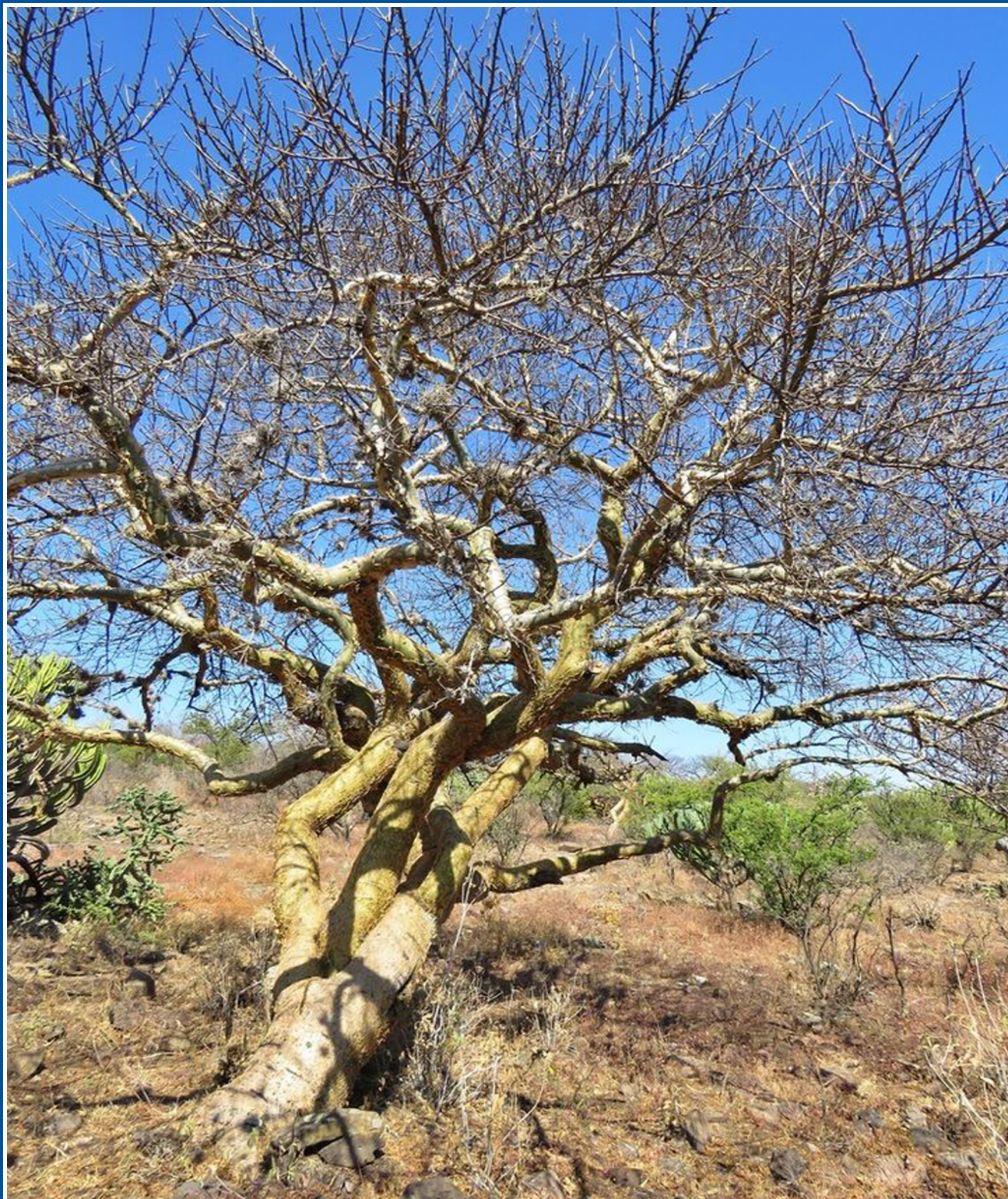


POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768

ISSN 2395-9525



Núm. 60

 **CONAHCYT**
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
Y CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

Julio 2025

PÁG.

CONTENIDO

- 1 *Mammillaria scoria* (cactaceae) una nueva especie de Querétaro, Mexico
Mammillaria scoria (Cactaceae) a new species from Querétaro, México
Pedro González-Zamora | David Aquino | Daniel Sánchez
- 15 Revisión del género *Karwinskia* (Rhamnaceae) en México
Review of the *Karwinskia* genus (Rhamnaceae) in mexico
Rafael Fernández Nava | Maria de la Luz Arreguín Sánchez
- 39 Diversidad florística de las áreas verdes urbanas de Miahuatlán, una ciudad pequeña de Oaxaca, México
Floristic diversity of the urban green areas of Miahuatlán, a small city from Oaxaca, Mexico
Víctor Gutiérrez Pacheco | Deisy Coromoto Rebolledo López
- 61 Caracterización morfológica de especies del género *Hylocereus* (Cactaceae) en una unidad de cultivo localizada en Molcaxac, Puebla, México
Morphological characterization of species of the genus *Hylocereus* (Cactaceae) in a cultivation unit located in Molcaxac, Puebla, Mexico
Vianey del Rocio Torres Pelayo
- 79 Estandarización del proceso de diafanización vegetal en las especies: *Adiantum pedantum* L. (Pteridaceae), *Nephrolepis exaltata* (L.) Schott (Nephrolepidaceae) y una Spermatophyta *Pyracantha koidzumii* Hayata Rehder Rosaceae
Standardization of the plant diaphanization process; of *Adiantum pedantum* L. (Pteridaceae), *Nephrolepis exaltata* (L.) Schott (Nephrolepidaceae) and one Spermatophyta *Pyracantha koidzumii* Hayata Rehder (Rosaceae)
Ruth Concepción Márquez Juárez | Arantxa Chowell-López | Diego Martínez Mata | Gabriela Sánchez Fabila Sánchez Fabila | Roberto Moreno Colín | Pilar Amellali Badillo-Suárez | Irma Estrella Beatriz Manuell Cacheux | Rogelio Monterrubio Valdivia
- 91 Análisis de la estructura de un bosque en una región del suroeste del estado de Durango
Analysis of the structure of a forest in a southwestern region of the state of Durango
Manuel Antonio Díaz-Vásquez | Pedro Antonio Domínguez-Calleros | Norberto Domínguez-Amaya | Héctor Manuel Loera-Gallegos | Jesús Alejandro Soto-Cervantes
- 107 Estructura y diversidad arbórea de una selva mediana perennifolia en el complejo ecoturístico Agua Selva, Tabasco, México
Tree structure and diversity of a medium evergreen forest in the Agua Selva ecotourism complex, Tabasco, Mexico
Manuel Pérez de la Cruz | Josué García León | José del Carmén Gerónimo Torres | Facundo Sánchez Gutiérrez | Miguel Alberto Magaña Alejandro | Aracely de la Cruz Pérez
- 123 Diversidad del sotobosque; un atributo de evaluación en reforestaciones utilizadas como estrategias de restauración forestal
Understory diversity; an evaluation attribute in reforestations used as a forest restoration strategy
Francisca Ofelia Plascencia Escalante | Isidoro Herrera Ávila | Marlin Pérez Suárez | Patricia Hernández De La Rosa | Gregorio Ángeles Pérez
- 141 Estructura y diversidad arbórea bajo dos esquemas de manejo forestal e influencia de la orientación geográfica en un bosque de Durango, México
Tree structure and diversity under two forest management schemes and the influence of geographic orientation in a forest in Durango, Mexico
José de Jesús Graciano Luna | Eduardo Alanís Rodríguez | Oscar Aguirre Calderón | César Martín Cantú Ayala | José Yerená Yamallé | Cristian Martínez Adriano | José Luján Soto
- 163 Reserva de carbono orgánico y nitrógeno en Luvisol bajo diferentes usos de suelo en Oaxaca, México
Organic carbon and nitrogen reserve in Luvisol under different land uses in Oaxaca, México
Celestino Sandoval García | Israel Cantú Silva
- 177 Estimación de carbono a nivel árbol individual en bosque natural mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT)
Carbon estimation at individual tree level in natural forest using unmanned aerial vehicles (UAV)
Jaime Briseño Reyes | Susana Isabel Hinojosa-Espinoza | José Javier Corral-Rivas | Jesús Aguirre-Gutiérrez | Daniel José Vega-Nieva | Héctor Manuel De los Santos Posadas
- 199 Variación morfométrica y espacial urbana de tres especies arbóreas en función del ancho de camellón en calles de la ciudad de San Luis Potosí, México
Morphometric and urban spatial variation of three tree species in relation to street median width in the city of San Luis Potosí México
Andrea Candia Lomelí | Carlos Renato Ramos Palacios | Jonathan Hammurabi González Lugo | Fredy Alexander Alvarado Roberto
- 229 Descripción inicial de la fenología de *Quercus durifolia* Seemen ex Loes. árbol endémico de la Sierra Madre Occidental
Initial description of the phenology of *Quercus durifolia* Seemen ex Loes. endemic tree of the Sierra Madre Occidental
Rosa Elvira Madrid Aispuro | José Ángel Prieto Ruiz | Arnulfo Aldrete | Silvia Salcido Ruiz | Eduardo Daniel Vivar Vivar | Laura Elena Martínez Nevárez
- 245 Registro polínico en miel de *Apis mellifera* L. de dos localidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México
Pollen record on honeybee honey of *Apis mellifera* L. of Sierra of Manantlan Biosphere Reserve, Jalisco, México
Xochilt Morales Najarro | Iris Grisel Galván Escobedo | Monserrat Vázquez Sánchez | Montserrat Medina Acosta

PÁG.

CONTENIDO

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

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EDITOR EN JEFE

Rafael Fernández Nava

EDITORA ASOCIADA

María de la Luz Arreguín Sánchez

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

Christiane Anderson
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan, US

Delia Fernández González
Universidad de León
León, España

Heike Vibrans
Colegio de Postgraduados
Estado de México, México

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

Hugo Cota Sánchez
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

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

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

Claude Sastre
Muséum National d'Histoire Naturelle
Paris, Francia

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

Mauricio Velayos Rodríguez
Real Jardín Botánico
Madrid, España

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

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

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

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

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

Tom Wendt
University of Texas
Austin, Texas, US

José Manuel Rico Ordaz
Universidad de Oviedo
Oviedo, España

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

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

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

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

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

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

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

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

e) CONCLUSIONES.

ESPECIFICACIONES DE FORMATO PARA EL CUERPO DEL TRABAJO

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

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

ESTRUCTURA Y FORMATO DE LOS AGRADECIMIENTOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

9. REVISIÓN Y PUBLICACIÓN

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

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

PUBLICATION GUIDELINES

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

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

FOR PUBLICATION OF ARTICLES

Originals that comply with the following requirements will be accepted:

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

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

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

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

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

a) in jpg format

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

c) all characters must be legible and contrasted

6. All articles must include:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

FORMAT SPECIFICATIONS FOR THE BODY OF WORK

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

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

STRUCTURE AND FORMAT OF ACKNOWLEDGMENTS AND BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

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

9. REVIEW AND PUBLICATION

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

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

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

Dr. Rafael Fernández Nava

Editor en Jefe de

POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional

Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:

polibotanica@gmail.com

rfernand@ipn.mx

Dirección Web

http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CONAHCYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica
del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

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

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.





Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

RESERVAS DE CARBONO ORGÁNICO Y NITRÓGENO EN LUVISOL BAJO DIFERENTES USOS DE SUELO EN OAXACA, MÉXICO

ORGANIC CARBON AND NITROGEN STOCKS IN LUVISOL UNDER DIFFERENT LAND USES IN OAXACA, MEXICO

Sandoval García, C., I. Cantú Silva

RESERVAS DE CARBONO ORGÁNICO Y NITRÓGENO EN LUVISOL BAJO
DIFERENTES USOS DE SUELO EN OAXACA, MÉXICO

ORGANIC CARBON AND NITROGEN STOCKS IN LUVISOL UNDER DIFFERENT
LAND USES IN OAXACA, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 163-176 México. Julio 2025

DOI: 10.18387/polibotanica.60.10



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/)).

Reservas de carbono orgánico y nitrógeno en Luvisol bajo diferentes usos de suelo en Oaxaca, México

Organic carbon and nitrogen stocks in Luvisol under different land uses in Oaxaca, Mexico

Sandoval García, C.,
I. Cantú Silva

RESERVAS DE CARBONO
ORGÁNICO Y NITRÓGENO
EN LUVISOL BAJO
DIFERENTES USOS DE
SUELO EN OAXACA,
MÉXICO

ORGANIC CARBON AND
NITROGEN STOCKS IN
LUVISOL UNDER
DIFFERENT LAND USES IN
OAXACA, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 163-176. Julio 2025

DOI:
10.18387/polibotanica.60.10

Celestino Sandoval García / celestinosandoval@gmail.com ✉

Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. Carretera a Oaxaca
Vía Sola de Vega, km 1.5. Colonia Sector Universidad. C.P. 71980
Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México

Israel Cantú Silva

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales
Carretera Nacional 85, Km. 145, Linares, Nuevo León México. C.P. 67700

RESUMEN: Para la fertilidad de un suelo se requiere de información sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas. Debido a la escasa información al respecto para la Sierra Sur de Oaxaca se realizó la investigación con el objetivo de determinar el contenido y reserva de carbono orgánico y nitrógeno en un Luvisol, bajo diferentes usos del suelo: pastizal, agrícola, plantación de pino, bosque de pino (control) y agropecuario, en la microcuenca Río La Venta, Copalita, Oaxaca, México. Se colectaron cuatro muestras compuestas por cada uso de suelo, a profundidades de 0-10 y 10-30 cm, respectivamente. Para determinar el contenido de materia orgánica del suelo (MOS), carbono orgánico del suelo (COS, % y Mg ha^{-1}) se utilizó el método de Walkley/Black y para evaluar el nitrógeno total (Nt) fue mediante el método de Kjeldahl y se estimó la relación C:N. Se analizó el contenido de materia orgánica del suelo (MOS), carbono orgánico del suelo (COS, % y Mg ha^{-1}) y nitrógeno total (Nt, % y Mg ha^{-1}) y se estimó la relación C:N. Los resultados del contenido y reserva de COS y Nt para la profundidad de 0 a 10 cm fueron de 5.33-0.35% y 55.11-3.69 Mg ha^{-1} (agrícola), 6.39-0.44% y 50.59-3.50 Mg ha^{-1} (plantación de pino), 6.69-0.44% y 66.01-4.36 Mg ha^{-1} (agropecuario), 8.37-0.50% y 64.98-3.82 Mg ha^{-1} (pastizal), 9.11-0.54% y 56.91-3.39 Mg ha^{-1} (bosque de pino), respectivamente. Para la profundidad de 10-30 cm se observó que los valores disminuyeron. Los valores de relación C:N variaron de 14.21 a 17.1 en ambas profundidades. Los resultados mostraron una disminución en el COS y Nt del suelo, con respecto al uso original que es bosque de pino, por lo que es importante mantener la cobertura forestal, mediante prácticas de manejo como la silvicultura comunitaria, lo cual permitirá la conservación de los bosques y la disposición de materia orgánica en el suelo. **Palabras clave:** Agropecuario, bosque de pino, Carbono orgánico del suelo, materia orgánica, Pastizal, Subcuenca Copalita, uso agrícola.

ABSTRACT: To the fertility of soil, information on its physical, chemical, and biological properties is required. However, the scarce information in this regard for the Sierra Sur de Oaxaca, the following research was carried out to evaluate the content and reserve of organic carbon and nitrogen in a Luvisol, in different land uses: pasture, agricultural, pine plantation, pine forest (control) and agricultural-livestock, in the Río La Venta micro-watershed, Copalita, Oaxaca, Mexico. Four composite samples were collected for each land use, at depths 0-10 and 10-30 cm respectively. To determine the soil organic matter (SOM), soil organic carbon (SOC, % and Mg ha^{-1}) content, the Walkley/Black method was used, and to evaluate total nitrogen (TN), the Kjeldahl method was used, and the C:N ratio was estimated. The soil organic matter (SOM) content, soil organic carbon (SOC, % y Mg ha^{-1}) and total nitrogen (Nt, % and Mg ha^{-1}) were analyzed and the C:N ratio was estimated. The results of the content and reserve of SOC and Nt for the depth from

0 to 10 cm were 5.33-0.35% and 55.11-3.69 Mg ha⁻¹ (agricultural), 6.39-0.44% and 50.59-3.50 Mg ha⁻¹ (plantation of pine), 6.69-0.44% and 66.01-4.36 Mg ha⁻¹ (agricultural-livestock), 8.37-0.50% and 64.98-3.82 Mg ha⁻¹ (grassland), 9.11-0.54% and 56.91-3.39 Mg ha⁻¹ (forest pine), respectively. For the depth of 10-30 cm the values decreased. The average C:N ratio values varied from 14.21 to 17.1 at both depths. The results showed a decrease in soil SOC and Nt compared to the original pine forest use. Therefore, it is important to maintain forest cover through management practices such as community forestry, which will allow for forest conservation and the disposition of organic matter into the soil.

Key words: Agricultural-livestock, pine forest, Soil organic carbon, organic matter, Grassland, Copalita Sub-basin, agricultural.

INTRODUCCIÓN

El suelo es el recurso del cual depende la humanidad, por los diferentes beneficios que aportan, no obstante, ha sufrido un deterioro en los últimos años debido al crecimiento de la población, misma que demanda una mayor cantidad de bienes y servicios, lo cual está propiciando los cambios de uso del suelo para la agricultura, ganadería y asentamientos humanos (FAO, 2015; Leija-Loredo *et al.*, 2016; Nene Preciado *et al.*, 2017).

El carbono orgánico del suelo (COS) y el nitrógeno total (Nt) son elementos importantes para el desarrollo de los diferentes tipos de vegetación. La calidad del suelo está relacionada con la cantidad de estos elementos que son secuestrados (FAO, 2017), además los diferentes usos del suelo juegan un papel primordial en la distribución y cantidad de dichos elementos (Burbano Orjuela, 2018; Xue & An, 2018). Asimismo, gran parte de la vegetación regula su crecimiento a través de la fijación del carbono (C) y el nitrógeno (N) por medio de la fotosíntesis (Lv *et al.*, 2021). Las reservas más importantes de carbono se encuentran en el suelo, contiene más que la vegetación terrestre y el carbono orgánico en conjunto; sin embargo, es uno de los recursos más vulnerables ante el cambio climático, el cambio de uso de suelo, la erosión y la degradación (FAO, 2017). Se ha estimado que la reserva de carbono en el suelo es de alrededor de 2 300 PgC en los primeros tres metros de profundidad (FAO, 2017). No obstante, las diferentes actividades antropogénicas, han provocado una pérdida de esta reserva, ya que se estima que, en las primeras décadas de cultivarse el suelo, principalmente por la agricultura, se libera a la atmósfera más del 50 % de carbono (Amundson *et al.*, 2015).

Por otra parte, un análisis sobre la dinámica del carbono orgánico en el suelo reveló que esta depende de varios factores, entre ellos el clima, el origen del suelo, el manejo actual e histórico del sistema de producción y las características específicas de cada ecosistema. Además, es común que los estudios se enfoquen en la sustitución de la vegetación, sin considerar el impacto acumulativo a largo plazo. Esto subraya la necesidad de investigaciones más integrales que evalúen los efectos del manejo del suelo y los cambios en la vegetación sobre la dinámica del carbono (Galicía *et al.*, 2016).

Un estudio realizado en el sureste de México, sobre el almacenamiento de carbono reveló un importante potencial tanto en la vegetación como en los suelos de los bosques templados en el secuestro de carbono de la atmósfera, donde encontraron valores estimados entre 200 y 327 Mg ha⁻¹, lo que subraya la capacidad de estos ecosistemas para retener carbono de manera significativa (Leyva-Pablo *et al.*, 2021). Estos hallazgos indican la importancia crucial del manejo sostenible del suelo y vegetación, ya que el uso adecuado de estos recursos es fundamental para maximizar su capacidad de almacenamiento de carbono y mitigar los efectos del cambio climático (Monreal *et al.*, 2005).

En México, los Luvisoles cubren una superficie de 17.7 millones de hectáreas, principalmente en los estados de Guerrero, Oaxaca, Campeche, Península de Yucatán, así como la Sierra Madre Occidental, siendo uno de los suelos más fértiles, usado principalmente para la actividad agrícola (INEGI, 2013; IUSS, 2015).

En el estado de Oaxaca se ha practicado el cambio de uso del suelo de forestal a agrícola, incorporando áreas que originalmente fueron bosques en laderas con elevadas pendientes (20-60%) para el cultivo de maíz, siendo una agricultura de subsistencia a pequeña escala debido a

las condiciones socioeconómicas y a la tenencia de la tierra, en el cual aproximadamente el 80% del uso agrícola se realiza en laderas (Vergara-Sánchez *et al.*, 2005).

En la Sierra Sur del estado de Oaxaca, se ha dado el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola y pastizal, y posteriormente a otros usos, en laderas, y se desconoce el efecto de dicho cambio en las propiedades químicas del suelo. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el contenido de materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno en un Luvisol, bajo diferentes usos del suelo: pastizal, agrícola, plantación de pino, bosque de pino (control) y agropecuario, en la microcuenca Río La Venta, Copalita, Oaxaca, México.

MÉTODOS

Área de estudio

Se encuentra en la parte alta de la microcuenca Río La Venta, Copalita, Oaxaca, México, en las coordenadas UTM Zona 14: 776000 E y 1792800 N (Figura 1). Presenta un clima templado húmedo (Cw) (García, 2004), con lluvias en verano, precipitación media anual mayor de 1 300 mm, con una máxima durante el mes de julio de 215 mm y mínima en febrero menor a 10 mm. La temperatura media anual de 18 a 20 °C, máxima en abril y mayo de 24 °C y mínima de enero y diciembre de 0 a 5 °C. Además, presenta un suelo de tipo Luvisol (INEGI, 2013; IUSS, 2015).

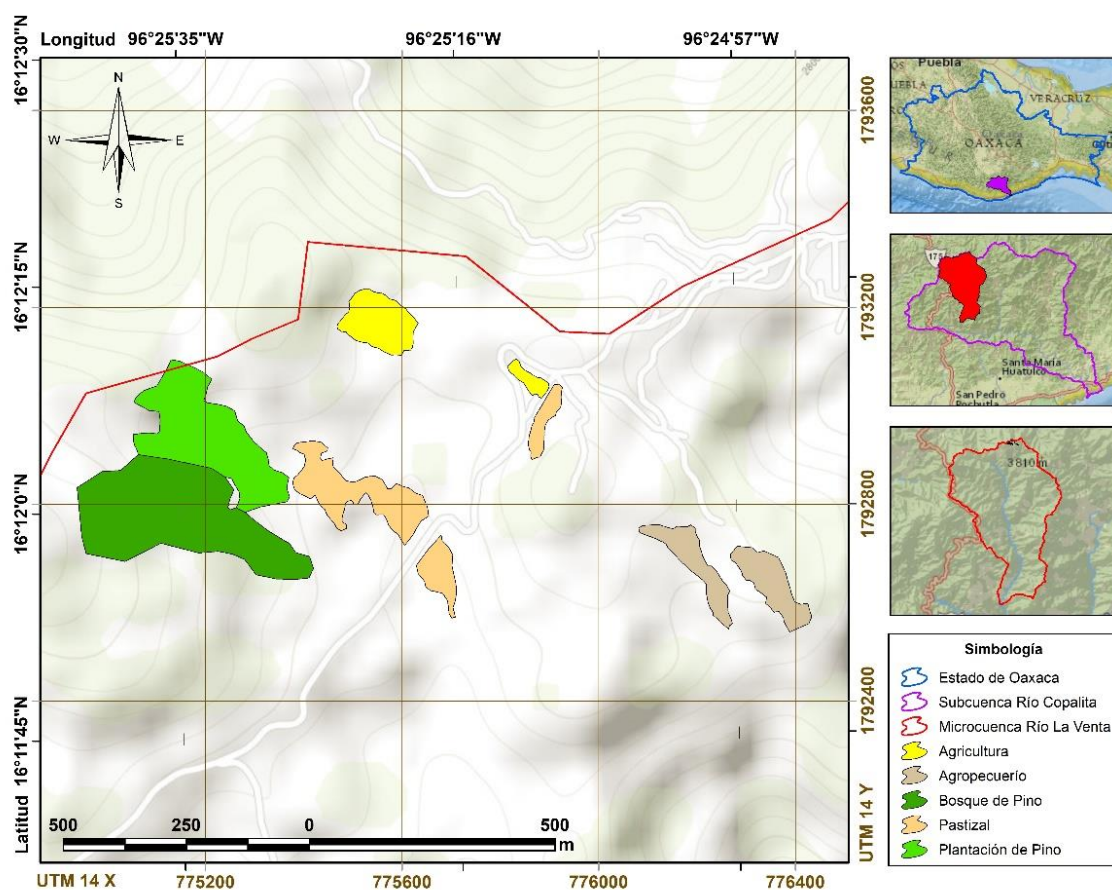


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Figure 1. Location of the study area.

Usos de suelo evaluados

La evaluación se realizó en cinco áreas con diferentes usos que se extienden sobre la superficie del Luvisol, las cuales se describen a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción y superficie de los usos del suelo.**Table 1.** Description and area of land uses.

Uso de suelo	Superficie (ha)	Descripción
pastizal	8.22	Se encuentran diferentes especies nativas de pasto como son: <i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr., <i>Muhlenbergia robusta</i> (E. Fourn.) A. Hitchc., <i>Panicum bulbosum</i> Kunth., <i>P. mertensii</i> Roth., <i>P. parviglume</i> Hack., <i>Paspalum convexum</i> Humb. & Bonpl. ex Flügge (Pacheco Rivera & Dávila Aranda, 2004).
agrícola	4.15	Este uso se asocia la siembra de maíz con papa y haba.
agropecuario	5.60	Este uso está destinado al pastoreo de ganado bovino, caprino y ovino en áreas agrícolas en descanso (de uno a dos años).
plantación de pino	10.64	En este uso eran áreas agrícolas, mismas que posteriormente se convirtieron en plantaciones, estableciéndose las especies <i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltdl., <i>P. douglasiana</i> Martínez y <i>Abies religiosa</i> (Kunth Schltdl. et Cham.)
bosque de pino (control)	16.56	Está compuesta principalmente por <i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltdl., <i>P. douglasiana</i> Martínez, <i>P. patula</i> var. <i>longepedunculata</i> Loock ex Martínez, <i>P. leiophylla</i> Schl. & Cham y <i>Abies religiosa</i> (Kunth Schltdl. et Cham.) (CONAFOR, 2016).

Muestreo y análisis de suelo

Con base en las características del suelo Luvisol, cuyo nombre proviene del latín *Luere* que significa lavar. Son suelos rojos, grises o pardos que se forman a partir de una gran variedad de materiales no consolidados y que son susceptibles a la erosión cuando se encuentran en pendientes pronunciadas, además, son fértiles para la agricultura. Son comunes en clima templado húmedos, y fríos o cálidos húmedos con una marcada temporada de Lluvia y sequía, y se distribuye en la Sierra Madre Occidental, Guerrero, Oaxaca, Campeche y la Península de Yucatán (INEGI, 2013; IUSS, 2015). La topografía del área presenta una pendiente de 25% a 45%, y en cada uso del suelo se recolectaron cuatro muestras compuestas de suelo (de cuatro submuestras) a dos profundidades (0-10 cm y 10-30 cm), dando un total de 40 muestras colectadas (Cantú Silva & Yañez Díaz, 2018), mismas que fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Estas muestras se secaron a temperatura ambiente y se cribaron con mallas metálicas de 2 mm. Posteriormente se realizaron los diferentes análisis.

Determinación de Carbono y Nitrógeno en el Suelo

En la Tabla 2 se muestran las propiedades químicas evaluadas, el método de determinación y la unidad de medición utilizada.

Tabla 2. Métodos de evaluación de las propiedades químicas del suelo tipo Luvisol.**Table 2.** Methods for evaluating the chemical properties of Luvisol-type soil.

Propiedad	Unidad	Método
MOS	%	Se realizó a través del método de <i>Walkley/Black</i> modificado (Woerner, 1989).
COS	%	
		Se aplicó el método de <i>Walkley/Black</i> modificado (Woerner, 1989). El contenido de carbono orgánico se obtuvo considerando que MOS tuviera el 58% de carbono (Castellanos <i>et al.</i> , 2000).
Nt	%	Se evaluó a través del método <i>Kjeldahl</i> , y el análisis se realizó con base en lo propuesto por (Bremner & Mulvaney 1982).
C:N		Se estimó a partir de los datos obtenidos de COS y Nt.
DA	g cm ⁻³	Método gravimétrico (Cantú Silva & Luna Robles, 2022).

MOS = Materia orgánica del suelo; COS = Carbono orgánico del suelo; Nt = Nitrógeno total. Las variables evaluadas fueron a la profundidad de 0 a 10 cm y de 10 a 30 cm.

SOM = Soil organic matter; SOC = Soil organic carbon; Tn = Total nitrogen. The variables evaluated were at depths of 0 to 10 cm and 10 to 30 cm.

Reservas de Carbono Orgánico del Suelo y Nitrógeno

Para determinar la reserva de COS (Mg ha⁻¹) y Nt (Mg ha⁻¹) se utilizó el porcentaje de ambos, la densidad aparente y la profundidad del suelo, con base en las siguientes ecuaciones (Madrigal Reyes *et al.*, 2019):

$$\text{COS (Mg ha}^{-1}\text{)} = \text{COS\%} \times \text{DA} \times \text{Ps}$$

Donde:

COS = Carbono orgánico del suelo (Mg ha⁻¹),

COS = Contenido de carbono orgánico del suelo (%),

DA = Densidad aparente (g cm⁻³), y

Ps = Profundidad del suelo (cm)

$$\text{Nt (Mg ha}^{-1}\text{)} = \text{Nt \%} \times \text{DA} \times \text{Ps}$$

Donde:

Nt = Nitrógeno total del suelo (Mg ha⁻¹),

Nt = Nitrógeno total del suelo (%),

DA = Densidad aparente (g cm⁻³), y

Ps = Profundidad del suelo (cm)

Análisis estadístico

Las variables evaluadas se analizaron en un diseño experimental completamente al azar, para evaluar el efecto del cambio de uso del suelo y cambios por profundidad. Se aplicaron pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y homocedasticidad de Levene. Las variables que no cumplieron con ambos supuestos se aplicaron una prueba de Kruskal-Wallis ($p \leq 0.05$) y Post Hoc de corrección de Bonferroni ($p \leq 0.05$). Para la relación C:N se realizó un análisis de varianza y su respectiva prueba de Tukey. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences) versión 22 (IMB, 2013).

RESULTADOS

El contenido de MOS, COS, Nt, relación C:N y DA, así como las reservas de COS y Nt para las profundidades de 0-10 y 10-30 cm en los cinco usos de suelo, se muestran en la Tabla 3, donde la profundidad de 0-10 cm, presentó los valores más altos para las variables evaluadas, comparado con la profundidad de 10-30 cm.

Tabla 3. Valores medios de MOS, COS, Nt, relación C:N y DA para la profundidad de 0-10 cm y 10-30 cm, en los usos de suelo evaluadas.

Table 3. Average values of SOM, SOC, Nt, C:N ratio and DA for the depth of 0-10 cm and 10-30 cm, in the evaluated land uses.

Variables	Uso de suelo/Profundidad									
	pastizal		agrícola		agropecuario		plantación de pino		bosque de pino	
	0-10	10-30	0-10	10-30	0-10	10-30	0-10	10-30	0-10	10-30
MOS (%)	14.42	10.90	9.05	7.30	11.47	10.58	10.95	8.56	15.70	9.19
COS (%)	8.37	6.40	5.33	4.31	6.69	6.29	6.39	4.97	9.11	5.32
Nt (%)	0.50	0.39	0.35	0.25	0.44	0.43	0.44	0.33	0.54	0.33
C:N	17.01	16.52	15.12	16.48	15.05	14.21	14.70	14.63	16.76	15.65
DA g cm ⁻³	0.78	0.92	1.03	1.15	0.98	1.10	0.79	0.86	0.63	0.75

MOS = Materia orgánica del suelo (%); COS = Carbono orgánico del suelo (%); Nt = Nitrógeno total (%); C:N = Relación Carbono-Nitrógeno; DA= Densidad aparente (g cm⁻³).

SOM = Soil organic matter (%); SOC = Soil organic carbon (%); Tn = Total nitrogen (%); C:N = Carbon-nitrogen ratio; AD = Apparent density (g cm⁻³).

Los valores más altos de MOS, COS y Nt los presentó el bosque de pino, para la profundidad de 0-10 cm, con valores promedios de 15.70, 9.11 y 0.54%, respectivamente; el uso agrícola, presentó los valores más bajos para MOS, COS y Nt, con valores promedio de 9.05, 5.33 y 0.35%, respectivamente. Para la relación C:N, los valores promedio variaron de 17.01 (pastizal) a 14.70 (plantación de pino) (Cuadro 3).

Para la profundidad de 10-30 cm, los valores más altos de MOS, COS y Nt, los presentó el pastizal, con valores promedios de 10.90, 6.40 y 0.39%, respectivamente. Contrastando con los resultados obtenidos para el uso agrícola, que presentó los valores más bajos para MOS, COS y Nt, con valores promedios de 7.30, 4.31 y 0.26%, respectivamente. Para la relación de C:N, los valores promedio variaron de 16.52 (pastizal) a 14.21 (agropecuario) (Tabla 3).

Con base en los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la variable MOS y COS para la profundidad de 0-10 cm (Tabla 4). Sin embargo, para la profundidad de 10-30 cm, ninguna de las variables mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba de H. de Kruskal-Wallis para detectar diferencias significativas entre los usos de suelo para las variables MOS, COS y Nt a la profundidad de 0 a 10 cm y de 10 a 30 cm.

Table 4. Kruskal-Wallis H. test to detect significant differences between land uses for the variables MOS, SOC and Nt at depths of 0 to 10 cm and 10 to 30 cm.

Estadístico	MOS (%)	COS (%)	Nt (%)	COS Mg ha ⁻¹	Nt Mg ha ⁻¹	MOS (%)	COS (%)	Nt (%)
Profundidad 0-10 cm					Profundidad 10-30 cm			
N	20	20	20	20	20	20	20	20
Media	12.32	7.17	0.45	58.72	3.75	9.30	5.45	0.35
Mediana	11.75	6.88	0.45	57.85	3.84	9.67	5.65	0.35
χ^2	15.088	15.016	10.357	4.857	5.514	6.871	7.016	8.275
Sig. Asintótica	0.005*	0.005*	0.035	0.302	0.276	0.143	0.135	0.082

MOS = Materia orgánica del suelo; COS = Carbono orgánico del suelo; Nt = Nitrógeno total; Sig. = Significancia, *= Diferencia significativa.

SOM = Soil organic matter; SOC = Soil organic carbon; Tn = Total nitrogen; Sig. = Significance, * = Significant difference.

Así mismo, se realizaron las pruebas de Post Hoc de Kruskal-Wallis para muestras independientes con comparaciones por pares con corrección de Bonferroni para usos del suelo, en las cuales las variables MOS y COS mostraron diferencias significativas en la combinación agrícola-pastizal y agrícola-bosque, y las variables MOS, COS y Nt en la combinación agrícola-bosque para la profundidad de 0-10 cm (Tabla 5). Para la profundidad de 10-30 cm, ninguna de las variables evaluadas mostró diferencias significativas de acuerdo con esta prueba.

Tabla 5. Prueba de Post Hoc de Kruskal-Wallis con corrección de Bonferroni, para detectar diferencias significativas para la variable MOS, COS y Nt a la profundidad de 0-10 cm.

Table 5. Kruskal-Wallis Post Hoc test with Bonferroni correction, to detect significant differences for the variables MOS, SOC and Nt at a depth of 0-10 cm.

Comparaciones por pares de uso del suelo	Variable		
	MOS	COS	Nt
	Sig. Ajustada	Sig. Ajustada	Sig. Ajustada
agrícola-plantación de pino	1.000	1.000	1.000
agrícola-agropecuario	1.000	1.000	0.879
agrícola-pastizal	0.025	0.025	0.180
agrícola-bosque de pino	0.007*	0.007*	0.023*
plantación de pino-agropecuario	1.000	1.000	1.000
plantación de pino-pastizal	0.776	0.882	1.000
plantación de pino-bosque	0.337	0.390	1.000
agropecuario-pastizal	1.000	1.000	1.000
agropecuario-bosque de pino	0.776	0.068	1.000
pastizal- bosque de pino	1.000	1.000	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de comparación por pares de uso del suelo son iguales. MOS = Materia orgánica del suelo; COS = Carbono orgánico del suelo; Nt = Nitrógeno total; Sig. = Significancia; *= Diferencia significativa.

Each row tests the null hypothesis that the pairwise land-use comparison distributions are equal. SOM = Soil organic matter; SOC = Soil organic carbon; Tn = Total nitrogen; Sig. = Significance; * = Significant difference.

Relación C:N

La relación C:N no evidenció diferencias significativas entre los usos de suelo (Tabla 6). Los valores promedios de la relación C:N para plantación de pino fue de 14.50, agropecuario 15.05, agrícola 15.12, bosque de pino 16.76 y pastizal 17.01, para la profundidad de 0-10 cm. Con relación a la profundidad de 10-30 cm, los valores fueron para agropecuario 14.21, plantación de pino 14.63, bosque de pino 15.65, agrícola 15.12 y pastizal 16.52.

Tabla 6. Análisis de varianza con los factores uso de suelo (FA) y profundidad (FB) y su interacción (FA×FB).

Table 6. Analysis of variance with the factors land use (FA) and depth (FB) and their interaction (FA×FB).

Variable	FA ^(a) F (4,39)	FB ^(b) F (1,39)	(FA)×(FB) F (4,39)	R ² ajustada
C:N ^(c)	1.952 (0.128)	0.143 (0.708)	0.513 (0.727)	0.25

FA^(a) = Uso de suelo; FB^(b) = Profundidad; ^(c) = Entre paréntesis se proporciona el valor de *p*; C:N = Relación carbono.

FA(a) = Land use; FB^(b) = Depth; ^(c) = The value of *p* is given in parentheses; C:N = Carbon ratio

La prueba de Tukey indicó que la relación C:N es estadísticamente igual en las dos profundidades en los usos de suelo evaluados. Sin embargo, la relación C:N fue mayor a la profundidad de 0-10 cm debido a la actividad microbiana que existen en los diferentes usos de suelo evaluado excepto para el uso agrícola, que fue mayor para la profundidad de 10-30 debido a la remoción del suelo cuando se realiza la siembra, así como a la incorporación de residuos y estiércol de ganado. El pastizal y bosque de pino son casi iguales debido que existen una existe rápida descomposición de las raíces y de la desintegración y descomposición de la materia orgánica, lo cual indica que existe más carbono disponible para los microorganismos.

Reservorio de COS (Mg ha⁻¹) en el suelo

Con base en el análisis de varianza y de la prueba de Levene, la reserva de carbono y nitrógeno total no evidencia diferencias significativas entre los usos de suelo (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza y prueba de Levene de la reserva de carbono orgánico y nitrógeno total.

Table 7. Analysis of variance and Levene's test of the organic carbon and total nitrogen stock.

Variable	gl	Media cuadrática	Valor F	Valor P	Prueba de Levene	Valor P
Reserva de carbono orgánico	4	0.043	0.333	0.860	0.84	0.509
Reserva de nitrógeno total	4	0.052	0.394	0.808	1.149	0.350

gl = grados de libertad.

gl = degrees of freedom.

El carbono orgánico almacenado en los primeros 10 cm de suelo para los usos evaluados fue: plantación de pino 50.59 Mg ha⁻¹, agrícola 55.11 Mg ha⁻¹, bosque de pino 56.91 Mg ha⁻¹, pastizal 64.98 Mg ha⁻¹ y agropecuario 66.01 Mg ha⁻¹. El bajo almacenamiento en la plantación de pino se debe probablemente a que antes fue un área agrícola, además del aprovechamiento del carbono en el desarrollo del arbolado, mientras que el uso de suelo que presentó el mayor reservorio fue el agropecuario, esto debido que al no remover el suelo de manera continua permite que el carbono se mantenga, reduciendo su liberación y pérdida.

El carbono orgánico total almacenado en la profundidad de 0-30 cm del suelo para los usos evaluados fue: bosque de pino 148.19 Mg ha⁻¹, agrícola 154.09 Mg ha⁻¹, plantación de pino 159.99 Mg ha⁻¹, agropecuario 160.21 Mg ha⁻¹ y pastizal 180.68 Mg ha⁻¹. La plantación de pino presentó el reservorio más bajo de carbono, ya que el área donde se estableció fue de uso agrícola,

mientras que el uso que mostró el mayor almacenamiento fue el pastizal, debido probablemente a la gran cantidad de raíces que genera y que se incorpora al suelo.

Reservorio de Nt (Mg ha^{-1}) en el suelo

La reserva de Nitrógeno total en los diferentes usos del suelo mostró una ligera diferencia, aunque estadísticamente no fue significativa. Los valores medio de la reserva de Nt, para la profundidad 0-10 cm fueron: bosque de pino 3.39 Mg ha^{-1} , plantación de pino 3.50 Mg ha^{-1} , agrícola 3.69 Mg ha^{-1} , pastizal 3.82 Mg ha^{-1} y agropecuario 4.36 Mg ha^{-1} .

Para la profundidad de 10-30 cm, el almacenamiento de nitrógeno fue: bosque de pino 5.87 Mg ha^{-1} , agrícola 5.95 Mg ha^{-1} , agropecuario 6.72 Mg ha^{-1} , pastizal 7.15 Mg ha^{-1} y plantación de pino 7.45 Mg ha^{-1} . Estos resultados indican que el suelo tipo Luvisol es un reservorio importante de Nitrógeno total, además que el uso original del área de estudio ha sido bosque de pino (control) y que se toma como referencia para la evaluación en la reserva del Nitrógeno total respecto a los cambios del uso del suelo.

DISCUSIÓN

El cambio de uso de suelo afecta el contenido de carbono y nitrógeno, principalmente cuando se pasa de vegetación nativa a pastizal, tal como lo señalan (Martínez Soto *et al.*, 2023), quienes encontraron una reducción en COS y Nt de 23 y 26%, respectivamente. Sin embargo, para el presente estudio presentó una reducción en COS de 23% y para Nt de 22% en promedio para la profundidad de 0 a 30 cm.

En este estudio, la relación C:N fluctuó de 14.21 a 16.52%, lo que puede permitir la proliferación de microorganismos descomponedores de la materia orgánica, ya que cuentan con suficiente carbono para ser usado como fuente de energía y nitrógeno para sintetizar sus proteínas, lo que facilita la mineralización del carbono para ser aprovechado por los vegetales en los diferentes usos del suelo evaluado (Cantú Silva & Bejar Pulido, 2024).

De acuerdo con Cantú Silva & Luna Robles (2022), señalan que relaciones de C:N entre 10 y 14 evidencian una buena calidad de MOS y que potencialmente existe un adecuado funcionamiento de los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica. Al respecto, los valores calculados en el presente estudio se encuentran por arriba de la buena calidad de mineralización. De acuerdo con los resultados obtenidos de las variables evaluadas en los diferentes usos del suelo, se observó que existe efecto por el cambio de uso de suelo para el contenido de MOS, COS y Nt para la profundidad de 0 a 10 cm. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Medina-Méndez *et al* (2019), quienes cuantificaron el contenido de materia orgánica en un suelo de tipo Luvisol en el estado de Campeche en un sistema de cultivo continuo de maíz comparado con un sistema de vegetación natural, encontrando una disminución de la materia orgánica de 5.28 a 3.59% después de 16 a 30 años de cultivo. Por otra parte, Cantú Silva & Yañez Díaz (2018), encontraron en un Vertisol que el contenido de COS y Nt fue menor en el uso agrícola; sin embargo, en matorral fue mayor para la profundidad de 0-10 cm, estos resultados fueron menores a los obtenidos en el presente estudio.

Los altos valores de COS y Nt en el bosque de pino, coinciden con lo reportado por Madrigal Reyes *et al.* (2019) quienes evaluaron estas variables encontrando valores más altos para la profundidad de 0-10 cm para bosque de pino, bosque de pino-*Alnus* y bosque de oyamel, en el cual mencionan que existe una influencia de la pendiente, la cobertura y profundidad del suelo. Vela Correa *et al* (2012), encontraron en suelos de conservación de la ciudad de México, mayor contenido de COS en suelos reforestados con *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. *et* Cham.), *Pinus* spp. y *Pinus-Cupressus*, sin embargo, los suelos agrícolas contenían la mitad del COS que los suelos forestales.

En el presente estudio, el pastizal fue el segundo uso con mayor contenido de las variables de MOS, COS y Nt, esto debido a la gran cantidad de raíces finas que genera año con año, lo anterior coincide con lo reportado por (Yerena Yamallel *et al.*, 2014).

Karuku & Mochoge, (2016) determinaron el contenido de nitrógeno en un suelo tipo Luvisol en Kutamani, Kenia, encontrando para la profundidad de 0-15 cm un 39% de N, y para la

profundidad de 15-30 cm un 42.1% de N, los cuales son superiores a los observados en el presente estudio.

Wabusya *et al.* (2020), mencionan que la agricultura a pequeña escala reduce el contenido de COS en el suelo, y que coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio respecto al contenido de COS para el uso agrícola. Por otra parte, Soto *et al.*, (2016) realizaron una investigación en parcelas agrícolas en Tlaxcala, México, en el que evaluaron el contenido de MOS, COS y Nt, así como la relación C:N, en el cual los resultados obtenidos fueron menores a los encontrados en esta investigación para el uso agrícola.

En Buenos Aires, Argentina, se encontró que las plantaciones de pino y pastizal secundario presentaron un incremento del COS, ya que, al realizarse la reforestación de pino en áreas de pastizal, permitió mejorar el nivel de carbono en el suelo (Di Gerónimo *et al.*, 2018), por lo que es una práctica recomendable para mejorar las propiedades del suelo, tal como lo están realizando algunos pequeños propietarios, ejidos y comunidades del área de estudio.

El cambio de uso del suelo influye en las variables evaluadas, en las cuales se pudo observar diferencias en el contenido de MOS, COS y Nt, lo cual coincide con las mencionadas por (Wiesmeier *et al.* (2015) en una investigación realizada sobre el impacto de diferentes usos del suelo en el almacenamiento de COS en el Sureste de Alemania, donde encontraron que los efectos del uso de la tierra se vieron fuertemente afectadas por los usos del suelo en el almacenamiento COS.

Las reservas de Carbono y Nitrógeno están influenciadas por los cambios de usos del suelo, así como de las diversas prácticas de manejo, pero también por los ciclos bioquímicos (Cocotle Romero *et al.*, 2022). El contenido de nitrógeno total en todos los usos del suelo se encuentra en una valoración media, de acuerdo con la clasificación para suelos de origen volcánico que establece la NOM-02-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), lo cual indica que en el Bosque de pino y demás usos de suelo, este macronutriente está disponible para su desarrollo.

Por otra parte, Álvarez-Arteaga *et al.* (2013) estimaron el almacén de carbono orgánico en bosque montano de niebla en la Sierra Norte de Oaxaca, en el cual encontraron una mayor reserva comparado con esta investigación.

El almacenamiento de carbono orgánico del suelo tipo Luvisol en los diferentes usos varió de 50.59 a 66.01 Mg ha⁻¹ a la profundidad de 10 cm. Estos valores son mayores a los reportados por (Castillo *et al.* (2016), quienes evaluaron diferentes coberturas y cultivos en la cuenca del Río Mololoa, Nayarit, México, y a los reportados por Cantú Silva & Luna Robles (2022) en un suelo tipo Umbrisol en bosque de pino encino en Durango, pero similares a los valores reportados por Álvarez-Arteaga *et al.* (2013) para diferentes sistemas agroforestales en el municipio Líbano, Tolima, Colombia con almacenamiento de nitrógeno total de 3.50 a 4.36 Mg ha⁻¹. Para la profundidad de 10 a 30 cm, el Luvisol acumuló 56.82% del total del COS en el bosque de pino y 72.03% en el pastizal. Asimismo, respecto al reservorio de Nitrógeno total en esta profundidad, el bosque de pino acumuló 56.56%, y la plantación de pino 71.78%.

El Luvisol en el perfil de profundidad de 0 a 30 cm tiene un alto potencial para la reserva de COS y Nt, pues la media entre los usos evaluados promedió un total de 160.63 y 10.38 Mg ha⁻¹, respectivamente. Los valores obtenidos en el presente estudio son mayores a los reportados por Martínez Soto *et al.* (2023) en dos usos de suelo a la profundidad de un metro en un suelo tipo Cambisol, en donde se observó el potencial que tienen los pastizales para la reserva de COS y Nt, así como de la vegetación de Matorral Espinoso Tamaulipeco. Así mismo, Cantú Silva & Bejar Pulido (2024), mencionan que el cambio de uso del suelo de forestal a uso agrícola tiene un efecto significativo en el reservorio de Carbono orgánico y de nitrógeno total en un suelo tipo Andosol. Por otra parte, Cantú Silva & Luna Robles (2022) señalan que los tratamientos silvícolas como Matarrasa y Arboles padre en Bosque de pino influyen en la reserva de COS y Nt, al acelerar la incorporación del material orgánico al suelo.

Finalmente, Foote *et al.* (2015), con base en una investigación realizada en Canadá y Estados Unidos, mencionan que existe un incremento en el contenido de C y N en el suelo después de dos décadas del aprovechamiento, debido a la acumulación de la materia orgánica. Lo que indica que es un proceso lento, y en este sentido la microcuenca Río La Venta, Copalita, debe mantener la cobertura forestal, debido a que es área con un alto potencial para la reserva de Carbono y Nitrógeno.

CONCLUSIONES

Existe un efecto por el cambio del uso del suelo en el contenido de las propiedades químicas evaluadas, destacando la importancia de la cobertura forestal, al ser el bosque de pino el uso de suelo que presentó los valores más altos.

El suelo tipo Luvisol en la microcuenca es un importante reservorio de COS y Nt en los diferentes usos a la profundidad de 0 a 30 cm.

Los resultados obtenidos servirán de base para la toma de decisiones en el manejo de los diferentes usos de suelo de la microcuenca Río La Venta, Copalita, Oaxaca.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Arteaga, G., Calderón, N. E. G., Krasilnikov, P., & García-Oliva, F. (2013). Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, 47(2), 171–180.
- Amundson, R., Berhe, A. A., Hopmans, J. W., Olson, C., Sztein, A. E., & Sparks, D. L. (2015). Soil and human security in the 21st century. In *Science* (Vol. 348, Issue 6235). <https://doi.org/10.1126/science.1261071>
- Burbano Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82–96. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Cantú Silva, I., & Bejar Pulido, S. J. (2024). Impacts of land use change on carbon and nitrogen stocks in an Andosol in Michoacan, Mexico. *Egyptian Journal of Soil Science*, 64(3), 1305–1314. <https://doi.org/10.21608/ejss.2024.285526.1757>
- Cantú Silva, I., & Luna Robles, E. O. (2022). Reservorio de Nitrógeno y relación C:N de un Umbrisol bajo manejo forestal en Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(72), 82–111. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i72.1055>
- Cantú Silva, I., & Yañez Díaz, M. I. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 122–151. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.138>
- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., & Aguilar-Santelises, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. In *Colección INCAPA*.
- Castillo, L., Bojórquez, J., Hernández, A., & García, D. (2016). Contenidos de Carbono Orgánico en Suelos Bajo Diferentes Coberturas Vegetales y de Cultivo. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 72–78.
- Cocotle Romero Lourdes, Ramírez Salazar María, & Hernández Castellanos Benito. (2022). *Impacto en la calidad del suelo mediada por el cambio de uso en el Cofre de Perote, México*. 14, 1–8.
- CONAFOR. (2016). *Estudio de cuenca de abasto para el desarrollo industrial forestal maderable de la región Copalita, Oaxaca* (A. C. Colegio de Profesionales Forestales de Oaxaca, Ed.). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/254061/Estudio_de_cuenca_de_abasto_-_Copalita_Oaxaca.pdf
- Di Gerónimo, P. F., Videla, C., Fernández, M. E., Zamuner, E. C., & Laclau, P. (2018). Cambios en propiedades químicas y bioquímicas del suelo asociados al reemplazo de pastizales naturales por *Pinus radiata* D. Don y rotaciones agrícolas. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 34(ahead), 89–101. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000302>
- FAO. (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015. Compendio de datos. In *Food and Agriculture Organization (FAO)*.
- FAO. (2017a). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. (Wiese Liesl, Alcantara Viridiana, Baritz Rainer, & Vargas Ronald, Eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

- FAO. (2017b). Mapa de Carbono Orgánico del Suelo. *Alianza Mundial Por El Suelo*.
- Footo, J. A., Boutton, T. W., & Scott, D. A. (2015). Soil C and N storage and microbial biomass in US southern pine forests: Influence of forest management. *Forest Ecology and Management*, 355, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.036>
- Galicia, L., Gamboa, A., Cram, S., Chávez, B., Peña, V., Saynes, V., & Siebe, C. (2016). Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo en bosques templados de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 1–29.
- García, E. (2004). Modificaciones Al Sistema de Clasificación Climática de Köppen Para Adaptarlo a Las Condiciones de la República Mexicana. In *Comisión Nacional para el estudio de la Biodiversidad*.
- IBM. (2013). *IBM SPSS Statistics for Windows* (22.0).
- INEGI. (2013). *Carta Edafológica, Villa de Zaachila, Serie II, escala 1:2 50 000*.
- IUSS. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. I* (IUSS Working Group WRB & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Eds.; Vol. 1).
- Karuku, G. N., & Mochoge, B. O. (2016). Nitrogen Forms in Three Kenyan soils Nitisols, luvisols and Ferralsols. *International Journal for Innovation Education and Research*, 4(10), 17–30. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol4.iss10.594>
- Leija-Loredo, E. G., Reyes-Hernández, H., Reyes-Pérez, O., Flores-Flores, J. L., & Sahagún-Sánchez, F. J. (2016). Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México. *Madera Bosques*, 22(1), 125–140. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.221481>
- Leyva-Pablo, T., De León-González, F., Etchevers-Barra, J. D., Cortés-Pérez, M., Santiago-García, W., Ponce Mendoza, A., & Fuentes Ponce, M. H. (2021). Almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal comunitario. *Madera y Bosques*, 27(4), 1–18. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742421>
- Lv, P., Sun, S., Medina-Roldán, E., Zhao, S., Hu, Y., Guo, A., & Zuo, X. (2021). Effects of habitat types on the dynamic changes in allocation in carbon and nitrogen storage of vegetation–soil system in sandy grasslands: How habitat types affect C and N allocation? *Ecology and Evolution*, 11(13), 9079–9091. <https://doi.org/10.1002/ece3.7751>
- Madrigal Reyes, S., Cristóbal Acevedo, D., Hernández Acosta, E., & Romo Lozano, J. L. (2019). Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 201–223. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.113>
- Martínez Soto, R. A., Cantú Silva, I., Yáñez Díaz, M. I., González Rodríguez, H., & Bejar Pulido, S. J. (2023). Reservorio de carbono y nitrógeno en un suelo Cambisol bajo dos usos de suelo en Linares, Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(79), 4–30. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i79.1339>
- Monreal, C. M., Etchevers, J. D., Acosta, M., Hidalgo, C., Padilla, J., López, R. M., Jiménez, L., & Velázquez, A. (2005). A method for measuring above- and below-ground C stocks in hillside landscapes. *Canadian Journal of Soil Science*, 85(4), 523–530. <https://doi.org/10.4141/s04-086>
- Nene Preciado, A. J., González Sansón, G., Mendoza Cantú, M. E., & Silva Bátiz, F. de A. (2017). Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico Central Mexicano. *Investigaciones Geográficas*, 94, 64–81. <https://doi.org/10.14350/rig.56770>
- Pacheco Rivera, D., & Dávila Aranda, P. (2004). Sinopsis de las gramíneas de Oaxaca, México. *Acta Botanica Mexicana*, 69, 83–114. <https://doi.org/10.21829/abm69.2004.982>
- Page, A. L. (1982). Methods of soil analysis-Part 2: Chemical and Microbiological properties. (2nd edition). *Am. Soc. Agron. Inc. Publ. Madison, USA*, 9(2), 1–1159.
- SEMARNAT. (2002). NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. *Diario Oficial de La Federación*.

Recibido:
8/noviembre/2024

Aceptado:
9/junio/2025

- Soto, E. S., Hernández, M., Santos, H., Ortiz, E., & García, E. (2016). Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3(5), 98–102.
- Vela Correa, G., Blanco, J. L., & De Lourdes Rodríguez Gamiño, M. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el suelo de conservación del distrito federal, centro de México. *Investigaciones Geograficas*, 77, 18–30. <https://doi.org/10.14350/rig.31007>
- Vergara-Sánchez, M. Á., Etchevers-Barra, J. D., & Padilla-Cuevas, J. (2005). La fertilidad de los suelos de ladera de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, 39(3), 259–266.
- Wabusya, W. M., Pili, N. N., Bekuta, B. K., Tsingalia, H. M., & Kakembo, V. (2020). Effects of land-use changes on soil chemical parameters in Kakamega-Nandi forest complex. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(3), 1. <https://doi.org/10.56369/tsaes.3064>
- Wiesmeier, M., Lützow, M. von, Spörlein, P., Geuß, U., Hangen, E., Reischl, A., Schilling, B., & Kögel-Knabner, I. (2015). Land use effects on organic carbon storage in soils of Bavaria: The importance of soil types. *Soil and Tillage Research*, 146(PB). <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.10.003>
- Woerner. (1989). *Método químico para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas* (UANL). Facultad de Ciencias Forestales, Departamento Agroforestal, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Xue, Z., & An, S. (2018). Changes in soil organic carbon and total nitrogen at a small watershed scale as the result of land use conversion on the Loess Plateau. *Sustainability (Switzerland)*, 10(12), 1–4757. <https://doi.org/10.3390/SU10124757>
- Yerena Yamallel, J. I., Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O. A., González Tagle, M. A., & Treviño Garza, E. J. (2014). Dinámica de la captura de carbono en pastizales abandonados del noreste de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 113–121.