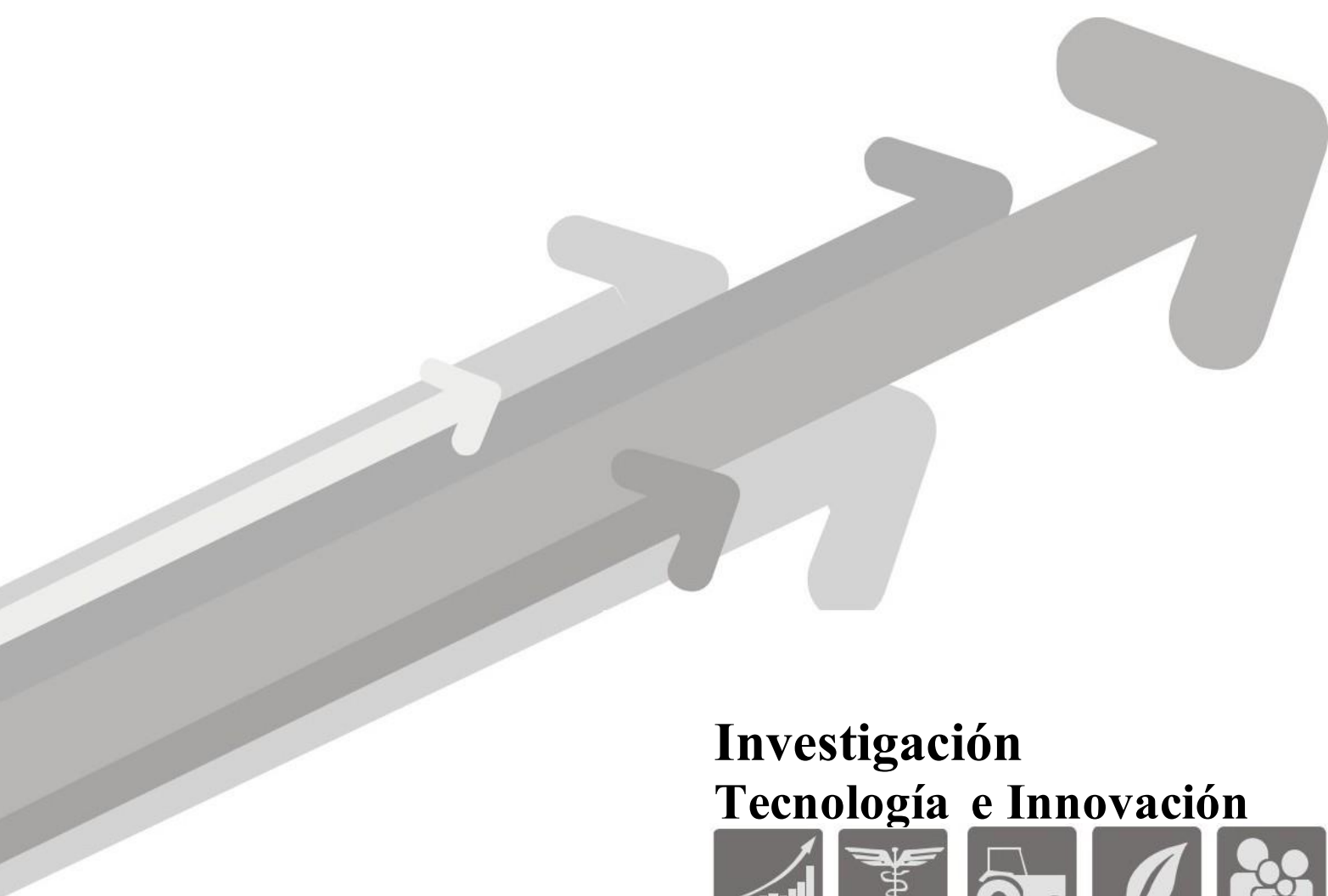


Limpieza de las aguas de la cuenca del río Guayas mediante Conocimiento Tropical y Agricultura Biogénica

**Cleaning of the waters of the Guayas River basin through Tropical
Knowledge and Biogenic Agriculture**

Mariano Montaña Armijos



**Investigación
Tecnología e Innovación**



Limpieza de las aguas de la cuenca del río Guayas mediante Conocimiento Tropical y Agricultura Biogénica

Cleaning of the waters of the Guayas River basin through Tropical Knowledge and Biogenic Agriculture

Mariano Montaña Armijos¹

Como citar: Montaña Armijos, M. (2026). Limpieza de las aguas de la cuenca del río Guayas mediante Conocimiento Tropical y Agricultura Biogénica. *Investigación, Tecnología e Innovación*. 18(25s1), 126-131. DOI: <https://doi.org/10.53591/iti.v18i25s1.3314>

RESUMEN

Contexto: Una resumida competencia de quien aborda esta temática se presenta en el recuadro derecho. El presente artículo aborda la aplicación de conocimiento tropical y agricultura biogénica como estrategias integrales para la descontaminación y mejora de la calidad del agua de la cuenca del río Guayas, Ecuador. **Objetivo:** Se analizan los roles ecológicos de *Azolla Trichormus* en la remediación de aguas contaminadas, así como la optimización del uso del suelo y los recursos hídricos en la región. **Método:** (Se encuentra implícito en el análisis de los roles ecológicos y la aplicación del sistema *Azolla-Trichormus-arroz*). **Resultados:** Los resultados destacan la capacidad fito-remediadora del sistema *Azolla-Trichormus-arroz* y su contribución a la sostenibilidad ambiental y productiva. **Conclusiones:** Este trabajo contribuye a la comprensión del ecosistema Guayas y su potencial para la gestión hídrica integral desde un enfoque tropical y biogénico.

Palabras clave: *Azolla*, biogenia, Ecosistema Guayas, Conocimiento Tropical.

ABSTRACT

Context: A brief overview of the author's expertise in this area is presented in the right-hand box. This article addresses the application of tropical knowledge and biogenic agriculture as comprehensive strategies for the decontamination and improvement of water quality in the Guayas River basin, Ecuador. **Objective:** The ecological roles of *Azolla Trichormus* in the remediation of contaminated waters are analyzed, as well as the optimization of land use and water resources in the region. **Method:** (It is implicit in the analysis of ecological roles and the application of the *Azolla-Trichormus-rice* system). **Results:** The results highlight the phytoremediation capacity of the *Azolla-Trichormus-rice* system and its contribution to environmental and productive sustainability. **Conclusions:** This work contributes to the understanding of the Guayas ecosystem and its potential for integrated water management from a tropical and biogenic approach.

Keywords: BIOGENIA, Guayas Ecosystem, Tropical Knowledge.

Fecha de recepción: Enero 12, 2026.

Fecha de aceptación: Mayo 15, 2026.

Artículo presentado en el 1er Foro Académico del Agua 2025, y seleccionado por el comité científico para su publicación en esta edición especial de la revista ITI.

¹ Doctor en Agroquímica y Medio Ambiente, SCIAPLI (Scientific Applications) - AECIN (Academia Ecuatoriana de Ciencias de la Ingeniería), Ecuador. Correo electrónico: ecosistemaguayas@gmail.com



INTRODUCCIÓN

El Ecosistema Guayas representa un espacio estratégico del Ecuador [1] (Figura 1), compuesto por territorios, cuencas hidrográficas, sistemas fluviales, estuarios, un golfo con elevada biodiversidad y significancia socioeconómica y la ciudad de Guayaquil cuya importancia se destaca en el recuadro de esta sección. Los retos críticos que enfrenta este ecosistema están relacionados con la contaminación del agua por desarrollos urbanos y actividades industriales y agrícolas, afectando finalmente la salud pública.

Guayaquil, destinada a convertirse en la "Alejandría tropical del mundo", destaca por su extraordinaria posición estratégica, cultural y ecológica, a más de asiento de Conocimiento Tropical y desarrollo tecnológico conexo, incluyendo Biogenia, Agricultura Biogénica y a su más alto nivel Femtociencia y Femtotecnología, todo lo cual se convierte en mina inagotable de riqueza para Ecuador y para sí misma (ver el recuadro).

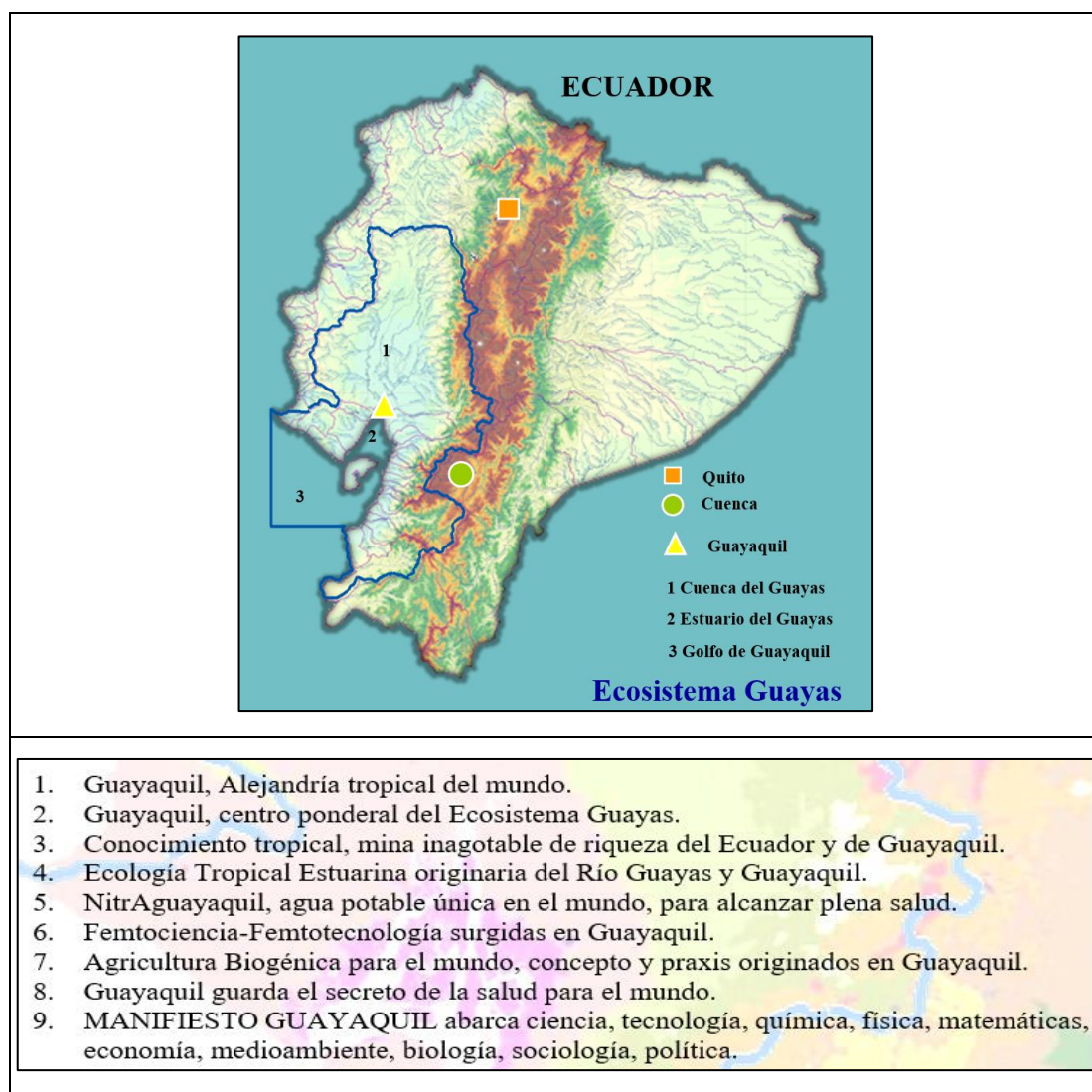


Figura 1. Ecosistema Guayas, Ubicación y secciones.

Las tecnologías convencionales para el tratamiento del agua tienen limitantes en ecosistemas tropicales complejos. Por tanto, el conocimiento tropical [1]—basado en las condiciones ecológicas, químicas y biológicas propias del trópico—junto con la agricultura biogénica [2], ofrecen una ruta sostenible para la fitorremediación y recuperación ambiental.

Este trabajo se enfoca en evaluar el uso del helecho Azolla, una planta única que puede ayudar a reducir el cambio climático y proporcionar biofertilizantes, alimento para ganado, alimento humano y energía renovable en cualquier parte del mundo (<http://theazollafoundation.org/>) y constituir potente herramienta para la limpieza de las aguas contaminadas y la mejora del recurso hídrico en el Ecosistema Guayas.

Un asunto destacado en el Ecosistema Guayas es el cultivo de arroz que abarca más de 300 mil hectáreas (Figura 2). Tradicionalmente se considera que los arrozales son sencillamente campos para producir arroz, un componente en la actualidad clave de la soberanía alimentaria. Pero en adelante, los arrozales cultivados con Azolla-Trichormus, aparte de generar arroz con ventajas de cantidad y calidad, están destinados a producir: (a) abono para la agricultura nacional, (b) alimento para la acuicultura y la ganadería, (c) LIMPIEZA DE LOS RÍOS DAULE, BABAHYO Y GUAYAS, Y GOLFO DE GUAYAQUIL, (d) enriquecimiento del suelo, (e) florecimiento de la biota natural, (f) mejora de la acuicultura del estuario del río Guayas, (g) estimulación de las pesquerías del Golfo de Guayaquil, (h) disminución del calentamiento global, entre otros beneficios [3].

El desarrollo de la biotecnología Azolla-arroz en el entorno geográfico del Ecosistema Guayas incorpora los arrozales, la agricultura, el medio ambiente y la economía, al novedoso quehacer de conocimiento tropical. Cuando el Azolla cubra estos arrozales, el sistema bacteriano (Trichormus) asociado constituirá un inmenso y extraordinario filtro natural del agua de los ríos Daule, Babahoyo y Guayas. Esta agua ennoblecida jugará un sustancial papel en la elevación del valor agregado del Estuario del Río Guayas, de la actividad camaronera, de la producción bananera, de la pesca y del agua potable NitrAGuayaquil (<https://www.youtube.com/watch?v=Wj3f6yuqCaA>) tal como se indica de manera esquemática en la Figura 2 [3].

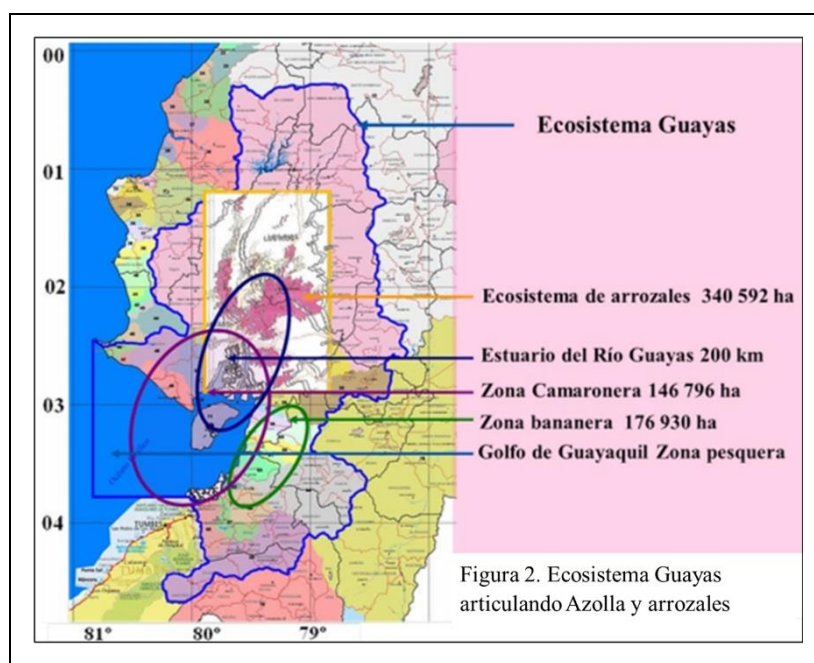


Figura 2.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio:

La investigación se desarrolla en la cuenca del río Guayas y áreas aledañas con influencia agrícola e industrial, identificadas mediante análisis de uso de suelo (agrícola, pecuario, agropecuario mixto, conservación, cuerpos de agua).

Plantas utilizadas:



Se cultiva *Azolla caroliniana* en condiciones controladas y en sistemas de campo integrados con arroz y *Trichormus* para potenciar la fijación de nitrógeno y absorción de elementos contaminantes [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12].

Diseño experimental:

Se establecen microcosmos fitorremediadores evaluando variables como biomasa, tiempos de crecimiento, DBO₅, reducción de nitratos, nitritos y amoníaco en aguas residuales industriales, y acumulación de metales pesados.

Toma de muestras y análisis:

Se monitorean parámetros fisicoquímicos del agua (pH, DBO₅, concentración de nitratos, metales pesados) antes y después del tratamiento con *Azolla*. Se realiza análisis estadístico para comparar resultados mediante métodos apropiados de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican una reducción significativa en la concentración de DBO₅, nitratos, nitritos y amoníaco en aguas tratadas con *Azolla*, evidenciando su capacidad fito-remediadora. La interacción simbiótica con *Trichormus* eleva la eficiencia de fijación biológica de nitrógeno, contribuyendo a la mejora de la calidad del agua.

La biomasa acumulada permite, además, el aprovechamiento como alimento vernáculo para acuicultura y ganadería, promoviendo un ciclo productivo y ambiental sostenible. Se observa también la capacidad de *Azolla* para acumular metales pesados como plomo y arsénico, complementando su uso en sistemas híbridos de tratamiento.

La integración del conocimiento tropical permite adaptar tecnologías a condiciones locales, maximizar recursos naturales y proteger la biodiversidad. Estos avances posicionan a la agricultura biogénica como una alternativa viable frente a la contaminación creciente de los sistemas hídricos tropicales.

CONCLUSIONES

- La agricultura biogénica y el conocimiento tropical aportan soluciones relevantes para la gestión sostenible del agua en cuencas vulnerables, mostrando un modelo replicable en otras regiones tropicales.
- La combinación de *Azolla caroliniana* con su microbiota simbiótica en sistemas agrícolas tropicales es efectiva para la remediación de contaminantes nitrogenados y metales pesados en aguas del Ecosistema Guayas.
- La utilización de *Azolla* fomenta además la producción de biomasa con valor económico para acuicultura y ganadería, cerrando un ciclo ecológico-productivo integrado.
- Se recomienda aplicar y ampliar la implementación de estos sistemas, acompañados de monitoreo continuo, para optimizar su impacto ambiental y social.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guayaquil, Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Universidad Politécnica Salesiana y demás instituciones académicas y de investigación participantes. Especial reconocimiento a los organizadores de este Primer Foro Académico del Agua 2025, Douglas Iturburu S. y Pablo Montoya Guilcapi, y al trabajo coordinado con EMAPAG EP y CAF, que ha permitido avanzar con esta iniciativa innovadora para la conservación y mejora de los recursos hídricos del Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- Montaño A., M. (2010). *Ecosistema Guayas (Ecuador): Recursos, Medio Ambiente y Sostenibilidad en la perspectiva de Conocimiento Tropical*, UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE, DEPARTAMENTO DE AGROQUÍMICA Y MEDIOAMBIENTE, España, 2010. <https://www.researchgate.net/publication/220034771>
- Noboa O., I., Melio S., Montaño A., M. (2025). *AGRICULTURA BIOGÉNICA. EL NUEVO Y NECESARIO CAMINO DE LA HUMANIDAD DEL HOY*. <https://www.researchgate.net/publication/387747646>
- Montaño Armijos Mariano (2013). *NITRÓGENO, AZOLLA, ARROZ, AGRICULTURA, SALUD, MEDIO AMBIENTE, ECONOMÍA, ECOSISTEMA GUAYAS, CONOCIMIENTO TROPICAL: ESLABONES DE LA PROSPERIDAD DEL ECUADOR*. FOCUS - Edición 57 – Marzo 2013
- Akhtar M. S., Yoko, O., Yoshitaka, N., Makoto, N., Tadashi, A., Takumi, K. (2017). *Microcosm Investigation on Differential Potential of Free-Floating Azolla Macrophytes for Phytoremediation of P-controlled Water Eutrophication*, INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY ISSN Print: 1560–8530.
- Noorjahan C. M., . S. Jamuna (2015). *Biodegradation of Sewage Waste Water Using Azolla Microphylla and Its Reuse for Aquaculture of Fish Tilapia Mossambica*, IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology.
- Shafi N., Ashok K. Pandit, Azra N. K, Basharat, M. (2015). *Heavy Metal Accumulation by Azolla pinnata of Dal Lake Ecosystem, India. Journal of Environment Protection and Sustainable Development*, Vol. 1, No. 1, 2015, pp. 8-12
- Perkasa O., W. (2014). *OPTIMIZATION OF TIME AND BIOMASS GROWTH OF WATER FERNS (Azolla pinnata) TO REDUCE CONCENTRATION OF NITRATE, NITRITE, AND AMMONIA IN TOFU INDUSTRIAL WASTEWATER*, Biology Department, Faculty of Mathematic and Natural Science , Sebelas Maret Surakarta University, India.
- Rizwana, M., Marjadi, D., Desai, N. (2014). *Phytoremediation of Textile Waste Water Using Potential Wetland Plant: Eco Sustainable Approach, International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies (IJIMS)*, 2014, Vol 1, No. 4, 130-138.
- Sufian, J., Ahmad, G., Arman, A., Salahedin Moradi (2013). *Potentials of Azolla (Azolla caroliniana) for uptake of Arsenic from contaminated waters with different levels of salinity*, International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Available online at www.ijagcs.com
- Banach Artur Marek, Katarzyna Banach, Zofia Stępniewska (2012). *PHYTOREMEDIATION AS A PROMISING TECHNOLOGY FOR WATER AND SOIL PURIFICATION: AZOLLA CAROLINIANA WILLD AS A CASE STUDY*, Acta Agrophysica, 2012, 19(2), 241-252.
- Rofkar Jordan R. (2010). *An ecologically engineered system for remediation of arsenic-contaminated water: selecting plant species for Northwest Ohio*, The University of Toledo, The University of Toledo Digital Repository.
- Cohen, Michael F., Jolene, Williams, Hideo Yamasaki (2002). *BIODEGRADATION OF DIESEL FUEL BY AN AZOLLA-DERIVED BACTERIAL CONSORTIUM*, JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH Part A Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering Vol. A37, No. 9, pp. 1593–1606, 2002

Por favor, sugiera posibles revisores/expertos en los temas tratados en este artículo. El tiempo de procesamiento editorial podría reducirse al hacerlo.

Los revisores pares deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Profesionales con una maestría o un doctorado.
- Investigadores activos en el tema de este artículo.
- Índice H en SCOPUS superior a 2.
- La afiliación de autores y revisores debe ser completamente diferente.
- Investigadores que trabajan en Instituciones de Educación Superior o Grupos de Investigación.
- Son deseables los revisores internacionales (un país diferente al de los autores).

Pares revisores sugeridos:

Nombre	Dirección de correo electrónico (activa)	Grado(s) académico	Afiliación