



PÁG.

CONTENIDO

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

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

Sesuvium portulacastrum EN LA FITORREMEDIACIÓN PARA SUELOS SALINOS COMO ESTRATEGIA AMBIENTAL SOSTENIBLE

Sesuvium portulacastrum IN PHYTOREMEDIATION OF SALINE SOILS AS A SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL STRATEGY



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

Sesuvium portulacastrum EN
LA FITOREMEDIATION
PARA SUELOS SALINOS
COMO ESTRATEGIA
AMBIENTAL SOSTENIBLE

Sesuvium portulacastrum IN
PHYTOREMEDIATION OF
SALINE SOILS AS A
SUSTAINABLE
ENVIRONMENTAL
STRATEGY

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 305-315. Julio 2026

DOI:
10.18387/polibotanica.62.20

Gómez Peraza, Rosa Luz / <https://orcid.org/0009-0000-2970-2127>

Autora para correspondencia: rgomezp@ipn.mx

Valenzuela Quiñónez, Wenceslao / <https://orcid.org/0000-0002-8460-7402>

Espinosa Alonso, Laura Gabriela / <https://orcid.org/0000-0002-4926-9268>

Galaviz Lara, Julián Alberto / <https://orcid.org/0000-0001-6662-5220>

Medina Godoy, Sergio / <https://orcid.org/0000-0002-4718-2169>

Hernández Armenta, Jesús Uriel / <https://orcid.org/0009-0009-3427-7933>

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el
Desarrollo Integral Regional-Unidad Sinaloa
(IPN-CIIDIR SINALOA), Boulevard Juan de Dios Bátiz Paredes # 250,
Col. San Joachin, Guasave 81101, Sinaloa, México

RESUMEN: La salinidad del suelo es un estrés abiótico que representa una problemática para la agricultura global, afectando más de 400 millones de hectáreas en todo el mundo. Esta problemática, es especialmente crítica en regiones áridas como el norte de Sinaloa (México) donde el exceso de sales en la rizósfera reduce el potencial hídrico del suelo dificultando la absorción de agua por la raíz, comprometiendo la productividad agrícola y la salud ecológica del suelo. En este contexto, el presente estudio evaluó el potencial fitorremediador de *Sesuvium portulacastrum*, una planta halófito con alta tolerancia al estrés salino, en dos tipos de suelos con distinta conductividad eléctrica: arenoso (0.62 dS/m) y franco arcilloso (2.12 dS/m y 4.72 dS/m). Se realizaron análisis fisicoquímicos del suelo (pH, conductividad eléctrica (CE, dS/m); materia orgánica (MO %); macro y micronutrientes) previo a iniciar experimento, 30 y 60 días de tratamiento. Los resultados muestran que *S. portulacastrum* redujo significativamente la conductividad eléctrica, especialmente en suelos franco-arcillosos. Asimismo, se observó un aumento significativo de Cu de 5.64 a 6.80 ppm, sugiriendo mecanismos de fitoextracción y fitoestabilización. La textura del suelo influyó notablemente en la eficacia de la remediación, mostrando mayor crecimiento vegetal y eficiencia en suelo franco-arcilloso, caracterizados por una mayor capacidad de retención de agua y nutrientes. Estos hallazgos confirman el potencial de *S. portulacastrum* como especie viable para la restauración de suelos salinos, destacando la importancia de considerar las características edáficas para maximizar su efecto fitorremediador. Se recomienda ampliar el tiempo de evaluación para validar los efectos a largo plazo sobre la materia orgánica y nutrientes de lenta transformación.

Palabras clave: Fitorremediación, suelo, salino, *Sesuvium*, halófito

ABSTRACT: Soil salinity is a major abiotic stress and global agriculture challenge, affecting over 400 million hectares worldwide. This issue is particularly critical in arid regions such as northern Sinaloa (Mexico), where excessive salt accumulation in the rhizosphere significantly reduces soil water potential, hindering root water uptake and compromising both agricultural productivity and soil ecological health. In this context, the present study evaluated the phytoremediation potential of *Sesuvium portulacastrum*, a halophytic plant with high salt-stress tolerance, in two soil types with distinct electrical conductivities: sandy (0.62 dS/m) and sandy clay loam (2.12 dS/m and 4.72 dS/m). Physicochemical analyses including pH, electrical conductivity (EC, dS/m), organic matter (OM, %), and macro- and micronutrients concentrations were conducted at

baseline, 30 and 60 days of treatment. The results demonstrate that *S. portulacastrum* significantly reduced EC, with the most pronounced effects observed in clay loam soils. Furthermore, a significant increase in Cu concentration from 5.64 to 6.80 ppm was recorded, suggesting active mechanisms of phytoextraction and phytostabilization. Soil texture exerted a notable influence on remediation efficacy; the highest biomass growth and remediation efficiency occurred in clay loam soils, characterized by superior water and nutrient retention capacities. These findings confirm the viability of *S. portulacastrum* for the rehabilitation of saline soils and underscore the necessity of considering edaphic characteristics to maximize phytoremediation performance. Further longitudinal studies are recommended to validate the long-term effects on organic matter and slowly transforming nutrients.

Key words: Phytoremediation, Soil, Saline, *Sesuvium*, halophyte.

INTRODUCCIÓN

Las tierras de uso agrícolas son afectadas por el aumento de la salinidad en la mayor parte del mundo, con más de 400 millones de hectáreas afectadas (Srarfi y Majar, 2024), además, se prevé una aceleración de aproximadamente un 50% de afectación en las tierras cultivables a nivel mundial por estrés salino para el año 2050 (Mwesige 2025). La acumulación de sales y otros componentes salinos y tóxicos en los suelos puede aumentar la erosión eólica y afectar al ambiente (Ahmadi *et al.*, 2022). La salinidad es un problema latente en la actividad agrícola, debido a que afecta significativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, provocando estrés iónico y osmótico, inhibiendo la fotosíntesis, síntesis de proteínas, la osmorregulación, metabolismo de las plantas y desbalance nutricional ocasionado por altos niveles de sodio y cloruro (Sun *et al.*, 2025). En México, específicamente en el norte de Sinaloa, los suelos agrícolas enfrentan un problema significativo, del exceso de sales y falta de agua para los riegos agrícolas causando un bajo rendimiento de los cultivos, ocasionado por el mal manejo del agua, el uso inadecuado de fertilizantes y otros factores ambientales que dan lugar al cambio climático y que han contribuido con la salinización. En el suelo se pueden encontrar diferentes concentraciones de sales con efecto tóxico, afectando principalmente a las plantas en su desarrollo, morfología, fisiología y características bioquímicas, ocasionados por cloruro de sodio (NaCl), no obstante, los suelos salinos a menudo presentan combinaciones complejas de sales, como los cloruros y los sulfatos de Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} (Victoria *et al.*, 2025).

Algunos estudios indican que las plantas tienen mecanismos que les permiten modificar su comportamiento morfológico, fisiológico y molecular en respuesta a los cambios de salinidad y temperatura (Peng *et al.*, 2022). Se han reportado casos de plantas fitorremediadoras que, dependiendo de la concentración de nutrientes y la calidad del agua, pueden absorber nutrientes y metales pesados; por ejemplo, se ha expuesto que el nitrógeno y fósforo pueden ser captados de 3 a 47% y de 3 a 60%, respectivamente (Peng *et al.*, 2022). *Sesuvium portulacastrum* (Verdolaga de playa conocida en la región noroeste de Sinaloa, México) es una planta herbácea perenne que se encuentra en ecosistemas costeros especialmente en zonas tropicales y subtropicales del mundo (He *et al.*, 2021). Perteneciente al grupo de las halófitas, se caracteriza por crecer en entornos de alta salinidad y la capacidad de reducirla, presenta una alta tolerancia al estrés ambiental, salinidad, sequía y a las deficiencias nutricionales, siendo una planta viable para los procesos de fitoextracción y fitoestabilización de los suelos (Jaja *et al.*, 2023). Diversas investigaciones han demostrado que el uso de *S. portulacastrum* sirve para rehabilitación de suelos salinos y contaminados dando solución sustentable, por su capacidad de adaptación a ecosistemas contaminados de excesos de sales a través de la fitoextracción y fitoestabilización, proceso que se da sin el uso de insumos químicos o infraestructura costosa restaurando la funcionalidad ecológica de las zonas contaminadas de excesos de sales (Kumawat *et al.*, 2025). Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la capacidad fitorremediadora de *S. portulacastrum* en diferentes suelos en el norte de Sinaloa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de tratamientos y cultivo de plantas

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN), Unidad Sinaloa. Los especímenes de *Sesuvium portulacastrum* fueron recolectados en la zona costera del municipio de Guasave (25.2867° N, -108.5000° W) siguiendo la descripción botánica descrita por Sukhorukov *et al* (2018) y Zhang *et al.* (2024). Las plantas recolectadas fueron sometidas a un proceso de aclimatación en condiciones controladas de laboratorio a temperatura ambiente (28 - 35 °C). Posteriormente, se propagaron vegetativamente a partir de plantas madre, obteniéndose treinta esquejes de aproximadamente 20 cm de longitud. Los esquejes fueron sometidos a desinfección superficial y mantenidos en agua corriente durante 15 días a temperatura ambiente, con el fin de favorecer su adaptación y emisión de raíces.

Las muestras de suelo se recolectaron a una profundidad de 0–30 cm, en tres sitios con diferente nivel de salinidad: Un suelo de hábitat natural de la especie en Guasave (25.2867° N, -108.5000° W), con una conductividad eléctrica de 0.62 dS /m; un suelo agrícola con problemas moderados de salinidad (25.5572° N, -108.5954° W), con 2.12 dS /m; y un suelo agrícola con alta salinidad (25.5605° N, -108.5572° W), con 4.72 dS /m. Posteriormente, los esquejes fueron trasplantados a macetas de 1 L de capacidad, utilizando los tres tipos de suelo previamente caracterizados como sustrato de crecimiento.

El experimento se estableció bajo un diseño completamente aleatorizado. Se evaluaron tres tratamientos correspondientes a suelos con distinto nivel de salinidad: un suelo de textura arenosa con conductividad eléctrica de 0.62 dS /m, y dos suelos de textura franco-arcillosa con conductividades de 2.12 y 4.72 dS /m, respectivamente. Cada tratamiento contó con diez repeticiones, donde la unidad experimental estuvo constituida por una maceta con cinco plantas. Las plantas se mantuvieron en malla sombra, con temperaturas ambiente que oscilaron entre 28 - 35 °C durante el periodo experimental, asegurando uniformidad en las condiciones de crecimiento y minimizando la variabilidad no controlada.

Adicionalmente, se registró altura (cm) de planta como variable de crecimiento, la cual fue medida desde la base de tallo hasta el ápice a los 10,30 y 50 días después de trasplante (dpt), con el fin de evaluar el efecto de la salinidad sobre el desarrollo vegetativo.

Efecto de la fitorremediación del suelo

El periodo experimental para evaluar el efecto de la fitorremediación del suelo fue de 60 días posteriores al trasplante (dpt), realizándose evaluaciones al inicio del experimento (0 dpt), así como a los 30 y 60 dpt.

Una vez colectadas las muestras de suelo se trasladaron al laboratorio para realizar el análisis físico-químico y nutrimental, posteriormente fueron secadas a temperatura ambiente, posteriormente se tamizaron con una malla de acero inoxidable de 2 mm de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000. Se empleó el método AS-02 y AS-18 (NOM-021-RECNAT-2000) para determinar el pH y la conductividad eléctrica (CE). La materia orgánica (MO), se determinó por el método de Walker-Black (1934) según lo estipulo en el método AS-07 de la NOM-021. A partir del método de Olsen (1954) se evaluó el fósforo con un espectrofotómetro UV/VIS (Genesis®) de acuerdo con AS-10 (NOM-021). Los macro elementos (Ca, Mg, K y Na) y microelementos (Fe, Cu, Mn y Zn) se evaluaron de acuerdo con el método AS-12 (NOM-021), empleando un espectrofotómetro de flama (Thermo científico®) para K y Na, y un espectrofotómetro de absorción atómica modelo 50B (VARIAN®) para Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn. El nitrógeno total se cuantificó por el método de Kjeldahl AS-08 (NOM-021-RECNAT-2000).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron considerando un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial, donde se evaluaron dos factores: salinidad del suelo (tres niveles de conductividad eléctrica: 0.62, 2.12 y 4.72 dS/m) y tiempo de evaluación (0, 30 y 60 días después

del trasplante). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, incluyendo la interacción entre ambos factores (salinidad $\times$ tiempo), con el fin de determinar efectos independientes y combinados sobre las variables fisicoquímicas y nutrimentales del suelo.

Previo al análisis, se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos mediante la prueba de (Shapiro-Wilk, 1965) y de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de (Levene, 1960). Cuando fue necesario, los datos fueron transformados para cumplir con dichos supuestos.

Para la comparación de medias entre tratamientos, se utilizó la prueba de de Duncan (DMRT) con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables evaluadas, con el objetivo de identificar asociaciones lineales entre las propiedades fisicoquímicas y nutrimentales del suelo con una significancia estadística de ($p \leq 0.05$), indicando su significancia con asteriscos (* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$), siguiendo metodologías reportadas en estudios de suelos salinos y halófitas (Ashrafuzzaman *et al.*, 2022). Se realizó un análisis de regresión lineal simple, considerando la conductividad eléctrica como una variable ordinal. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SAS versión 9.4.

RESULTADOS

Los resultados mostraron que, en los suelos agrícolas de Sinaloa, las propiedades del suelo son fundamentales para entender la dinámica de la fitorremediación ya que la disponibilidad de iones y la movilidad del agua en la rizósfera generan un desbalance en la absorción de sales. Los parámetros fisicoquímicos y nutricionales de los tres tipos de suelos revelaron contrastes significativos que son mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas y nutrimentales de suelos con tres niveles de salinidad.

Table 1. Physicochemical and nutritional properties of soils with three levels of salinity.

Tiempo/ Variable	(0.62 dS/m)			(2.12 dS/m)			(4.04 dS/m)		
	Inicial	30 días	60 días	Inicial	30 días	60 días	Inicial	30 días	60 días
CE (dS/m)	0.62±0.03 ^a	0.56±0.06 ^a	0.31±0.01 ^b	2.12±0.03 ^a	1.88±0.2 ^b	1.55±0 ^c	4.72±0.16 ^a	4.04±0.05 ^b	3.57±0.03 ^c
MO (%)	0.3±0.0 ^a	0.29±0.01 ^a	0.28±0.03 ^a	1.44±0.01 ^a	1.38±0.2 ^b	1.41±0.01 ^{ab}	1.52±0.03 ^a	1.50±0.02 ^a	1.42±0.03 ^b
NO ₃ (ppm)	0 ^b	0 ^b	0 ^b	53.33±5.77 ^a	50.0±0.0 ^a	50.0±0.0 ^a	50.0±0.0 ^a	50.0±0.0 ^a	51.25±2.89 ^a
P (mg/Kg)	1.46±0.07 ^a	1.26±0.03 ^b	1.28±0.08 ^b	20.54±0.69 ^a	18.97±0.3 ^b	18.20±0.01 ^b	25.31±0.58 ^a	24.18±1.9 ^{ab}	21.96±0.27 ^b
K (Cmol/Kg)	0.51±0.06 ^a	0.48±0.11 ^a	0.42±0.03 ^a	0.70±0 ^a	0.80±0.08 ^a	0.74±0.01 ^a	1.87±0.01 ^a	1.85±0.04 ^a	1.42±0.03 ^b
Ca (Cmol/Kg)	4.12±0.13 ^b	3.15±0.1 ^c	4.76±0.29 ^a	15.76±1 ^a	19.50±0.72 ^b	17.20±0.1 ^b	21.05±0.82 ^a	20.62±0.51 ^a	21.02±0.28 ^a
Mg (Cmol/Kg)	2.07±0.07 ^a	2.16±0.22 ^a	2.08±0.07 ^a	4.16±0.15 ^a	4.08±0.08 ^a	4.1±0 ^a	4.1±0.1 ^a	4.15±0.05 ^a	4.02±0.17 ^a
Na (Cmol/Kg)	0.6±0.0 ^a	0.56±0.6 ^a	0.6±0 ^a	0.7±0 ^a	0.7±0 ^a	0.7±0 ^a	1.40±0.01 ^a	1.41±0.03 ^a	1.41±0.03 ^a
Fe (ppm)	1.24±0.01 ^a	1.15±0.13 ^a	1.44±0.18 ^a	8.50±0.17 ^a	10.36±0.31 ^a	9.35±0.17 ^a	8.20±0.18 ^b	9.66±0.58 ^a	9.51±0.16 ^a
Cu (ppm)	1.03±0.06 ^a	1±0 ^a	1.17±0.16 ^a	4.10±1 ^b	3.79±0.23 ^b	5.24±0 ^a	5.64±0.24 ^b	5.28±0.52 ^b	6.80±0.24 ^a
Zn (ppm)	1.91±0 ^a	1.51±0.06 ^b	1.31±0.16 ^b	5.14±0.12 ^a	5.14±0.12 ^a	5.2±0 ^a	7.47±0.34 ^b	7.00±0.11 ^b	8.03±0.06 ^a
Mn (ppm)	2.45±0.09 ^b	3.34±0.3 ^a	3.15±0.13 ^a	8.40±0.22 ^{ab}	8.73±0.13 ^a	8.06±0.12 ^b	10.79±0.39 ^a	9.85±0.75 ^{ab}	9.21±0.22 ^b

Tiempo/ Variable	(0.62 dS/m)			(2.12 dS/m)			(4.04 dS/m)		
	Inicial	30 días	60 días	Inicial	30 días	60 días	Inicial	30 días	60 días
pH	7.66±0.06 ^a	7.46±0.06 ^b	7.41±0.14 ^b	7.48±0.03 ^a	6.8±0.0 ^c	7.28±0.03 ^b	7.68±0.03 ^a	7.06±0.06 ^b	7.24±0.05 ^b
Textura	Arenoso			Franco-arcilloso			Franco-arcilloso		

*Referencias: Potencial de hidrógeno (pH) 6.6-7.3 neutro, conductividad eléctrica (CE) <0.2 despreciable, materia orgánica (MO) <1.5 bajo, nitratos (NO₃) < 125 bajo, fósforo (P) <10 bajo, potasio (K) 0.9-1.75 alto, calcio (Ca) 14-20 alto, magnesio (Mg) >4 muy alto, sodio (Na) 1-1.5 alto, hierro (Fe) >9 adecuado, Cobre (Cu) >1.3 adecuado, zinc (Zn) >1.5 adecuado y manganeso (Mn) >8 adecuado.

En los tres tipos de suelo se presentó una disminución de la conductividad eléctrica (CE) a lo largo del tiempo. La mayor reducción se registró en el suelo de alta salinidad (4.72 dS/m), donde su valor inicial descendió a 3.57 dS/m a los 60 días. En el suelo de salinidad baja (0.62 dS/m), a pesar de su textura arenosa (90% arena) también se observó una disminución significativa de la CE, reduciendo de 0.61 a 0.31 dS/m (Tabla 1).

El análisis de correlación mostró una relación positiva entre la CE y los cationes móviles K ($r=0.97$) y Na ($r=0.94$), así como con los micronutrientes asociados al estrés salino, Zn ($r=0.93$) y Mn ($r=0.89$) (Tabla 2).

Tabla 2. Correlación entre variables fisicoquímicas y nutrimentales del suelo.
Table 2. Correlation between physicochemical and nutritional variables of the soil.

	CE	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
pH	-0.12											
MO	0.81*	-0.40										
P	0.88**	-0.35	0.99**									
K	0.97**	-0.12	0.70*	0.79*								
Ca	0.85**	-0.45	0.97**	0.98**	0.77*							
Mg	0.76*	-0.44	0.99**	0.97**	0.65*	0.96**						
Na	0.94**	-0.10	0.64*	0.74*	0.97**	0.74*	0.59					
Fe	0.72*	-0.57	0.98**	0.95**	0.62*	0.97**	0.98**	0.57				
Cu	0.85*	-0.30	0.92**	0.93**	0.77*	0.94**	0.90**	0.79*	0.89**			
Zn	0.93**	-0.29	0.93**	0.96**	0.86**	0.96**	0.90**	0.86**	0.89**	0.97**		
Mn	0.89**	-0.36	0.97**	0.99**	0.80*	0.98**	0.96**	0.74*	0.93**	0.92**	0.95**	
NO ₃	0.76*	-0.43	0.99**	0.97**	0.64*	0.96**	0.99**	0.59	0.98**	0.91**	0.91**	0.96**

*La correlación es significativa al nivel de 0,05. **La correlación es significativa al nivel de 0,01.

*Correlation is significant at the 0.05 level. **Correlation is significant at the 0.01 level.

En cuanto a la materia orgánica (MO), no se observaron cambios significativos en el suelo de 0.62 dS/m, donde se mantuvo estable en 0.3% durante el periodo experimental (Tabla 1). En contraste, en el suelo de 4.72 dS/m se registró una disminución significativa de la MO de 1.52 a 1.42% a los 60 días (Tabla 1). Se identificó una correlación positiva entre MO y CE ($r=0.80$; Tabla 2; Fig. 1).

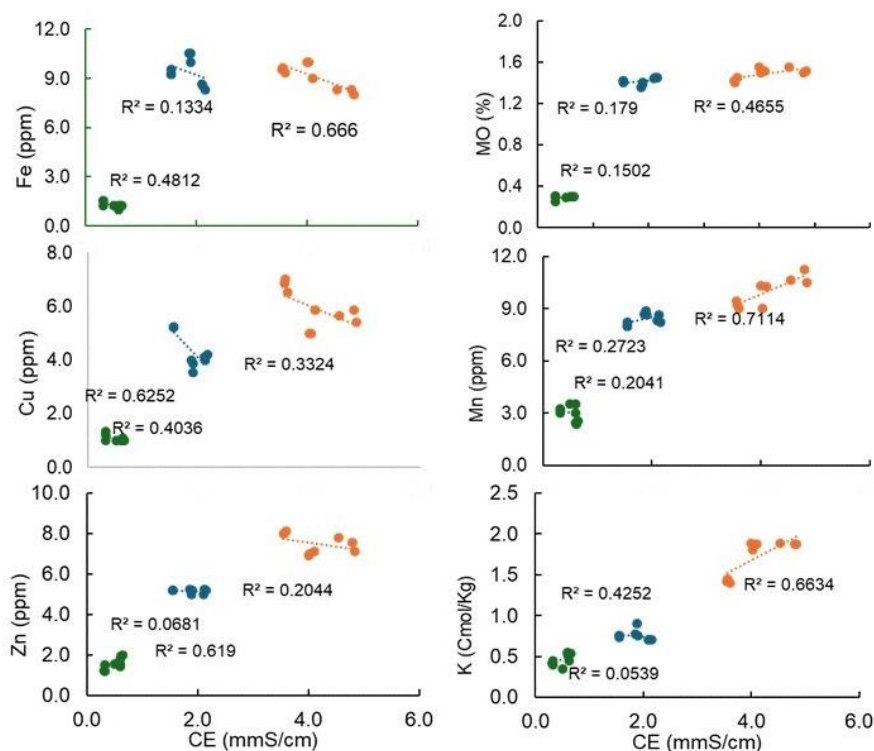


Figura 1. Relación lineal de la conductividad eléctrica (CE) con nutrientes: hierro (Fe), Cobre (Cu), zinc (Zn), materia orgánica (MO), magnesio (Mg) y potasio (K).

Figure 1. Linear relationship of electrical conductivity (EC) with nutrients: iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), organic matter (OM), magnesium (Mg) and potassium (K).

Respecto a los nutrientes, se observó una ligera disminución de nitratos (NO_3^-) en los suelos de 2.12 y 4.72 dS/m (50-53 ppm), mientras que en el suelo de 0.62 dS/m los valores fueron nulos durante todo el estudio (Tabla 1). El fósforo (P) presentó una disminución en los suelos de 2.12 y 4.72 dS/m, siendo más marcada en el último (25.31 a 21.96 mg/kg) (Tabla 1). Se observó una correlación positiva entre Ca y Mg ($r = 0.97$ y $r = 0.96$), respectivamente (Tabla 2).

El potasio (K) se mantuvo estable en la mayoría de los suelos, excepto en el suelo de 4.72 dS/m, donde disminuyó significativamente de 1.87 a 1.42 Cmol/kg a los 60 días (Tabla 1). El calcio (Ca) mostró un incremento significativo en el suelo de 2.12 dS/m, pasando de 15.76 a 19.50 Cmol/kg (Tabla 1). El incremento observado podría parecer contradictorio, dado que la planta presenta una preferencia fisiológica por la absorción de sales, sin embargo, este proceso puede estar explícito en procesos edáficos u rizosféricos más complejos que la absorción vegetal, el incremento de Ca^{2+} puede atribuirse a procesos de desplazamiento catiónico en los sitios de intercambio del suelo. En condiciones de salinidad moderada, como en el tratamiento de 2.12 dS/m, los exudados radicales (ácidos orgánicos, protones) pueden promover la desorción de Ca^{2+} previamente retenido en la fracción sólida, incrementando su concentración en la fase intercambiable.

El magnesio (Mg) y sodio (Na) se mantuvieron constantes en los tres tipos de suelo. Los resultados presentados sugieren que los cambios observados en los cationes intercambiables no están directamente asociados a una extracción significativa de Na^+ por parte de la planta, ya que el sodio se mantuvo constante en los tres tipos de suelo. Esto apunta más bien a procesos de equilibrio químico en la rizósfera que a mecanismos de fitoextracción.

En el suelo de 4.72 dS/m el cobre (Cu) aumentó de 5.64 a 6.80 ppm (Tabla 1). El zinc (Zn) y Manganeseo (Mn) presentaron variaciones leves según el tipo de suelo; sin embargo, en el suelo de 0.62 dS/m, ambos disminuyeron progresivamente durante el experimento.

El pH del suelo de 2.12 dS/m disminuyó significativamente a los 30 días (6.8) respecto a su valor inicial (7.48), seguido de un incremento a los 60 días (7.28). En el suelo de 0.62 dS/m el pH se mantuvo estable (7.66 inicial y 7.41 a los 60 días), mientras que en el suelo de 4.72 dS/m se observó una disminución inicial (7.68 a 7.06) y una recuperación posterior (7.24) (Tabla 1). El pH presentó una correlación negativa con la mayoría de las variables analizadas (r^2 de -0.10 a -0.56) (Tabla 2).

La altura de *S. portulacastrum* fue mayor en el suelo de 4.72 dS/m, seguida del suelo de 2.12 dS/m, mientras que en el suelo de 0.62 dS/m se registró la menor altura (Figura 2 y 3).

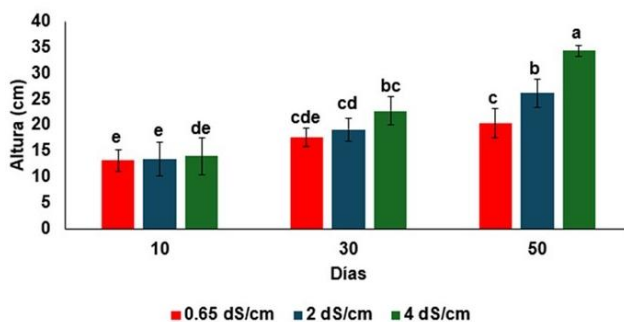


Figura 2. Crecimiento en altura de *S. portulacastrum* bajo tres niveles de salinidad a los 10, 30 y 50 días después trasplante (dpt).

Figure 2. Height growth of *S. portulacastrum* under three salinity levels at 10, 30 and 50 days post-transplant (dpt).



Figura 3. Imagen de *S. portulacastrum* bajo tres niveles de conductividad: a) 0.62 dS/m, b) 2.12 dS/m y c) 4.72 dS/m, a los 60 días después trasplante (dpt).

Figure 3. Image of *S. portulacastrum* under three conductivity levels: a) 0.62 dS/m, b) 2.12 dS/m and c) 4.72 dS/m, 60 days after transplantation (dpt).

DISCUSIÓN

La disminución general de CE en los tres tipos de suelo sugiere que *S. portulacastrum* favorece la remoción de sales solubles, posiblemente mediante la absorción iónica, lo cual concuerda con estudios previos de su potencial biorremediador en suelos salinos (Galecio Mio *et al.*, 2025;

Sanleri *et al.*, 2025; John *et al.*, 2024). La reducción observada incluso en suelo arenoso de 0.62 dS/m evidencia la eficiencia de la especie en suelos con baja capacidad de retención.

La disminución limitada de la MO a los 60 días indica que *S. portulacastrum* no revirtió de manera significativa la tendencia a la pérdida de MO en el corto plazo, particularmente en suelos con mayor salinidad. Esto puede deberse a la baja actividad microbiana característica en suelos salinos, lo que limita la descomposición de residuos orgánicos y liberación de nutrientes (Jia *et al.*, 2024). No obstante, la correlación positiva entre CE y MO respalda lo reportado por Kim & Park (2024) quienes señalan que la MO contribuye al mantenimiento de las propiedades físicas del suelo y la retención de agua y nutrientes. Otros estudios han documentado incrementos de MO con el uso prolongado de *S. portulacastrum* (Galecio Mio *et al.*, 2025), lo que sugiere que los efectos pueden ser más evidentes en un periodo mayor.

La disminución de NO_3^- en los suelos de mayor CE sugiere que el sistema suelo-planta no promovió una lixiviación significativa ni una alta asimilación de nitrógeno mineral, mientras que los valores nulos en suelo arenoso podrían estar asociado a su baja fertilidad inicial y limitada retención de iones. La reducción del P, particularmente en suelo de 4.72 dS/m, podría asociarse a la absorción por la planta como procesos de fijación en formas menos disponibles, influenciados por la presencia de Ca y Mg. Coincidiendo con lo reportado por Lei *et al.* (2024), quienes señalan que estos cationes favorecen la precipitación de fosfatos y estabilidad del P en el suelo.

El incremento en el contenido de Ca observado en el suelo de 2.12 dS/m, los valores incrementaron de 15.76 a 19.50 Cmol/kg, debido a la influencia de mecanismos edáficos y rizosféricos dinámicos, en niveles de salinidad moderada (2.12 dS/m) la actividad radicular aumenta la secreción de protones y ácidos orgánicos, facilitando la desorción de los cationes Ca absorbidos en el suelo (Eze & Amuji, 2024; Pantigoso *et al.* 2023). El aumento de Cu en el suelo de 4.72 dS/m sugiere una solubilización inducida por exudados ácidos de la raíz, mientras que la disminución de Zn y Mn en el suelo de baja salinidad podría estar asociada con la asimilación por parte de la planta, reforzando su potencial fitorremediador de metales (Kumawat *et al.*, 2025).

En el pH no se observaron cambios significativos, en los suelos con distintas conductividad eléctrica (CE), los suelos con alta concentraciones de sales nos indica abundancia de iones provenientes de sales de ácidos fuertes y bases fuertes, el pH solo se incrementa o se alcaliniza si hay una acumulación de carbonatos o bicarbonatos de sodio que hidrolizan para liberar OH^- , esto puede atribuirse a la actividad rizosférica de *S. portulacastrum*, fenómeno previamente descrito por Zhang *et al.* (2024), quienes destacan la exudación de ácidos orgánicos como mecanismo para mejorar la disponibilidad de nutrientes y la tolerancia a la salinidad. Las correlaciones negativas entre pH y la mayoría de las variables sugieren que el incremento de sales y nutrientes se asocia a ligeras reducciones de pH, probablemente por intercambio iónico y liberación de H^+ durante la absorción nutrimental.

Finalmente, el crecimiento de *S. portulacastrum* en el suelo de 4.72 dS/m indica que condiciones de alta salinidad, junto con la textura franco-arcillosa, mayor contenido de nutrientes y MO, favorecen su desarrollo y capacidad de fitorremediación. La concentración de sales en el suelo desempeña un papel importante en el crecimiento y desarrollo fisiológico de *S. portulacastrum*, en suelo arenoso puede afectar la eficiencia fitorremediadora, al influir significativamente en procesos clave como la absorción, acumulación y translocación de con-taminantes, coincidiendo con lo señalado de Xing *et al.* (2025) y de Oliveira (2025). En contraste, el bajo crecimiento en el suelo arenoso de 0.62 dS/m refleja las limitaciones impuestas por la baja retención de agua y nutrientes, a pesar de ser su ambiente natural, pudimos observar un crecimiento limitado atribuible a sus propiedades físicas y químicas. Este tipo de suelo presenta baja retención de agua, poca disponibilidad de nutrientes en zona radicular, lo que restringe su crecimiento vegetal. Es importante destacar que las todas las plantas fueron cultivadas bajo las mismas condiciones ambientales con temperaturas de 28-35 °C, luz natural y riego uniforme, lo que minimiza la asociación de factores externos como radiación, disponibilidad de sombreo y riego. Estos resultados confirman que *S. portulacastrum* presentaron características de crecimiento en función del tipo del suelo, las plantas no mostraron evidencias significativas en mortandad durante el periodo experimental, lo que confirma la tolerancia de la especie a condiciones ambientales adversas, sin embargo, en el suelo arenoso se observó un crecimiento reducido, acompañado en

el desarrollo vegetativo, por las limitaciones de disponibilidad de agua y nutrientes. La concentración de sales en el suelo desempeña un papel importante en el crecimiento y desarrollo fisiológico de *S. portulacastrum*, en suelo arenoso puede afectar la eficiencia fitorremediadora, al influir significativamente en procesos clave como la absorción, acumulación y translocación de contaminantes, coincidiendo con lo señalado de Xing *et al.* (2025) y de Oliveira (2025).

CONCLUSIÓN

S. portulacastrum posee un potencial significativo para la fitoremediación con efectos positivos en la reducción de salinidad (CE) y reducción de metales como Cu y Zn. Estos resultados respaldan su uso potencial como especie fitoremediadora, aunque se recomienda ampliar el tiempo de evaluación para observar cambios en la materia orgánica y nutrientes de lenta transformación. En suelos franco-arcillosos (2.12 dS/m y 4.72 dS/m), la planta logró reducir significativamente la conductividad eléctrica, movilizar micronutrientes, y mantener un crecimiento constante. En cambio, en suelos arenosos de 0.62 dS/m, las condiciones físicas y químicas adversas limitaron tanto el desarrollo vegetal como la capacidad de remediación. Los resultados muestran que la eficacia de la fitoremediación vegetal está estrechamente relacionada con la textura y fertilidad inicial del suelo. La planta mostró mayor eficiencia fitorremediadora en suelos con textura más fina, mayor capacidad de retención y contenido inicial de nutrientes demostrando que plantas halófitas regionales como *S. portulacastrum* pueden ser una alternativa en la remediación de suelos agrícolas contaminados por exceso de sales.

LITERATURA CITADA

- Ahmadi, F., Mohammadkhani, N., & Servati, M. (2022). Halophytes play important role in phytoremediation of salt-affected soils in the bed of Urmia Lake, Iran. *Scientific Reports*, 12(1), 12223.
- de Oliveira, M. W. (2025). *Soil Texture: Unlocking Fertility and Productivity for Better Crops*. Agriculture Association of Textile Chemical and Critical Reviews Journal 396-408.
- Eze, M. O., & Amuji, C. F. (2024). Elucidating the significant roles of root exudates in organic pollutant biotransformation within the rhizosphere. *Scientific Reports*, 14(1), 2359.
- Galecio Mio, J. J., Tarazona Dionicio, R. I., & Castañeda-Olivera, C. A. (2025). Salinity Reduction in Agricultural using *Sesuvium Portulacastrum* and *Aptenia cordifolia*. *CET Journal-Chemical Engineering Transactions*, 117.
- He W, Wang D, Yang N, Cao D, Chen X, Chen J, Wei X (2021) In vitro shoot culture of *Sesuvium portulacastrum*: an important plant for phytoremediation. *Agriculture* 12(1):47.
- Jaja, N., Codling, E. E., Timlin, D., Rutto, L. K., & Reddy, V. R. (2023). Phytoremediation efficacy of native vegetation for nutrients and heavy metals on soils amended with poultry litter and fertilizer. *International Journal of Phytoremediation*, 25(11), 1423–1434.
- Jia, B., Mao, H., Liang, Y., Chen, J., Jia, L., Zhang, M., & Li, X. G. (2024). Salinity decreases the contribution of microbial necromass to soil organic carbon pool in arid regions. *The Science of the total environment*, 930, 172786.
- John, J. E., Thangavel, P., Maheswari, M., Balasubramanian, G., Kalaiselvi, T., Kokiladevi, E., & Ramesh, A. (2024). *Sesuvium portulacastrum* mitigates salinity induced by irrigation with paper and pulp mill effluent. *International Journal of Environmental Studies*, 81(3), 1420–1432.
- Kim, H. N., & Park, J. H. (2024). Monitoring of soil EC for the prediction of soil nutrient regime under different soil water and organic matter contents. *Applied Biological Chemistry*, 67(1), 1.

Recibido / Received:
28/enero/2026

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

Aceptado / Accepted:
27/mayo/2026

- Kumawat, A. K., Vaish, S., & Pathak, B. (2025). Phytoremediation efficacy of *Sesuvium portulacastrum* L. in mitigating industrial effluents and heavy metal contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 32(13), 8340–8357.
- Lei, J., Yin, J., Chen, S., Fenton, O., Liu, R., Chen, Q., Fan, B., & Zhang, S. (2024). Understanding phosphorus mobilization mechanisms in acidic soil amended with calcium-silicon-magnesium-potassium fertilizer. *Science of The Total Environment*, 916, 170294.
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. *Contributions to probability and statistics*, 278-292.
- Mwesige, F. F. (2025). The extent and distribution of salt-affected soils in sub-Saharan Africa from 1970 to the present: a review of the current state of knowledge. *Frontiers in Soil Science*, 5, 1571243. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2025.1571243>
- Norma oficial mexicana (NOM) NOM-021-RECNAT-2000, que establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. *Estudios, muestreo y análisis índice*.
- Olsen, S. R. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (Número 939). US Department of Agriculture.
- Pantigoso, H.A., Manter, D.K., Fonte, S.J. Vivanco J.M. (2023). Root exudate-derived compounds stimulate the phosphorus solubilizing ability of bacteria. *Sci Rep* 13, 4050
- Peng, G., Lan, W., & Pan, K. (2022). Mechanisms of metal tolerance in halophytes: A mini review. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 109(5), 671–683.
- Sanleri, K. A., Kumi, F., Amoah, K. K., Amamu, S., Luketina, I., & Adu, M. O. (2025). Identifying and Evaluating Salt-Tolerant Halophytes Along a Tropical Coastal Zone: Growth Response and Desalination Potential. *Plant-Environment Interactions*, 6(4), e70072.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611.
- Srarfi, F., & Majar, A. (2024). Global status of salt-affected soils. Global status of salt-affected soils. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1730916>.
- Sukhorukov, A. P., Nilova, M. V., Erst, A. S., Kushunina, M., Baider, C., Verloove, F., Salas-Pascual, M., Belyaeva, I. V., Krinitsina, A. A., Bruyns, P. V., & Klak, C. (2018). Diagnostics, taxonomy, nomenclature and distribution of perennial *Sesuvium* (Aizoaceae) in Africa. *PhytoKeys*, (92), 45–88.
- Sun, X., Tan, Y., Zhang, Y., Guo, W., Li, X., Golub, N., Zhang, L., & Wang, H. (2025). Effects of salinity stress on morphological structure, physiology, and mRNA expression in different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Frontiers in Genetics*, 16, 1535610.
- Victoria, P. P. H., Magdaleno, H. F., Nolasco, A. Q., Velázquez, J. F., Cárdenas, G. C., & Maldonado, N. M. (2025). La salinización del suelo cultivable: causas, problemática actual asociada al cambio climático y áreas de oportunidad. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*, 3(1), 83–101.
- Walker-Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for soil organic matter determination and a proposed modification of the chronic acid titration. *Soil Sci*, 37, 29–38.
- Xing, Y., Wang, X., & Mustafa, A. (2025). Exploring the link between soil health and crop productivity. *Ecotoxicology and environmental safety*, 289, 117703.
- Zhang, W., Wang, D., Cao, D., Chen, J., & Wei, X. (2024). Exploring the potentials of *Sesuvium portulacastrum* L. for edibility and bioremediation of saline soils. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1387102.