8.0	3.3	730.0	100.0	1 420.0

La Tabla 2 muestra los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk. Las variables que presentaron una distribución normal ($P \geq 0.05$) fueron la altura de planta, el diámetro de tallo, el peso fresco de tallo, el peso fresco de mazorca, así como el peso seco de tallo y de hoja.

Tabla 2. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para variables agro-morfológicas, de biomasa fresca, biomasa seca y nutrientes en savia en agroecosistemas estudiados.

Table 2. Shapiro-Wilk normality test for agro-morphological variables, fresh and dry biomass, and sap nutrient content in the studied agroecosystems.

Variable	n	Media	Desviación estándar	P (Unilateral)
Altura de planta (m)	50	2.97	0.63	0.5420
Diámetro de tallo (mm)	50	21.72	4.33	0.2607
Peso fresco de raíz (g)	50	81.38	88.85	<0.0001
Peso fresco de tallo (g)	50	532.38	271.29	0.0600
Peso fresco de hoja (g)	50	164.12	120.68	<0.0001
Peso fresco de mazorca (g)	50	281.37	124.31	0.1120
Peso seco de raíz (g)	50	20.78	25.38	<0.0001
Peso seco de tallo (g)	50	105.07	51.38	0.0655
Peso seco de hoja (g)	50	52.17	25.96	0.0819
Peso seco de mazorca con hoja (g)	50	115.72	62.83	0.0130
Peso seco de mazorca sin hoja (g)	50	88.11	56.56	0.0062
Nitrato (mg L ⁻¹)	50	823.00	678.31	<0.0001
Fosfato (mg L ⁻¹)	50	485.72	424.61	<0.0001
Potasio (mg L ⁻¹)	50	2255.72	1882.38	<0.0001

Características agro-morfológicas

Las razas de maíz nativas de los AE1, AE2 y AE5 en transición agroecológica tuvieron más altura de planta ($P \leq 0.05$) en comparación con los AE3 y AE4 agroecológicos que alcanzaron medias de 2.29 y 2.60 m, respectivamente (Tabla 3). Respecto al diámetro de tallo, los AE1 y AE2 en transición agroecológica presentaron los valores más altos ($P \leq 0.05$) que el AE3 agroecológico con 18.13 mm (Tabla 3).

Tabla 3. Medias ($\pm$ error estándar) de variables agro-morfológicas entre agroecosistemas (AE) monocultivo y milpa bajo diferente sistema de manejo.

Table 3. Means ($\pm$ standard error) of agro-morphological variables among monoculture and milpa agroecosystems (AE) under different management systems.

Agroecosistema	Raza de maíz	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (mm)
AE1	Cónico	3.57 $\pm$ 0.14a	24.15 $\pm$ 1.25a
AE2	Cónico X Olotón	3.20 $\pm$ 0.1a	23.22 $\pm$ 1.25a
AE3	Cónico	2.29 $\pm$ 0.14b	18.13 $\pm$ 1.25b
AE4	Pepitilla	2.60 $\pm$ 0.14b	21.71 $\pm$ 1.25ab
AE5	Olotón	3.22 $\pm$ 0.14a	21.40 $\pm$ 1.25ab

Medias con la misma letra en las columnas no son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

Biomasa fresca y seca

No hubo diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $P \geq 0.05$) en las variables peso seco y fresco de raíz, y peso fresco de hoja entre los cinco agroecosistemas tradicionales.

En cuanto al peso fresco de tallo quien registró más biomasa ($P \leq 0.05$; 753.60 g) fue el AE1 en transición agroecológica en comparación con los AE3 y AE5 al presentar los promedios más bajos (287.75 y 431.04 g, respectivamente) (Tabla 4). Respecto al peso fresco de mazorca quien presentó el valor más alto ($P \leq 0.05$) fue el AE2 en transición agroecológica (395.80 g) y el valor más bajo (169.06 g) se registró en el AE3 agroecológico (Tabla 4).

Los AE1 y AE2 en transición agroecológica presentaron más peso de tallo seco (116.87 y 151.65 g, respectivamente; $P \leq 0.05$), que los AE3 (agroecológico) y AE5 (en transición) con los valores

más bajos (67.77 y 93.03 g, respectivamente) (Tabla 4). Las razas de maíz de los AE1, AE2, AE4 y AE5 tuvieron más peso de hoja seca ($P \leq 0.05$) que el AE3 agroecológico con 20.83 g (Tabla 4). Respecto al peso de mazorca sin hoja, los AE2 y AE5 en transición agroecológica tuvieron los valores superiores (120.32 g y 114.41 g; $P \leq 0.05$) que el AE3 agroecológico con 46.01 g (Tabla 4).

Tabla 4. Medias ($\pm$ error estándar) de biomasa fresca y seca entre diferente sistema de manejo en agroecosistemas monocultivo y milpa en la Sierra de Zongolica.

Table 4. Means ($\pm$ standard error) of fresh and dry biomass among different management systems in monoculture and milpa agroecosystems in the Sierra de Zongolica.

Agroecosistema	Biomasa fresca		Biomasa seca			
	Peso de tallo (g)	Peso de mazorca con hoja (g)	Peso de tallo (g)	Peso de hoja (g)	Peso de mazorca con hoja (g)	Peso de mazorca sin hoja (g)
AE1	753.60 $\pm$ 67.25a	294.67 $\pm$ 32.57abc	116.87 $\pm$ 14.15a	55.17 $\pm$ 6.33a	123.33 $\pm$ 18.40a	98.56 $\pm$ 15.8ab
AE2	717.81 $\pm$ 67.25ab	395.80 $\pm$ 32.57a	151.65 $\pm$ 14.15a	72.71 $\pm$ 6.33a	148.44 $\pm$ 18.40a	120.32 $\pm$ 15.88a
AE3	287.75 $\pm$ 67.25c	169.06 $\pm$ 32.57c	67.77 $\pm$ 14.15b	20.83 $\pm$ 6.33b	83.52 $\pm$ 18.40a	46.01 $\pm$ 15.88b
AE4	471.71 $\pm$ 67.25bc	242.27 $\pm$ 32.57bc	96.06 $\pm$ 14.15ab	61.41 $\pm$ 6.33a	80.72 $\pm$ 18.40a	61.25 $\pm$ 15.88ab
AE5	431.04 $\pm$ 67.25c	305.05 $\pm$ 32.57ab	93.03 $\pm$ 14.15b	50.75 $\pm$ 6.33a	142.61 $\pm$ 18.40a	114.41 $\pm$ 15.88a

Medias con la misma letra en las columnas no son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

Macronutrientes en savia de la planta

Las razas de maíz en los AE1 y AE5 en transición agroecológica presentaron niveles más altos de nitrato (1304.75; 1430 mg L⁻¹, respectivamente) que el AE4 agroecológico (221.50 mg L⁻¹) (Tabla 5). La concentración de fosfato fue superior ($P \leq 0.05$) en las razas de maíz en los AE1, AE2, AE3 y AE4 con respecto al AE5 en transición agroecológica (Tabla 5). En cuanto al potasio, se registraron las mayores concentraciones en el AE5 en transición agroecológica (5213 mg L⁻¹) en comparación con los demás agroecosistemas (Tabla 5). Este comportamiento podría atribuirse a la interacción entre las especies asociadas (calabaza chilacayote-haba-frijol ayocote-maíz) presentes en el sistema de policultivo y que mejoran la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno y el reciclaje de nutrientes (Meena *et al.*, 2025).

Tabla 5. Medias ($\pm$ desviación estándar) de macronutrientes en savia entre agroecosistemas monocultivo y milpa bajo diferente sistema de manejo en la Sierra de Zongolica.

Table 5. Means ($\pm$ standard deviation) of macronutrients in sap among monoculture and milpa agroecosystems under different management systems in the Sierra de Zongolica.

Agroecosistema	Nitrato (mg L ⁻¹)	Fosfato (mg L ⁻¹)	Potasio (mg L ⁻¹)
AE1	1304.75 $\pm$ 56.13a	672.20 $\pm$ 308.64a	1516.00 $\pm$ 0b
AE2	774.00 $\pm$ 500.73b	591.00 $\pm$ 398.51a	1465.00 $\pm$ 306.68b
AE3	367.00 $\pm$ 359.72bc	599.40 $\pm$ 665.14a	1647.10 $\pm$ 1237.67b
AE4	221.50 $\pm$ 180.23c	440.50 $\pm$ 239.77a	1437.20 $\pm$ 1387.11b
AE5	1430.00 $\pm$ 877.55a	125.50 $\pm$ 125.97b	5213.30 $\pm$ 1887.79a

Medias con la misma letra en las columnas no son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

Propiedades del suelo

El agroecosistema AE3 bajo manejo agroecológico presentó el mayor contenido de materia orgánica (17.28 %; $P \leq 0.05$), en comparación con el AE2 bajo manejo transicional, que registró el valor más bajo (5.12 %). El pH del suelo en los agroecosistemas estudiados osciló de 6.1 al 6.6 y la conductividad eléctrica de 0.06 a 0.12 mS cm⁻¹ (Tabla 6).

Tabla 6. Características químicas del suelo entre los agroecosistemas de la Sierra de Zongolica.**Table 6.** Soil chemical characteristics among the agroecosystems of the Sierra de Zongolica.

Agroecosistema	Materia orgánica (%)	pH	Ce (mS cm ⁻¹)
AE1	7.20±0.12de	6.20	0.06
AE2	5.12±0.05e	6.10	0.07
AE3	22.15±0.33a	6.60	0.11
AE4	17.28±0.06bc	6.60	0.12
AE5	13.51±0.09cd	6.30	0.10

Medias con la misma letra en la columna no son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

DISCUSIÓN

Composición de los fertilizantes orgánicos

Los resultados de nuestro estudio sugieren que los fertilizantes orgánicos elaborados artesanalmente por los productores de la Sierra de Zongolica tienen un alto potencial para usarse en el sistema monocultivo y milpa. El biol del presente estudio presentó un pH ácido (4.6) después de los 6 meses de fermentación. Este valor, está dentro de los reportados por Quiñones *et al.* (2016), quienes encontraron un pH estable entre 3.57 y 3.83 a partir del 5 día de fermentación en un biol artesanal preparado con heces de alpaca, lactosuero de bovino, melaza y microorganismos B-Lac. En cambio, Oviedo *et al.* (2024) en un biol alimentado con estiércol de bovino reportaron un pH neutro de 6.9 durante una fermentación de 5 días en el biorreactor. Respecto al lixiviado de lombricomposta, Rodríguez-Dimas *et al.* (2007) reportaron un pH alcalino de 8.4 y CE de 4.2 mS·cm⁻¹, este valor de CE es superior al reportado en el presente estudio en la Sierra de Zongolica (1.2 – 3.3 mS cm⁻¹). La CE mide la cantidad de sales solubles presentes en la solución, en donde valores entre 0.7 y 3.0 mS·cm⁻¹ representan un riesgo ligero a moderado para la mayoría de cultivos, por ello se recomienda la dilución en agua para neutralizar los efectos de fitotoxicidad (Quiñones *et al.*, 2016; González-Márquez *et al.*, 2021).

El lixiviado de lombricomposta con diferentes mezclas de estiércoles de equino, ovino y bovino usado en el presente estudio tuvo un pH alcalino (7.6 – 8.0), valores bajos de nitrato (635 – 730 mg L⁻¹) pero alto en concentraciones de potasio (900 – 1420 mg L⁻¹). Esta variabilidad química se debe al tipo de estiércol y a sus combinaciones con otras materias primas. Así, García-Santiago *et al.* (2025) en diferentes lixiviados de lombricomposta con equino, vacuno y caprino reportaron variabilidad química. Por ejemplo, en el de equino combinado con residuos vegetales de hortaliza y rastrojo de maíz hallaron intervalos de 8.5 a 8.9 de pH, 3.9 a 7.5 mS cm⁻¹ de CE, 1100 a 1650 mg L⁻¹ de nitrato y de 470 a 1200 mg L⁻¹ de potasio; y valores de 8.5 a 8.9 de pH, 3.7 a 12.9 mS cm⁻¹ de CE, 980 a 2100 mg L⁻¹ de nitrato y de 485 a 2300 mg L⁻¹ de potasio para el estiércol vacuno. Para el caso del estiércol de caprino con medias de 8.5 a 8.9 de pH, 7.6 a 8.9 mS cm⁻¹ de CE, 1150 a 1800 mg L⁻¹ de nitrato y de 1200 a 1550 mg L⁻¹ de potasio.

Los resultados anteriores evidencian que los fertilizantes orgánicos producidos de manera artesanal presentan una variabilidad en sus características físico-químicas, derivada de la diversidad de materias primas, condiciones de elaboración y tiempos de fermentación. Esta variabilidad dificulta su estandarización y resalta la necesidad de desarrollar protocolos técnicos y marcos normativos que permitan garantizar la calidad y eficiencia de estos insumos en agroecosistemas tradicionales (Rojas-Pérez *et al.*, 2020; González-Márquez *et al.*, 2021).

Características agro-morfológicas, biomasa fresca y seca

De manera general, los agroecosistemas en transición evaluados en el presente estudio presentaron más altura y diámetro de tallo en planta, así como, biomasa fresca y seca. En cuanto al peso seco de mazorca con hoja, todos los sistemas fueron iguales ($P \geq 0.05$), lo que se deduce que esta variable podría ser menos sensible al tipo de sistema. En un estudio realizado por García-Santiago *et al.* (2025) al evaluar el maíz híbrido AN-447 concluyeron que los diferentes lixiviados de lombricomposta no superaron estadísticamente al tratamiento control (sin lixiviado) en los parámetros morfológicos, características de mazorca, vitamina C y firmeza de fruto, pero sí en el

rendimiento. Por su parte, Kebede *et al.* (2023) documentaron que la combinación de fertilizantes orgánicos y químicos sintéticos mejoran la altura de planta, el rendimiento de grano, la producción de biomasa y el rendimiento de rastrojo en maíz híbrido BH-546, en comparación con su aplicación individual. Esta estrategia sugiere que esta tecnología que combina innovaciones convencionales podría ser prometedora para los sistemas de producción tradicionales en la Sierra de Zongolica, pues permite reducir el uso de insumos sintéticos y, en consecuencia, los costos de producción porque la materia prima para la elaboración de los abonos orgánicos está disponible localmente. Respecto a las variables agro-morfológicas, Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) no encontraron interacciones significativas entre genotipo $\times$ localidad en la altura y diámetro del tallo de la planta en 56 poblaciones de maíz nativas. Por lo cual, se puede deducir que el tipo de manejo en los AE influye parcialmente en la altura y diámetro de tallo; aunque, es recomendable el desarrollo de estudios experimentales controlados que permitan evaluar de manera más precisa la interacción entre genotipo y sistema de manejo en agroecosistemas milpa.

La agroecología se fundamenta en la promoción de interacciones entre los distintos componentes del agroecosistema y sus procesos ecológicos (suelo, agua, planta, microorganismos y ambiente), integrando además el manejo del productor como un elemento clave (Altieri, 2002). Desde esta perspectiva, los resultados del presente estudio demuestran que los agroecosistemas milpa bajo manejo agroecológico presentaron mayores contenidos de materia orgánica (17.28 – 22.15 %), lo cual puede favorecer la actividad microbiana del suelo. Se ha documentado que prácticas agroecológicas, como el policultivo y la incorporación de abonos orgánicos, incrementan la materia orgánica del suelo, lo que a su vez mejora la actividad microbiana, la retención de humedad, la fertilidad del suelo y procesos fisiológicos de la planta, como la germinación y la respiración radicular (Altieri, 2002; Peña *et al.*, 2021). Estos resultados refuerzan la importancia de las prácticas agroecológicas para la sustentabilidad del sistema milpa, al promover la conservación de la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de insumos externos.

Macronutrientes en savia de la planta

Los resultados del presente estudio refuerzan la importancia de evaluar el sistema de manejo de los agroecosistemas tradicionales a nivel experimental, para tener un mejor entendimiento de su impacto sobre las concentraciones de nutrientes en savia, comportamiento morfológico y fisiológico de las plantas de maíz nativo. Sin embargo, los resultados del presente estudio sugieren que, en términos del contenido de nitrato, el sistema transicional igualó e incluso superó estadísticamente al agroecológico, por lo que, se corrobora lo que señala Kebede *et al.* (2023) quienes señalan que la combinación de fertilizantes orgánicos y químicos tienen un impacto positivo en el cultivo de maíz.

Las mayores concentraciones de nitrato registradas en los agroecosistemas AE1 y AE5 pueden explicarse por el uso de fertilizantes sintéticos de rápida disponibilidad, como la urea (46N–00P–00K) y el fosfato diamónico (18N–46P–00K), así como por la aplicación de biol en el AE1 con altos contenidos de nitrato (4 400.0 mg L⁻¹). No obstante, la disponibilidad de este nutriente también está condicionada por factores edáficos, como el pH, la humedad y la aireación del suelo (Olivares-Campos *et al.*, 2012).

Las medias de 1304.75, 774.0 y 1430.0 mg L⁻¹ de nitrato en los AE1, AE2 y AE5 en transición agroecológica se encuentran dentro del intervalo de 700 a 2000 mg L⁻¹ reportado por Villar *et al.* (2015), y quienes señalan que estos valores de nitrato son adecuados para una producción óptima de maíz. Asimismo, González-Barcenas *et al.* (2025) reportaron altos niveles de nitrato en el manejo convencional *versus* agroecológico en sistemas con maíz nativo en el municipio de Xoxocotla, Veracruz.

Propiedades del suelo

Diversos estudios (Contreras *et al.*, 2019; Ramos *et al.*, 2019) han documentado que las prácticas agroecológicas favorecen los altos contenidos de materia orgánica en el suelo, y por consiguiente la diversidad microbiana. En cambio, las prácticas convencionales que han implementado los agricultores históricamente como la roza-tumba-quema, el uso excesivo de agroquímicos, los monocultivos, etcétera, han reducido la calidad del suelo (Peña *et al.*, 2021).

El suelo de los AE3 y AE4 fueron neutros (6.6) (DOF, 2002). Es decir, el suelo de los AE evaluados en nuestro estudio son ideales para el cultivo del maíz. Al respecto, Peña *et al.* (2021) señalan que valores entre 6.0 y 7.5 de pH son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos, entre ellos el maíz. Los valores de CE registrados en los AE de la Sierra de Zongolica fueron inferiores ($<0.12 \text{ mS cm}^{-1}$) a los reportados por Carrizo *et al.* (2014), quienes hallaron una Ce mayor de 0.4 mS cm^{-1} después de aplicar efluentes de porcino en el cultivo de maíz, lo que sugiere que es un suelo no salino y en condiciones ideales para el cultivo de maíz (DOF, 2002; Oviedo *et al.*, 2024)

También, el alto contenido de materia orgánica ($>17.28 \%$) puede explicarse debido a la aplicación adicional de vermicomposta en los AE3 y AE4 con manejo agroecológico. Al respecto, Alcívar *et al.* (2021) encontraron que la vermicomposta posee más de 40% de MO, lo que favorece la humedad, porosidad, enzimas y sustancias reguladoras del crecimiento, impactando en mayores porcentajes de germinación y características morfológicas en las hortalizas.

Por otro lado, aunque los agroecosistemas bajo manejo transicional (AE1 y AE2) presentaron menores contenidos de materia orgánica en el suelo (7.2 y 5.12 %, respectivamente), estos valores pueden considerarse relativamente altos en comparación con los reportados por Martínez-Aguilar *et al.* (2020), quienes clasificaron contenidos de 2.58 a 3.5 % como niveles medios en suelos cultivados con maíz bajo distintos sistemas de manejo. Esto sugiere que, aun en sistemas transicionales, la incorporación parcial de prácticas agroecológicas puede contribuir al mantenimiento de la calidad del suelo.

CONCLUSIONES

En general los agroecosistemas con manejo transicional presentaron las mejores características agro-morfológicas en las razas de maíz nativas en la Sierra de Zongolica, lo cual se atribuye a la aplicación de fertilización química y bioles ricos en macronutrientes. Los sistemas agroecológicos favorecieron las propiedades del suelo, particularmente el contenido de materia orgánica, pH y conductividad eléctrica, evidenciando su contribución a la sustentabilidad del agroecosistema. Los agroecosistemas milpa desempeñan un papel fundamental en la conservación de la agrobiodiversidad nativa adaptada a las condiciones ecogeográficas de la región y en el fortalecimiento de la soberanía alimentaria de las comunidades rurales en la Sierra de Zongolica, mediante la diversificación de cultivos y el aprovechamiento integral de los recursos locales.

Nuestros resultados sugieren que los sistemas de manejo transicional pueden representar una estrategia viable para mejorar la productividad agrícola sin desvincularse de los principios agroecológicos, contribuyendo a la transición hacia sistemas de producción más sustentables.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de las Escuelas de Campo que pertenecen al Territorio Funcional Sierra de Zongolica Zona Alta 176, y al Programa de Acompañamiento Técnico del Estado de Veracruz, de la SADER, por permitirnos realizar el presente estudio en sus agroecosistemas.

LITERATURA CITADA

- Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Cortés-Flores, J. I., Livera-Muñoz, M., & Mendoza-Castillo, M. C. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados. *Agrociencia*, 49(5), 513-531.
- Alcívar, L. M. F., Vera, R. J. H., Llivisupa, V. L. M., Gómez, P. J. C., Vicuña, R. M. S., & Mendoza, D. M. C. (2021). Influencia del vermicompost y sus lixiviados sobre la germinación de hortalizas en un suelo sódico. *Journal of Science and Research*, 6(2), 186-201. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5517938>
- Altieri, M. A. (2002). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93, 1-24. [10.1016/S0167-8809\(02\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00085-3).
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2017). The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 140, 33-45. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0909-y>
- Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. A., & López-Romero, G. (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 33(4), 287-296.
- Ayala-Garay, A. V., & Hernández-Vásquez, B. (2024). Rentabilidad de la producción de maíz en sistemas agroecológico y convencional en dos comunidades de Tlaxcala. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. doi:<https://doi.org/10.22231/asyd.v21i1.1566>
- Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., & Robledo, C. W. (2008). Infostat, manual del Usuario. Córdoba, Argentina.
- Barrios, M., García, J., & Basso, C. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de nitrato y amonio en el suelo y la planta de maíz. *Bioagro*, 24(3), 213-220.
- Carrizo, M. E., Alesso, C. A., Girello, G., Capeletti, M., Micheloud, H., & Imhoff, S. (2014). Rendimiento de maíz y cambios en propiedades edáficas luego de la aplicación de efluentes líquidos porcinos. *Fave. Sección Ciencias Agrarias*, 13(1), 51-62.
- CONABIO. (2025). *Razas de maíz de México*. Retrieved from <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- Contreras, C. A., Sánchez, M. P., Romero, A. O., Rivera, T. J. A., Ocampos, F. I., & Conrado, P. L. J. F. (2019). Prácticas agroecológicas y su influencia en la fertilidad del suelo en la región cafetalera de Xolotla, Puebla. *Acta Universitaria*, 29, 1-16. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1864>
- Damián-Huato, M., Ramírez-Valverde, B., Aragón-García, A., Huerta-Lara, M., Sangerman-Jarquín, D. M., & Romero-Arenas, O. (2010). Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala: entre lo convencional y lo tradicional. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 6(2), 67-76.
- DOF. (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*. Retrieved from <https://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Echeverría, H. H., Sainz, R. H., Herfurt, E., & Uhart, S. A. (2001). Nitrato en la base del tallo del maíz: I cambios durante la estación de crecimiento. *Ciencia del Suelo*, 19(2), 115-124.
- Eyherabide, G. H., Sainz Rozas, H. R., Barbieri, P., & Echeverría, H. E. (2014). Métodos para la determinación de materia orgánica en suelos. *Ciencia del Suelo*, 32(1), 13-19.
- FAOSTAT. (2025). *Países por producto básico*. Retrieved from https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity
- García-Santiago, J. C., Sánchez-Vega, M., Pérez-Hernández, H., & Méndez-López, A. (2025). Efecto del tipo de lixiviado de lombricomposta sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 28. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5929>
- García, E. (1998). *Climas, escala 1:1 000000*: CONABIO.
- González-Barcenas, C., De La Cruz-De Jesús, M. Y., Hernández-Vásquez, L. A., Serna-Lagunes, R., Rojas-Ascención, M., Rocandio-Rodríguez, M., Mejía-Ochoa, F. J., López-Morales,

- F., & Hernández-Salinas, G. (2025). Evaluación nutrimental foliar y biomasa en agroecosistemas con maíz nativo bajo manejo convencional y agroecológico en Xoxocoltla, Veracruz, México. In P. Andrés-Meza & R. Serna-Lagunes (Eds.), *Agroecosistemas forestales y recursos agroalimentarios: microorganismos, sustentabilidad y seguridad alimentaria*. (1 ed., pp. 202- 213).
- González-Márquez, L. C., Felix-Gastélum, R., Sandoval-Romero, J. A., Escobedo-Urías, D. C., & Longoria-Espinoza, R. M. (2021). Caracterización de biofertilizantes utilizados en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, México. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-14. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.859>
- Hanna. (2024). Hanna Instruments HI83325 User Manual. In. <https://www.manualslib.com/manual/2503796/Hanna-Instruments-Hi83325.html>.
- INIFAP-CONABIO. (1995). Edafología: tipos de suelos en México. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.
- Kahrl, F., Li, Y., Su, Y., Tennigkeit, T., Wilkes, A., & Xu, J. (2010). Greenhouse gas emissions from nitrogen fertilizer use in China. *Environmental Science & Policy*, 13, 688-694. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2010.07.006>
- Kato, Y. T., Sánchez-Mapes, C., Mera-Ovando, L. M., Serratos-Hernández, J. A., & Bye-Boettler, R. A. (2009). *El origen y diversificación del maíz en México: Una Revisión Analítica*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Kebede, Tsehay, Keneni, Yadessa Gonfa, Senbeta, Abate Feyissa, & Sime, Getachew. (2023). Effect of bioslurry and chemical fertilizer on the agronomic performances of maize. *Heliyon*, 9(1), e13000. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13000>
- Leyva-Trinidad, D. A., Pérez-Vásquez, A., Becerra da Costa, I., Formighieri G. R. C. (2020). El papel de la milpa en la seguridad alimentaria y nutricional en hogares de Ocotlán Texizapan, Veracruz, México. *Polibotánica*, 50, 279-299. 10.18387/polibotanica.50.16.
- Meena, H., Sarathi P. P., Adhikary, P., Sahid A. A., Khoroar, S., Deb, S., Hasan R. F., Tamang, A., and Somonadal, P. (2025). Optimizing resources for sustainable maize production under different intercrop association in eastern sub Himalayan region of India. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9:1584085. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1584085>.
- Martínez-Aguilar, F. B., Guevara-Hernández, F., Aguilar-Jiménez, C. E., Rodríguez-Larramendi, L. A., Reyes-Sosa, M. B., & O-Arias, M. A. (2020). Caracterización físico-química y biológica del suelo cultivado con maíz en sistemas convencional, agroecológico y mixto en la Frailesca, Chiapas. *Terra Latinoamericana*, 38, 871-881. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.793>
- Nleya, T. , Chungu, C., & Kleinjan, J. (2016). Corn growth and development. In D. E. Clay, C. G. Carlson, S. A. Clay, & E. Byamukama (Eds.), *Grow Corn: Best Management Practices* (pp. 1-10).
- Oumasst, Assma, Azougay, Sara, Taqarort, Naima, Mimouni, Abdelaziz, & Hallam, Jamal. (2022). Salinity effects on nutrients uptake, biochemical content and growth response of Blue Panic (*Panicum antidotale* Retz) and Silage maize (*Zea mays* L). *African and Mediterranean Agricultural Journal - Al Awamia*, 0(133), 41-62. doi:10.34874/IMIST.PRSM/afirmed-i133.31237
- Olivares-Campos, M. A., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J. L., Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia*, 28(1), 27-37.
- Oviedo A., J. F., Dodino D. I., Diaz B. B. X., and Capera C. J. D. (2024). Efecto de la aplicación foliar de biol de estiércol bovino en el cultivo de maíz híbrido. *Acta Agronómica*, 72(4), 353-360. <https://doi.org/10.15446/acag.v72n4.112623>
- Peña, M. D. I., Cruz, E. Y., Ruelas, M. L. C., & Fontalvo-Buelvas, J. C. (2021). Evaluación de la calidad del suelo en agroecosistemas tropicales de Xalapa y Emiliano Zapata en el estado de Veracruz, México. *Suelos Ecuatoriales*, 51(1), 25-36. DOI: 10.47864/SE(51)2021p25-36_139

Recibido / Received:
8/diciembre/2025

**Recepción de versión
corregida / Revised
version received:**
3/abril/2026

Aceptado / Accepted:
28/mayo/2026

- Quiñones, R. H., Trejo, C. W., & Morales, J. J. (2016). Evaluación de la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca. *Ecología Aplicada* 1, 16(2), 133-142. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.753>
- Ramos, O. C. A., Castro, R. A. E., León, M. N. S., Álvarez, S. J. D., & Huerta, L. E. . (2019). Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuete (*Arachis hipogaea* L.). *Terra Latinoamericana*, 37, 45-55. <https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.331>
- Reyes-Palomino, S. E., & Cano, C. D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 53-64. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., de Paul-Álvarez, V., Palomo-Gil, A., Márquez-Hernández, C., & Moreno-Reséndez, A. . (2007). Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(2), 185-192.
- Rojas-Pérez, F., Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Obrador-Olán, J. J., & Arreola-Enríquez, J. (2020). Elaboración y caracterización nutrimental de abonos orgánicos líquidos en condiciones tropicales. *Agro productividad*, 13(4), 73-78. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1590>.
- SADER. (2022). Manuales prácticos para la elaboración de bionsumos/Reproducción de microorganismos de montaña. 23 p. <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/bioinsumos-transicion-agroecologica>.
- SADER-INIFAP. (2022). *Producción para el Bienestar, Estrategia de Acompañamiento Técnico*.
- SIAP. (2025). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Retrieved from https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- SIEGVER. (2024a). *Cuadernillos Municipales edición 2024 Xoxocotla*. Retrieved from <https://ceieg.veracruz.gob.mx/2024/11/14/cuadernillos-municipales-2024/>
- SIEGVER. (2024b). *Cuadernillos Municipales edición 2024 Texhuacán*. Retrieved from <https://ceieg.veracruz.gob.mx/2024/11/14/cuadernillos-municipales-2024/>
- SIEGVER. (2024c). *Cuadernillos Municipales edición 2024 Zongolica*. Retrieved from <https://ceieg.veracruz.gob.mx/2024/11/14/cuadernillos-municipales-2024/>
- Uuh-Narvaez, J. J., Mex-Mex, R. E., Vázquez-Encalada, K. E., & Segura-Campos, M. R. (2024). Aspectos socio-ecológicos y de producción en la milpa de Tixmehuac, Yucatán. *Bioagrociencias*, 17(1), 86-96.
- Vidal-Zepeda, R. (1990). Precipitación media anual, escala 1:4 000000.
- Villar, J. M., Pardo, A., Rodrigo, S., & Martínez-Cuenca, M. R. (2015). Diagnosis and fertilization based on nitrate concentration in sap in sweet corn. *Scientia Horticulturae*, 187, 32-38.