

REVISTA CIENTÍFICA

# CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

ISSN: 2773-7772/ Volumen 19 (1) Junio 2025



## ÁREA CIENCIAS DE LA VIDA

Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad de Guayaquil

### Responsable Editora

Dra. Carmita Bonifaz de Elao, MSc. ( Universidad de Guayaquil, Ecuador).

### Comité Ejecutivo

PhD. Francisco Morán Peña, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Rector de la Universidad de Guayaquil

PhD. Sofía Lovato Torres, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Vicerrectora Académica de la Universidad de Guayaquil

PhD Amalín Ladayse Mayorga, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Decana de Investigación, Postgrado e Internacionalización de la Universidad de Guayaquil

PhD. Alfonso Guijarro, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Editor General de Revistas de la Universidad de Guayaquil

MSc. Jenny Rosero Lozano, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Decana Facultad de Ciencias Naturales

MSc. César Oswaldo Fuentes Campuzano, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Subdecano Facultad de Ciencias Naturales

### Consejo Editorial

MSc. Xavier Cornejo Sotomayor (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

PhD. Beatriz Pernia Santos (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

MSc. Ariel Escobar Troya (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Ph.D. Priscila Valverde Armas (Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador)

Ph.D. Ever Morales Avendaño (Universidad Técnica de Manabí)

Ph.D Javier Oswaldo Soto Valenzuela (Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador)

### Comité Científico Internacional

PhD. Claes Persson, (Departamento de Biología y el Medio Ambiente, University of Gothenburg, Suecia)

PhD. Eulogio Chacón Moreno (Universidad de Mérida, Venezuela, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas -ICAЕ)

PhD. Jaime R. Cantero-Kintz (Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia)

PhD. Bertil Stahl, (Departamento de Biología, Gotland University, Suecia)

PhD. María Eugenia Rondón (Universidad de Mérida, Venezuela, Instituto de Química)

### Traducción

MSc. Xavier Cornejo Sotomayor (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

### Coordinación Editorial

Jessy Santana Pincay

### Impresión y acabados

Imprenta de la Universidad de Guayaquil

## Nueva distribución de *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) (Osteoglossiformes: Arapaimidae) en Ecuador.

New distribution of *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) (Osteoglossiformes: Arapaimidae) in Ecuador.

Ulises Avendaño Villamar<sup>1</sup>, José Pacheco Bedoya<sup>1</sup>, Enrique Laaz Moncayo<sup>1</sup>, Milton Montúfar Romero<sup>1,2,3</sup>, Walter Ruiz Choez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca, Letamendi 102 y la Ría, Guayaquil, Ecuador.*

<sup>2</sup>*Programa de Doctorado en Ciencias con énfasis en Gestión de Recursos Acuáticos Renovables (MaReA), Departamento de Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Apartado Postal 160-C, Concepción, Chile.*

<sup>3</sup>*Centro Interdisciplinario de Investigación en Acuicultura Sostenible (INCAR), Universidad de Concepción, Concepción, Chile.*

Recibido 10 febrero 2025, recibido en forma revisada 10 abril 2025, aceptado 10 de mayo 2025, en línea 2 de junio 2025.

### Resumen

*Arapaima gigas* ha sido identificada por primera vez en el embalse de Chongón, que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Este descubrimiento amplía la distribución geográfica de la familia Arapaimidae en Ecuador. Se presentan características taxonómicas y registros fotográficos para confirmar la identificación.

**Palabras clave:** *embalse, geográfica, identificada, taxonómicas.*

### Abstract

*Arapaima gigas* has been identified for the first time in the Chongón reservoir, which is part of the National System of Protected Areas. This discovery extends the geographical distribution of the Arapaimidae family in Ecuador. Taxonomic characteristics and photographic records are presented to confirm the identification.

**Keywords:** *Reservoir, geographic, identified, taxonomic.*

### Introducción

La taxonomía del orden Osteoglossiformes se divide en dos subórdenes principales: Osteoglossoidei, que incluye las familias Osteoglossidae, Arapaimidae y Pantodontidae; y Notopteroidei, que comprende las familias Gymnarchidae, Mormyridae y Notopteridae. En la familia Arapaimidae destacan dos géneros notables: *Arapaima*, de origen sudamericano, y *Heterotis*, originario de África. Estos géneros se distribuyen en varios cuerpos de agua dulce de sus respectivos continentes, contribuyendo significativamente a la riqueza biológica y diversidad acuática en estas regiones (Oliveira et al, 2020).

Paiche o “pirarucu”, *Arapaima gigas* (Arapaimidae) se destaca como uno de los peces de agua dulce más imponentes del mundo, pudiendo alcanzar longitudes de hasta 3 metros (Campos Baca, L., 2001). Ocupa

hábitats caracterizados por aguas poco profundas, lagunas con notable abundancia de vegetación flotante, así como ríos de suave corriente y llanuras aluviales (Queiroz, H.L., 2000a ; Fernandes, D.S, 2006).

Su distribución natural abarca gran parte de la cuenca del río Amazonas en Brasil y Perú, (Reis, R. E, 2003), (Franco RH, 2005) está presente específicamente en las provincias de Orellana, Sucumbíos y Pastaza - Amazonía Ecuatoriana, (Barriga, R., 2012).

El paiche es una especie utilizada en la pesca comercial y deportiva, en la acuicultura y en la piscicultura. (Castello, L. & Stewart, D.J. 2010) informan que la principal amenaza que enfrenta esta especie está relacionada con la sobre pesca y la degradación del hábitat. (Otca. Org, 2021).

\* Correspondencia del autor:

E-mail: ulisesave03@yahoo.com



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

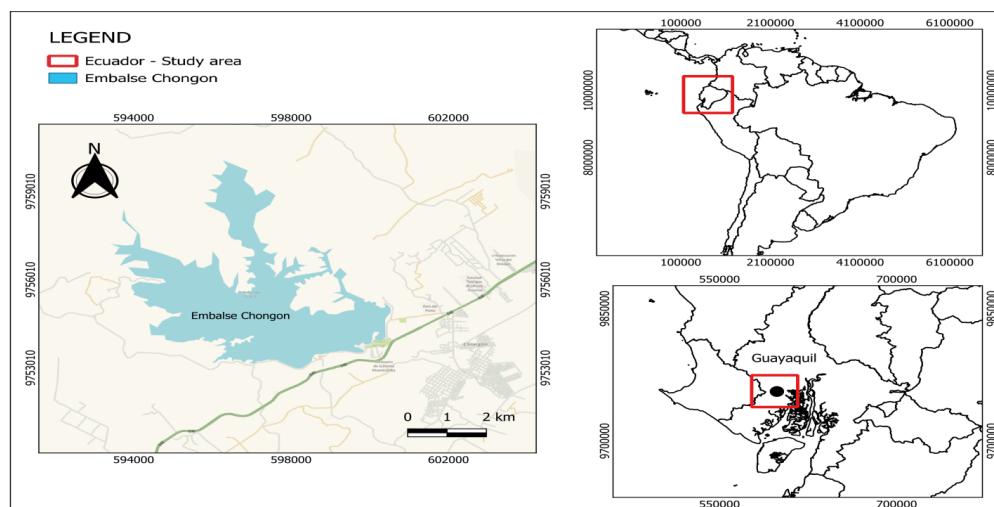


Figura 1. Ubicación del área de estudio

## Materiales y Métodos

Este estudio amplía el reporte sobre la distribución de la especie en Ecuador, identificando una nueva población en el embalse Chongón, ( $02^{\circ}13'51''$  S y  $80^{\circ}06'59''$  O), (Figura 1); ubicado en la zona centro-occidental de la región costera. En septiembre de 2021, un ejemplar fue capturado incidentalmente durante las faenas de pesca de un pescador artesanal utilizando un trasmallo de 6 pulgadas. Al no identificarla como una de las especies habituales que captura, el pescador entregó el ejemplar para análisis biológico y taxonómico en el Laboratorio de Biología del Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP).

El ejemplar fue analizado en fresco, y su identificación fue realizado con ayuda de guías y claves taxonómicas (García-Dávila, C et al, 2022); (López, A & Pantoja D, 2017a). Para la medición de datos morfométricos como longitud total (LT) y peso, se utilizó un ictiómetro y una balanza de campo T-Scale modelo T28, además de equipos de disección para revisión interna. Los registros fotográficos fueron capturados y posteriormente editados utilizando el programa Adobe Illustrator C56. Las mediciones morfométricas de los otolitos se realizaron con un calibrador Vernier de alta precisión.

## Resultados

El ejemplar obtenido fue identificado como hembra con un estadio inmaduro de desarrollo sexual (LT) de 82,1 cm y un peso de 4,8 kg (10,5 libras), forma corporal subcilíndrica y puntiaguda, color marrón oscuro en la parte dorsal, blanco - grisáceo en la pectoral y rosado - rojizo en la porción abdominal. Aletas pectorales de posiciones bajas y situadas detrás de la cabeza.

Las aletas ventrales tienen una posición abdominal, con las aletas dorsal y anal cercanas a la aleta caudal, que es homogénea y redondeada. Número de radios y espinas de la aleta dorsal 32, escamas ciclóides grandes lo cual es muy característico de la especie (Figura 2).

Escamas ciclóides con una capa exterior dura y mineralizada para resistir la penetración y una capa interior dura pero flexible que forma un exterior similar a una armadura que las protege de depredadores como las pirañas (Queiroz, H.L., 2000b; Wen Yang et al, 2014), (Figura 3A).

Respiración bimodal, la cual consiste en un órgano respiratorio accesorio ubicado en el interior de la vejiga que desempeña el papel de pulmón primitivo y se comunica con la faringe (A.L. Val & V.M.F.de Almeida-Val, 1995).

Este órgano posee numerosas trabéculas, a semejanza de un pulmón, con abundante tejido vascular que contribuye a aumentar la superficie de intercambio gaseoso entre el aire y la sangre circulante (Van Brakel, M., 2000; Sanabria, A et al, 2005). Esta modificación permite completar la respiración con Oxígeno del aire.

Sistema branquial con un grado relativo de atrofia, este órgano es insuficiente para suministrar oxígeno



Figura 2. Ejemplar capturado en el embalse Chongón.



Figura 3A. Escamas tipo cicloide.

a la gran masa corporal del individuo y cumplir sus funciones metabólicas. Este sistema está formado por cinco pares de arcos branquiales, cuatro de los cuales tienen filamentos en dos series en cada arco branquial y el quinto solo tiene branquias. (López, A & Pantoja D. 2017b).

La lengua es una estructura bien desarrollada, con una longitud que oscila entre 10 y 20 cm. A pesar de ser poco móvil, está provisto de osificaciones en forma de pequeños dientes, que se asemejan a diminutos conos esmaltados y muy resistentes. Una peculiaridad notable es la presencia de un hueso interno aplanado y ligeramente arqueado conocido como hioideas. Esta característica anatómica es la razón por la cual la especie recibe su nombre científico, derivado de “Gloss” que significa lengua y “Osteo” que significa hueso (Figura 3 B).

Los otolitos son del tipo sagitario en forma de “punta de arpón”, con bordes dentados y crestas aplanadas, de apariencia distintiva (Figura 3C). Estos órganos sensoriales, esenciales para la percepción auditiva y el equilibrio de los peces, se encuentran en el oído interno. Con un surco acústico bien desarrollado, diferenciando claramente el ostium y la cola, tienen un tamaño medio de 8152.046  $\mu$ m de largo y 2918.873  $\mu$ m de ancho. Compuestos principalmente de carbonato cálcico cristalizado, funcionan como receptores de sonido, detectando vibraciones del agua y ayudando al pez a orientarse y detectar presas o depredadores.

## Discusión (O Análisis De Resultados)

La identificación de *Arapaima gigas* en el embalse de Chongón representa un hallazgo significativo que amplía el rango de distribución conocido de esta especie en Ecuador, previamente reportada solo en la región amazónica. Este nuevo registro plantea interrogantes sobre la introducción y adaptación de



Figura 3B. Lengua y arcos branquiales.

la especie en ecosistemas diferentes, considerando que el embalse no pertenece a su hábitat natural en la cuenca del Amazonas, lo cual se alinea con observaciones de otras investigaciones sobre su introducción en cuerpos de agua fuera de su distribución original (Queiroz, 2000a; Barriga, 2012).

El análisis morfológico del ejemplar capturado muestra características consistentes con las descripciones taxonómicas de *A. gigas*, como las grandes escamas cicloides, la aleta caudal redondeada y la disposición de las aletas pectorales y ventrales, lo cual confirma su identificación precisa (García-Dávila et al., 2022).

Estas características morfológicas, particularmente las escamas reforzadas que ofrecen protección contra depredadores, subrayan las adaptaciones evolutivas de la especie a entornos con altos niveles

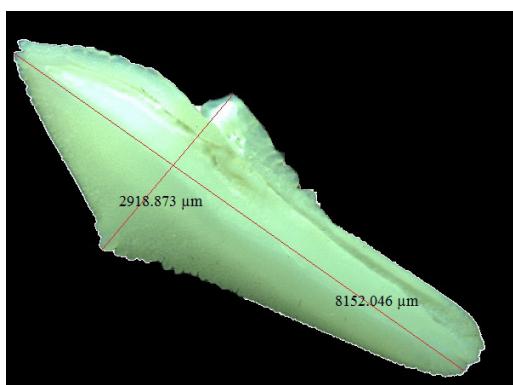


Figura 3C. Otolito.



Figura 4. Vejiga natatoria modificada.

de depredación, como los ríos amazónicos (Wen Yang et al., 2014).

Uno de los aspectos más relevantes del estudio es la confirmación de la respiración bimodal que le permite sobrevivir en aguas pobres en oxígeno gracias a la utilización de un órgano accesorio en la vejiga natatoria, funcionando como un pulmón primitivo (figura 4).

Este sistema respiratorio alternativo es una adaptación crítica en hábitats donde la concentración de oxígeno puede fluctuar, tal como se ha documentado en estudios previos (Val & Almeida-Val, 1995). La atrofia branquial observada en el ejemplar refuerza esta conclusión, destacando la importancia del órgano accesorio para compensar la deficiencia de las branquias en la provisión de oxígeno para su gran masa corporal.

En cuanto a las características anatómicas adicionales, la lengua ósea con dientes duros y la presencia de otolitos sagitarios confirman su capacidad para manipular presas y percibir su entorno a través de vibraciones en el agua, lo cual es crucial para su comportamiento de caza y supervivencia (Sanabria et al., 2005). Estas adaptaciones, junto con su notable tamaño y estructura corporal robusta, posicionan a esta especie como uno de los depredadores acuáticos más dominantes en su ecosistema, lo que ha generado interés en su uso tanto en la pesca comercial como en la acuicultura (Castello & Stewart, 2010).

Finalmente, la amenaza de sobrepesca y degradación de hábitat mencionada en estudios anteriores (Castello & Stewart, 2010; Otca, 2021) también debe considerarse en este nuevo contexto de distribución, ya que la aparición de la especie en el embalse de Chongón podría estar relacionada con actividades humanas, como la introducción no regulada para pesca.

Esto resalta la importancia de futuras investigaciones sobre el impacto ecológico que podría tener esta especie en este ecosistema y la necesidad de medidas de conservación adecuadas para evitar la sobreexplotación de esta especie en nuevos territorios.

En resumen, los resultados de este estudio confirman las hipótesis planteadas en la introducción sobre la identificación taxonómica y las adaptaciones fisiológicas de *A. gigas*, y contribuyen al conocimiento sobre su distribución y características ecológicas en un nuevo entorno, situando este hallazgo dentro del contexto más amplio de los estudios sobre la especie.

## Conclusión

El hallazgo de esta especie en el embalse de Chongón plantea importantes interrogantes sobre su posible introducción y las condiciones favorables que

presenta este cuerpo de agua para su adaptación y reproducción. Si bien no se ha determinado con certeza el origen de la especie en esta área, se especula que eventos de desbordamiento de canales o estanques cercanos, pertenecientes a camaroneras que mantienen paiches de manera informal, podrían haber facilitado su intrusión. Otra posibilidad sería la introducción por parte de terceros, aunque el alto costo de los alevines y la cantidad necesaria para asegurar una población viable en el ambiente natural sugieren que esta hipótesis es menos probable.

Las condiciones ambientales del embalse de Chongón, similares a los hábitats naturales de *A. gigas*, como lagunas poco profundas con vegetación flotante y bajos niveles de oxígeno disuelto, podrían ser ideales para su establecimiento y reproducción. La rápida tasa de crecimiento del paiche y su capacidad para reproducirse en grandes cantidades lo posicionan como una especie con alto potencial de colonización, especialmente en la ausencia de depredadores naturales. Estas características, sumadas al riesgo de desplazamiento o depredación de especies acuáticas nativas, resaltan la necesidad urgente de estudios adicionales que permitan evaluar la distribución, el potencial invasivo y los impactos ecológicos de la presencia de *A. gigas* en el embalse de Chongón.

En términos de futuras investigaciones, se recomienda desarrollar estudios enfocados en el monitoreo de la población de *A. gigas* y en la evaluación de los posibles efectos sobre la biodiversidad local. Los resultados permitirán generar estrategias de manejo y control para evitar impactos negativos tanto en el ecosistema como en las comunidades locales que dependen de la pesca. Además, estos estudios contribuirán al conocimiento sobre la capacidad invasiva de *A. gigas* en nuevos hábitats y proporcionarán herramientas cruciales para la toma de decisiones en su gestión.

## Recomendaciones

### Monitoreo constante de la población:

Se recomienda implementar un programa de monitoreo sistemático para evaluar la distribución y crecimiento de la población en el embalse de Chongón. Esto permitirá detectar oportunamente cambios en la dinámica poblacional y prever posibles impactos sobre las especies nativas.

**Estudios sobre el impacto ecológico y económico:** Es esencial llevar a cabo investigaciones que cuantifiquen el impacto ecológico sobre la biodiversidad local, así como su influencia en las actividades económicas de las comunidades que dependen de la pesca. Esto ayudará a tomar decisiones fundamentadas para la gestión sostenible del embalse.

**Control y prevención de especies invasoras:** Se sugiere diseñar estrategias de control para evitar la expansión descontrolada en otros cuerpos de agua cercanos. Es importante establecer regulaciones que limiten la introducción de especies exóticas y fomentar la sensibilización entre productores locales.

**Fortalecimiento de la investigación aplicada:** Se recomienda promover estudios adicionales que evalúen el potencial de esta especie en ambientes controlados y sus posibles usos en la acuicultura, considerando siempre su manejo responsable para evitar problemas ambientales.

**Cooperación interinstitucional:** Fomentar la colaboración entre instituciones de investigación, organizaciones locales y tomadores de decisiones es clave para desarrollar una gestión integral del embalse de Chongón y prevenir futuros problemas derivados de la presencia de *A. gigas*.

## Referencias bibliográficas

- Val, AL, y VMF de Almeida-Val. 1995. Peces de la Amazonia y su entorno . Zoolofisiología . Berlín, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79229-8>.
- Barriga, Ramiro. 2012. "Lista de Peces de Agua Dulce E Intermareales Del Ecuador". Epn.edu.ec. <https://doi.org/13900129>.
- Luis Campos Baca. 2001. "Historia Biológica Del Paiche O Pirarucu Arapaima Gigas (Cuvier) Y Bases Para Su Cultivo En La Amazonía Iquitos -Perú". <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/ArapaimaGigasHist.pdf>.
- Castello, L., y DJ Stewart. 2010. "Evaluación de los procedimientos de dictámenes de extracción no perjudicial de la CITES para el arapaima en Brasil". Journal of Applied Ichthyology 26 (1): 49-56. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01355.x>.
- Adán, Bruno, Manoel Pereira-Filho, Rodrigo Roubach, Daniel Rabello Ituassú, André Lima Gandra y Roger Crescencio. 2003. "Efeito Da Densidade de Estocagem Na Homogeneidade Do Crescimento de Juvenis de Pirarucu Em Ambiente Confinado". Pesquisa Agropecuária Brasileira 38 (1): 103-7. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2003000100014>.
- Avero, Bruno Adan Sagatzki, Manoel Pereira-Filho, André Moreira Bordinhon, Flávio Augusto Leão da Fonseca, Daniel Rabello Ituassú, Rodrigo Roubach y Eduardo Akifumi Ono. 2004. "Tolerância de Juvenis de Pirarucu Ao Aumento Da Concentração de Amônia Em Ambiente Confinado". Pesquisa Agropecuária Brasileira 39 (5): 513-16. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2004000500015>.
- Fernandes, Damian. 2006. "'Más ojos observando' la gestión comunitaria del arapaima (Arapaima gigas) en Guyana Central". 1 de enero de 2006. [https://www.researchgate.net/publication/42761476\\_](https://www.researchgate.net/publication/42761476_).
- Franco, R. H. 2005. *Contribución al conocimiento de la reproducción del pirarucú Arapaima gigas (Cuvier, 1817) (Pisces: Arapaimidae) en cautiverio*. Florencia, Caquetá: Universidad de la Amazonía, Facultad de Ciencias Básicas.
- Dávila, C., Homero Sánchez Riveiro, M. F. A. Silva, E. Loayza, C. Chávez, Diana Castro Ruiz, G. Estivals, et al. "Peces de consumo de la Amazonía peruana", 2018. [https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/garcia\\_libro\\_2018.pdf](https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/garcia_libro_2018.pdf).
- "GOULDING, M. y otros (2003) - Zootier Lexikon". 2018. Zootier-Lexikon.org. 14 de junio de 2018. <https://www.zootier-lexikon.org/bibliographie/g-1699975706/goulding-m-barthem-r-ferreira-e-2003>.
- María, Ana y Dorian Mauricio. 2017a. "Determinación de Las Características Morfométricas En La Identificación de Sexo En Ejemplares de Pirarucú Arapaima Gigas, Mantenidos En Cautiverio En Estaciones Piscícolas - Departamento Del Putumayo - Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño." Udenar.edu.co . <https://sired.udenar.edu.co/9342/1/92449.pdf>.
- María, Ana y Dorian Mauricio. 2017b. "Determinación de Las Características Morfométricas En La Identificación de Sexo En Ejemplares de Pirarucú Arapaima Gigas, Mantenidos En Cautiverio En Estaciones Piscícolas - Departamento Del Putumayo - Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño." Udenar.edu.co . <https://sired.udenar.edu.co/9342/1/92449.pdf>.
- Ezequiel, Francisco, Manolo F Pérez, Luiz, Petr Ráb, Tariq Ezaz, Terumi Hatanaka, et al. 2020. "Estudio citogenético comparativo del pez arapaima lengua ósea gigante (Osteoglossiformes: Arapaimidae), en diferentes cuencas del río Amazonas y Tocantins/Araguaia". Ictiología Neotropical 18 (4). <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2020-0055>.
- Ono, E., y J. Kehdi. 2013. *Manual de boas práticas de produção do pirarucu em cativeiro*. Brasília: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae.
- Montalván, Frida. 2021. "La Trazabilidad Del Paiche: Una Necesidad Para Proteger La Especie - OTCA." OTCA. 25 de febrero de 2021. <https://otca.org/la-trazabilidad-del-paiche-una-necesidad-para-proteger-la-especie>.
- Queiroz,.. 2000a. "Historia natural y conservación de Pirarucu, Arapaima Gigas", en la Várzea amazónica: Gigantes rojas en aguas fangosas". St-Andrews.ac.uk . <https://doi.org/uk.bl.ethos.538446%C2%A0>.
- Queiroz,.. 2000b. "Historia natural y conservación de Pirarucu, Arapaima Gigas", en la Várzea amazónica: Gigantes rojas en aguas fangosas". St-Andrews.ac.uk . <https://doi.org/uk.bl.ethos.538446%C2%A0>.
- Reis, R. E. *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2003. <https://doi.org/10.1643/OT-04-142>.
- Sanabria Ochoa A. I. Beltrán Galeano I. C. Daza P. V. 2005. "Biología Y Cultivo Del Pirarucú Arapaima Gigas (Schinz, 1822) (Pisces: Arapaimidae)." 2025. Google Books. 2025. [https://books.google.com.ec/books/about/Biolog%C3%ADa\\_y\\_cultivo\\_del\\_Piraruc%C3%BA\\_Arapai.html?id=m7j3tgAACAJt&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Biolog%C3%ADa_y_cultivo_del_Piraruc%C3%BA_Arapai.html?id=m7j3tgAACAJt&redir_esc=y).
- Van Brakel, M. 2000. *Desarrollo sostenible de la acuacultura: ¿Una alternativa para manejo de recursos pesqueros en la Amazonía?* Roma: FAO.
- Yang, Wen, Vincent R. Sherman, Bernd Gludovatz, Mason Mackey, Elizabeth A. Zimmermann, Edwin H. Chang, Eric Schaible, et al. 2014. "Protective Role of Arapaima Gigas Fish Scales: Structure and Mechanical Behavior." Acta Biomaterialia 10 (8): 3599-3614. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2014.04.009>.

## Cultivo de postlarvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en sistemas de recirculación y biofloc

Cultivation of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae in recirculation and biofloc systems.

Ángel Bohórquez Sánchez<sup>1</sup> & Gabriel Vaca Nuñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Laboratorio de Acuacultura, Guayaquil, Ecuador

Recibido 10 febrero 2025, recibido en forma revisada 10 abril 2025, aceptado 10 de mayo 2025, en línea 2 de junio 2025.

### Resumen

La acuicultura en Ecuador, es una actividad pecuaria, con el camarón como principal producto de exportación, mismo que es de importancia para la economía nacional. Sin embargo, existen problemas que afectan la eficiencia y sostenibilidad del sector, requiriendo la implementación de nuevas tecnologías. Dentro de este ámbito, se destacan los sistemas de flujo cerrado como los Sistemas de Recirculación Acuicola (SRA) y Sistemas Biofloc (Biofloc). Los Sistemas de SRA son métodos de cultivo intensivo que se caracterizan por reutilizar más del 90% del agua total del sistema. En el caso del sistema Biofloc, la producción se basa en el desarrollo de comunidades bacterianas generadas a partir de flóculos de materia orgánica. En esta investigación se compararon sistemas de recirculación (SRA) y sistemas biofloc en un cultivo de postlarvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Se cultivaron 100 organismos de camarón en estadio de postlarva (PL18) en cada tratamiento: Biofloc (T1), SRA (T2) y Control (C). Se evaluaron parámetros físico-químicos como nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos (N-NO2-; mg/L), nitratos (N-NO3-; mg/L), potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), oxígeno disuelto (OD), alcalinidad (mg/L); adicionalmente, los parámetros como transparencia (cm) y sólidos sedimentables (mL/L), se evaluaron exclusivamente en el tratamiento Biofloc (T1). Los parámetros productivos como ganancia de peso (g), peso promedio final (g), tasa de crecimiento específico (%) y supervivencia (%). Se obtuvieron diferencias significativas para ganancia de peso ( $33.02 \pm 0.02$  g), peso promedio final ( $0.57 \pm 0.05$  g) y supervivencia ( $92 \pm 0.03$  g) en T1, respecto a C y T2.

**Palabras claves:** compuestos nitrogenados, ganancia de peso, *Litopenaeus vannamei*, maduración.

### Abstract

Aquaculture in Ecuador is a livestock activity, with shrimp as the main export product, which is important for the national economy. However, there are problems that affect the efficiency and sustainability of the sector, requiring the implementation of new technologies. Within this area, closed flow systems such as Aquaculture Recirculation Systems (RAS) and Biofloc Systems (Biofloc) stand out. The RAS systems are intensive culture methods that are characterized by reusing more than 90% of the total water in the system. In the case of the Biofloc system, production is based on the development of bacterial communities generated from organic matter flocs. RAS are intensive cultivation systems, which are characterized by the recycling of water resources in more than 90% of the total system volume in the case of RAS; or in the production of bacterial communities from organic matter flocs as in the case of Biofloc. In this research, recirculation systems (RAS) and biofloc systems were compared in a culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae in the laboratory of the Faculty of Natural Sciences of the University of Guayaquil. One hundred postlarvae stage shrimp organisms (PL18) were cultured in each treatment: Biofloc (T1), SRA (T2) and Control (C). Physicochemical parameters such as total ammoniacal nitrogen (TAN; mg/L), nitrite (N-NO2-; mg/L), nitrate (N-NO3-; mg/L), hydrogen potential (pH), temperature (°C), dissolved oxygen (DO), alkalinity (mg/L); additionally, transparency (cm) and settleable solids (mL/L) were assessed exclusively in the Biofloc treatment (T1). Productive parameters such as weight gain (g), final average weight (g), specific growth rate (%) and survival (%) were evaluated. Significant differences were obtained for weight gain ( $33.02 \pm 0.02$  g), final average weight ( $0.57 \pm 0.05$  g) and survival ( $92 \pm 0.03$  g) in T1, with respect to C and T2.

**Keywords:** *Litopenaeus vannamei*, maturation, nitrogen compounds, weight gain.

\* Correspondencia del autor:

E-mail: angelbohorquez14@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

## Introducción

La acuicultura es una industria mundial que ha alcanzado una gran expansión y desarrollo, debido al sobre aprovechamiento del sector pesquero durante las últimas décadas. (Pimentel 2022). Se estima que el crecimiento de la industria acuícola aumentará hasta un 500% en los próximos 25 años (Guerrero-Olazarán, y otros 2019).

La especie de crustáceo más cultivada a nivel mundial es el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). La producción mundial de este rubro acuícola alcanzó casi 4 millones de toneladas en 2020, con un aumento del 3 al 5 % en comparación al 2019 (Anderson, Valderrama y Jory 2020). Al igual como en el mundo, este recurso es de prioridad productiva para Ecuador (Jaime-Cevallos, y otros 2007).

En Ecuador, la acuicultura se destaca como una de las actividades agropecuarias más significativas para la economía nacional (Honores y Avila 2023). En el periodo de enero a mayo del 2020, las exportaciones de *L. vannamei* fueron de 1 663 millones de dólares, representando un crecimiento de alrededor del 12% en comparación con el mismo periodo del 2019. En el último año (2023), se exportaron alrededor de 6 289 millones de dólares netamente de la producción de camarón blanco, la mayoría en sistemas de flujo abierto (Cámara Nacional de Acuacultura 2023).

Los sistemas de flujo abierto pueden estar vinculados con enfermedades (de origen viral, bacteriano, fúngico, entre otros parásitos), relacionadas con la variación de los parámetros físicos y químicos (acumulación de metabolitos de nitrógeno) y la calidad de agua, provocadas por estrés e inmunosupresión. (Tidwell 2012); (Aly y Abouelfadl 2020).

Como parte de la implementación de alternativas acuícolas que mantengan las condiciones de cultivo intensivo (sistemas cerrados), destacamos a los sistemas de recirculación y los sistemas biofloc (Gutierrez-Wing y Malone 2006).

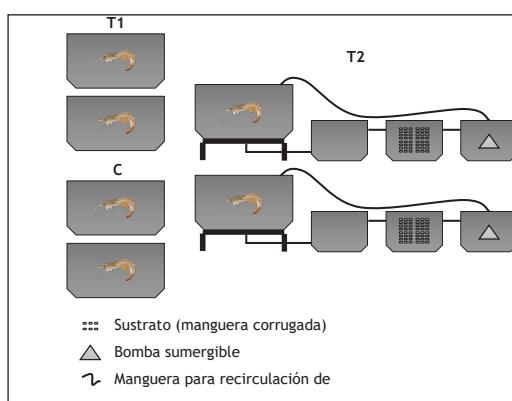


Figura 1. Esquema de los diferentes tratamientos. a) Tratamiento 1 (sistema biofloc). b) Tratamiento 2 (SRA). c) Tratamiento control (sistema de flujo abierto).

Los SRA son tecnologías utilizadas en la cría de peces, crustáceos y moluscos, donde el agua de cultivo se recicla después de ser tratada mediante métodos físicos, químicos y biológicos (Gutierrez y Mesa 2021). Esta tecnología es comúnmente usada en zonas donde el recurso hídrico es limitado, permitiendo reutilizar hasta el 90% del agua total del sistema, minimizando las pérdidas por evaporación y extracción de sedimentos, logrando densidades de cultivo iguales o mayores a 5 kg/m<sup>2</sup> en camarón blanco (Sánchez, y otros 2023).

Por otro lado, los sistemas biofloc comprenden una combinación de bacterias que estimulan la formación de partículas de diversos tamaños con alta porosidad, lo que les permite flotar en el medio y sedimentarse lentamente, con una densidad microbiana que oscila entre 10 y 1 000 millones de células/cm<sup>3</sup> (Gálvez, Julián y Ramos 2022). También permiten la reducción de efluentes como la materia orgánica, amoníaco, nitritos, e inclusive antibióticos, disminuyendo el impacto ambiental. Además mejoran la rentabilidad productiva económica, ya que emplean los flóculos como alimento vivo para los organismos cultivados, disminuyendo los costos de este rubro (Sánchez, y otros 2023).

En este ámbito, ante todo lo anteriormente señalado acerca de la eficiencia productiva y la sostenibilidad del cultivo de camarón blanco, se requiere la experimentación y la validación de nuevas tecnologías como los Sistemas de Recirculación Acuícola (SRA) y los sistemas Biofloc (Sánchez, y otros 2023), es por esto que se plantea en esta investigación comparar el cultivo de postlarvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) entre un sistema de recirculación y un sistema biofloc.

## Materiales y métodos

### Diseño experimental

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de acuacultura de la Facultad de Ciencias Naturales - Universidad de Guayaquil, situada al norte de la ciudad, con coordenadas geográficas 2°08'49.4"S 79°55'01.1"W.

El diseño experimental, estuvo conformado por: tratamiento 1 (T1): cultivo Biofloc con dos sistemas de 40 litros (L) cada uno y tratamiento 2 (T2): cultivo SRA con dos sistemas volumen total de 100 L cada uno. Este último estuvo conformado por un tanque de cultivo (40 L), un tanque sedimentador (20 L), un filtro biológico (20 L) y un tanque para la bomba sumergible (20 L); además de un grupo control (C) también con dos sistemas de 40 L (Figura 1). Las postlarvas (PL12) fueron suministradas por la compañía TEXCUMAR S.A., ubicada en el km 2.5 vía San Pablo-Monterverde. La densidad de los tratamientos fue establecida en base a un tipo de cultivo intensivo, con un promedio

de 500 org/m<sup>2</sup>; o su relación de 100 organismos por tanque de cultivo (0.20 m<sup>2</sup>), distribuidos en los distintos tratamientos de acuerdo con un diseño completamente al azar (DCA). Para este experimento se utilizó agua de mar filtrada y desinfectada a 10 partes por mil (ppt) (Tituaña 2024) (Figura 1).

El experimento se llevó a cabo en un periodo de 90 días. Durante los primeros 30 días se realizó la adecuación de la zona del experimento y el ensamble de los sistemas. Del día 31 al 60 se realizó la maduración de los tratamientos. Y, finalmente, entre los días 61 y 90 se llevó a cabo el cultivo y evaluación de crecimiento de *L. vannamei*.

#### Maduración de biofloc

Para la maduración del sistema biofloc se empleó como fuente de carbono melaza y polvillo de arroz, y como fuente de nitrógeno se utilizó el pellet pulverizado de alimento para camarón con 40% de proteína y nitrito de sodio (NaNO<sub>2</sub>), teniendo en cuenta la relación 10:1 C/N importante para una buena calidad de agua (Arciniega 2022). En el experimento solo se usó melaza de acuerdo con los niveles de amonio y nitritos para mantener la calidad de agua en condiciones óptimas (menores a 1 y 0.5 miligramos por litro [mg/L], respectivamente). Además, se adicionó bacterias comerciales nitrificantes (*Nitrosomonas europaea* y *Nitrobacter vulgaris*) de la marca 'ECUBAC nitrificantes' para acelerar el proceso de maduración del biofloc (Tabla 1).

#### Maduración de SRA

En la etapa de maduración se realizó la preparación del medio o sustrato (manguera corrugada). Se adicionó cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) en concentración de 2 mg/L, ayudando al crecimiento y fijación de las bacterias al sustrato (Moreno y Arámbulo 2020). Se añadió NaNO<sub>2</sub> y pellet pulverizado de alimento para camarón con 40% de proteína para propiciar un ambiente adecuado para el crecimiento bacteriano. Posteriormente, se inoculó 10 gramos (g) de bacterias comerciales nitrificantes de la marca 'ECUBAC nitrificantes' en diferentes dosis. Finalmente, se adicionó bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) para ajustar los niveles de alcalinidad (Tabla 2).

#### Cultivo de postlarvas de camarón blanco

Para la siembra se utilizaron 100 postlarvas (PL30)

por sistema de cultivo (500 org/m<sup>2</sup>) y a una salinidad de 10 ppt. Se determinó el peso de los organismos mediante el método gravimétrico, obteniendo un peso inicial de 0.04 - 0.06 gramos. Se realizó un proceso de aclimatación (5 días), un tratamiento profiláctico (aplicación de 0.1 g/L de oxitetraciclina) y un control de calidad de las postlarvas, para evitar enfermedades y mejorar la supervivencia y crecimiento de los organismos durante el experimento. La siembra se realizó cuando los parámetros físico-químicos como nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; mg/L), nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; mg/L), potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), oxígeno disuelto (OD), alcalinidad (mg/L), transparencia (cm) y sólidos sedimentables (mL/L) se encontraron dentro de los rangos óptimos para cultivo de camarón blanco.

#### Análisis y determinación de los parámetros de cultivo

La medición de los parámetros físicos se realizó diariamente. Para la temperatura (C°) y potencial hidrógeno (pH) se utilizó un medidor Thermo Scientific (Expert pH Pocket tester), el oxígeno disuelto (mg/L) fue registrado con un medidor Thermo Scientific (Orion Star A123), la salinidad (ppt) se monitoreó con un refractómetro (Brix ATC). La transparencia se determinó utilizando el disco Secchi (introduciéndolo a los tanques de cultivo y visualizando la distancia a la que el disco deja de ser visible); los sólidos sedimentables se midieron con los conos Imhoff (tomando una muestra de agua de 1 L de cada tratamiento, dejando reposar por 1 hora para cuantificar el volumen de los sólidos sedimentables). Tanto la transparencia como los sólidos sedimentables solo fueron medidos en T1 (Biofloc).

La toma de datos de los compuestos nitrogenados se realizó de forma diaria en el horario de la mañana. Las cantidades de nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; mg/L) y nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; mg/L) fueron medidos por kits de colorimetría marca API.

La concentración de alcalinidad total (CaCO<sub>3</sub>; mg/L) se determinó por el método de titulación, tomando 100 mL de agua de los cultivos en un Erlenmeyer y agregando 25 µL de verde-bromocresol y rojo-metilo. Posteriormente, se realizó la titulación agregando 100 µL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0.02 N (American Public

Tabla 1. Compuestos añadidos por día para la maduración del Biofloc.

Compuestos añadidos (g)	Días					
	1-3	4-6	7-10	11-13	14-20	22-28
Nitrito de sodio	0.49					
Pellet pulverizado	0.8	0.8	0.8	0.8	0.47	0.47
Melaza	1.68	1.68	1.68	1.68	1	1
Polvillo de arroz	0.14	0.14	0.14			
Bacterias nitrificantes	0.13	0.13	0.33	0.33	0.66	

Tabla 2. Compuestos añadidos por día para la maduración del SRA.

Compuestos añadidos (g)	Días					
	1-3	4-6	7	8-13	14-23	24-30
Nitrito de sodio	0.21	0.21				
Cloruro de amonio	0.2	0.2	0.8	0.8		
Bicarbonato de sodio			4			
Pellet pulverizado					0.6	0.6
Bacterias nitrificantes	0.18	1	1	1	1	1

Health Association, American Water Works Association y Federation 1995).

### Alimentación

En los tratamientos, los organismos de *L. vannamei* fueron alimentados con alimento comercial para camarón al 40% de proteína, la cual se suministró 5 veces por día (07:00, 10:00, 13:00, 16:00 y 19:00 horas), a razón del 20% de la biomasa inicial de cultivo (Merchán 2014).

### Parámetros de productividad

La toma de los datos se realizó cada 5 días, tomando como referencia el 20% de la población total; se evaluaron las variables de: peso promedio final en gramos (g), tasa de supervivencia (%), ganancia de peso en gramos (g) y tasa específica de crecimiento porcentualmente (%) (Cruz y Gaxiola 2018).

### Peso promedio final

El peso promedio final en gramos se calculó tomando el promedio de los pesos finales de cada organismo al término del periodo experimental para cada uno de los tratamientos (Arciniega 2022).

### Tasa de supervivencia

Se expresa en forma de porcentaje y se obtiene dividiendo el número final de individuos entre el número de individuos que inicialmente fueron sembrados (Arciniega 2022).

$$\text{Tasa de supervivencia} = \left( \frac{\text{número final de organismos}}{\text{número inicial de organismos}} \right) * 100$$

### Ganancia de peso

Se expresa en gramos y se obtiene haciendo la resta del peso promedio final, menos el peso promedio inicial por sistema (Arciniega 2022).

### Tasa de crecimiento específico

Se trabaja con los pesos promedio y el número de días que dura el experimento (Arciniega 2022).

$$\text{Ganancia de peso} = \frac{\text{peso promedio final}}{\text{peso promedio inicial por tina}}$$

### Ánálisis microbiológico

Los análisis microbiológicos fueron realizados a partir de muestras enviadas al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones marinas (CENAIM), con el objetivo de detectar la presencia/ausencia de bacterias de los géneros *Aeromonas* sp. y *Pseudomonas* sp. Las

muestras fueron recolectadas de cada tratamiento en botellas estériles de 1 L y transportadas al CENAIM donde fueron procesadas utilizando métodos estándar de análisis microbiológico, incluyendo el uso de Glutamate starch phenol red agar (GSP) para el cultivo selectivo y diferencial de las bacterias. Posteriormente, se realizó la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/mL) a diferentes diluciones, hasta llegar a la menor dilución ensayada (límite de detección del método), asegurando la detección de bacterias, incluso en concentraciones muy bajas.

### Análisis estadístico

Para el análisis de datos se usó el software STATISTICA 7. Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks. Luego, se realizó la prueba de Levene para verificar si las varianzas entre grupos son homogéneas. Para comparar dos grupos, los datos que no presentaron una distribución normal se analizaron con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. En el caso de comparar tres o más grupos los datos que no presentaron una distribución normal se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis. En el caso de existir diferencias significativas se realizó la prueba de Dunn's post hoc para identificar que grupo era diferente; en todos los casos con un nivel de significancia de 0.05.

## Resultados

### Parámetros físico-químicos durante la maduración de los sistemas de cultivo

La maduración de los tratamientos abarcó un periodo de 30 días. Los parámetros químicos respecto a los compuestos nitrogenados como nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L) y nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ ; mg/L) y nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ; mg/L).  $n=30$

Tabla 3. Valor promedio y error estándar de los parámetros químicos (compuestos nitrogenados) en etapa de maduración: nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ ; mg/L) y nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ; mg/L).  $n=30$

Tratamiento	NAT (mg/L)	$\text{N-NO}_2^-$ (mg/L)	$\text{N-NO}_3^-$ (mg/L)
T1	2.89±0.63 <sup>a</sup>	0.06±0.02 <sup>a</sup>	30.93±2.31 <sup>a</sup>
T2	3.25±0.69 <sup>a</sup>	0.08±0.02 <sup>a</sup>	23±2.06 <sup>b</sup>

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos.  $p<0.05$ .

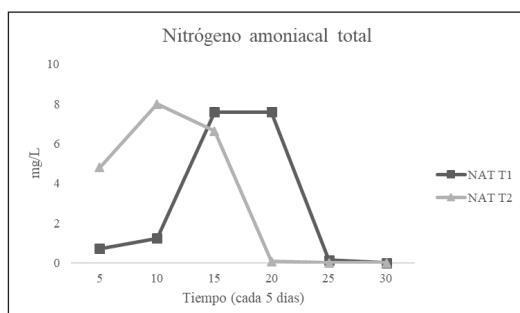


Figura 2. Valores de nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L) en la etapa de maduración de los tratamientos.

mg/L) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3;  $p>0.05$ ), por otra parte, nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ; mg/L) mostraron diferencias significativas (Tabla 3;  $p<0.05$ ). El NAT alcanzó un máximo de 7.6 mg/L en T1 y 8 mg/L en T2, entre los días 10 y 20 (Figura 2), mientras que  $\text{N-NO}_2^-$  se mantuvo por debajo de 1 mg/L durante toda la maduración (Figura 3).  $\text{N-NO}_3^-$  varió significativamente entre tratamientos, con valores de 25.1 y 36 mg/L en T1 y de 14 a 36 mg/L en T2 (Figura 4).

En cuanto a los demás parámetros físicos y químicos, la temperatura y oxígeno disuelto presentaron diferencias significativas. Por otro lado, el pH y la alcalinidad no mostraron diferencias significativas. La presencia de sólidos sedimentables y transparencia al finalizar la maduración estuvieron en valores de  $9.17\pm0.81$  mL/L y  $11.20\pm1.32$  cm, respectivamente.

#### Parámetros físico-químicos durante el cultivo de

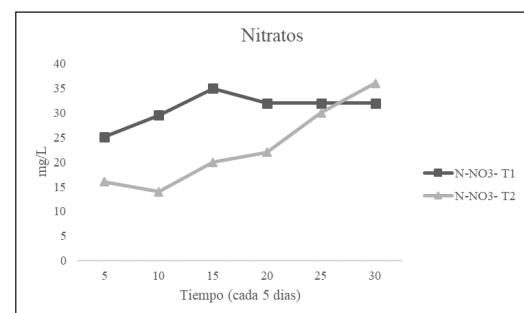


Figura 4. Valores de nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ; mg/L) en la etapa de maduración de los tratamientos.

#### *Litopenaeus vannamei*

En los parámetros químicos respecto a los compuestos nitrogenados como nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), se evidenció diferencias significativas en C, en comparación con T1 y T2. Los niveles de nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ ; mg/L) demostraron diferencias significativas en T1 con respecto a T2, así como entre T2 y C. En los nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ; mg/L) se registraron diferencias significativas en C con respecto a T1 y T2 (Tabla 4;  $p<0.05$ ).

En cuanto al resto de los parámetros físicos y químicos, los valores de pH de C demostraron diferencias significativas con T1 y T2. Los valores de temperatura mostraron diferencias significativas entre T1 y C. En la alcalinidad todos los tratamientos mostraron diferencias significativas. Por último, en el tratamiento con Biolfoc (T1), la presencia de sólidos sedimentables y transparencia al finalizar la etapa de cultivo estuvieron en valores de  $18.46\pm0.26$  mL/L y  $1.8\pm0.15$  cm (Tabla 5;  $p<0.05$ ), respectivamente.

#### Parámetros productivos durante el cultivo de *Litopenaeus vannamei*

La ganancia de peso, el peso promedio final y la supervivencia mostraron diferencias significativas en T1 en comparación con T2 y C ( $p>0.05$ ; Tabla 6). En cuanto a la tasa de crecimiento específica, no existieron diferencias entre los tratamientos y el control. ( $p<0.05$ ; Tabla 6).

El peso promedio semanal de los tratamientos y el control graficados indican que T1 presentó una mejor tendencia de crecimiento respecto a los demás tratamientos, con un promedio final de  $0.57\pm0.05$  g (Figura 5).

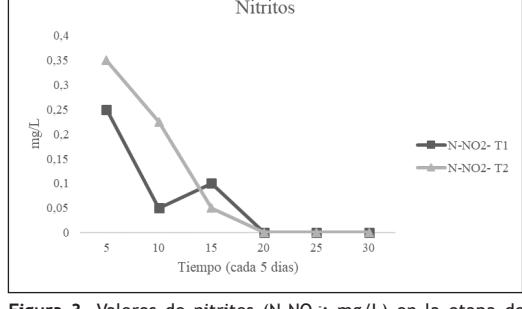


Figura 3. Valores de nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ ; mg/L) en la etapa de maduración de los tratamientos.

Tabla 4. Valor promedio y error estándar de los parámetros físico - químicos en etapa de cultivo: nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ ; mg/L), nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ; mg/L), pH y temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).  $n=30$

Tratamiento	NAT (mg/L)	$\text{N-NO}_2^-$ (mg/L)	$\text{N-NO}_3^-$ (mg/L)	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
C	$0.28\pm0.02^b$	$0.00\pm0.00^a$	$0.00\pm0.00^b$	$7.69\pm0.02^b$	$26.17\pm0.07^b$
T1	$0.03\pm0.01^a$	$0.00\pm0.00^a$	$31\pm1.75^a$	$7.79\pm0.01^a$	$26.46\pm0.07^a$
T2	$0.03\pm0.01^a$	$0.18\pm0.02^b$	$34.17\pm1.40^a$	$7.77\pm0.01^a$	$26.31\pm0.09^a$

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos mediante la prueba de Dunn's post hoc.  $p<0.05$ .

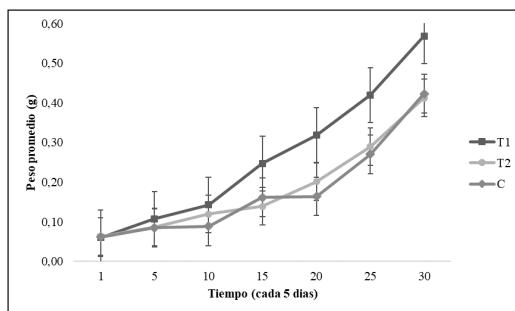


Figura 5. Valores de los pesos promedios y error estándar, para cada uno de los tratamientos (T1 y T2) y el control.

Tabla 5. Valores promedio de Sólidos sedimentables (mL/L) y transparencia (cm) en el tratamiento con Biofloc (T1)

Tratamiento	Sólidos Sedimentables (mL/L)	Transparencia (cm)
T1	18.46±0.26	1.8±0.15

#### Análisis microbiológico

Se obtuvo la presencia de *Pseudomonas sp.* con valores de 20 UFC /mL en T2 y valores de <10 UFC/mL en T1 y C. Se determinó valores en *Aeromonas sp.* de <10 UFC/mL, en base a la menor dilución ensayada (límite de detección del método), en todos los tratamientos y control.

#### Discusión

La etapa de maduración del experimento abarcó un periodo de 30 días en el sistema biofloc (T1) y SRA (T2). En el caso del sistema biofloc, investigadores como (Muñoz 2018), alcanzaron la maduración en 35 días empleando melaza como fuente de carbono; mientras que (Nootong et al. 2011), requirieron entre 42 y 49 días para lograrlo, con el uso de almidón de tapioca. En este contexto, se puede evidenciar que la maduración de este experimento se logró, incluso, en menor tiempo que todos los mencionados. Esto puede estar relacionado con el empleo de la melaza, ya que (Collazos-Lasso et al. 2023), indican que la adición de melaza como fuente de carbono en los sistemas biofloc (T1) favorece el crecimiento de bacterias, sobre todo nitrificantes, aumentando la oxidación a nitrato y, por ende, una maduración más rápida.

En el caso de los SRA, (Integral Aquaculture Consulting

2023), indica que el proceso de maduración del biofiltro toma aproximadamente entre 42 y 56 días bajo condiciones normales. Incluso, se han registrado experimentos con 70 días de maduración, como en el caso de (Rejish et al. 2010). Por otro lado, (Pardo y Tuñón 2020), reportan que la maduración del biofiltro abarca un tiempo de 35 días con la adición constante de bacterias nitrificantes comerciales. Sin embargo, se puede destacar que la maduración en este experimento se logró en un menor tiempo comparado con todos los mencionados anteriormente. Esto se puede relacionar a la adición de bacterias nitrificantes comerciales, debido a que, (Colt et al. 2006), indican que estas pueden reducir el tiempo necesario para que el biofiltro alcance la funcionalidad óptima.

Los compuestos físico-químicos en la etapa de maduración como pH, temperatura, oxígeno disuelto y alcalinidad en todos los tratamientos, así como la transparencia y sólidos sedimentables en T1, alcanzaron al final de la etapa experimental los rangos óptimos para cultivos de larvas de camarón blanco, según (Thakur et al. 2018), (Meyer 2004), (Samocha y Prangnell 2019) y (Gurdian y Valverde 2010).

En la etapa de cultivo de *L. vannamei* se obtuvieron diferencias significativas de NAT y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en C en comparación con T1 y T2, y de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> en T2 respecto a T1 y C. (Guzmán-Luna et al. 2021), explican que en los cultivos tradicionales (Control), al no contar con grupos microbianos, tienen una tasa de recambio diaria entre 20 y 50% del volumen del tanque debido a la acumulación de NAT y N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, que deben ser eliminados. Con lo anteriormente mencionado, es posible que los resultados sean reflejo de las tasas de recambio de agua en el control. Los valores de los compuestos nitrogenados, en los tratamientos y el control, se encontraron dentro de los rangos establecidos como aceptables para el cultivo de camarón blanco, según (Escobar et al. 2021).

En la etapa de cultivo de *L. vannamei*, se observó que los parámetros físico-químicos como pH, temperatura y alcalinidad en todos los tratamientos, junto con la transparencia y sólidos sedimentables para T1, se mantuvieron dentro de los límites óptimos establecidos para cultivos de larvas de camarón blanco, según (Carvajal-Toral 2014), (Miranda-Baeza et al. 2020), (Machuca y Rodríguez 2022) y (Hernández 2016).

Tabla 6. Valor promedio y error estándar de los parámetros productivos del experimento; peso promedio final (g), ganancia de peso (g), tasa de crecimiento específica (%) y supervivencia (%). n= 100 por unidad experimental.

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos mediante la prueba de Dunn's post hoc. p<0.05.

Tratamiento	Peso Final (g)	Promedio	Ganancia de Peso (g)	Tasa de Crecimiento Específica (%)	Supervivencia (%)
C	0.42±0.03 <sup>a</sup>	26.14±0.01 <sup>a</sup>	5.57±1.11 <sup>a</sup>	77±0.04 <sup>a</sup>	
T1	0.57±0.05 <sup>b</sup>	33.02±0.02 <sup>b</sup>	6.26±1.51 <sup>a</sup>	92±0.03 <sup>b</sup>	
T2	0.41±0.02 <sup>a</sup>	26.07±0.01 <sup>a</sup>	5.51±0.49 <sup>a</sup>	81±0.04 <sup>a</sup>	

Los parámetros productivos como peso promedio final, ganancia de peso y supervivencia mostraron diferencias significativas en T1 en referencia con T2 y C, a diferencia del TCE donde no hubo diferencias entre los tratamientos. (Cabrera y Lara 2014), compararon el crecimiento de *L. vannamei* aplicando alimento comercial más biofloc (T1) y alimento comercial sin biofloc (T2); obteniendo diferencias significativas en peso promedio (1.0063 g) y sobrevida (93.3%) en T1. Monzón en el 2017 evaluó la ganancia de peso de camarón blanco entre cultivo biofloc y sistemas de cultivo relacionados con el uso de bacterias que convierten NAT en nitrato eficientemente, al final no obtuvo diferencias significativas entre los sistemas, sin embargo obtuvo valores más altos en el biofloc. Para el TCE, (Calvo 2023), obtuvo valores superiores al 8% en cultivo de camarón blanco, siendo estos valores cercanos a los obtenidos en este experimento. En este contexto, los resultados de estos parámetros se pueden atribuir a diversos factores como el aporte nutricional de los flóculos, ya que (Kuhn et al. 2009), determinaron que estos aumentan significativamente el crecimiento de *L. vannamei*. La presencia de los flóculos también se puede asociar con un manejo eficiente de la calidad del agua, que de acuerdo con (Gálvez et al. 2022), estos están formados por materia orgánica y comunidades bacterianas .

El análisis microbiológico reveló la presencia de *Pseudomonas sp.* en T2 con un valor de 20 UFC/mL, y valores de <10 UFC/mL en T1 y C. (Michaud 2007) determinó las comunidades bacterianas en SRA y destacó el género *Pseudomonas sp.* como el más abundante, específicamente *Pseudomonas stutzeri*, lo cual es reforzado por (Bentzon-Tilia et al. 2016), indicando que *Pseudomonas sp.*, es la especie más común en las biopelículas de los biofiltros, aportando en la maduración o procesos de nitrificación. . En los biofloc también se puede encontrar este género, ya que (Monroy-Dosta et al. 2013), identificaron en la cuarta semana de experimento la presencia de *Pseudomonas sp.*; tal cual como lo ratifica (Diggle y Whiteley 2020), quienes argumentan que este género incluye varias especies en este tipo de sistemas. (Paredes et al. 2018), estudiaron las comunidades bacterianas dentro de un ciclo larvario en cultivos tradicionales, identificando la presencia de este género en el agua de cultivo con valores de 10<sup>4</sup> UFC/mL. Según todo lo argumentado, es posible que los valores de *Pseudomonas sp.* encontrados en este experimento no representen un riesgo significativo, independientemente de si las especies son beneficiosas o patógenas.

En el apartado de *Aeromonas sp.*, se obtuvo valores de <10 UFC/mL en todos los tratamientos. (Sierralta 2019), realizó una caracterización molecular en un biofloc, entre las bacterias halladas se encontraba *Aeromonas caviae*; así como (Monroy-Dosta et al. 2013), al realizar una caracterización microbiana obtuvieron *Aeromonas sp.* en la tercera semana de maduración. (Littler 2007), realizó un estudio en SRA con tres tratamientos (flujo continuo, 80 y

90% de reutilización de agua), en este experimento reportó la presencia de *Aeromonas sp.* en todos los tratamientos. Así mismo, (Álvarez et al. 2000), realizaron un aislamiento y conteo microbiano en un cultivo tradicional de *L. vannamei* y encontraron *Aeromonas sp.* en el medio. En este experimento *Aeromonas sp.* se encontró por debajo de los rangos detectables (<10 UFC/mL), y que de acuerdo a los autores anteriormente descritos, estos valores estarían adecuados en un sistema acuícola para evitar enfermedades a partir de concentraciones altas de este tipo de bacterias..

## Conclusiones

Se implementó de manera exitosa tanto el sistema de recirculación como el sistema biofloc en un tiempo de 30 días.

La evaluación de los efectos de los parámetros físico-químicos en los sistemas para el cultivo de *L. vannamei*, se mantuvieron dentro de los rangos adecuados durante todo el periodo de estudio.

En lo que se refiere a los parámetros zootécnicos del cultivo de camarón blanco, se destaca que el mejor tratamiento fue el sistema biofloc (T1).

## Recomendaciones

Implementar la metodología descrita en este experimento en mayor tiempo y en otras fases de *Litopenaeus vannamei* para confirmar sus efectos.

Realizar la identificación microbiana presente en los tratamientos con los métodos pertinentes.

Considerar la viabilidad de contar con diferentes entornos para la realización de futuros trabajos, incluyendo instalaciones domésticas adecuadas, en caso de que surjan problemas que afecten directamente el desarrollo del experimento.

## Referencias

- Acuña, Ana. 2015. *Evaluación de dos sustratos en la dinámica del biofloc en la Cria de post - larvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) en tanques Raceways*. <http://sired.udnar.edu.co/id/eprint/8778>.
- Álvarez, Julia, Brian Austin, Ana Álvarez, y Claudia Agurto. 2000. *Especies de Vibrio y Aeromonas aisladas del intestino de camarones marinos sanos silvestres y cultivados en Venezuela*. [http://www.sian.inia.gob.ve/revistas\\_ci/VeterinariaTropical/vt2501/texto/jalvarez.htm](http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/VeterinariaTropical/vt2501/texto/jalvarez.htm).
- Aly, Walid, y Khaled Abouefadl. 2020. «Impact of low-level water pollution on some biological aspects of redbelly tilapia (*Coptodon zillii*) in River Nile, Egypt.» *Egyptian Journal of Aquatic Research*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.001>.
- American Public Health Association, American Water Works Association, y W.E. Federation. 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. <https://cmc.marmot.org/Record/b28979734>.
- Anderson, James, Diego Valderrama, y Darryl Jory. 2020. *Revisión de la producción mundial de camarones*. <https://www.globalseafood.org/advocate/goal-2019-revision-de-la-produccion-mundial-de-camarones/>.
- Arciniega , Sagario. 2022. *Evaluación del requerimiento*

- proteico en juveniles de *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en cultivo de biofloc y agua clara. [https://tesunam.dgb.unam.mx/F?func=direct&current\\_base=TES01&doc\\_number=000821671](https://tesunam.dgb.unam.mx/F?func=direct&current_base=TES01&doc_number=000821671).
- Bentzon-Tilia, M., E. Sonnenschein, y L. Gram. 2016. *Monitoring and managing microbes in aquaculture - Towards a sustainable industry*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4993175/>.
- Cabrera, Stanley, y Silvio Lara. 2014. *Comparación del crecimiento de post-larvas de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*, sometidas a dos condiciones experimentales: una alimentada con alimento comercial más biofloc y la otra sin biofloc*. <http://riul.unanleon.edu.ac.cr/8080/jspui/handle/123456789/3183>.
- Calvo, Elman. 2023. *Cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*, BONNE 1931) en jaulas flotantes como alternativa productiva para el sector pesquero artesanal del Golfo De Nicoya, Costa Rica*. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/25888>.
- Cámara Nacional de Acuacultura. 2023. *Camarón - Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales*. <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>.
- Carvajal-Toral, Luis. 2014. *pH en estanques de camarón*. <https://www.balnova.com/ph-en-estanques-de-camaron/>.
- Collazos-Lasso, L.F., M. Ueno-Fukura, Y. Jiménez-Moreno, L. Suárez-Contento, y E. Aya-Baquero. 2023. *Establecimiento de biofloc a tres relaciones carbono/nitrógeno, tendiente a la producción de zooplancton*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-29522022000300281](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-29522022000300281).
- Colt, John, Jonathan Lamoureux, Richard Patterson, y Gary Rogers. 2006. *Reporting standards for biofilter performance studies.* *Aquacultural Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.002>.
- Cruz, Sergio, y Martha Gaxiola. 2018. *Determinación del nivel óptimo de inclusión de proteína en postlarvas de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) cultivados en biofloc y agua clara*. <http://hdl.handle.net/20.500.14330/TE01000771623>.
- Diggle, Stephen, y Marvin Whiteley. 2020. *«Microbe Profile: Pseudomonas aeruginosa: opportunistic pathogen and lab rat.» National Library of Medicine*. doi:[10.1099/mic.0.000860](https://doi.org/10.1099/mic.0.000860).
- Escobar, Dayanna, Carolina Nieto, y Francisca Burgos. 2021. *Efectos de nitrato en *Penaeus Vannamei* cultivados en aguas de baja salinidad*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51441>.
- Gálvez, Linet, María Julián, y Luis Ramos. 2022. *El Biofloc en la acuicultura*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612022000200136](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200136).
- Guerrero-Olazarán, Martha, Eddy Cab-Barrera, Luis Galán-Wong, y José Viader-Salvadó. 2019. *Biología de Proteínas Recombinantes para la Aplicación en Acuacultura*. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/209>.
- Gurdian, Dervin, y Meyling Valverde. 2010. *Efectos de tres dietas comerciales sobre el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* en la etapa de juveniles en condiciones experimentales*. <http://riul.unanleon.edu.ac.cr/8080/jspui/handle/123456789/3047>.
- Gutierrez, Luz, y Laura Mesa. 2021. *Evaluación de la eficiencia de un sistema de acuaponía por biofiltración en el sistema RAS*. <http://hdl.handle.net/10567/3185>.
- Gutierrez-Wing, María, y Ronald Malone. 2006. *«Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications.» ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.003>.
- Guzmán-Luna, P., P.W. Gerbens-Leenes, y S.D. Vaca-Jiménez. 2021. *«The water, energy, and land footprint of tilapia aquaculture in mexico, a comparison of the footprints of fish and meat.» ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.1749-7345.2011.00472.x>.
- Bohorquez, Andrea. 2020. *resconrec.2020.105224*.
- Hernández, José. 2016. *Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado*. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/505>.
- Honores, Erick, y Lenin Avila. 2023. *Acuicultura multitrófica integrada (imta) aplicada al cultivo de especies de interés acuícola en un sistema híbrido (zwd-raz-symbiotic)*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/21930>.
- Integral Aquaculture Consulting. 2023. *Informe técnico de la producción del sistema acuapónico en la zona piloto de Huacho*. <https://hdl.handle.net/20.500.14150/2432>.
- Jaime-Cevallos, Barbarito, Roberto Cerecedo, Humberto Villareal, José Galindo López, y Lourdes Pérez-Jar. 2007. *«Uso de la harina de Spirulina platensis como atractante en el alimento para el camarón *Litopenaeus schmitti*.» SciELO*. doi:[0188-8897](https://doi.org/0188-8897).
- Kuhn, David, Gregory Boardman, Addison Lawrence, Lori Marsh, y George Flick Jr. 2009. *«Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed.» ScienceDirect* 8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqua.2009.07.025>.
- Machuca, Cristian, y Jorge Rodríguez. 2022. *Crecimiento de chame ( *dormitator latifrons* r.) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/d4fdcc77c-602c-4f9e-8612-eac2fd02b56>.
- Merchán, Liliana. 2014. *Dinámica del biofloc en cultivo intensivo de post- larva del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un sistema de raceways, Taura - 2013*. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1872>.
- Meyer, Daniel. 2004. *Introducción a la Acuacultura*. <https://bdigital.zamorano.edu/items/b0337c95-0eac-4c71-ae9c-79aa5d994da3>.
- Michaud, Luigi. 2007. *Microbial communities of recirculating aquaculture facilities: interaction between heterotrophic and autotrophic bacteria and the system itself*. <https://www.unime.it/>.
- Miranda-Baeza, Anselmo, José Huerta-Rábago, y Jesús Lizárraga-Armenta. 2020. *«Cultivo intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con tecnología de biofloc (BFT).» ResearchGate*. doi:<https://doi.org/10.4236/race.202010109561784>.
- Monroy-Dosta, María, Ramón Lara-Andrade, Jorge Castro-Mejía, Germán Castro-Mejía, y Mauricio Coelho-Emerenciano. 2013. *«Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia.» Revista de biología marina y oceanografía*. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000300009>.
- Monzón, Andrea. 2017. *Evaluación del crecimiento del camarón blanco, comparando los sistemas de cultivo biofloc y nitrificante en la finca Ixtán, Champerico, Retalhuleu, Guatemala*. <https://catalogosiiidca.csuca.org/Record/USAC.610641>.
- Moreno, Shirley, y Víctor Arámbulo. 2020. *Diseño de un protocolo efectivo para la maduración y manejo de biofiltros para sistemas de recirculación en acuicultura en CENAIM*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/505681>.
- Muñoz, Vladimir. 2018. *Contribución del biofloc inoculado con diferentes probiótico sobre el crecimiento y niveles de actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus* Var SPRING)*. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/2057>.
- Nootong, Kasidit, Prasert Pasavant, y Sorawit Powtongsook. 2011. *«Effects of Organic Carbon Addition in Controlling Inorganic Nitrogen Concentrations in a Biofloc System.» Journal of the World Aquaculture Society*. doi:[10.1111/j.1749-7345.2011.00472.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00472.x).
- Pardo, Henry, y Karol Tufiño. 2020. *Evaluación de GnRH análoga de salmón en la maduración gonadal de peces*.

- adultos de *Cichlasoma festae* en la Hacienda El Prado.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22057>.
- Paredes, Verónica, Josué Herrera, Bonny Bayot, y M. Sotomayor. 2018. *Comportamiento de las principales comunidades bacterianas durante un ciclo de cultivo larvario de Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/45474?mode=full>.
- Pimentel, Ricardo. 2022. *Acuacultura con tilapia nilótica*. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/887ab77d-bab1-4514-9e3b-424b9a09df34/250443.pdf>.
- Rejish, Kumar V.J., Joseph Valsamma, Philip Rosamma, y Singh Bright. 2010. «Nitrification in brackish water recirculating aquaculture system integrated with activated packed bed bioreactor.» *Water Science & Technology*. doi:10.2166/wst.2010.849.
- Samocha, T., y D. Prangnell. 2019. *Sustainable Biofloc Systems for Marine Shrimp. Water Quality Management*. Elsevier Science & Technology. doi:10.1016/B978-0-12-818040-2.00007-1.
- Sánchez, María, Valeria Rabell, Priscila Flores, y Genaro Soto. 2023. *Tecnologías para optimizar el agua en la acuicultura*. <https://nthe.mx/detalleArt.php?id=235>.
- Sierralta, Verónica. 2019. *Caracterización molecular de bacterias patógenas causantes de enfermedades en cultivo de tilapia Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) en un sistema intensivo en el departamento de Lima*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/ab93dd49-206c-4ac4-ae7d-b7f5de3f3f79>.
- Thakur, Krishna, Thitiwan Patanasatienkul, Emilie Laurin, Raphael Vanderstichel, Flavio Corsin, y Larry Hammell. 2018. «Production characteristics of intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in four Vietnam Provinces.» *Aquaculture Research*. doi:10.1111/are.13720.
- Tidwell, James. 2012. *Aquaculture Production Systems*. World Aquaculture Society.
- Timmons, Michael, y James Ebeling. 2007. *Recirculating Aquaculture*. Cayuga Aqua Ventures.
- Tituaña, Jennifer. 2024. *Optimización del proceso de potabilización de agua en la PTAP "Chinchinloma", parroquia de Cusubamba : Optimización del proceso de filtración y de desinfección*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25586>.

## Estrategias agroecológicas basadas en indicadores de sostenibilidad para fincas rurales, comunidad río Mariano, San Isidro, Manabí.

Agroecological strategies based on sustainable indicators for rural farms, río Mariano community, San Isidro, Manabí.

**José Gerardo Cedeño Zambrano<sup>1</sup>, Holanda Teresa Vivas Saltos<sup>2</sup>, José Randy Cedeño Zambrano<sup>3</sup>, John Estalin Gaón Rojas<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Dirección de Posgrado, Quevedo, Ecuador

<sup>2</sup> Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Carrera de Ingeniería Ambiental, Calceta, Ecuador

<sup>3</sup> Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Extensión El Carmen, Ecuador

<sup>4</sup> Investigador independiente, Calceta, Ecuador

Recibido 10 febrero 2025, recibido en forma revisada 10 abril 2025, aceptado 10 de mayo 2025, en línea 2 de junio 2025.

### Resumen

La presente investigación se realizó en seis de las 21 fincas de la comunidad Rio Mariano, abarcando un total de 126 hectáreas, equivalente al 36% de la superficie comunitaria. El objetivo fue evaluar el nivel de sostenibilidad con el fin de diseñar estrategias agroecológicas adecuadas para estas unidades productivas. Se realizó un diagnóstico inicial que permitió caracterizar el área de estudio. Posteriormente, se analizaron indicadores de sostenibilidad ambiental, social y económica mediante criterios de ponderación, lo que facilitó determinar el nivel de sostenibilidad general de las unidades productivas. Los resultados revelaron que la actividad económica predominante es la agricultura, seguida por la ganadería, siendo el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) el más frecuente, presente en el 83.33% de las fincas. A partir de la evaluación de los índices económico, social y ambiental, se determinó que tres de las seis fincas superaron el umbral mínimo del Índice de Sostenibilidad General (ISGen > 2). No obstante, solo una de ellas alcanzó valores superiores al umbral en las tres dimensiones, lo que permite considerarla verdaderamente sostenible. Por consiguiente, mediante el diagrama AMEBA se evidenció que todas las fincas presentan debilidades en el manejo de la biodiversidad temporal y espacial, así como otras deficiencias en las distintas dimensiones evaluadas. En función de estos hallazgos, se propusieron estrategias agroecológicas orientadas a fortalecer los indicadores con menor nivel de sostenibilidad, orientadas a fortalecer los componentes más vulnerables y promover un manejo sostenible e integral de las fincas.

**Palabras clave:** Índice, diversificación, dimensión, agroecología, deficiencias

### Abstract

This research was carried out on six of the 21 farms in the Rio Mariano community, covering a total of 126 hectares, equivalent to 36% of the community's surface area. The objective was to evaluate the level of sustainability in order to design appropriate agroecological strategies for these productive units. An initial diagnosis was carried out to characterise the study area. Subsequently, environmental, social and economic sustainability indicators were analysed using weighting criteria, which made it possible to determine the overall level of sustainability of the production units. The results revealed that the predominant economic activity is agriculture, followed by livestock, with cocoa (*Theobroma cacao* L.) being the most frequent crop, present in 83.33% of the farms. From the evaluation of the economic, social and environmental indices, it was determined that three of the six farms exceeded the minimum threshold of the General Sustainability Index (ISGen > 2). However, only one farm achieved values above the threshold in all three dimensions, which allows it to be considered truly sustainable. Consequently, the AMEBA diagram showed that all the farms had weaknesses in the management of temporal and spatial biodiversity, as well as other deficiencies in the different dimensions evaluated. Based on these findings, agroecological strategies were proposed to strengthen the indicators with the lowest level of sustainability, aimed at strengthening the most vulnerable components and promoting sustainable and integrated farm management.

**Keywords:** Index, Diversification, Dimension, Agroecology, Gaps

\* Correspondencia del autor:

E-mail: gerceza@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

## Introducción

La agroecología es un campo emergente que integra conocimientos de diversas disciplinas para diseñar y gestionar agroecosistemas sostenibles (Sarandón, 2021). Este enfoque aplica principios ecológicos al análisis de los procesos agrícolas, considerando a los agrosistemas como unidades holísticas que funcionan en interacción con factores físicos, biológicos y socioeconómicos (Cuesta, 2024).

Su implementación se orienta a comunidades rurales, organizaciones campesinas y pequeños productores, Según Espinoza et al. (2022) en América Latina, la agroecología ha surgido como una narrativa agroalimentaria glotopolítica, con un análisis semántico que revela su complejidad sistémica en todas las regiones y países.

Además de su valor técnico y social, la agroecología contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 2 (Hambre Cero) y el ODS 13 (Acción por el Clima), promoviendo la seguridad alimentaria, una mejor nutrición y la diversificación agrícola sostenible (Céspedes y Vargas, 2021).

Las diversas condiciones naturales de Ecuador favorecen una agricultura sostenible y diversificada, contribuyendo significativamente a la economía del país y al empleo rural (Pérez, 2025). La agricultura

representa alrededor del 10% del PIB de Ecuador y emplea a más de dos tercios de la población rural económicamente activa (Toledo et al., 2023).

En este contexto, la región Costa, y particularmente la provincia de Manabí, destaca por contar con la mayor superficie dedicada a la producción agropecuaria (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2021), apoyada por tierras fériles y una población trabajadora (Pinargote et al., 2019).

No obstante, para Aguiar et al. (2024) el desarrollo agropecuario de la región ha sido influenciado por procesos de modernización que han promovido el uso intensivo de semillas mejoradas, pesticidas y fertilizantes químicos, lo que según Macías y Sevilla (2021) generan dependencia de insumos externos y afectando la sostenibilidad ambiental.

A ello se suma el deterioro de los recursos hídricos, los procesos de desertificación, la deforestación y la mala gestión del suelo (Martínez et al., 2021). Frente a este panorama, los pequeños productores juegan un rol clave, ya que desarrollan prácticas agrícolas diversificadas que contribuyen a la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas (Aguiar et al., 2024).

Por ello, resulta fundamental evaluar la sostenibilidad de los sistemas productivos, no solo para conocer su estado actual, sino para proponer mejoras orientadas

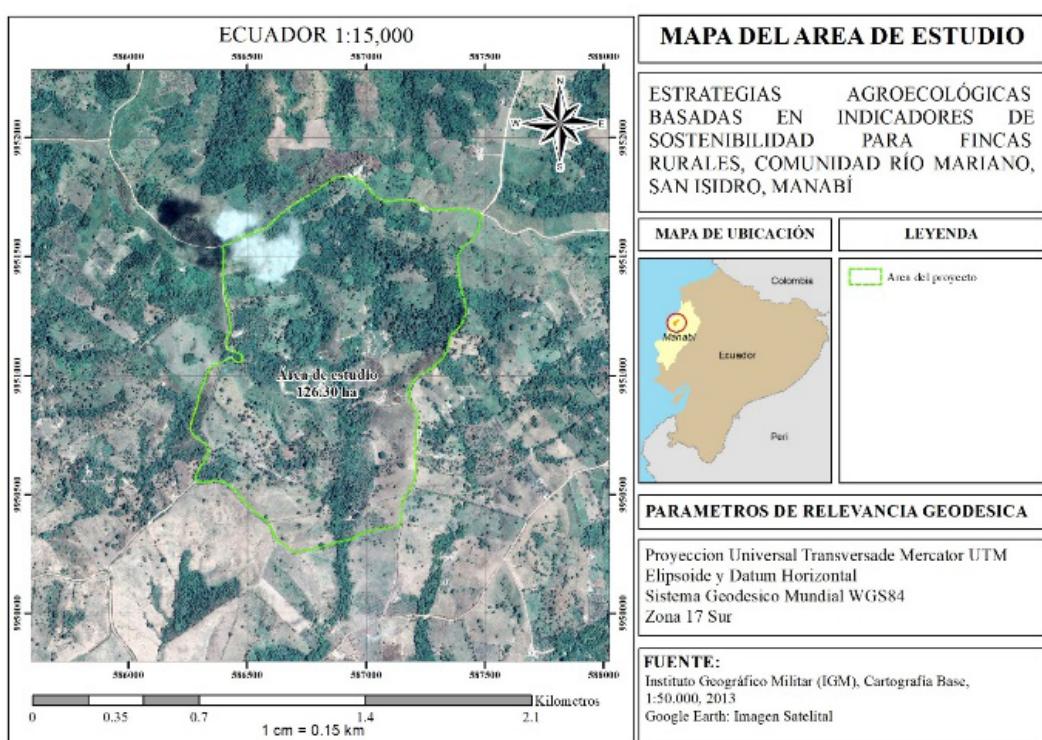


Figura 1. Área de estudio. Comunidad Río Mariano, San Isidro Manabí

al futuro (Carreño y Benavídez, 2021). Esta evaluación se realiza mediante indicadores construidos de forma participativa, que reflejan la integración de las dimensiones social, ambiental y económica (Vizuete, 2024).

Desde esta perspectiva, la presente investigación evalúa los indicadores de sostenibilidad para el diseño de estrategias agroecológicas en fincas ubicadas en la comunidad Río Mariano, parroquia San Isidro, provincia de Manabí (Figura 1).

## Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en la comunidad Río Mariano de la parroquia San Isidro ubicado geográficamente en el cantón Sucre, provincia de Manabí.

El área de estudio incluyó seis fincas seleccionadas intencionalmente en un radio vial de 126 hectáreas, durante tres meses. Se utilizó un diseño no experimental de enfoque mixto, que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas, como entrevistas semiestructuradas, encuestas, observación directa y herramientas de diagnóstico participativo.

### Diagnóstico de las fincas de la comunidad Río Mariano

Se realizaron visitas de campo a las fincas, donde se emplearon encuestas semiestructuradas, observación directa y registro de actividades, lo que permitió obtener información tanto cuantitativa como cualitativa. Este proceso se centró en comprender la dinámica de las fincas y las relaciones socioeconómicas de sus habitantes.

### Evaluación los indicadores de sostenibilidad de los sistemas agro-productivos de las fincas para proponer estrategias agroecológicas

Para calcular el índice de sostenibilidad de las tres dimensiones económica, ambiental y social, se realizó la suma algebraica de cada uno de los indicadores seleccionados, multiplicándose por un coeficiente otorgado (ponderación), considerando la importancia y el peso que tiene dicho indicador dentro de la evaluación de sostenibilidad (García et al., 2017 citado por Pino, 2021). Las ecuaciones y la ponderación para la evaluación de la sostenibilidad se la tomaron de (Sarandón et al. 2006 citado por Hasang et al., 2021), seguidamente se aplicó la ecuación 1 y las ponderaciones de los indicadores expuestos en la tabla 1, para evaluar si los sistemas son económicamente viables.:

$$IEcon = \frac{2 \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) + B + \left( \frac{C_1 + C_2 + 2C_3}{4} \right)}{4} \quad [Ecuación \ 1]$$

Donde:

A1: Diversificación de la producción.

A2: Superficie de producción de autoconsumo (superficie de autoconsumo (has)/ integrantes de la

Tabla 1. Indicadores de la dimensión económica

Variable	Ponderación	Descripción
<b>A- Autosuficiencia alimentaria</b>		
A1	4	más de 9 productos
	3	de 7 a 9 productos
	2	de 5 a 3 productos
	1	De 3 a 2 productos
	0	Menos de 2 productos
A2	4	más de 1 ha
	3	1 a 0,5 ha
	2	0,5 a 0,3 ha
	1	0,3 a 0,1 ha
	0	<= 0.1 ha
<b>B- Ingreso neto mensual por grupo: El sistema es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar</b>		
B	4	Más de 300 dólares
	3	300 - 250 dólares
	2	250 - 200 dólares
	1	200 - 100 dólares
	0	< 100 dólares
<b>C- Riesgo económico: Un sistema será sustentable si minimiza el riesgo económico, asegurando la estabilidad en la producción para las futuras generaciones</b>		
C1	4	6 o más productos
	3	5 a 4 productos
	2	3 productos
	1	2 productos
	0	1 producto
C2	4	5 o más canales
	3	4 canales
	2	3 canales
	1	2 canales
	0	1 canal
C3	4	0 - 20 % de insumos externos
	3	20 - 40 % de insumos externos
	2	40 - 60 % de insumos externos
	1	60 - 80 % de insumos externos
	0	80 - 100 % de insumos externos

Fuente: Sarandón et al. (2006)

familia).

B: Ingreso neto mensual por grupo.

C1: Diversificación para la venta.

C2: Número de vías de comercialización

C3: Dependencia de insumos externos

El denominador (4) es la suma de los valores de los factores de ponderación.

Para evaluar la sostenibilidad del componente ambiental, se aplicó la ecuación 2 junto con las ponderaciones establecidas en la tabla 2.

$$IAmb = \frac{\left( \frac{A_1+A_2+A_3}{3} \right) + \left( \frac{2B_1+2B_2+2B_3}{5} \right) B + 2 \left( \frac{C_1+C_2}{2} \right)}{3} \quad [Ecuación 2]$$

Donde:

A1: Manejo de la cobertura vegetal.

A2: Rotaciones de cultivos.

A3: Diversificación de cultivos

B1: Pendiente predominante

B2: Cobertura vegetal

B3: Orientación de los surcos

C1: Biodiversidad temporal.

C2: Biodiversidad espacial

El denominador (3) es la suma de los valores de los factores de ponderación.

Para evaluar la sostenibilidad del componente social, se aplicó la ecuación 3 junto con las ponderaciones establecidas en la tabla 3.

$$ISoc = \frac{2 \left( \frac{A_1+2A_2+2A_3+2A_4}{7} \right) + 2B + C + D}{5} \quad [Ecuación 3]$$

Donde:

A1: Vivienda

A2: Acceso a la educación

A3: Acceso a salud y cobertura sanitaria

A4: Servicios

B: Aceptabilidad del sistema de producción

C: Integración social

D: Conocimiento y Conciencia Ecológica.

El denominador (5) es la suma de los valores de los factores de ponderación.

El valor umbral mínimo para que una finca se considere sostenible, es igual o mayor que el valor medio de la escala (2); caso contrario, si el índice de sostenibilidad general (ISGen) no llega a alcanzar dicho valor, se considera que la finca o predio no es sostenible. Además, se consideró que ninguna de las tres dimensiones debía tener un valor menor a 2 Sarandón et al. (2006) citado por Hasang et al. (2021). Posteriormente, para determinar el grado de sostenibilidad de las fincas, se utilizó la ecuación 4, en la cual el ISGen corresponde al promedio de los índices de las tres dimensiones:

$$ISGen = \frac{IEcon+IAmb+ISoc}{3} \quad [Ecuación 4]$$

Los resultados de la evaluación de la sostenibilidad fueron representados mediante el gráfico AMEBA, el cual integra los indicadores de sostenibilidad en

Tabla 2. Indicadores de la dimensión Ambiental

Variable	Ponderación	Descripción
A- Conservación de la vida del suelo. Un sistema es sustentable si las prácticas mantienen o mejoran la vida en el suelo		
A1	4	100% de cobertura
	3	99 a 75 %
	2	75 a 50 %
	1	50 a 25 %
	0	< 25 %.
A2	4	Rota los cultivos todos los años. Deja descansar un año el lote, incorpora leguminosas o abonos verdes
	3	Rota todos los años. No deja descansar el suelo;
	2	Rota cada 2 o 3 años
	1	Realiza rotaciones eventualmente
	0	No realiza rotaciones
A3	4	Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones de cultivos y con vegetación natural
	3	Alta diversificación de cultivos, con asociación media entre ellos
	2	Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos
	1	Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones
	0	Monocultivo.
B-Riesgo de erosión. Un sistema es sustentable si logra minimizar o evitar la pérdida de suelo debido a la erosión (en este caso, hidrática)		
B1	4	del 0 al 5 %
	3	del 5 al 15 %
	2	del 15 al 30 %
	1	del 30 al 45 %
	0	mayor al 45 %
B2	4	100% de cobertura
	3	99 a 75 %
	2	74 a 50 %
	1	49 a 25 %
	0	24 a 0 %
B3	4	Curvas de nivel o terrazas
	3	Surcos perpendiculares a la pendiente
	2	Surcos orientados 60° con respecto a la pendiente
	1	: Surcos orientados 30° con respecto a la pendiente
	0	Surcos paralelos a la pendiente. A ésta, se le otorgó el doble de peso que a las otras variables
C- Manejo de la Biodiversidad. La biodiversidad es importante para la regulación del sistema ya que, entre otras funciones, proporciona hábitat y nichos ecológicos para los enemigos naturales.		
C1	4	Rota todos los años. Deja descansar un año el potrero o incorpora leguminosas o abonos verdes
	3	Rota todos los años. No deja descansar el suelo
	2	Rota cada 2 o 3 años;
	1	Realiza rotaciones eventualmente
	0	No realiza rotaciones
C2	4	Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones entre ellos y con vegetación natural
	3	Alta diversificación de cultivos, con media asociación entre ellos
	2	Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos
	1	Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones
	0	Monocultivo.

Fuente: Sarandón et al. (2006)

**Tabla 3. Indicadores de la dimensión Social**

Variable	Ponderación	Descripción
A-Satisfacción de las necesidades básicas. Un sistema sustentable es aquél en el cual los agricultores tienen aseguradas sus necesidades básicas		
A1	4	De material terminada. Muy buena
	3	De material terminada. Buena
	2	Regular. Sin terminar o deteriorada.
	1	Mala. Sin terminar, deteriorada, piso de tierra
	0	Muy mala.
A2	4	Acceso a educación superior y/ o cursos de capacitación
	3	Acceso a escuela secundaria
	2	Acceso a la escuela primaria y secundaria con restricciones
	1	Acceso a la escuela primaria
	0	Sin acceso a la educación
A3	4	Centro sanitario con médicos permanentes e infraestructura adecuada
	3	Centro sanitario con personal temporal medianamente equipado
	2	Centro sanitario mal equipado y personal temporal
	1	Centro sanitario mal equipado y sin personal idóneo
	0	Sin centro sanitario
A4	4	Instalación completa de agua, luz y teléfono cercano
	3	Instalación de agua y luz
	2	Instalación de luz y agua de pozo
	1	Sin instalación de luz y agua de pozo cercano
	0	Sin luz y sin fuente de agua cercana
B- Aceptabilidad del sistema de producción. La satisfacción del productor está directamente relacionada con el grado de aceptación del sistema productivo		
B	4	Está muy contento con lo que hace. No haría otra actividad, aunque ésta le reporte más ingresos
	3	Está contento, pero antes le iba mucho mejor
	2	No está del todo satisfecho. Se queda porque es lo único que sabe hacer
	1	Poco satisfecho con esta forma de vida. Anhela vivir en la ciudad y ocuparse de otra actividad
	0	Está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más. Está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la producción.
Integración social. Se evaluó la relación con otros miembros de la comunidad		
C	4	Muy alta
	3	Alta
	2	Media
	1	Baja
	0	Nula
Conocimiento y Conciencia Ecológica. El conocimiento y la conciencia ecológica son fundamentales para tomar decisiones adecuadas respecto a la conservación de los recursos		
D	4	Concibe la ecología desde una visión amplia, más allá de su finca y conoce sus fundamentos
	3	Tiene un conocimiento de la ecología desde su práctica cotidiana. Sus conocimientos se reducen a la finca con el uso no de agroquímicos más prácticas conservacionistas
	2	Tiene sólo una visión parcializada de la ecología. Tiene la sensación de que algunas prácticas pueden estar perjudicando al medio ambiente
	1	No presenta un conocimiento ecológico ni percibe las consecuencias que pueden ocasionar algunas prácticas. Pero utiliza prácticas de bajos insumos
	0	Sin ningún tipo de conciencia ecológica. Realiza una práctica agresiva al medio por causa de este desconocimiento.

Fuente: Sarandón et al. (2006)

sus dimensiones económica, social y ambiental, permitiendo su análisis en términos de fortalezas y debilidades (Barchuk et al., 2020). Esta herramienta fue aplicada individualmente a cada una de las fincas evaluadas, con el propósito de identificar y diferenciar las deficiencias específicas de cada unidad productiva.

### Propuesta de estrategias agroecológicas para fincas de la comunidad Río Mariano

Posterior al análisis de la sostenibilidad de las fincas, se identificaron estrategias agroecológicas como alternativas viables para abordar las problemáticas detectadas. Estas acciones se proponen para ser desarrolladas junto con el grupo de agricultores, con el fin de que, al aplicarlas en sus unidades productivas, puedan avanzar en los ajustes necesarios para mejorar la sostenibilidad (Acevedo y Angarita, 2013, citado por Velásquez, 2023).

## Resultados

### Diagnóstico de las fincas de la comunidad Río Mariano

Los datos fueron proporcionados por los propietarios de las fincas donde se constató que la F4 posee la mayor superficie de terreno con 33.39 ha; seguido por la F1 con 31.08 ha y la F5 con 29.77 ha, las tres fincas restantes no superan las 14 ha individualmente; la propiedad con menor superficie es la F6 con 7 ha (Figura 2).

La parroquia San Isidro, con 277,95 km<sup>2</sup> de extensión, destina el 89,73% de su superficie a actividades agropecuarias (Cedeño et al., 2024). En este contexto, la comunidad Río Mariano se caracteriza por un uso predominante del suelo en pastos con árboles, que abarcan el 39,53% de la superficie total, seguido por cultivos misceláneos como cacao, plátano, guineo, frutales y especies maderables, con un 12,98%. Dentro de estos, el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) destaca como el más representativo, presente en el 83,33% de las fincas, ya sea en monocultivo o en asociación con especies agrícolas y forestales.

El área de estudio se encuentra en la cuenca del río Jama, la cual abarca una extensión de 1.392,15 km<sup>2</sup> y desemboca en el océano Pacífico. Esta cuenca está conformada por 27 microcuencas: cinco asociadas a ríos, 20 a esteros y una a drenajes menores, siendo la microcuenca del estero Jama la más extensa, con 247 km<sup>2</sup>. El territorio presenta un clima tropical megatérmico seco, con una estación húmeda que se extiende de diciembre a mayo y una precipitación anual que oscila entre 500 y 1.000 mm. La temperatura media anual se sitúa entre 24 y 26 °C.

En el área de estudio residen 25 personas, de las cuales el 60 % son hombres y el 40 % mujeres. Los hogares están compuestos principalmente por dos personas (50 %), usualmente el jefe de hogar y su pareja. El resto de los hogares tienen entre tres y cuatro miembros, destacándose un caso con doce

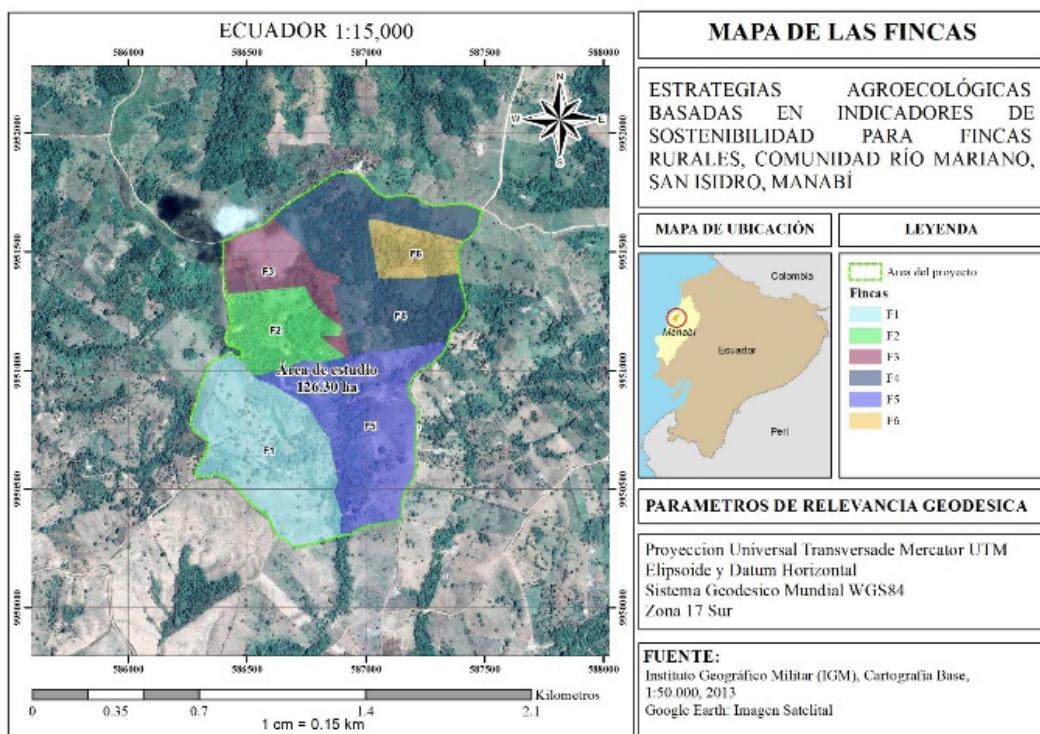


Figura 2. Mapa de las fincas

integrantes, que representa el 16%; el promedio de integrantes por hogar es de 4,16.

La principal actividad productiva en el área de estudio es la agricultura, seguida por la ganadería. En una de las fincas se desarrollan actividades de silvicultura y acuicultura, esta última centrada en la crianza de *Dormitator latifrons* (chame común) para autoconsumo. En lo que respecta al uso del suelo de las unidades productivas, cinco productores se dedican a la actividad ganadera, utilizando principalmente superficies que oscilan entre cuatro y seis hectáreas, así como extensiones superiores a nueve hectáreas.

Un caso representativo es la F1, que de un total de 31,08 ha destina 26 ha a la ganadería y únicamente cuatro hectáreas a la agricultura. En contraste, la F4 y F5 presentan la mayor superficie dedicada a la actividad agrícola, con 20 ha cada una.

#### Evaluación de los indicadores de sostenibilidad

De acuerdo con la evaluación de los indicadores de sostenibilidad, se determinó que en general todas las fincas tienen buena valoración en el indicador social (ISoc); en el indicador económico (IEco) el 50% de las fincas cuentan un sistema productivo económico factible, debido a que superan el umbral mínimo escala (2), y en el Indicador Ambiental (IAmb) el 83% de las unidades estudiadas no superan el mínimo umbral para considerarse ambientalmente viable (Figura 3).

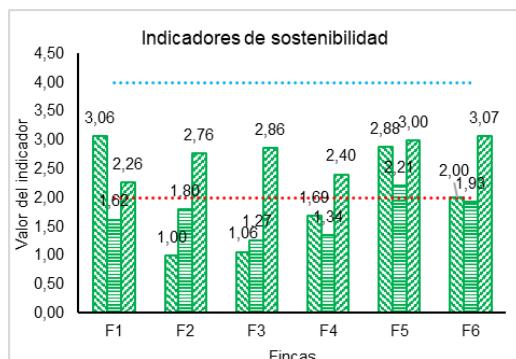


Figura 3. Indicadores de sostenibilidad en la dimensión económica, ambiental y social

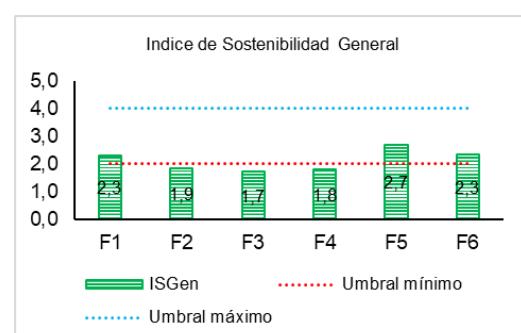


Figura 4. Índice de Sostenibilidad General

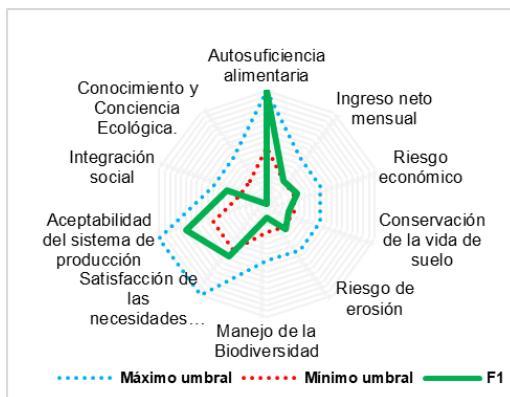


Figura 5. Indicadores de sostenibilidad de la F1

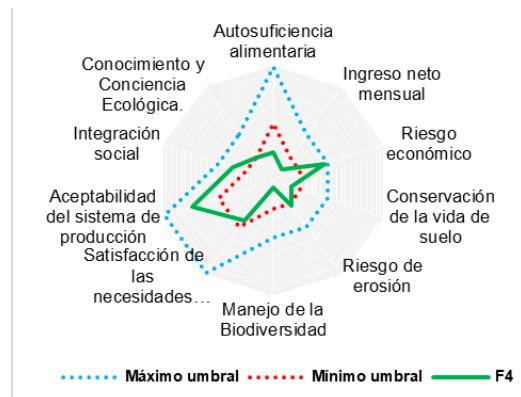


Figura 8. Indicadores de sostenibilidad de la F4

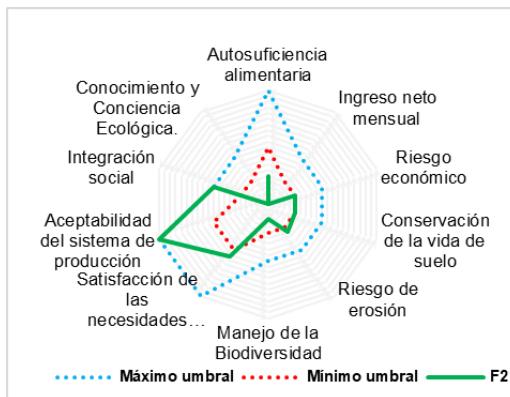


Figura 6. Indicadores de sostenibilidad de la F2

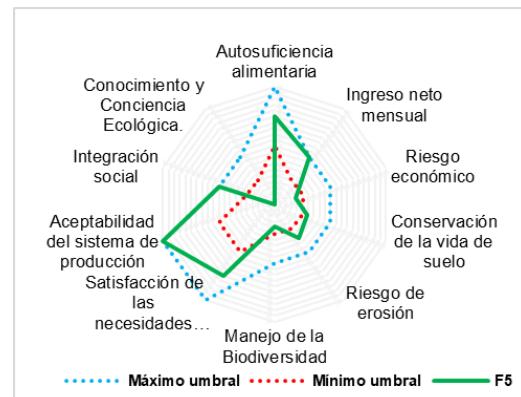


Figura 9. Indicadores de sostenibilidad de la F5

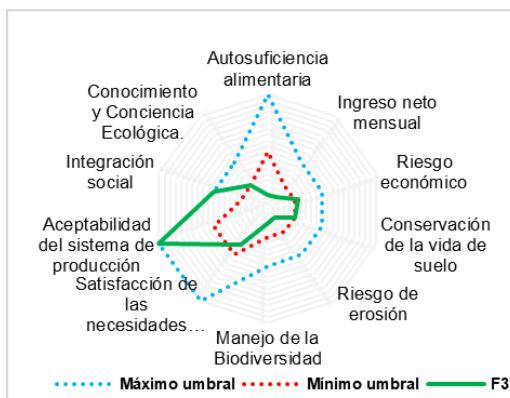


Figura 7. Indicadores de sostenibilidad de la F3

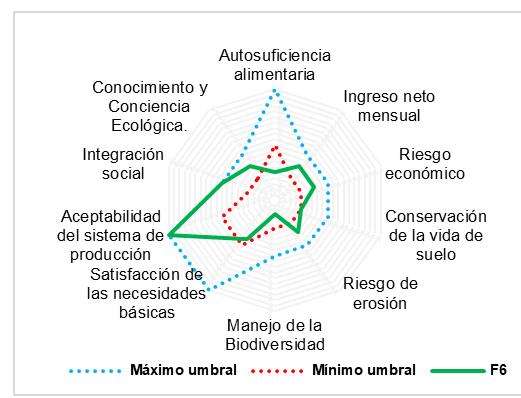


Figura 10. Indicadores de sostenibilidad de la F6

**Tabla 4.** Estrategias agroecológicas para las fincas estudiadas.

Finca	Área	Indicador	Estrategia propuesta
F1	3 1 . 0 8 Hectáreas	Económico	Diversificar los sistemas agro-productivos para mejorar la sostenibilidad económica y ampliar las vías de comercialización. Realizar asociación de cultivos, como cacao con maracuyá durante la etapa inicial del cacao. Incorporar especies arbóreas en etapas adultas del cacao para lograr equilibrio ecosistémico y beneficios económicos.
			Realizar rotación de cultivos por año (alternancia de los sembríos con diferentes necesidades nutritivas), evitando que el suelo pierda ciertos elementos esenciales para las plantas en el mismo lugar. El área donde se realiza la siembra de maíz debe rotarlo por otro cultivo que incorpore nutrientes al suelo.
			Sembrar árboles y/o arbustos endémicos de la zona en áreas que tengan de 30 a 45% de pendiente (para evitar la erosión y conservación del suelo), cuyo fines sean económicos y ambientales para la sostenibilidad de la finca.
		Social	Rotar cultivos en cada ciclo para evitar los efectos negativos del monocultivo, de manera que mejore la biodiversidad, regulando funciones ecológicas y favoreciendo a los enemigos naturales de las plagas.
			Adoptar prácticas que promuevan la sostenibilidad ambiental en la finca, como: Separar los residuos orgánicos de los inorgánicos. Elaborar abonos de los residuos orgánicos Recolección adecuada de desechos, para su posterior traslado al botadero municipal del cantón Sucre. No arrojar basura al estero. Reducir el uso de agroquímicos. Evitar la quema de pastizales y de desbroce de maleza en época de verano.
	1 3 , 1 7 hectáreas	Económico	Ampliar la producción destinada al autoconsumo familiar, diversificando cultivos para cubrir necesidades alimenticias y reservando parte de la cosecha para alimentar tanto a la familia como a los animales de crianza.
			Establecer cultivos que le permitan la sostenibilidad o ingreso neto mensual, como cultivos de cacao mejorado, maracuyá y plátano.
		Ambiental	Realizar la rotación de los cultivos por año, esto consiste en la alternancia de los sembríos con diferentes necesidades nutritivas, esto evitará que el suelo pierda ciertos elementos esenciales para las plantas en el mismo lugar.
			Reforestar las zonas con pendientes pronunciadas (30-45%) usando arbustos endémicos con beneficios económicos y ambientales, a fin de prevenir la erosión y conservar el suelo, contribuyendo a la sostenibilidad de la finca.
			Diversificar y asociar cultivos para mejorar la regulación de los sistemas de producción, proporcionando hábitats para los enemigos naturales que controlan plagas. Esta diversificación contribuirá a la conservación del suelo y a la sostenibilidad de los sistemas productivos.
		Social	Adoptar prácticas que promuevan la sostenibilidad ambiental en la finca, como: Separar los residuos orgánicos de los inorgánicos. Elaborar abonos de los residuos orgánicos Recolección adecuada de desechos, para su posterior traslado al botadero municipal del cantón Sucre. No arrojar basura al estero. Reducir el uso de agroquímicos como. Evitar la quema de pastizales y de desbroce de maleza en época de verano.

Al evaluar el Índice de Sostenibilidad General (ISGen) se observa que las fincas F1, F5 y F6 superan el mínimo umbral (ISGen >2) para ser consideradas sostenibles, sin embargo, conforme a lo anterior y a la metodología aplicada solo la F5 es una finca sostenible debido a que se supera el mínimo umbral en las tres dimensiones evaluadas (Figura 4).

El análisis del gráfico AMEBA para la F1, con 31,08 hectáreas, mostró un índice de sostenibilidad general

(ISGen) de 2.3, lo que indica un nivel aceptable de sostenibilidad. Las fortalezas incluyen autosuficiencia alimentaria, ingresos suficientes, bajo riesgo económico, control de la erosión y buen acceso a servicios básicos. Sin embargo, presenta debilidades como la falta de rotación de cultivos, cobertura vegetal incompleta, diversificación media y ausencia de conciencia ecológica, lo que requiere atención mediante prácticas agroecológicas más responsables (Figura 5).

Finca	Área	Indicador	Estrategia propuesta
F3 1 1 , 5 5 hectáreas	Económico		Ampliar las áreas de cultivo para autoconsumo, incluyendo especies que cubran las necesidades alimenticias familiares, como hortalizas, verduras, tubérculos y la cría de aves y porcinos. Asociar el cultivo de cacao con maracuyá para mejorar la economía del hogar. Reservar parte de la producción para la alimentación familiar y el sustento de los animales durante la cosecha.
			Establecer cultivos que le permitan la sostenibilidad o ingreso neto mensual, como cultivos de cacao mejorado, maracuyá y plátano.
			Diversificar los cultivos en la propiedad para conservar la vida del suelo, promoviendo la sostenibilidad del sistema agro-productivo. Incorporar restos de poda, maleza, residuos de producción y estiércol de vacuno, evitando las quemas de materiales en el suelo.
	Ambiental		Sembrar árboles endémicos, como pechiche ( <i>Vitex gigantea</i> ) y caimito ( <i>Chrysophyllum cainito</i> ), en pendientes superiores al 45% para prevenir la erosión y conservar el suelo, con beneficios tanto económicos como ambientales para asegurar la sostenibilidad de la finca.
			Orientar los surcos en sentido contrario a la pendiente, teniendo en cuenta el sentido de esta, para prevenir la erosión del suelo, la pérdida de nutrientes por escorrentías y el volcamiento de plantas.
			Practicar la rotación de cultivos en cada ciclo productivo para fomentar la biodiversidad, de manera que se alternen cultivos con diferentes necesidades nutritivas, para evitar el agotamiento de nutrientes esenciales del suelo.
F4 3 3 , 3 9 hectáreas	Económico		Diversificar los cultivos de su finca e incrementar las áreas destinadas al autoconsumo, incluyendo plátano, cacao, frutales, verduras y hortalizas, con el fin de lograr una mayor autosuficiencia alimentaria para el hogar.
			Incorporar más cultivos y plantaciones en la finca para generar ingresos mensuales que cubran las necesidades del hogar. Asociar cacao con maracuyá, cultivar hortalizas, verduras y tubérculos, y fomentar la cría de aves de corral y porcinos para fortalecer la economía familiar.
	Ambiental		Realizar la rotación de los cultivos por año, esto consiste en la alternancia de los sembríos con diferentes necesidades nutritivas, esto evitará que el suelo pierda ciertos elementos esenciales para las plantas en el mismo lugar.
			Realizar la rotación de los cultivos por año, esto consiste en la alternancia de los sembríos con diferentes necesidades nutritivas, esto evitará que el suelo pierda ciertos elementos esenciales para las plantas en el mismo lugar.
F5 2 9 , 7 7 hectáreas	Ambiental		Implementar rotación de cultivo en cada ciclo productivo, para que la biodiversidad regule los sistemas, funciones, hábitat y nichos ecológicos para los enemigos naturales.
			Realizar la rotación de los cultivos por año, esto consiste en la alternancia de los sembríos con diferentes necesidades nutritivas, esto evitará que el suelo pierda ciertos elementos esenciales para las plantas en el mismo lugar.
			Realizar la rotación de los cultivos por año, esto consiste en la alternancia de los sembríos con diferentes necesidades nutritivas, esto evitará que el suelo pierda ciertos elementos esenciales para las plantas en el mismo lugar.
	Social		Adoptar prácticas que promuevan la sostenibilidad ambiental en la finca, como: Separar los residuos orgánicos de los inorgánicos. Elaborar abonos de los residuos orgánicos Recolección adecuada de desechos, para su posterior traslado al botadero municipal del cantón Sucre. No arrojar basura al estero. Reducir el uso de agroquímicos como. Evitar la quema de pastizales y de desbroce de maleza en época de verano.
			Adoptar prácticas que promuevan la sostenibilidad ambiental en la finca, como: Separar los residuos orgánicos de los inorgánicos. Elaborar abonos de los residuos orgánicos Recolección adecuada de desechos, para su posterior traslado al botadero municipal del cantón Sucre. No arrojar basura al estero. Reducir el uso de agroquímicos como. Evitar la quema de pastizales y de desbroce de maleza en época de verano.
F6 7 , 3 4 hectáreas	Económico		Diversificar los cultivos de su finca e incrementar las áreas destinadas al autoconsumo, incluyendo plátano, cacao, frutales, verduras y hortalizas, con el fin de lograr una mayor autosuficiencia alimentaria para el hogar.
			Variar los sistemas agro-productivos de la finca para lograr sostenibilidad económica y acceder a más opciones de venta. Asociar el cultivo de cacao con maracuyá durante la etapa inicial del cacao como estrategia temporal para fortalecer la economía familiar.
	Ambiental		Diversificar los cultivos en la propiedad para ayudar a la conservación de la vida del suelo. Implementar la rotación de cultivo en cada ciclo para evitar los efectos negativos del monocultivo, como el aumento de plagas, malezas y el desgaste del suelo, de manera que se favorezca a la biodiversidad.

La F2, de 13,17 hectáreas, muestra un índice de sostenibilidad general (ISGen) de 1.9, lo que indica un nivel bajo de sostenibilidad y la necesidad de mejoras. Las fortalezas incluyen un bajo riesgo económico, comercialización a través de dos canales, uso limitado de insumos externos, cobertura total del suelo, manejo adecuado del riesgo de erosión, acceso a servicios básicos, alta integración social y satisfacción con la actividad productiva.

Sin embargo, las debilidades más relevantes son la baja autosuficiencia alimentaria por el reducido espacio destinado al autoconsumo, diversificación media, ingresos mensuales variables e inferiores a \$100, que dificultan cubrir las necesidades familiares. Además, no se realiza rotación de cultivos, hay baja diversificación en el suelo y biodiversidad, y falta conciencia ecológica, lo que afecta negativamente al medio ambiente (Figura 6).

El análisis del gráfico AMEBA para la F3, de 11.55 hectáreas, muestra un ISGen de 1.7, lo que indica un nivel bajo de sostenibilidad. Las fortalezas incluyen un bajo riesgo económico, la comercialización de dos productos con poco uso de insumos externos, una buena cobertura del suelo con cultivos como maracuyá, maíz y cacao, y rotación adecuada cada dos o tres años. Sin embargo, las debilidades incluyen baja autosuficiencia alimentaria, ingresos limitados entre \$100 y \$200, alto riesgo de erosión, uso de monocultivos y conocimiento ecológico limitado. A pesar de disponer de servicios básicos, la atención en salud es deficiente (Figura 7).

La F4, de 33.39 ha y un ISGen de 1.8, presenta un equilibrio entre fortalezas y debilidades. Entre sus fortalezas destacan el bajo riesgo económico por la diversificación de productos y canales de venta, una buena planificación para prevenir la erosión y una sólida integración social. Sin embargo, enfrenta limitaciones como la baja diversificación para consumo familiar, ingresos limitados, deficiencias en la gestión del suelo y biodiversidad, y una percepción ecológica deficiente, lo que requiere mejoras en estos aspectos (Figura 8).

La F5, de 29,77 ha, obtuvo un índice de sostenibilidad general (ISGen) de 2.7, reflejando un nivel aceptable. Presenta fortalezas como la autosuficiencia alimentaria con variedad de productos, ingresos mensuales superiores a \$300, conservación total del suelo, manejo adecuado de la erosión y acceso a servicios básicos de calidad. No obstante, enfrenta debilidades como la comercialización limitada a solo dos productos, un riesgo económico por el uso elevado de insumos externos, y un manejo deficiente de la biodiversidad y la conciencia ecológica (Figura 9).

La F6, de 7,34 ha, obtuvo un ISG en de 2.3, reflejando un nivel aceptable de sostenibilidad. Entre sus fortalezas destacan los ingresos mensuales entre \$250 y \$300, la conservación total del suelo con rotación periódica, el control adecuado de la erosión y una

alta integración social. El productor también aplica prácticas ecológicas sin agroquímicos. Sin embargo, enfrenta debilidades como baja autosuficiencia alimentaria, poca diversificación por predominio de monocultivos y deficiencias en vivienda y atención sanitaria (Figura 10).

### Propuesta de las estrategias agroecológicas

Las estrategias propuestas se enfocaron en los indicadores con menor sostenibilidad, basándose en las deficiencias detectadas en las actividades agroproductivas (Tabla 4). Estas medidas buscan mejorar los aspectos económico, ambiental y social mediante prácticas agroecológicas que cada agricultor podrá implementar para aumentar su productividad. Las estrategias fueron presentadas de forma didáctica y participativa a los agricultores, facilitando su comprensión y aplicación.

### Discusión

La investigación realizada por García et al. (2017) citado por Pino (2021), describe que una finca es sostenible cuando es económicamente viable, para esto debe ser autosuficiente alimentariamente, diversificada, y pueda disminuir el riesgo económico; ambientalmente adecuada que sea capaz de conservar todos los recursos naturales y los preserve a lo largo del tiempo; socialmente aceptable para mantener contento al productor y quien lo rodea, dándoles una buena calidad de vida.

La evaluación de sostenibilidad mostró que el 50% de las fincas supera el Índice General (ISGen). Todas alcanzan el umbral en el indicador social (ISoc), mientras que solo el 50% lo hace en el económico (IEco). En el aspecto ambiental (IAmb), el 83% no es viable ecológicamente. Por tanto, solo una finca (17%) se considera verdaderamente sostenible al cumplir los tres criterios. En este sentido, los resultados de esta investigación difieren de los hallazgos de Santistevan et al. (2016) en fincas cafetaleras de Manabí, donde solo el 6.1% superó los tres índices de sostenibilidad con valores mayores a 2.

Según Valarezo et al. (2020), solo el 12% de las fincas productoras de limón en Portoviejo son sostenibles, con un índice de sostenibilidad general (ISG) promedio de 2.2. Aunque las fincas cumplen mejor con los objetivos sociales (2.99) y económicos (2.12), los aspectos ambientales son los más débiles, con un índice de 1.51. Esta investigación muestra resultados similares, con un ISG de 2.1 y una dimensión ambiental insostenible, con un valor promedio de 1.69.

El manejo de la biodiversidad en las fincas resulta insostenible debido a la escasa rotación y diversificación de cultivos. Según Pashanasi et al. (2022), fomentar la vegetación multiestrato y el uso de árboles de sombra en ecosistemas tropicales es esencial para diversificar los cultivos y mitigar posibles riesgos económicos o biológicos que afecten los ingresos familiares.

Para reducir el riesgo económico los agricultores podrían aprovechar los desechos residuos orgánicos domésticos, los residuos de cosecha y la materia orgánica para hacer compost y de esta forma abonar los cultivos y depender menos de los insumos externos (Dávila y Zambrano, 2021), además, contar de más productos para la venta y abrir otras vías de comercialización (James et al., 2021).

El 84% de los propietarios carecen de conocimiento y conciencia ecológica, situación asociada a la limitada educación secundaria o superior. Esto coincide con lo planteado por Bautista (2022), quienes advierten que variables como el nivel de instrucción y la conciencia ambiental presentan valores bajos, lo cual podría comprometer la sostenibilidad a futuro.

Bautista (2022), también destaca que incluso las fincas con altos índices de sostenibilidad presentan debilidades. Esto coincide con los hallazgos de la presente investigación, donde, aunque algunas fincas superan el umbral mínimo del ISGen y sus dimensiones, persisten falencias en ciertos indicadores. Estas pueden ser corregidas mediante la implementación de estrategias agroecológicas.

Con base en los resultados, se estableció la relación entre las variables estudiadas y se propusieron estrategias agroecológicas enfocadas en los componentes suelo, agua y biodiversidad. Estas estrategias se diseñaron tomando como referencia el Índice de Sostenibilidad General (ISGen), obtenido a partir del análisis de los indicadores económico, ambiental y social. Esto permitió identificar y abordar los indicadores con menor sostenibilidad (valor inferior a 2), evidenciando falencias en las actividades productivas de las fincas.

## Conclusión

La evaluación de los indicadores de sostenibilidad aplicados a las seis fincas de la comunidad Río Mariano reveló que únicamente una de ellas cumple con los criterios necesarios para ser considerada sostenible. No obstante, esta finca presenta debilidades importantes en el manejo de la biodiversidad, tanto temporal como espacial, y enfrenta un riesgo económico derivado del elevado uso de insumos externos. A partir de estas limitaciones identificadas, se formularon estrategias agroecológicas orientadas a fortalecer los aspectos críticos y promover una gestión más equilibrada y sostenible en las fincas evaluadas.

## Recomendaciones

Se recomienda ampliar los subíndicadores utilizados en la evaluación de sostenibilidad, con el fin de adaptarlos a las particularidades de distintos entornos y contextos productivos. Asimismo, se sugiere que los propietarios de las fincas implementen las estrategias agroecológicas propuestas, priorizando la concientización sobre los impactos negativos

de la agricultura convencional. Es fundamental fomentar procesos de capacitación en producción orgánica, diversificación de cultivos, rotación agrícola y estrategias de comercialización sostenible, que contribuyan a una transición efectiva hacia sistemas productivos más resilientes y equilibrados.

## Referencias Bibliográficas

- Aguiar, G., Nuñez, B., Vilema-Escudero, F. y Martínez, R. (2024). Uso de fertilizantes químicos en el fomento productivo agrícola del Ecuador. *Killkana Técnica*, 8(1), 27-38. <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1531>
- Barchuk, A., Guzmán, M., Locati, L., y Suez, L. (2020). Manual de buenas prácticas para diseños agroecológicos (Editorial Brujas). Editorial Brujas. <http://hdl.handle.net/11086/16029>
- Bautista, E. (2022). Educación ambiental para el desarrollo sostenible en los estudiantes del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público San Ignacio. *Revista Neque*, 5(12), 247-260. <https://doi.org/10.33996/revistaneque.v5i12.78>
- Carreño, N. y Benavidez, C. (2021). Aplicación de la metodología MESMIS para la evaluación de sustentabilidad en sistemas de producción campesina en Sumapaz, Cundinamarca. *Ciencias Agropecuarias*, 6(2), 31-47. <https://doi.org/10.36436/24223484.318>
- Cedeño, J., Vivas, H. y Gaón, J. (2024). Enfermedades Asociadas a las Actividades Agropecuarias: Análisis Geoespacial en San Isidro, Manabí-Ecuador. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien*, 18(2), 610-620. <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/download/1932/4379>
- Céspedes L. y Vargas, Sigrid (Eds.) 2021. "Agroecología. Fundamentos y técnicas de producción, y experiencia en la Región de los Ríos". Libro INIA N° 45, 370 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile.
- Dávila, L. y Zambrano, A. (2021). Revisión de estrategias sostenibles para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las organizaciones. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(2), 76-94. <https://doi.org/10.23850/24220582.3141>
- Espinoza, F. Garza, N. y Rosas, N. (2022). Caracterización semántica de la agroecología regional en América Latina. *Región y Sociedad*, 34, e1680. <https://doi.org/10.22198/rys2022/34/1680>
- Hasang, E., García, S., Carrillo, M., Durango, W. y Cobos, F. (2021). Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1), 26-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9507437>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. <https://n9.cl/cpmyt>
- James, A., Ramírez, J., Cedeño, M., Marín, N., Serrano, E., & Álvarez, H. (2021). Avances de Proyecto Carbonización de Biomasa| Aprovechamiento de residuos agrícolas para el mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo en áreas de cultivo. *Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología - APANAC*, 300-308. <https://doi.org/10.33412/apanac.2021.3199>
- Macías, A. y Sevilla, Y. (2021). Desarrollo agroindustrial y degradación ambiental en México (1941-2021). *Observatorio Medioambiental*, 24, 195-228. <https://doi.org/10.5209/obmd.79522>
- Martínez, J., Guirado, E., y Maestre, F. (2021). Desertificación: Nuevos enfoques para un viejo problema. *Ecosistemas*, 30(3), 1-4. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2312>
- Pashanasi-Amasifuen, B., Aponte-Jaramillo, A. N. y Mathios-Flores, M. A. (2022). Crecimiento de Tornillo (Cedrela

- catenaeformis) y Marupa (Simarouba amara) dentro de un sistema agroforestal en multiestratos. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, 1(1), e10. <https://doi.org/10.56926/repia.v1i1.10>
- Pérez, K. (2025). *Economía agrícola y cambio climático: Análisis en la producción de maíz de Ecuador*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/9b1fc2bc-9243-47c8-ab38-a4173c195297>
- Pino, V. (2021). *Sustentabilidad de fincas productoras de cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Puebloviejo de la Provincia de Los Ríos*. [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10072>
- Pinargote, V., Posligua, J., y Loor, P. (2019). Manabí: territorio de producción hacia la industrialización. ¿cómo aprovechar su productividad? *Revista Ciencia e Investigación*, 4(3), 44-50. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3280927>
- Santistevan, M., Julca, A., y Borjas, R. (2016). Sustentabilidad de fincas productoras de café en Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*, 3(1), 23-35. <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/183>
- Sarandón, S. J. (2021). Agroecología: una revolución del pensamiento en las ciencias agrarias. *Ciencia, Tecnología y Política/Ciencia, Tecnología y Política*, 4(6), 055. <https://doi.org/10.24215/26183188e055>
- Toledo, L., Chiguano, R. L. C., & Salazar, O. V. (2023). Influencia de la agricultura en la economía y su contraste frente a los objetivos de desarrollo sostenible: caso Ecuador. *Revista Universidad Verdad/Universidad Verdad/Universidad-verdad*, 2(83), 28-49. <https://doi.org/10.33324/uv.v2i83.697>
- Valarezo, C., Julca, A., y Rodríguez, A. (2020). Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador. *Revista RIVAR*, 7(20), 108-120. <https://doi.org/DOI> <https://doi.org/10.35588/rivar.v7i20.4485>
- Velásquez, H. (2023). Fortalecimiento de capacidades técnico - productivas mediante la promoción de la agroecología con agricultores del Valle Chillón, Lima. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/452572fb-7098-4b12-86b9-1314d6eee91f/content>
- Vizuete-Montero, M. (2024). Sostenibilidad de sistemas agroforestales de café, cacao y ganadería en las provincias de Sucumbíos y Orellana. *Revista De investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 4(1), 10-19. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20241.966>

## Prevalencia de Hemoparásitos en Ofidios de un medio de Conservación EX-SITU, INSPI, Ecuador.

Prevalence of Haemoparasites in snakes from an EX-SITU conservation Environment

Carelis Nathalie Guerrero Terán<sup>1</sup>, Vanessa Yasmisbel Pilligua Pilligua<sup>2</sup>, María del Carmen Terán Zavala<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Salud Pública e Investigación INSPI Dr. Leopoldo Izquierdo Pérez, Guayaquil, Ecuador

Recibido 10 febrero 2025, recibido en forma revisada 10 abril 2025, aceptado 10 de mayo 2025, en línea 2 de junio 2025.

### Resumen

El estudio se realizó en el centro de cría y reproducción del Instituto Nacional de Salud Pública e Investigación (INSPI) en Guayaquil, Ecuador, con el objetivo de determinar la prevalencia de hemoparásitos en serpientes mantenidas en cautiverio. Se analizaron muestras de sangre de 30 serpientes de diferentes especies, utilizando técnicas de frotis sanguíneo y tinción de Giemsa. La investigación es de gran importancia debido a la alta prevalencia de hemoparásitos en reptiles y su impacto en la salud de estos reptiles. Además, el estudio se realizó en un centro de cría de serpientes venenosas utilizado para la producción de antivenenos, por lo que el monitoreo de la salud de estos animales es crucial para garantizar la calidad y seguridad de los antivenenos producidos. Los resultados revelaron una prevalencia del 80% de hemoparásitos en las serpientes estudiadas, siendo *Hepatozoon* el más común. Se encontró una asociación entre la presencia de hemoparásitos y un hematocrito inferior al 15%, así como con un tiempo de cautiverio de entre 1 mes y 3 años. El 71% de las serpientes positivas a hemoparásitos provenían de la provincia de Manabí. Este estudio destaca la importancia de monitorear la salud de las serpientes en cautiverio y realizar exámenes de detección de hemoparásitos para prevenir la propagación de enfermedades. Se recomienda realizar estudios adicionales para comprender mejor la relación entre los hemoparásitos y la salud de las serpientes, así como implementar medidas preventivas para controlar la propagación de estas infecciones en los centros de cría.

**Palabras clave:** Antivenenos, Cautiverio, Hemoparásitos, Ofidios, Prevalencia.

### Abstract

The study was conducted at the breeding and reproduction center of the National Institute of Public Health and Research (INSPI) in Guayaquil, Ecuador, with the aim of determining the prevalence of hemoparasites in captive snakes. Blood samples from 30 snakes of different species were analyzed using blood smear and Giemsa staining techniques. The research is of significant importance due to the high prevalence of hemoparasites in reptiles and their impact on the health of these animals. Moreover, the study was conducted at a center breeding venomous snakes for antivenom production, making monitoring of these animals' health crucial to ensure the quality and safety of the produced antivenoms. The results revealed an 80% prevalence of hemoparasites in the studied snakes, with *Hepatozoon* being the most common. An association was found between the presence of hemoparasites and a hematocrit level below 15%, as well as with a captivity duration ranging from 1 month to 3 years. 71% of the snakes positive for hemoparasites came from the province of Manabí. This study underscores the importance of monitoring the health of captive snakes and conducting hemoparasite detection exams to prevent disease spread. Further studies are recommended to better understand the relationship between hemoparasites and snake health, and to implement preventive measures to control the spread of these infections in breeding center.

**Keywords:** Antivenoms, Captivity, Hemoparasites, Ophidians, Prevalence.

\* Correspondencia del autor:

E-mail: [carelis\\_gt3009@hotmail.com](mailto:carelis_gt3009@hotmail.com)

 Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

## Introducción

Las víboras forman un linaje monofilético de serpientes venenosas que comprende alrededor de 329 especies distribuidas en todo el mundo. Debido a que las víboras se consideran un grupo médicaamente importante, diferentes aspectos de su biología han sido ampliamente estudiados (Fenwick et al. 2011), formando parte de un conspicuo grupo de fauna ofídica en las regiones tropicales alrededor del planeta, con una amplia diversidad morfológica en cuanto a patrones de coloración y aspectos ecológicos (Wolfgang et al. 2002). Ecuador, al ser considerado un país megadiverso posee alrededor de 250 especies de serpientes a nivel nacional, de las cuales pueden considerarse a 36 como potencialmente peligrosas, y que integran dos familias: Viperidae y Elapidae respectivamente (Torres Carvajal 2023).

El esfuerzo que implica para las serpientes la búsqueda de alimento, y en general el riesgo que representan los mecanismos de defensa de sus presas al capturarlas, ha propiciado en algunos ofidios el desarrollo evolutivo de un sofisticado mecanismo de envenenamiento. Este sistema consta de glándulas especializadas para producir veneno y colmillos modificados para liberarlo (Jackson 2003). La energía que necesitan las serpientes para producir el veneno es mucha (Mccue 2006; Morgenstern y King 2013), no obstante, también es liberado como última opción para la defensa.

Cuando hay un encuentro entre humanos y serpientes venenosas, algo frecuente en zonas rurales, entonces se convierte en un problema de salud pública (Frayre-Torres et al. 2006), considerado además desatendido en muchos países tropicales y subtropicales, como es el caso de Ecuador que actualmente promedia entre 1500 y 1800 accidentes anuales (MSP 2023) con reportes de amputaciones, discapacidades permanentes y muertes, por lo que ante esta situación la fabricación de antídotos se convierte en un desafío importante.

La producción de antivenenos de serpiente implica etapas como la producción de veneno, la inmunización de animales para generar plasma hiperinmune, purificación de inmunoglobulinas, inactivación viral (o eliminación), y estabilización de la formulación. Hoy en día, los serpentarios son las instalaciones mayormente utilizadas para producir venenos de serpientes y con la finalidad de cumplir con los objetivos de producción de veneno, que sean empleados en la inmunización de animales y control de calidad, es importante diseñar estrategias para mantener un adecuado número de serpientes (León et al. 2014).

Las serpientes venenosas, mantenidas en serpentarios para uso en la producción de veneno, se deben mantener según los estándares éticos aceptados nacional e internacionalmente. Todas las regulaciones

locales relevantes se deben apegar estrictamente y cuando se requiera el uso de serpientes venenosas, en la producción de veneno se debe realizar conforme a las aprobaciones éticas, obtenidas de las autoridades responsables en la jurisdicción (OMS 2021). Las colecciones mantenidas en cautiverio pueden estar compuestas por animales recolectados de la naturaleza y / o por especímenes criados ex situ (Corrales et al. 2014).

En ambos casos, la salud de las serpientes debe ser monitoreada de cerca, por veterinarios calificados. Además del examen clínico, la determinación de valores hematológicos y química plasmática normales, es importante para lograr este objetivo (Gómez et al. 2016; Krishna y Narayana 2016). Hemoparásitos identificados en reptiles y anfibios han incluido especies de los géneros *Hepatozoon*, *Haemogregarinas*, *Haemoproteus*, y *Trypanosoma sp.*, respectivamente (Jakes et al. 2001; Zadorozhnyaya y Korzh 2013; Paperna y Laison 2004). Los protozoos intracelulares mayormente encontrados en serpientes, son las especies de *Hepatozoon sp.*, cuya transmisión ocurre por la ingesta de invertebrados infectados, picaduras de mosquitos, o mediante transmisión secundaria a través de la depredación de un huésped intermedio, además se ha sugerido la transmisión de tipo congénita (De Vieira Santos et al. 2005; Moco et al. 2002; O'Dwyer et al. 2003; Telford et al. 2001; Zamudio y Ramírez 2007).

El mantenimiento de ofidios en cautiverio podría proporcionar condiciones oportunas para la transmisión de hemoparásitos, que son importantes identificar a fin de evitar la transmisión a especímenes no infectados (Zamudio y Ramírez 2007). El presente trabajo pretende registrar los principales parásitos presentes y su prevalencia en serpientes mantenidas bajo condiciones de cautividad.

## Materiales y métodos

### Métodos y técnicas

Se recolectaron las muestras sanguíneas a una población de 30 ofidios que se encontraban bajo cautiverio en el área del serpentario del INSPI, la sujeción física de estos animales se realizó con ayuda de ganchos y tubos herpetológicos. Las técnicas que se ejecutaron para la toma de muestras en estos animales fueron mediante venopunción de la vena coccígea ventral. Finalmente, con las muestras de sangre obtenidas se realizó el frotis sanguíneo con la técnica de tinción de Giemsa para la identificación de los hemoparásitos y con el restante de esta sangre se hizo la medición del valor de hematocrito.

### Población

Para este estudio se utilizó 30 ofidios que se encontraban presentes en el tiempo establecido en el centro de conservación ex situ, entre ellas *Bothrops asper*, *Bothrops atrox*, *Porthidium arcosae*, *Boa constrictor* y *Stenorrhina degenhardtii*.

### Muestra

Para esta investigación no se aplicó muestreo ya que se utilizó toda la población presente en el centro de cría y reproducción del INSPI.

### Ánalisis estadístico

Se procesaron los datos en una hoja electrónica donde se realizaron tablas de frecuencia, la cual fue determinada mediante porcentajes en base a los tipos de hemoparásitos, la presencia o ausencia de ellos y los resultados positivos a estos parásitos sanguíneos serán definidos por la especie de serpientes. Para la correlación de variables cualitativas se utilizó la prueba Fisher.

## Resultados

### Prevalencia de hemoparásitos de ofidios en un medio de conservación ex situ.

En la Tabla 1 podemos presenciar los porcentajes finales, de todas las especies de serpientes analizadas sugieren que el 80% de estos ofidios que se mantienen en el centro de conservación ex situ tienen presencia de parásitos sanguíneos, manteniéndose ausente en un 20% de ellos.

### Diagnóstico de la presencia y el tipo de hemoparásitos en ofidios a través de exámenes de laboratorio

Como se puede apreciar en la Tabla 2, el 81.82% correspondiente a 18 de 22 ejemplares de *Bothrops asper* analizados, resultaron positivos a hemoparásitos, mientras que el 18.18%, es decir, 4 de 22 resultaron negativos. *Bothrops atrox* con un total de 2 ofidios, representan un 50% positivo a hemoparásitos y un 50% negativo, así mismo en 2 ofidios de la especie *Porthidium arcosae* analizados, tenemos como resultados un 50% positivos y otro 50% negativos a estos parásitos sanguíneos, en 3 culebras de la especie *Boa constrictor* se detectó el 100% de presencia a hemoparásitos, y finalmente la única especie de *Stenorrhina degenhardtii* resultó positiva. El análisis de Fisher estableció que no existe relación entre las serpientes que se mantienen bajo condiciones de cautiverio ex situ presentes en el centro y la presencia de hemoparásitos.

En la tabla 3 se puede presenciar los tipos de hemoparásitos hallados en los ofidios que resultaron positivos en el centro de conservación ex situ, por

Tabla 1. Presencia de hemoparásitos de ofidios en un medio de conservación ex-situ.

Ofidios	Hemoparásitos		Total F_A (F_R)
	Presencia F_A (F_R)	Ausencia F_A (F_R)	
	24 (80%)	6 (20%)	30 (100%)

F\_A: Frecuencia Absoluta, F\_R: Frecuencia Relativa

lo cual cabe recalcar que el 80% corresponden a *Hepatozoon*, el 13.33% a *Haemoproteus*, el 10% a *Trypanosoma* y el 6.67% a *Anaplasma*.

### Asociación de la presencia de hemoparásitos con la infestación de vectores, valor hematocrito y tiempo en cautiverio.

La Tabla 4 muestra los vectores hallados en los ofidios que resultaron positivos a hemoparásitos. De los 3 ofidios positivos, se pudo apreciar que el 12.5% tenían garrapatas adheridas al momento de su ingreso, mientras que en el 87.5% de ellos no se pudo apreciar la presencia del vector responsable. El análisis de Fisher determinó que no existe asociación entre la presencia de hemoparásitos y la infestación de vectores.

La Tabla 5 describe a los ofidios positivos a hemoparásitos asociados con su hematocrito. Se destaca que el 79.17% correspondiente a 19 ofidios que resultaron positivos, marcaron un hematocrito entre el 15 a 55%, en tanto que el 20.83% correspondiente a 5 ofidios positivos a hemoparásitos, obtuvieron un hematocrito menor a 15%. El análisis de Fisher determinó que no existe asociación entre la presencia de hemoparásitos y el hematocrito.

En la Tabla 6 se evidencian los ofidios que resultaron positivos a hemoparásitos en relación con su tiempo bajo condiciones de cautividad. De igual manera, el 79.17% que representa a 19 ofidios positivos, han permanecido en cautiverio entre los períodos de 1 mes a tres años, y el 20.83% perteneciente a 5 ofidios positivos, resultaron ser ejemplares que tienen cuatro años o más bajo condiciones de cautividad. El análisis de Fisher determinó que no existe asociación entre la presencia de hemoparásitos con el tiempo en cautiverio.

Tabla 2. Presencia y ausencia de hemoparásitos en las diferentes especies de ofidios presentes en el centro de conservación ex situ.

Especie	Hemoparásitos		Total F_A (F_R)	p-valor (Fisher)
	Presencia F_A (F_R)	Ausencia F_A (F_R)		
<i>Bothrops asper</i>	18 (81.82%)	4 (18.18%)	22 (100%)	
<i>Bothrops atrox</i>	1 (50%)	1 (50%)	2 (100%)	
<i>Porthidium arcosae</i>	1 (50%)	1 (50%)	2 (100%)	
<i>Boa constrictor</i>	3 (100%)	0 (0%)	3 (100%)	0.42
<i>Stenorrhina degenhardtii</i>	1 (100%)	0 (0%)	1 (100%)	
Total	24	6	30	

F\_A: Frecuencia Absoluta, F\_R: Frecuencia Relativa.

**Tabla 3.** Tipos de hemoparásitos presentes en los ofidios en el centro de conservación ex situ.

Tipos de hemoparásitos	Hemoparásitos		
	Presencia F_A (F_R)	Ausencia F_A (F_R)	Total F_A (F_R)
Hepatozoon	24 (80%)	6 (20%)	30 (100%)
<i>Haemoproteus</i>	4 (13.33%)	2 (86.7%)	30 (100%)
<i>Trypanosoma sp.</i>	3 (10%)	27 (90%)	30 (100%)
<i>Anaplasma spp.</i>	2 (6.67%)	2 (93.33%)	30 (100%)

F\_A: Frecuencia Absoluta, F\_R: Frecuencia Relativa.

**Tabla 4.** Ofidios cautivos en el centro de conservación ex situ asociados con vectores.

Infestación de vectores	Hemoparásitos			p-valor (Fisher)
	Presencia F_A (F_R)	Ausencia F_A (F_R)		
Si	3 (12.5%)	0 (0%)		
No	21 (87.5%)	6 (100%)		1
<b>Total</b>	<b>24 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>		

F\_A: Frecuencia Absoluta, F\_R: Frecuencia Relativa.

**Tabla 5.** Ofidios cautivos en el centro de conservación ex situ asociados con su hematocrito.

Hematocrito	Hemoparásitos			p-valor (Fisher)
	Presencia F_A (F_R)	Ausencia F_A (F_R)		
Entre 15 a 55%	19 (79.17%)	4 (66.67%)		
Menor a 15%	5 (20.83%)	2 (33.33%)		0.60
<b>Total</b>	<b>24 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>		

F\_A: Frecuencia Absoluta, F\_R: Frecuencia Relativa.

#### Identificación de la procedencia de los ofidios positivos a hemoparásitos.

Finalmente, la Tabla 7 muestra los ofidios positivos relacionados a su lugar de procedencia. De un total de 6 ofidios positivos a hemoparásitos procedentes de la provincia del Guayas, el 83.33% corresponden a *B. asper* y el 16.67% a *Boa constrictor*. Por otro lado,

**Tabla 6.** Ofidios cautivos en el centro de conservación ex-situ asociados al tiempo en cautiverio.

Tiempo en cautiverio	Hemoparásitos			p-valor (Fisher)
	Presencia F_A (F_R)	Ausencia F_A (F_R)		
Un mes a tres años	19 (79.17%)	3 (50%)		
Cuatro años o más	5 (20.83%)	3 (50%)		0.30
<b>Total</b>	<b>24 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>		

F\_A: Frecuencia Absoluta, F\_R: Frecuencia Relativa.

**Tabla 7.** Ofidios cautivos positivos a hemoparásitos en el centro de conservación ex situ en base a su procedencia.

Especies	Procedencia de ofidios positivos			
	Guayas F_A (F_R)	Manabí F_A (F_R)	Morona Santiago F_A (F_R)	Total F_A
<i>B. asper</i>	5 (83.33%)	1 (76.47%)	0 (0%)	18
<i>B. atrox</i>	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	1
<i>Porthidium arcosae</i>	0 (0%)	1 (5.88%)	0 (0%)	1
<i>Boa constrictor</i>	1 (16.67%)	2 (11.77%)	0 (0%)	3
<i>Stenorrhina degenhardtii</i>	0 (0%)	1 (5.88%)	0 (0%)	1
<b>Total</b>	<b>6 (100%)</b>	<b>17 (100%)</b>	<b>1 (100%)</b>	<b>24</b>

F\_A: Frecuencia Absoluta, F\_R: Frecuencia Relativa.

de un total de 17 ofidios positivos a hemoparásitos provenientes de la provincia de Manabí, el 76.47% fueron *B. asper*, el 11.77% correspondieron a *Boa constrictor*, el 5.88% resultaron ser *Porthidium arcosae* y el 5.88% *Stenorrhina degenhardtii*. Por último, en la provincia de Morona Santiago, se encontró únicamente un ofidio positivo a hemoparásitos, el cual fue *B. atrox*, correspondiendo al 100%.

#### Discusión

El análisis en cuestión a la presencia de hemoparásitos coincide con el estudio realizado por Lino (2013), en el que se analizaron a 160 diferentes serpientes cautivas en el serpentario del Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical “Leopoldo Izquierdo Pérez”, actualmente Instituto Nacional de Salud Pública e Investigación (INSPI) en Guayaquil. Para este estudio utilizaron técnicas de tinción de Giemsa y microscopía, en donde encontraron 27 ofidios

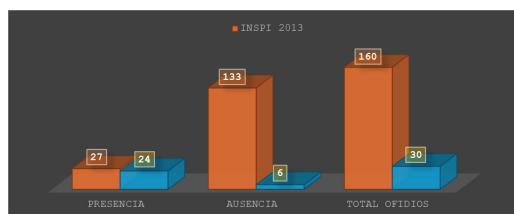


Figura 1.- Gráfico comparativo del estudio en *Haemogregarinas* en el INSPI en los años 2013 y 2024.

positivos a *Haemogregarinas* de 160 serpientes en total analizadas, con una incidencia del 16.875%. En el presente estudio, realizado con las mismas técnicas obtuvimos un 80% de incidencia a *Haemogregarinas* detectadas en 24 ofidios que resultaron positivos de una totalidad de 30 serpientes analizadas, y actualmente presentes en el serpentario del INSPI en la ciudad de Guayaquil (Fig. 1).

Otro dato que podemos resaltar entre estas dos investigaciones es la procedencia de los ofidios positivos a hemoparásitos. Del estudio realizado en el año 2013 se obtuvieron 4 diferentes procedencias de los ofidios positivos, entre estos resultaron: Guale 33.92%, Bomboiza-Gualaquiza 14.63%, Chimborazo 3.22% y Flavio Alfaro 33.33%. El presente estudio marca 3 diferentes procedencias de los ofidios que resultaron positivos a hemoparásitos, las incidencias descritas en nuestros resultados muestran a: Guayas con el 25%, Manabí con un 70.83% y Morona Santiago con el 4.17%. Ambos estudios destacan 3 provincias en común que sugieren que los animales positivos procedentes de la provincia de Manabí tienen una mayor incidencia en cuanto a Guayas, Morona Santiago y Chimborazo (Fig. 2).

Dado que la incidencia del estudio en 2013 en base a la presencia y procedencia de hemoparásitos es mayor que la del actual año tenemos que enfatizar que el número de población en ambos estudios tiene una diferencia significativa, destacando el ingreso mayoritario de ejemplares procedentes de la provincia de Manabí con mayor incidencia.

En cuanto a los tipos de hemoparásitos encontrados en el centro de conservación ex situ INSPI, estos hallazgos se encuentran en total concordancia con estudios relacionados en reptiles de manera general (Pereira et al. 2018; Enríquez et al. 2014; Serrano

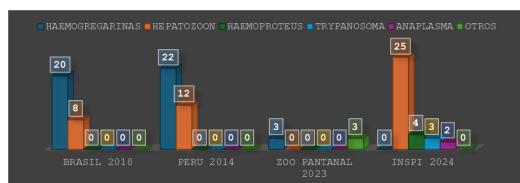


Figura 3.- Gráfico comparativo de los tipos de hemoparásitos encontrados en reptiles de 4 diferentes estudios.

2023), debido a que se utilizaron técnicas como frotis sanguíneo, tinción de Giemsa y microscopía óptica para la identificación de dichos parásitos. El estudio en Brasil del 2018 analizó una población de 157 serpientes de las cuales solo 20 muestras dieron positivo a *Haemogregarinas* y 8 a *Hepatozoon sp* entre estas, 3 diferentes especies de *Hepatozoon*. En Perú, fueron analizados 30 cocodrilos americanos de los cuales se obtuvo como resultado que el 50% con un total de 15 cocodrilos eran compatibles a *Haemogregarinas*, 16.6% que representaban a un total de 5 cocodrilos dieron positivo a *Hepatozoon* y 23.3% que así mismo representaban a 7 ejemplares de cocodrilo, dieron positivo a ambos tipos de hemoparásitos.

Finalmente, el estudio más reciente del 2023 aquí en Ecuador es en el que se estudiaron 24 cocodrilos del Zoológico el Pantanal, de los cuales solo el 25% que representan a 6 cocodrilos dieron positivo a hemoparásitos, entre estos *Haemogregarinas*, *Proteus spp.* y *Nematodo Filarioide-Micropilaria spp.* Esta investigación en sí encontró 4 tipos de *Haemogregarinas* en los ofidios cautivos del INSPI entre estos: 80% de las serpientes están infectadas con *Hepatozoon sp.*, 13.33% con *Haemoproteus sp.*, 10% infectadas con *Trypanosoma sp.* y finalmente el 6.67% con *Anaplasma sp.* (Fig. 3).

Es posible que los hallazgos encontrados en los animales positivos en cuanto a vectores, hematocrito y tiempo en cautiverio puedan estar relacionados, debido a que sus resultados no tienen mucha diferencia significativa. Los vectores que se pudieron encontrar en la reciente investigación correspondían a serpientes que ingresaron en el tiempo de la ejecución del estudio, a estos ofidios se les emitió su respectiva ficha clínica, mientras que los animales que llevaban mucho más tiempo en cautiverio no presentaban el registro de posibles vectores con los



Figura 2.- Gráfico comparativo de la procedencia de ofidios positivos a hemoparásitos en el INSPI en los años 2013 y 2024.



Figura 4.- Gráfico comparativo de los ofidios positivos a hemoparásitos en el INSPI en base a sus vectores y hematocrito.

que pudieron haber ingresado. A pesar de esto, como sabemos, son animales que llegan desde su estado natural en donde están expuestos a un sinnúmero de agentes infecciosos y parásitos.

Los parásitos sanguíneos necesitan vectores hematófagos como pulgas, garrapatas, piojos, sanguijuelas, picaduras de mosquitos o incluso por una transmisión de tipo congénita. Aunque la ingestión de animales previamente infectados también puede ser una consecuencia en la infestación de estos hemoparásitos Enríquez et al. 2014; De Vieira Santos et al. 2005; O'Dwyer et al. 2003; Telford et al. 2001; Zamudio y Ramírez 2007). Dentro del estudio de los parásitos sanguíneos en los ofidios del INSPI se pudo determinar que el 12.5% representando a 3 ofidios positivos a hemoparásitos llegaron con vectores como garrapatas. Mientras que el 87.5% de animales positivos, es decir 21 de ellos, no presentaron vectores.

El hematocrito de estos mismos animales positivos al igual que su tiempo en cautiverio son similares, el 79.17% con un total de 19 ofidios positivos tienen un hematocrito entre el 15 a 55%, por otro lado, el 20.83% con 5 ofidios positivos tienen un hematocrito menor al 15%. Así mismo, 19 animales, es decir, el 79.17% de ofidios positivos que llevan de un mes a tres años de cautiverio en el centro ex situ registraron hemoparásitos, mientras que el 20.83% con 5 ofidios negativos carecen de ellos. Ante esos resultados podemos evidenciar que los animales que llevan mayor tiempo de cautividad son los animales que tienen un hematocrito dentro de su rango normal y los que tienen menos tiempo en cautiverio son animales que tienen un hematocrito inferior al 15% (Fig. 4).

## Conclusiones

En el actual estudio, se registró presencia de hemoparásitos en un 80% de prevalencia en los ofidios del Centro de cría para la reproducción sostenible. Este incremento, comparado con la prevalencia de 16.875% encontrada en el estudio realizado en el 2013, podría atribuirse a las actividades que hoy en día han sido incorporadas para reproducir a los ejemplares y aumentar el número de serpientes que serían utilizadas para la producción de sueros antiofídicos. Cabe recalcar que, para este objetivo, varios ejemplares de la misma especie tanto hembras como machos comparten grandes terrarios hasta cumplir su etapa de gestación, por lo que podríamos estipular una transmisión de tipo congénita. En cuanto a los tipos de hemoparásitos encontrados en el estudio, 6 de las serpientes positivas presentaron hasta 3 tipos de parásitos en sangre y 18 de ellas solo 1 tipo de hemoparásito, al realizar la identificación de ellos, podemos confirmar que estos individuos con: *Hepatozoon*, *Haemogregarinas*, *Trypanosoma* y *Anaplasma*, además de ser los más comunes en reptiles, destaca la importancia de realizar exámenes complementarios como los frotis sanguíneos para la identificación de estos parásitos en los ofidios que

ingresan al centro, ya que en muchos casos estos animales infectados, expuestos además al estrés por la manipulación y el mantenimiento en cautiverio, podrían infectar a otras serpientes aparentemente sanas.

Durante el estudio pudimos determinar que vectores como las garrapatas están asociadas a las serpientes ingresadas en el centro, cabe recalcar que algunas de ellas no contaban con este dato específico en sus fichas de ingreso, por lo que se presume se debe a una transmisión de tipo congénita. El rango normal del hematocrito en los reptiles está entre el 15 al 55%, y 19 de 24 ofidios positivos marcaron un hematocrito dentro de este rango, por lo que se considera que estos resultados obtenidos no podrían estar relacionados a los hemoparásitos que presentan estas serpientes. El análisis del hematocrito es importante para evaluar la salud y el estado fisiológico del ejemplar, pues al tener un rango normal de su hematocrito podemos considerar el espécimen se encuentra gozando de salud óptima en general, por lo que las 5 serpientes que presentaron un hematocrito menor al 15%, podrían estar relacionadas a la presencia de estos hemoparásitos.

Así mismo para el caso de los animales positivos en cuanto a su tiempo en cautiverio, en el presente estudio, 19 de 24 serpientes se mantienen alojadas entre un mes a tres años y 5 serpientes por el lapso de más de cuatro años, por lo que la mayoría de estas serpientes positivas a hemoparásitos son las que llevan menor tiempo bajo condiciones de cautividad. Son muchos los factores que pueden influenciar la prevalencia de estos hemoparásitos con el tiempo en que permanecen en cautividad. Durante el desarrollo de esta investigación, se pudo verificar que las serpientes ingresadas en el centro llegan desde un entorno natural donde están expuestas a diferentes vectores responsables de la transmisión de estos hemoparásitos, agregado a esto, cabe destacar el estrés adicional ocasionado por el traslado y la adaptación al cautiverio.

Finalmente, la procedencia de los ofidios positivos en el estudio resultó ser mayoritaria en la Provincia de Manabí. Sin embargo, es importante tomar en consideración que el mayor número de ingresos de serpientes corresponde a esta provincia, por lo que el lugar de procedencia no es un factor relacionado a la prevalencia de hemoparásitos en el centro.

## Recomendaciones

Es importante destacar la implementación de exámenes complementarios a cualquier tipo de animal que este predestinado a vivir en cautiverio, especialmente animales como los reptiles, por lo que su bienestar en cautiverio dependerá mucho de su entorno, dieta, salud y manejo. Este estudio pudo demostrar la prevalencia y diferentes tipos de hemoparásitos en los ofidios cautivos presentes de este centro de conservación ex situ con exámenes

sencillos de laboratorio como lo es el frotis sanguíneo y la microscopía. Además de realizar un análisis del hematocrito para considerar su estado de salud en general en base a los ofidios positivos a estos parásitos sanguíneos.

Aunque los resultados obtenidos no estuvieron relacionados a estos hemoparásitos, se recomienda realizar exámenes hematológicos más completos periódicamente para estudiar y evaluar esta posible relación. En cuanto a las 5 serpientes positivas que si obtuvieron un hematocrito menor al 15% se sugiere evaluar la dieta para así implementar suplementos nutricionales que las ayuden a elevar su hematocrito.

Por último, en relación con los vectores y tiempo en cautiverio de los ofidios positivos a hemoparásitos, se recomienda que los ofidios ingresados recientemente al centro refuerzen la cuarentena y la realización de los exámenes de laboratorio para así conocer su estado de salud antes de ser designados a un terrario con otras especies aparentemente sanas para su reproducción.

**Agradecimientos.** - Al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica por otorgar la autorización de investigación Nro. MAATE-ARSFC-2024-0104, al personal del Centro de Cría para la Reproducción Sostenible del Instituto Nacional de Investigación INSPI y AGROCALIDAD por su asesoramiento, sabiduría y tiempo dedicado, proporcionando todas las facilidades para el desarrollo y finalización de este trabajo.

## Referencias bibliográficas

- Ateuves. 2018. *Técnicas utilizadas para el estudio hematológico*. <https://ateuves.es/tecnicas-utilizadas-para-el-estudio-hematologico/>
- Bioweb Reptiles. 2020. *Stenorrhina degenhardtii*. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Stenorrhina%20degenhardtii>
- Bioweb Reptiles. 2024. *Boa constrictor*. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Boa%20constrictor>
- Clínica Universidad de Navarra. 2023. *Tinción de Giemsa*. <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/tincion-giemsa>
- Cooper, C., Clode, P., Peacock, C., y Thompson, R. 2017. *Host-Parasite Relationships and Life Histories of Trypanosomes in Australia*. *Advances in Parasitology* 97(1): 47-109. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.06.001>
- Corrales, G., Meidinger, R., Rodríguez, S., Chacón, D., y Gómez, A. 2014. *Reproduction in captivity of the Central American bushmaster (Lachesis stenophrys, Serpentes: Viperidae), in Costa Rica*. *Cuadernos de Herpetología* 28(2): 137-139. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/57411>
- Crespo Garay, C. 2023. ¿Cuál es la diferencia entre una serpiente, una víbora y una culebra? Nationalgeographic.es. <https://www.nationalgeographic.es/animales/serpiente-vibora-culebra-diferencia>
- Mader, Douglas R. 2006. *Medicina y cirugía de reptiles*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B072169327X500596>
- Bowman, Dwight D. 2021. *Georgis' Parasitology for Veterinarians*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978032354396500012X>
- Enríquez, C., Elias, R., Montes, D., y Saldarriaga, F. 2014. *Presencia de hemoparásitos de los géneros Hepatozoon y Haemogregarina en ejemplares de cocodrilo americano (Crocodylus acutus) mantenidos en cautiverio en Tumbes, Perú*. *Zoológica* 1(1): 1-7. <https://www.researchgate.net/publication/306106730>
- Fenwick, A. M., Greene, Harry W., y Parkinson, Christopher L. 2011. *La serpiente y el huevo: ¿evolución unidireccional del modo reproductivo en las víboras?* *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 50(1): 8. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.2011.00646.x>
- Finke, A., Haldeman Englert, C., y Novick, T. 2022. *Frotis de sangre*. Carefirst.staywellsolutionsonline.com. [https://carefirst.staywellsolutionsonline.com/Spanish/RelatedItems/167,blood\\_smear\\_es](https://carefirst.staywellsolutionsonline.com/Spanish/RelatedItems/167,blood_smear_es)
- Fonseca Guerrero, M. 2016. *Características anatómicas y morfología de reptiles*. Animalesbiología.com. <https://animalesbiologia.com/reptiles/anatomiamorfologia/anatomia-de-las-serpientes>
- Forlano, M. D., y Meléndez Roy, D. 2013. *Diagnóstico de Hepatozoon spp. en perros (Canis familiaris) y sus vectores en áreas rurales de los Estados Lara y Yaracuy-Venezuela*. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias* 54(2): 1. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-65762013000200005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762013000200005)
- Frases. 2021. *Anatomía y fisiología de las serpientes, escamas, esqueleto y órganos*. Frases333.com. <https://www.frases333.com/anatomia-y-fisiologia-de-las-serpientes-escalas-esqueleto-y-organos/>
- Frayre-Torres, M. J., S-G, E., O-V, M. J., Armas, J., y Celis, A. 2006. *Mortalidad por contacto traumático con serpiente y lagarto venenosos*. México, 1979-2003. *Gaceta Médica de México* 142(3): 209-213. <https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2006/gm063f.pdf>
- Gómez, A., Arroyo, C., Astorga, W., y Chacón, D. 2016. *Hematological and biochemical reference intervals for Bothrops asper and Crotalus simus (Serpentes: Viperidae), maintained in captivity for venom extraction*. *Comparative Clinical Pathology* 25(1): 615-623. <https://doi.org/10.1007/s00580-016-2240-2>
- González Blázquez, M. 2021. *Efectos y consecuencias de las interacciones hemoparásito-hospedador en anfibios y reptiles*. Universidad de Extremadura. <http://hdl.handle.net/10261/257475>
- González Camacho, L. 2019. *Identificación de hemoparásitos presentes en la herpetofauna de diferentes departamentos de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75766>
- Gutiérrez Liberato, G., Lotta Arévalo, I., Rodríguez Almonacid, C., Vargas Ramírez, M., y Matta, N. 2021. *Molecular and morphological description of the first Hepatozoon (Apicomplexa: Hepatozooidae) species infecting a neotropical turtle, with an approach to its phylogenetic relationships*. *Parasitology* 148(6): 747-759.

- <https://doi.org/10.1017/S0031182021000184>
- Vilcins, Inger-Marie E., Beata Ujvari, Julie M. Viejo, y Elizabeth Deane. 2009. *Molecular and Morphological Description of a Hepatozoon Species in Reptiles and Their Ticks in the Northern Territory, Australia*. *Journal of Parasitology* 95(2): 434-442. <https://doi.org/10.1645/GE-1725.1>
- Instituto Nacional de Patrimonio Nacional. 2019. *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*. <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Jackson, K. 2003. *The Evolution of Venom-Delivery Systems in Snakes*. *Zoological Journal of the Linnean Society* 137(3): 337-354. <https://doi.org/10.1046/j.1096-3642.2003.00052.x>
- Jakes, K., P. J. O'Donoghue, y S. L. Cameron. 2003. *Phylogenetic Relationship of Hepatozoon (Haemogregarina) boigae, Hepatozoon sp., Haemogregarina clelandi and Haemoproteus chelodina from Australian Reptiles to Other Apicomplexa Based on Cladistic Analyses of Ultrastructural and Life-Cycle Characters*. *Parasitology* 126(6): 555-559. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12866793/>
- Jakes, K. A., Peter O'Donoghue, Margaret Munro, y Robert Adlard. 2001. *Hemoprotezoos de tortugas de agua dulce en Queensland*. *Journal of Wildlife Diseases* 37(1): 12-19. <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:59595>
- Muliya, Krishna S., y Narayana Bhat, M. 2016. *Hematology and Serum Biochemistry of Indian Spectacled Cobra (Naja naja) and Indian Rat Snake (Ptyas mucosa)*. *Veterinary World* 9(8): 909-914. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.909-914>
- O'Dwyer, L. H., T. C. Moço, T. H. Barrella, F. C. Vilela, y R. J. Silva. 2003. *Prevalência de Hepatozoon spp. (Apicomplexa, Hepatozoidae) em serpentes recém-capturadas no Brasil*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 55(3): 1. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352003000300010>
- León, G., Segura, A., Gómez, A., Hernández, A., Navarro, D., Villalta, M., Vargas, M., Herrera, M., y Gutiérrez, J. M. 2014. *Industrial Production and Quality Control of Snake Antivenoms. Reference Module in Biomedical and Life Sciences*. SpringerLink. <https://hdl.handle.net/10669/77323>
- Lima, E. S., y R. A. Silva. 2004. *Aspectos morfológicos do parasita Hepatozoon caimani em jacaré (Caiman crocodilus yacare) no Pantanal Sul*. *Embrapa Pantanal* 1(1): 1517-4875. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/812034/>
- Lino Quijije, R. 2013. *Incidencia de Haemogregarinas en serpientes mantenidas en cautiverio en el serpentario del I.N.H.M.T. "L.I.P." para producción de biológicos*. Universidad de Guayaquil. <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6908>
- Morena de Vieira Santos, M., L. O'Dwyer, y R. Da Silva. 2005. *Seasonal Variation of Hepatozoon spp. (Apicomplexa, Hepatozoidae) Parasitemia from Boa constrictor amarali (Serpentes, Boidae) and Hydrodynastes gigas (Serpentes, Colubridae)*. *Parasitology Research* 97(2): 94-97. <https://doi.org/10.1007/s00436-005-1385-8>
- Martínez Silvestre, A., S. Lavín González, y R. Cuenca Valera. 2011. *Hematología y citología sanguínea en reptiles*. *Revista Oficial de la Asociación Veterinaria Española*
- de Especialistas en Pequeños Animales
- 31(3): 131-141. [https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/clivetpeqaniv31n3p131.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/clivetpeqani_a2011v31n3/clivetpeqaniv31n3p131.pdf)
- Guerrero & et al • Prevalencia de Hemoparásitos en Ofidios de un medio de Conservación EX-SITU, INSPI, Ecuador.
- Marzal, A., A. Ibáñez, M. González Blázquez, P. López, y J. Martín. 2017. *Prevalence and Genetic Diversity of Blood Parasite Mixed Infections in Spanish Terrapins, Mauremys leprosa*. *Parasitology* 114(11): 1449-1457. <https://doi.org/10.1017/S0031182017000889>
- McCue, M. D. 2006. *Cost of Producing Venom in Three North American Pitviper Species*. *Copeia* 2006(4): 818-825. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2006\)6\[818:COPVIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2006)6[818:COPVIT]2.0.CO;2)
- Mendoza Roldán, J., M. Mendoza Roldán, y D. Otranto. 2021. *Reptile Vector-Borne Diseases of Zoonotic Concern*. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 15(1): 132-142. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2021.04.007>
- Mendoza-Roldán, J., R. Santhakumari Manoj, M. Latrofa, R. Iatta, G. Annoscia, P. Lovreglio, A. Stufano, F. Dantart Torres, B. Davoust, Y. Laidoudi, O. Mediannikov, y D. Otranto. 2021. *Role of Reptiles and Associated Arthropods in the Epidemiology of Rickettsioses: A One Health Paradigm*. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 15(2): e0009090. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009090>
- Ministerio de Salud Pública. 2023. *Subsecretaría de Vigilancia, Prevención y Control de la Salud*. Gobierno del Ecuador. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/GACETA-DE-INTOXICACIONES-SE-10.pdf>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. 2017. *Código Orgánico del Ambiente*. [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)
- Morgenstern, D., y G. F. King. 2013. *The Venom Optimization Hypothesis Revisited*. *Toxicon* 63(1): 120-128. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2012.11.022>
- Organización Mundial de la Salud. 2021. *Anexo 5: Guías para la Producción, Control y Regulación de Inmunoglobulinas Antiveneno de Serpiente*. Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica. <https://iris.who.int/handle/10665/347281>
- Paperna, I., y R. Laison. 2004. *Hepatozoon cf. terzii (Sampon & Seligman, 1907) Infection in the Snake Boa constrictor constrictor from North Brazil: Transmission to the Mosquito Culex quinquefasciatus and the Lizard Tropidurus torquatus*. *Parasite Journal* 11(2): 175-181. <https://doi.org/10.1051/parasite/2004112175>
- Parejo Pulido, D., C. Mora Rubio, A. Marzal, y S. Magallanes. 2023. *Molecular Characterization of Haemosporidian and Haemogregarine Diversity in Southwestern Iberian Amphibians and Reptiles*. *Parasitology Research* 122(1): 1139-1149. <https://doi.org/10.1007/s00436-023-07814-6>
- Pazmiño Otamendi, G. 2020. *Bothrops atrox*. Bioweb. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Bothrops%20atrox>
- Pereira Úngari, L., A. Quagliatto Santos, L. O'Dwyer, M. Lucas da Silva, T. Rodrigues Santos, M. Rodrigues da Cunha, y R. Costa Pinto. 2018. *Molecular Characterization and Identification of Hepatozoon Species Miller, 1908 (Apicomplexa: Adeleina: Hepatozoidae) in Captive Snakes from Brazil*. *Parasitology Research* 117(12): 3857-3865. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6092-3>

- Petri, W. 2022. *Ehrliquiosis y Anaplasmosis*. University of Virginia School of Medicine 1(1): 1. <https://www.msdmanuals.com/es-es/professional/enfermedades-infecciosas/rickettsias-y-microorganismos-relacionados/ehrliquiosis-y-anaplasmosis>
- RenyLab. 2018. Giemsa. <https://es.renylab.ind.br/wp-content/uploads/2018/05/Giemsa.pdf>
- Reserva Natural Cabildo Verde en Sabana de Torres. 2020. *Manual de Manejo y Toma de Muestras en Fauna Silvestre*. <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/3a275c68-0544-422f-a83c-861a218c7552/content>
- Retamales Castelletto, E., y V. Manzo Garay. 2018. *Recomendaciones para la Tinción de Frotis Sanguíneos para la Lectura del Hemograma*. Instituto de Salud Pública, Gobierno de Chile. <https://www.ispch.cl/sites/default/files/RECOMENDACIONES%20PARA%20LA%20TINCI%C3%93N%20DEL%20FROTIS%20SANGU%C3%88DNEO.pdf>
- Rodríguez, C., y N. Varela. 2014. *Guía para el Manejo y Cuidado de Ofidios Colombianos en Cautiverio. Memorias de la Conferencia Interna en Medicina y Aprovechamiento de Fauna Silvestre, Exótica y no Convencional* 10(1): 31-61. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10007991>
- Rodríguez Guerra, A. 2020. *Bothrops asper*. Bioweb. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Bothrops%20asper>
- Rodríguez Guerra, A. 2020. *Porthidium arcosae*. Bioweb. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Porthidium%20arcosae>
- Rojas, G. R. A. 2011. *Presencia de Hepatozoon caimani (Apicomplexa: Hepatozoidae) en el "caimán blanco" Caiman crocodilus (Linnaeus 1758) en un zoológico de Lima, Perú*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 22(1): 1. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172011000100010](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172011000100010)
- Serrano Vega, V. 2023. *Determinación de Presencia de Hemoparásitos en Cocodrilos del Zoológico El Pantanal*. Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SERRANO%20VEGA%20VALERIA%20ABIGAIL.pdf>
- Sevillano Mera, G. 2017. *Identificación de Organismos del Filo Apicomplexa y Orden Rickettsiales en Tortugas Gigantes (Chelonoidis spp.) en las Islas Galápagos*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Sloboda, M., M. Kamler, J. Bulantová, J. Votipka, y D. Modrý. 2008. *Rodents as Intermediate Hosts of Hepatozoon ayorgbor (Apicomplexa: Adeleina: Hepatozoidae) from the African Ball Python, Python regius?* *Folia Parasitologica* 55(1): 13-16. <https://doi.org/10.14411/fp.2008.003>
- Telford, S. R. Jr. 2009. *Hemoparasites of the Reptilia*. CRC Press 2(40): 376 pp. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-2-40>
- Telford, S. R. Jr., E. J. Wozniak, y J. F. Mayordomo. 2001. *Haemogregarine Specificity in Two Communities of Florida Snakes, With Descriptions of Six New Species of Hepatozoon (Apicomplexa: Hepatozoidae) and a Possible Species of Haemogregarina (Apicomplexa: Haemogregarinidae)*. *The Journal of Parasitology* 87(4): 890-905. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2001\)087\[0890:HSITCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2001)087[0890:HSITCO]2.0.CO;2)
- Madsen, T., B. Ujvari, y M. Olsson. 2005. *Old Pythons Stay Fit; Effects of Haematozoan Infections on Life History Traits of a Large Tropical Predator*. *Oecologia* 142(3): 407-412. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1742-9>
- Torres Carvajal, O. 2023. *Siete en Uno: Especie de Lagartija Amazónica es Dividida en Siete Especies*. Reptiles del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/>
- Troiano, J. C. 2013. *Colecta de Muestras Sanguíneas en Reptiles. Memorias de la Conferencia Interna en Medicina y Aprovechamiento de Fauna Silvestre, Exótica y no Convencional* 9(1): 68-72. <https://www.revistas.veterinariosvs.org/index.php/cima/article/view/129>
- Trujillo, E., R. Elias, W. Silva, y D. Montes. 2016. *Valores Hematológicos de Bothrops atrox Mantenidos en Cautiverio en la Ciudad de Lima*. *Salud y Tecnología Veterinaria* 4(2): 44-52. <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/STV/article/view/3246/pdf>
- Ujvari, B., T. Madsen, y M. Olsson. 2004. *High Prevalence of Hepatozoon spp. (Apicomplexa, Hepatozoidae) Infection in Water Pythons (Liasis fuscus) from Tropical Australia*. *Journal of Parasitology* 90(3): 670-672. <https://doi.org/10.1645/GE-204R>
- Vásquez Almazán, C., y A. Chaquín. 2009. *Manual para la Identificación, Prevención y Tratamiento de Mordeduras de Serpientes Venenosas en Centro América*. IRIS PAHO. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/34498>
- Vintimilla de Haz, A. 2013. *Identificación de Bacilos Gram Negativos en la Cavidad Bucal de Serpientes Bothrops asper en Cautiverio en el Serpentario del Instituto Nacional de Investigación de Salud Pública (INSPI)*. Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VINTIMILLA%20DE%20HAZ%20ANDREA%20NATHALY.pdf>
- Viola, L., M. Campaner, C. Takata, R. Ferreira, A. Rodrigues, R. Freita, y M. Teixeira. 2008. *Phylogeny of Snake Trypanosomes Inferred by SSU rDNA Sequences, Their Possible Transmission by Phlebotomines, and Taxonomic Appraisal by Molecular, Cross-Infection and Morphological Analysis*. *Parasitology* 135(5): 595-605. <https://doi.org/10.1017/S0031182008004253>
- Wüster, W., A. Quijada, Maria da Graça Salomão, y Roger S. Thorpe. 2002. *Biology of the Vipers*. Eagle Mountain. [https://www.researchgate.net/publication/255980692\\_Origins\\_and\\_evolution\\_of\\_the\\_South\\_American\\_pitviper\\_fauna\\_evidence\\_from\\_mitochondrial\\_DNA\\_sequence\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/255980692_Origins_and_evolution_of_the_South_American_pitviper_fauna_evidence_from_mitochondrial_DNA_sequence_analysis)
- Zadorozhnyaya, V., y A. Korzh. 2013. *The Biological Characteristic of Representatives of the Genus Hepatozoon (Apicomplexa, Adeleorina) in the Marsh Frog (Pelophylax ridibundus) Separate Populations of Zaporozhzhya Region*. *Semantic Scholar* 47(2): e-34-e-39. <https://doi.org/10.2478/vzoo-2013-0013>
- Zamudio Zuluaga, N., y M. Ramírez Monroy. 2007. *Presencia de Hepatozoon spp. en Serpientes del Centro de Atención y Valoración de Fauna Silvestre (CAV) del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Barbosa - Antioquia*. *Revista CES* 2(2): 33-38. <https://es.scribd.com/document/399528613/Hepatozoon-en-Reptiles>

## Cultivo de juveniles de chame (*Dormitator latifrons*) en un sistema biofloc.

### Cultivation of juvenile chame (*Dormitator latifrons*) in a biofloc system

José Oquendo-Verdesoto<sup>1</sup> & Gabriel Vaca Núñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

Recibido 10 febrero 2025, recibido en forma revisada 10 abril 2025, aceptado 10 de mayo 2025, en línea 2 de junio 2025.

#### Resumen

En la actualidad, uno de los desafíos más importantes en la acuicultura son los costos de producción, siendo el alimento balanceado el factor más determinante de los gastos operacionales. En Ecuador, el cultivo de chame (*Dormitator latifrons*) constituye una opción acuícola llamativa para diversificar la producción local debido a su bajo costo de cultivo y rol ecológico importante. En este estudio se evaluó el efecto de sistemas biofloc en un cultivo de juveniles de chame determinando parámetros fisicoquímicos y zootécnicos tales como ganancia de peso (GP), longitud promedio (cm), tasa de crecimiento específico (TCE) y tasa de supervivencia. Los resultados mostraron que el sistema biofloc, utilizado como fuente de alimento suplementario, mejoró significativamente el crecimiento de los juveniles de chame (GP:  $4.10 \pm 0.10$ a) en comparación con un cultivo tradicional con recambios de agua diarios.

**Palabras clave:** Biofloc, chame, ganancia de peso, producción/

#### Abstract

Currently, one of the most important challenges in aquaculture is production costs, with balanced feed being the most determining factor in operational expenses. In Ecuador, the cultivation of chame (*Dormitator latifrons*) constitutes a striking aquaculture option to diversify local production due to its low cultivation cost and important ecological role. In this study, the effect of biofloc systems on a culture of chame juveniles was evaluated by determining physicochemical and zootechnical parameters such as weight gain (GP), average length (cm), specific growth rate (SGR) and survival rate. The results showed that the biofloc system, used as a supplementary food source, significantly improved the growth of chame juveniles (GP:  $4.10 \pm 0.10$ a) compared to a traditional culture with daily water exchanges.

**Key words:** Biofloc, chame, production, weight gain.

#### Introducción

La actividad acuícola mundial atraviesa un gran crecimiento en la producción de peces, moluscos y crustáceos. En el año 2020, se registró la mayor producción histórica con 87.5 millones de toneladas, que equivalen a 265 mil millones de dólares (FAO, 2022).

En Ecuador, la producción acuícola está dominada principalmente por la industria del camarón. A parte de lo mencionado, en el país existen otros cultivos acuícolas, a menor escala, tales como el cultivo de chame (*Dormitator latifrons*), con fines de comercio local (Flores, 2018). Esta especie representa una alternativa acuícola viable debido a su resistencia a enfermedades, su capacidad para soportar altas densidades de cultivo, su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (mg/L) y sus bajos costos de producción (Agualsaca, 2015). En el

país, el cultivo de chame se inició en la década de 1980 y, en la actualidad, su consumo se ha extendido a varias zonas de la costa, especialmente en la provincia de Manabí, donde forma parte de la cultura gastronómica local (Ecocosta, 2006).

Su densidad de siembra puede ir de 1 org/m<sup>2</sup> equivalente a 2,000 peces por hectárea en sistemas extensivos de cultivo, hasta densidades de 5-20 org/m<sup>2</sup>, con una biomasa de 40,000 peces por hectárea (García, 2018).

Su alimentación incluye fitoplancton, zooplancton, gusanos, materia vegetal y animal. El chame alcanza una talla comercial aproximadamente a los doce meses, con un peso de 400 gramos (Haz y Arias, 2002). Sin embargo, Vega-Villasante et al. (2021) afirman que este pez se mantiene en estudio con respecto a sus hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales (Delgado, 2010).

\* Correspondencia del autor:

E-mail: jose.oquendov@ug.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

En los sistemas de cultivo de flujo cerrado tenemos al sistema biofloc. El biofloc está formado por una conglomeración de flóculos integrados por fitoplancton, bacterias y materia orgánica particulada viva y muerta (OPESCA, 2017). Este comprende un 70-80% de materia orgánica incluyendo bacterias que, según su metabolismo, se clasifican como heterótrofas fijadoras de amoníaco y bacterias nitrificantes quimioautótrofas, además de algas, hongos, ciliados, flagelados, rotíferos, nemátodos, metazoarios y detritos orgánicos. Las partículas de "floc" son aglutinadas por material bacteriano rico en enzimas y polisacáridos, y están compuestos entre un 25% a 56% por proteína, 25% a 29% carbono orgánico con altos niveles de aminoácidos (Cuéllar et al., 2010; Hernández et al., 2019). La producción de bioflóculos puede depender de la calidad de los sustratos agregados, su relación C/N, entre otros factores (Avnimelech, 2007).

En la actualidad, uno de los desafíos más grandes que existen en la acuicultura son los costos de producción, siendo el alimento balanceado el factor más determinante, conformando, en ciertos casos hasta un 70% de los costos finales de operación (Llanes et al., 2010). Frente a esta problemática, el biofloc genera proteína microbiana "in situ" a partir de los compuestos nitrogenados, contribuyendo a la nutrición, aumentando la viabilidad del cultivo al reducir el índice de conversión alimenticia y disminuyendo los costos de alimentación (Emerenciano et al., 2013), por esto, en el presente estudio se plantea evaluar el cultivo de juveniles de Chame (*Dormitator latifrons*) implementando un sistema biofloc con melaza y polvillo de arroz como fuentes de carbono y pellet pulverizado como fuente de nitrógeno.

## Materiales y métodos

### Diseño experimental

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de acuacultura de la Facultad de

Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, con coordenadas geográficas  $2^{\circ}08'49.4''S$   $79^{\circ}55'0.1''W$ . La investigación tuvo una duración de 12 semanas, donde se construyó y empleó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), con tres unidades experimentales (UE), dos de sistema biofloc y una de control (T1, T2 y C) con 2 repeticiones cada una (Figura 1).

### Unidades experimentales

Se utilizaron seis tanques de plástico de forma cónica, de 34 cm de alto, 65 cm de diámetro en la parte superior y 50 cm de diámetro en la base. La capacidad total por tanque es de 75 L cada uno. Las unidades experimentales se adecuaron bajo un techo y fueron cubiertas con una malla sombra negra para evitar la influencia de factores externos que puedan afectar los resultados. La aireación fue proporcionada por dos piedras difusoras conectadas a un compresor de aire (JAD ACQ-009) de 105 W. La tubería utilizada fue un tubo PVC ( $\frac{3}{4}$ ") de 1 m de largo, una unión reductora ( $\frac{3}{4}$ " -  $\frac{1}{2}$ " ), tapón ( $\frac{1}{2}$ " ), segmento de manguera ( $\frac{1}{2}$ " ) y abrazaderas.

### Maduración de biofloc

Para la preparación se siguió la metodología aplicada por Avnimelech (2015), y modificada por Celdrán (2017), adicionando cepas bacterianas de *Nitrosomonas europaea* y *Nitrobacter vulgaris*. La fase de maduración se llevó a cabo en una duración de 26 días, donde inicialmente se llenaron los tanques de cultivo con agua envejecida y se proporcionó aireación constante, luego se agregaron los ingredientes necesarios para la formación del biofloc (Tabla 1).

### Organismos

Se obtuvieron 60 juveniles de *D. latifrons* a través de un proveedor en una chamera del cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas, Ecuador, los cuales se cultivaron a razón de 10 ejemplares por 0,20 m<sup>2</sup>, lo que refleja una proyección de densidad de 50 organismos por m<sup>2</sup>.

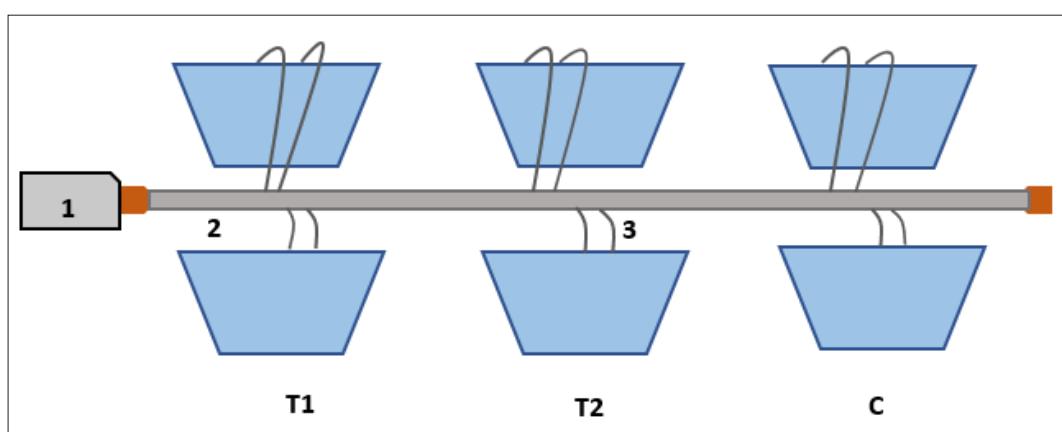


Figura 1. Unidades experimentales. T1: Biofloc; T2: Biofloc y alimento; C: Control; 1: Compresor de aire; 2: Tubería pvc; 3: Mangueras de aireación.

**Tabla 1.** Concentraciones (ppt) de ingredientes añadidos por día en 30 L de agua para la preparación de biofloc.

Ingredientes	ppt
Nitrito de sodio	24.33
Fosfato triple	1.33
Pellet pulverizado (28% proteína)*	52.55
Melaza	84.00
Polvillo de arroz	4.33
Ecubac (bacterias)	4.33

Durante el período de 5 días de aclimatación, previo a la siembra, se les aplicó un baño profiláctico a los organismos con sal marina en concentraciones de 15 ppt por 10 min (Montenegro & Vallejo, 2015) en el transcurso de los tres días iniciales. La colocación de los organismos en los tanques de cultivo se realizó de forma aleatorizada siguiendo el diseño experimental (DCA).

#### Determinación de compuestos nitrogenados y parámetros fisicoquímicos

Los compuestos nitrogenados, tales como Nitrógeno Ammoniacal Total (NAT), nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ) se determinaron por colorimetría por medio del Kit API\* FRESHWATER MASTER TEST, una vez por día.

Para monitorear el pH y la temperatura se utilizó un potenciómetro Thermo Scientific® (Expert pH Pocket tester), con respecto al oxígeno, este fue medido con un multiparámetro Thermo Scientific® (Orion Star 123), mientras que la turbidez fue estimada mediante la utilización de un disco Secchi.

Para la determinación de Alcalinidad (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) se utilizó el método de titulación, donde se tomó una muestra de 100 mL de agua de cultivo en un matraz Erlenmeyer, a la cual se agregaron 25  $\mu\text{L}$  de los indicadores verde-bromocrezol y rojo-metilo.

Posterior a aquello, se tituló con alícuotas de 100  $\mu\text{L}$  de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) con una normalidad de 0.02 N. La alcalinidad fue obtenida por medio de la siguiente ecuación (American Public Health Association et al., 1995):

$$\text{ALK} = \left( \frac{A \times N \times 50000}{C} \right)$$

Donde:

ALK= Alcalinidad (mg/L de carbonato de calcio  $[\text{CaCO}_3]$ )

A= mL de ácido empleado en la muestra

N= Normalidad del ácido utilizado

C= mL de muestra

Los sólidos sedimentables se midieron mediante un cono Imhoff, sumergiéndolo y tomando 1 L de muestra de agua, para posteriormente dejar reposar el cono

durante 30 min y observar los sólidos sedimentados (mL/L) (APHA, 1998).

#### Parámetros zootécnicos

Ganancia de peso (g)

Valor expresado en gramos (g) producto de la resta entre el peso promedio final y el peso promedio inicial de los organismos experimentales (Aldana y Palacios, 2021).

$$\text{pg} = \text{pf} - \text{pi}$$

#### Longitud promedio (cm)

Medición de las longitudes individuales de cada pez hasta completar el total de peces y obtención del promedio de la longitud (Encisco, 2019).

#### Tasa de supervivencia

Este indicador describe la resistencia de los organismos al manejo y confinamiento, expresado como porcentaje (Weatherley & Gill, 1987).

$$\text{SUP} = \left( \frac{\text{Nt}}{\text{Ni}} \right) * 100$$

#### Tasa de crecimiento específico

Esta detalla el valor porcentual de crecimiento por día del organismo, se determinó por medio de la fórmula (Arce & Luna, 2003):

$$\text{TCE} = \left( \frac{\ln(\text{Wf}) - \ln(\text{Wi})}{t} \right) * 100$$

#### Análisis microbiológico

Se realizó un análisis microbiológico para detectar la presencia de bacterias de los géneros *Aeromonas* y *Pseudomonas* en muestras de agua (1 L) correspondientes a cada tratamiento durante la fase de cultivo. Para ello, se efectuó una siembra en medio Glutamate Starch Phenol Red Agar (GSP), según el protocolo descrito por (Ruiz, 2007) (Monroy et al., 2013), con el fin de cuantificar las unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL) y determinar la presencia o ausencia de estos géneros bacterianos, comunes en ambientes acuáticos controlados.

#### Análisis de datos

Se utilizó el programa estadístico STATISTICS 7. Los valores recopilados se sometieron a una prueba de normalidad Shapiro - Wilk. Posteriormente se determinó si presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p \leq 0.05$  Kruskal Wallis/Mann Whitney) según corresponda.

## Resultados

La investigación se dividió en dos períodos: maduración de biofloc y cultivo de chame, por lo tanto, los resultados obtenidos de la medición de las variables en dichos períodos se presentan en dos partes; posteriormente, se muestran los resultados obtenidos de la comparación de los tratamientos en cuanto a parámetros zootécnicos.

Tabla 2. Valores promedio y error estándar de compuestos nitrogenados. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Mann-Whitney  $p \leq 0.05$ ).

Tratamiento	N A T (mg/L)	N - NO <sub>2</sub> (mg/L)	N - NO <sub>3</sub> (mg/L)
T1	1,50±0,21 <sub>a</sub>	0,08±0,02 <sub>a</sub>	7,69±0,57 <sub>a</sub>
T2	0,86±0,16 <sub>b</sub>	0,07±0,02 <sub>a</sub>	7,79±0,62 <sub>a</sub>

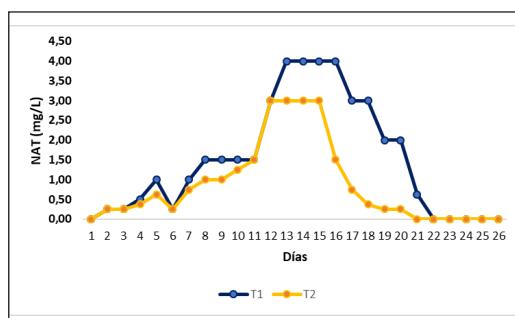


Figura 2. Valores de nitrógeno amoniacal total (NAT mg/L) durante los días de maduración del biofloc.

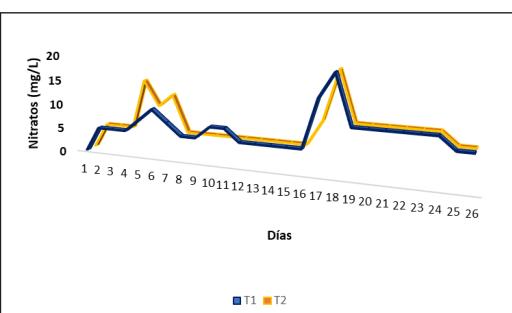


Figura 4. Valores de nitratos (mg/L) durante los días de maduración del biofloc.

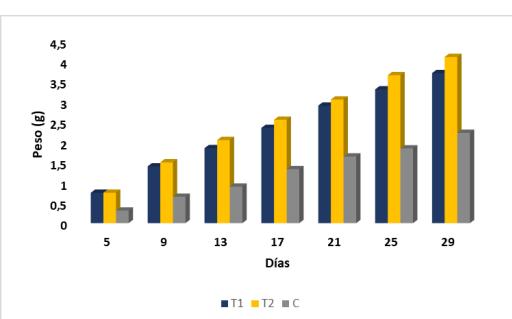


Figura 5. Ganancia de peso de chame cada cuatro días, con dos tratamientos con tecnología biofloc y un control. T1: Biofloc; T2: Biofloc y alimento; C: Control.

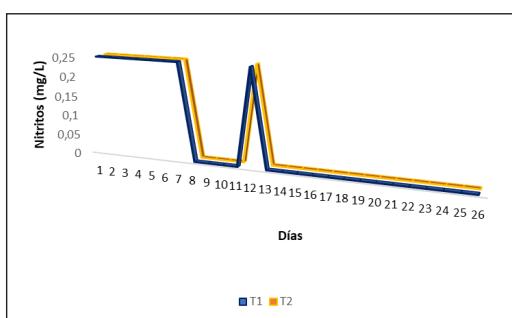


Figura 3. Valores de nitritos (mg/L) durante los días de maduración del biofloc.

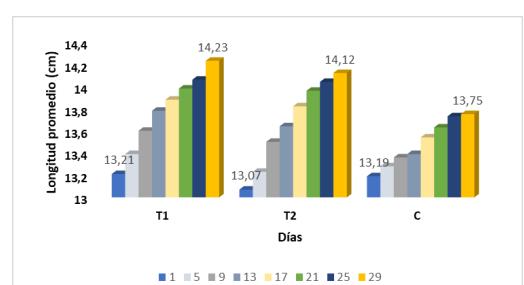


Figura 6. Longitud promedio de chame cada cuatro días, en dos tratamientos con tecnología biofloc (T1 y T2) y un control (C).

Tabla 3. Valores promedio y error estándar de los parámetros fisicoquímicos. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Mann-Whitney  $p \leq 0.05$ ).

Tratamiento	pH	Alcalinidad (mg/L)	Temperatura (°C)	S ó l i d o s sedimentables (ml/L)	OD (mg/L)
T1	8,44±0,07 <sub>a</sub>	129,37±5,43 <sub>a</sub>	27,88±0,19 <sub>a</sub>	12,15±0,83 <sub>a</sub>	6,54±0,05 <sub>a</sub>
T2	8,61±0,09 <sub>b</sub>	138,88±6,08 <sub>a</sub>	28,09±0,17 <sub>a</sub>	13,79±0,81 <sub>a</sub>	6,63±0,06 <sub>a</sub>

**Tabla 4.** Valores promedio y error estándar de compuestos nitrogenados en fase de cultivo. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Kruskal Wallis  $p \leq 0.05$ ).

Tratamiento	NAT (mg/L)	N - N O <sub>2</sub> (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)
T1	0,08±0,02 <sub>a</sub>	0,01±0,01 <sub>a</sub>	9,75±0,14 <sub>a</sub>
T2	0,05±0,01 <sub>a</sub>	0,00±0,00 <sub>a</sub>	9,75±0,14 <sub>a</sub>
C	0,24±0,02 <sub>b</sub>	0,25±0,01 <sub>b</sub>	0,00±0,00 <sub>b</sub>

**Tabla 6.** Parámetros zootécnicos de crecimiento de chame en dos tratamientos con tecnología biofloc (T1: Biofloc; T2: Biofloc y alimento) y un control (C: Alimento). TCE= Tasa de crecimiento específico. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Kruskal Wallis  $p \leq 0.05$ ).

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Longitud promedio (cm)	Tasa de supervivencia (%)	TCE (%)
T1	3,70±0,19 <sub>a</sub>	14,23±0,17 <sub>a</sub>	100,00±0,00 <sub>a</sub>	0,42±0,0 <sub>a</sub>
T2	4,10±0,10 <sub>a</sub>	14,12±0,11 <sub>a</sub>	100,00±0,00 <sub>a</sub>	0,47±0,0 <sub>a</sub>
C	2,23±0,22 <sub>b</sub>	13,75±0,05 <sub>b</sub>	75,00±0,71 <sub>b</sub>	0,28±0,0 <sub>b</sub>

**Tabla 5.** Valores promedio y error estándar de los parámetros fisicoquímicos en fase de cultivo. Promedios para cada tratamiento en cada columna. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Kruskal Wallis  $p \leq 0.05$ ).

Tratamiento	pH	Alcalinidad (mg/L)	Temperatura (°C)	SS (mL/L)
T1	7,66±0,02 <sub>a</sub>	140,94±3,66 <sub>a</sub>	27,17±0,11 <sub>a</sub>	20,44±0,39
T2	7,70±0,02 <sub>a</sub>	173,13±3,82 <sub>a</sub>	27,12±0,11 <sub>a</sub>	26,94±1,05
C	7,57±0,01 <sub>a</sub>	69,06±1,14 <sub>b</sub>	27,32±0,07 <sub>a</sub>	00,00±0,00

**Tabla 7.** UFC/mL de Aeromonas y Pseudomonas. Valores <10 UFC/mL representan la ausencia de crecimiento de colonias de bacterias con la menor dilución aplicada.

Muestra	Cuantificación de microorganismos	
	Aeromonas	Pseudomonas
T1	<10	4,00E+02
T2	<10	6,40E+05
C	<10	1,00E+01

### Fase de maduración del biofloc

#### Compuestos nitrogenados

Los valores de NAT (mg/L) fueron significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) (Tabla 2) (Figura 2), siendo T1 el que obtuvo valores más elevados. Por otro lado, los resultados de Nitrito (N-NO<sub>2</sub>) (Figura 3) y Nitrato (N-NO<sub>3</sub>) (Figura 4) fueron similares, y no presentaron diferencias entre tratamientos ( $p \geq 0.05$ ).

#### Parámetros fisicoquímicos

No existieron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos entre tratamientos a excepción del pH, que difirió entre ( $p \leq 0.05$ ) T1 y T2 (Tabla 3).

### Fase de cultivo de *Dormitator latifrons*

#### Compuestos nitrogenados

Para los compuestos nitrogenados (NAT, N-NO<sub>2</sub> y N-NO<sub>3</sub>)

) se determinaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el tratamiento control, frente a T1 y T2 (Tabla 4).

#### Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, excepto en los valores de alcalinidad, donde el tratamiento control muestra diferencias significativas respecto a T1 y T2. (Tabla 5).

#### Parámetros zootécnicos

En la Tabla 6 se muestran los resultados en donde se observaron diferencias significativas en ganancia de peso (g), longitud promedio (cm), tasa de supervivencia (%) y TCE para el control, con respecto a T1 y T2. El T2 (biofloc y alimento) obtuvo los mejores parámetros zootécnicos con una ganancia de peso de 4,10±0,14a g (Tabla 6), un TCE de 0,47±0,03 %/día y CA de 1,77±0,14.

La ganancia de peso de los organismos del control presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) frente a la ganancia de T1 y T2 (Figura 5).

La longitud promedio de los organismos del control difirió significativamente ( $p \leq 0.05$ ) a la longitud promedio de T1 y T2 (Figura 6).

#### Ánalisis microbiológico

Los valores obtenidos indican una carga bacteriana por debajo del índice detectable (<10 UFC/mL) para el género Aeromonas, por otro lado, se evidencia crecimiento de colonias de Pseudomonas en los tres

tratamientos, siendo T2 (6,40E+05) el valor más elevado (Tabla 7).

## Discusión

En un estudio sobre la eficiencia de sistemas biofloc inoculados con probióticos comerciales en especies acuáticas, Hernández et al., (2019) establecieron que el proceso de maduración tomó un promedio de 25 a 60 días, siempre con aireación permanente, de forma controlada, por otro lado, Coelho et al., (2017) asegura que la maduración del biofloc dura entre 30 y 50 días. En este estudio se obtuvieron resultados similares, donde el proceso de maduración se estableció en un lapso de 26 días, pudiendo asumir que el tiempo de maduración fue beneficiado por la inoculación de *Nitrosomonas spp.* que transforma el amonio a nitrito y *Nitrobacter spp.* que convierte el nitrito a nitrato (Pérez, 2001).

En general, se establecieron rangos óptimos respecto a los valores de compuestos nitrogenados y parámetros fisicoquímicos analizados durante la fase de maduración de este estudio, según las recomendaciones de diversos autores para sistemas biofloc en especies acuáticas (Avnimelech & Kochba, 2019; Hargreaves, 2013; Azim et al., 2018; Collazos et al., 2022). Por lo tanto, se procedió al inicio de la fase de cultivo.

Para los valores de compuestos nitrogenados obtenidos en la fase de cultivo de este estudio, se registraron, valores de NAT, (mg/mL) similares para T1 (0,08±0,02a) y T2 (0,05±0,01a), mientras que el control presentó valores ligeramente elevados en nitritos (0,25±0,01b), que según Agualsaca (2014) no deben superar los 0.2 mg/L. Los valores de Nitratos fueron bajos (0 - 10 mg/L) aun así, los compuestos nitrogenados se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de chame (Loor, G & Mendoza, R., 2018). Existieron diferencias significativas entre tratamientos con respecto al control ( $p \leq 0.05$ ), pero esto se pudo dar debido a que el control fue un sistema tradicional con recambios de agua diarios, acumulando compuestos nitrogenados entre tiempo de recambio (Mejía, 2014).

Para los parámetros fisicoquímicos de la fase de cultivo, los valores de pH en T1 (7,66±0,02a) T2 (7,70±0,02a) y C (7,57±0,01a) estuvieron en el rango requerido de acuerdo a Navas (2008), quién propone que el cultivo de pez chame necesita un pH entre 6,4 - 9,4 (Avnimelech et al., 2009). Neiva (2017), sostiene que, en un cultivo de peces, el rango óptimo de alcalinidad es de 50 - 150 mg/L, que incluye a los valores obtenidos en esta investigación, lo que nos permite afirmar que todos los tratamientos se mantuvieron dentro del rango ideal, sin embargo, T1 y T2 presentaron diferencias significativas con respecto al control. Esto presumatamente debido a la adición de fuentes de Carbono en T1 y T2 cuando la concentración de NAT fue igual o superior a 1 mg/L, por la misma relación de carbono/nitrógeno (C/N). (Franco, 2021).

Para la temperatura, Ecocostas (2006) afirma que el chame crece de forma óptima en temperaturas de 25 y 32 °C, con un clima cálido, similar a lo registrado en este estudio (T1:27,17±0,11a; T2:27,12±0,11a; C:27,32±0,07a), por lo que se asume que los valores obtenidos en este estudio fueron óptimos.

Hargreaves (2013) recomienda que los valores de sólidos en suspensión para biofloc en cultivo de peces deben oscilar entre 20 - 50 mL/L, valores que se obtuvieron en el presente estudio para T1 (20,44±0,39a) y T2 (26,94±1,05a), sin presentar diferencias significativas, pero evidenciándose un incremento para T2(6,50 ± 1,12a), tratamiento suministrado con alimento balanceado y flóculos, (McGraw, 2016).

En lo que se refiere a los parámetros productivos, (Machuca 2018) en un cultivo de chame en sistema biofloc, obtuvo valores de TCE de (1,45 ± 0,03 %/día), CA de (1,28 ± 0,02) y una ganancia de peso de (139,31 ± 2,24 g)..., con una densidad de cultivo de 60 peces/m2. Resultados que coinciden con los de este estudio, en donde el mejor tratamiento fue T2 con un TCE de 0,47±0,03 %/día, una ganancia de peso de 4,10±0,14<sup>a</sup>, ( $p \leq 0.05$ ), respecto al control. Demostrando así, que las mejores condiciones podrían deberse al aporte alimenticio natural que proporciona el biofloc. Además, Xu et al., (2012) mencionan que el biofloc, es una fuente de alimento suplementario *in situ* que mejora y contribuye en forma positiva al crecimiento en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

Respecto a la supervivencia, Álava & Dávalos (2021) encontraron valores mayores en las unidades experimentales de biofloc tratadas con microorganismos de montaña. Coinciendo, en este estudio, con una supervivencia de 100% en T1 y T2, frente al control, con un porcentaje de supervivencia menor (75±0,71), presentando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), donde se puede asumir que la presencia de nitritos incidió en la mortalidad de los organismos, esto con base en Balbuena (2011), quien manifestó que la toxicidad del nitrito es mayor en los alevines y los juveniles de peces, donde concentraciones superiores a 0.2 mg/L ponen en riesgo a la mayoría de especies (Balbuena, 2011).

Finalmente, en un estudio sobre la composición y abundancia de comunidades de microorganismos vinculados al biofloc en cultivos acuáticos, Monroy et al., (2013) manifestaron que, entre los principales géneros adheridos a los flóculos, se encuentran bacterias como *Aeromonas sp.*, que son organismos comunes de medios acuáticos y en presencia de materia orgánica, pudiendo llegar a causar enfermedades. Con respecto a esta investigación, en el análisis microbiológico no se hallaron concentraciones detectables (<10 UFC/mL/L) de *Aeromonas sp.*, a diferencia de *Pseudomonas sp.*, donde el incremento de microorganismos heterótrofos de este género posiblemente impidió la proliferación de otras comunidades bacterianas

como *Aeromonas sp.* (Monroy et al., 2013). También Trivedi (1997), afirmó que *Pseudomonas sp.* participa en la reducción inmediata de los niveles de amoníaco-nitrógeno y son capaces de aprovechar el nitrito y nitrato para su proceso fisiológico (desnitrificación). Cabe recalcar que a pesar de que en este estudio se reportó la presencia de *Pseudomonas sp.* en todos los tratamientos, se podría asumir que estas bacterias no fueron responsables de la reducción de los compuestos nitrogenados debido a la cantidad de UFC/mL reportado en cada tratamiento.

## Conclusiones

La determinación del tiempo de maduración de los sistemas biofloc se llevó a cabo en un lapso de 26 días.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos concluyó en que estos se mantuvieron dentro de los rangos normales para todos los tratamientos.

El tratamiento 2 (biofloc y alimento) se destacó en función de presentar los organismos con mayor ganancia de peso (g).

## Recomendaciones

Establecer un tiempo de maduración de biofloc aún menor al descrito en este trabajo, aplicando dosis diarias más elevadas de bacterias nitrificantes para agilizar el proceso metodológico.

Cultivar el pez chame durante períodos más largos de tiempo para evaluar la eficiencia del cultivo biofloc con el fin de alcanzar el tamaño comercial.

Planificar responsablemente la instalación de un sistema biofloc en relación al suministro de energía eléctrica del sitio donde se planea cultivar.

## Referencias

- Agualsaca, Jonathan. 2015. "Adaptación de chame (*Dormitator latifrons* R.) sometido a cautiverio utilizando cuatro niveles de detritus y balanceado en su alimentación." Artículo científico, IASA II, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- Álava, María, y Sebastián Dávalos. 2021. "Uso de microorganismos de montaña en un sistema biofloc para tilapia gris (*Oreochromis niloticus*).". Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/21c6274a-bd9d-49d2-8780-bc3f68d585cb/content>.
- Aldana, Valeria, y Patricia Palacios. 2021. "Rendimiento del camarón (*Litopenaeus vannamei*) en etapa de engorde con alimentos de dos gamas diferentes." Tesis de pregrado, Universidad de Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/items/15258924-92c3-48a5-b696-9c5def35d7ae>.
- Alzate, Héctor. 2017. "Efecto de la fuente proteica del alimento sobre la calidad de la carne de la cachama blanca *Piaractus brachypomus* en un sistema de tecnología biofloc." Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- American Public Health Association, American Water Works Association, y Water Environment Federation. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19.<sup>a</sup> ed. Washington, DC: American Public Health Association. <https://cmc.marmot.org/Record/.b28979734>.
- American Public Health Association. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20.<sup>a</sup> ed. Washington, DC: American Public Health Association.
- Arce, Ulises, y Fernando Luna. 2003. "Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: *Ictaluridae*) en condiciones de cautiverio." AquaTIC, no. 18: 39-47.
- Arciniega, Sofía. 2022. "Evaluación de requerimiento proteico en juveniles de *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en cultivo de biofloc y agua clara." Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Avnimelech, Yoram. 2006. "Bio-filters: The Need for a New Comprehensive Approach." Aquacultural Engineering 34 (3): 172-178.
- Avnimelech, Yoram. 2007. "Feeding with Microbial Flocs by Tilapia in Minimal Discharge Bio-flocs Technology Ponds." Aquaculture 264: 140-147.
- Avnimelech, Yoram, y M. Kochba. 2009. "Evaluation of Nitrogen Uptake and Excretion by Tilapia in Biofloc Tanks, Using N-15 Tracing." Aquaculture 287 (1): 163-168.
- Avnimelech, Yoram. 2011. "Tilapia Production Using Biofloc Technology: Saving Water, Waste Recycling Improves Economics." Global Aquaculture Advocate, marzo/abril, 66-68.
- Avnimelech, Yoram. 2012. "Nitrogen Isotope: Tool to Evaluate Protein Uptake in Biofloc Systems." Global Aquaculture Alliance. Global Aquaculture Advocate, marzo/abril, 74-75.
- Azim, M., y D. Little. 2008. "The Biofloc Technology (BFT) in Indoor Tanks: Water Quality, Biofloc Composition, and Growth and Welfare of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).". Aquaculture 283 (1): 29-35.
- Badillo, David, et al. 2018. "Requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de juveniles del pez nativo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844)." Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 5 (14): 345-351. <https://doi.org/10.19136/era.a5nl4.1554>.
- Balbuena, Eduardo. 2011. Manual Básico de Piscicultura para Paraguay. Asunción: Editorial XYZ.
- Becerril, Daniel, et al. 2018. "Effect on Nutritional Composition of Produced Bioflocs with Different Carbon Sources (Molasses, Coffee Waste and Rice Bran) in Biofloc System." International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 6 (2): 541-547.
- Clifford, Carlos. 1994. "El manejo de estanques camarones (Un caso de estudio sobre el manejo de estanques de camarón)." En Memoria del Seminario Internacional de Camaronicultura en México Camarón, editado por J. Zendejas-Hernández, 1-39. Sinaloa, México: Ralston Purina

- Internacional.
- Coelho, María, et al. 2017. "Water Quality: Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture." En Water Quality, editado por H. Tutu, 1.<sup>a</sup> ed. Sudáfrica: Intechopen.
- Collazos-Lasso, Luis, et al. 2022. "Establecimiento de biofloc a tres relaciones carbono/nitrógeno, tendiente a la producción de zooplancton." Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia 69 (3): 281-298. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n3.99968>.
- Contreras, Diego, y Andrea Naranjo. 2020. "Adaptación de la tilapia híbrida *Oreochromis* sp. en un sistema biofloc, con la inclusión de nucleótidos en dietas balanceadas, en el subtrópico ecuatoriano, parroquia Nanegal." Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22045/1/TIASAI-005579.pdf>.
- Cotera, Natalia. 2022. "Análisis de la producción del chame en el sector de Pianguapí y su interacción con el sistema de manglar." Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8729e4fb-0ea5-45bc-a325-c0820d8b760f/content>.
- Crab, R., et al. 2010. "The Effect of Different Carbon Sources on the Nutritional Value of Bioflocs, a Feed for *Macrobrachium rosenbergii* Post-larvae." Aquaculture Research 41 (4): 559-567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02353.x>.
- Cruz, Ana. 2018. "Utilización de enzimas lipasas en la extracción de proteínas del polvillo de arroz." Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/84860b22-7dbc-4fe2-b7fa-e9b4950100fc/d-88004.pdf>.
- Cuellar, Juan, et al. 2010. Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei*. San Salvador: OIRSA-OSPESCA.
- Delgado Morán, Gabriel. 2010. "Capacitación comunitaria sobre el cultivo intensivo del Chame *Dormitator latifrons*, Richardson 1844; en el sitio Cañas de Cantón Junín - Provincia de Manabí." Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Ecocosta. 2006. El cultivo de chame en el estuario del río Cojimíes. Proyecto Sustainable Coastal Communities and Ecosystems (SUCCESS).
- Ekasari, Julie, et al. 2012. "Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at Different Stocking Densities." HAYATI Journal of Biosciences 19 (2): 73-80.
- El Sayed, Abdel-Fattah. 2006. Tilapia Culture. Wallingford: CABI. [https://www.researchgate.net/profile/Abdel-El-Sayed/publication/287293649\\_Tilapia\\_Culture/links/5692200208aee91f69a606af/Tilapia-Culture.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Abdel-El-Sayed/publication/287293649_Tilapia_Culture/links/5692200208aee91f69a606af/Tilapia-Culture.pdf).
- Emerenciano, Mauricio, et al. 2013. "Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry." En Biomass Now - Cultivation and Utilization, 302-328.
- Enciso, Angelo. 2019. "Rendimiento económico del cultivo de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en la zona del Huallaga central, región San Martín." Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4013/ENCISO%20AYALA%20ANGELO%20JOSE%20-%20TITULO%20PROFESIONAL%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Espinosa, José. 2021. "Evaluación de dos tipos de sustratos en un sistema de biofloc en la cría de postlarva de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)." Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6733b99e-2aa6-4bd0-a1f4-7498ec8bf24b/content>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1999. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. Operaciones pesqueras. Roma: FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5de42882-6790-4f92-8e13-1268f5459500/content>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>.
- Flores, Karen. 2019. "Principales especies que se cultivan en Ecuador." Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala. <https://es.scribd.com/document/440906330/Principales-especies-que-se-cultivan-en-Ecuador>.
- Franco, Álvaro. 2021. "Cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con tecnología biofloc." Tesis de maestría, Universidad de A Coruña. [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/30866/FrancoPerez\\_Alvaro\\_TFM\\_2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/30866/FrancoPerez_Alvaro_TFM_2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
- Freire, Carlos. 2013. "Experiencias en el manejo del Chame (*Dormitator latifrons*) en la Cuenca del Río Guayas, Ecuador." Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola 7 (7): 1-13.
- Gálvez-Cantero, Luis, et al. 2022. "El biofloc en la acuicultura." Centro Azúcar 49 (2): 136-146. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612022000200136&lng=es&tlang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200136&lng=es&tlang=es).
- García, Gloria. 2018. "Evaluación de las características fisicoquímicas del agua en la piscícola de Asojuncal-Huila, asociados al ciclo de producción de la tilapia roja." Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Neiva, Colombia.
- Hanif, Muhammad, et al. 2016. "Organic Carbon Source and C/N Ratio Affect Inorganic Nitrogen Profile in the Biofloc-Based Culture Media of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)."<sup>a</sup> \*ILMU KELAUTAN\* 21 (1): 23-28. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.21.1.23-28>.
- Hargreaves, John. 2005. Biofloc Production Systems for Aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC).
- Haz, Germán, y Jorge Arias. 2002. Nutrición de peces comerciales en estanques. Ciudad de México: Limusa.
- Hernández, Laura, et al. 2019. "Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola." Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 14 (1): 70-99. <https://www.redalyc.org/journal/3214/321461742007/html/#B34>.

- Hirono, Yutaka. 1983. "Preliminary Report on Shrimp Culture Activities in Ecuador." \*Journal of the World Mariculture Society\* 14: 451-457.
- Ibarra, Eduardo, et al. 2019. "Caracterización nutricional del biofloc desarrollado con agua del Pacífico ecuatoriano para el cultivo de *Litopenaeus vannamei*." Cuban Journal of Agricultural Science 53 (4): 395-402. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802019000400395&lng=es&tlang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802019000400395&lng=es&tlang=es).
- Khanjani, Mohammad. 2020. "Biofloc System Applied to Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Farming Using Different Carbon Sources: Growth Performance, Carcass Analysis, Digestive and Hepatic Enzyme Activity." Iranian Journal of Fisheries Sciences. <http://jifro.ir/article-1-4467-fa.pdf>.
- Kuebutornye, Francis, et al. 2019. "A Review on the Application of *Bacillus* as Probiotics in Aquaculture." Fish & Shellfish Immunology 87: 820-828. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.010>.
- Llanes, José, et al. 2010. "Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. nilotus*). " Zootecnia Tropical 28 (4): 499-505.
- Lara, Claudia. 2012. "Evaluación de un sistema cerrado para el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*." Tesis de maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. [https://ciad.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/253/1/Lara%20Espinosa%20Claudia\\_2012\\_MC.pdf](https://ciad.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/253/1/Lara%20Espinosa%20Claudia_2012_MC.pdf).
- Leite, Pedro, et al. 2017. "Sistema Bioflocos." En Anais da X Mostra Científica Famez, 308-313. Campo Grande: UFMS. <https://famez.ufms.br/files/2015/09/SISTEMA-BIOFLOCOS.pdf>.
- Loor, Gabriela, y Roberto Mendoza. 2018. "Sistema acuapónico a escala piloto con chame (*Dormitator latifrons*) y lechuga (*Lactuca sativa*) para producción de alimentos, comunidad Casas Viejas, cantón Bolívar." Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/896/1/TMA180.pdf>.
- Machuca, Carlos. 2018. "Crecimiento de chame (*Dormitator latifrons* R.) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc." Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4f652de0-9e1f-4262-ae0f-47897a46d20f/content>.
- Mejía, Carlos. 2014. "Dinámica del nitrógeno en bioreactores de un sistema de producción de alevinos machos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con tecnología biofloc." Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1917/M12.M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Monroy, Claudia, et al. 2013. "Microbiology Community Composition and Abundance Associated to Biofloc in Tilapia Aquaculture." Biología Marina y Oceanografía 48 (3): 511-520.
- Montenegro, Carlos, y Andrea Vallejo. 2015. Estudio del potencial acuícola del chame (*Dormitator latifrons*), en la vereda El Olivo, municipio de Arboleda Berruecos, departamento de Nariño, Colombia. Bogotá: Fundación Juanambú.
- Muñoz, Vladimir. 2018. "Contribución del biofloc inoculado con diferentes probióticos sobre el crecimiento y niveles de actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus* Var SPRING)." Tesis de maestría, CICESE. [https://cicese.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2057/1/tesis\\_Mu%C3%B3oz\\_Kuehme\\_Vladimir\\_Nicolas\\_16\\_feb\\_2018.pdf](https://cicese.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2057/1/tesis_Mu%C3%B3oz_Kuehme_Vladimir_Nicolas_16_feb_2018.pdf).
- Ortega, Juan. 2016. "Análisis del comercio internacional del chame (*Dormitator latifrons*, Richardson, 1844) y su impacto sobre sus poblaciones silvestres en el Ecuador: Propuesta de inclusión en CITES." Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil.
- Ortiz, Carlos, y Germán Díaz. 2003. "Ecología trofodinámica de *Dormitator latifrons* (Richardson) en nueve lagunas costeras del Pacífico de México." Anales del Instituto de Biología de la UNAM 74 (1): 147-160.
- Ortiz, José. 2015. Acuacultura: Producción dulceacuícola en el Ecuador I. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10164/3/Acuacultura.pdf>.
- Ortiz, José. 2020. "Adaptación de la tilapia híbrida *Oreochromis* sp en un sistema biofloc, con la inclusión de nucréótidos en dietas balanceadas, en el subtrópico ecuatoriano, parroquia Nanegal." Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22045/1/T-IASAI-005579.pdf>.
- OSPESCA. 2017. Tendencias de la acuicultura de las que ya se hablan y se seguirán hablando en 2018. San Salvador: OSPESCA. <https://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=110725&IDCat=3&IdEnt=47>.
- Pérez, Juan. 2001. "Aplicación de *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* en forma de biopelícula para la nitrificación biológica en reactores de lecho fijo." Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/5294>.
- Piñeros, Andrés, y Yolanda Quintana. 2020. "Perspectivas del cultivo de chame en Iberoamérica, con especial referencia a Ecuador." En IX Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y Acuicultura, 85-92. [https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Rodolfo-Rebolledo-Monsalve/publication/344755145\\_Concesiones\\_de\\_manejo\\_pesquero\\_artesanal\\_una\\_vision\\_desde\\_la\\_provincia\\_de\\_Esmeraldas\\_Ecuador\\_IX\\_Foro\\_Iberoamericano\\_de\\_los\\_Recursos\\_Marinos\\_y\\_Acuicultura/links/5f8e2cd2299bf1b53e346f0e/Concesiones-de-manejo-pesquero-artesanal-una-vision-desde-la-provincia-de-Esmeraldas-Ecuador-IX-Foro-Iberoamericano-de-los-Recursos-Marinos-y-Acuicultura.pdf#page=101](https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Rodolfo-Rebolledo-Monsalve/publication/344755145_Concesiones_de_manejo_pesquero_artesanal_una_vision_desde_la_provincia_de_Esmeraldas_Ecuador_IX_Foro_Iberoamericano_de_los_Recursos_Marinos_y_Acuicultura/links/5f8e2cd2299bf1b53e346f0e/Concesiones-de-manejo-pesquero-artesanal-una-vision-desde-la-provincia-de-Esmeraldas-Ecuador-IX-Foro-Iberoamericano-de-los-Recursos-Marinos-y-Acuicultura.pdf#page=101).
- Rode, Richard. 2014. Marine Shrimp Biofloc Systems: Basic Management Practices. West Lafayette: Purdue Extension.
- Ruiz, Luis. 2007. *Pseudomonas aeruginosa*: Aportación al conocimiento de su estructura y al de los mecanismos que contribuyen a su resistencia a los antimicrobianos. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona. [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2521/LRM\\_TESIS.pdf](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2521/LRM_TESIS.pdf).
- Sánchez, Antonio, et al. 2020. Pesca y Acuicultura en Ecuador. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/08/Pesca-y-acuicultura-en-Ecuador-1.pdf>.

Trivedi, Harshad. 1997. "Reducción de Amoniaco a través de Bioaumentación." Protección Ambiental. <https://www.labamerex.com/images/1997-Proteccion-ambiental-Trivedi-MSChE.pdf>.

Vaca, Gabriela. 2016. "Elaboración y determinación de la eficiencia de dos filtros biológicos evaluados en un cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en sistemas de recirculación acuícola." Tesis de maestría, CICESE. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/92>.

Velázquez, Luis. 2022. "Factores asociados a la mortalidad atípica de tilapia (*Oreochromis spp.*) en la presa Netzahualcóyotl (Malpaso), Chiapas." Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chiapas. <http://www.repositorio.unach.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3576/1/PS1888%20LUIS%20ALFONSO%20VEL%C3%81ZQUEZ%20VALENCIA%20%20LUIS%20ALFONSO%20VELAZQUEZ%20VALENCIA.pdf>.

Vega-Villasante, Fernando, et al. 2021. "Biology and Use of the Pacific Fat Sleeper *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844): State of the Art Review." Latin American Journal of Aquatic Research 49 (3): 391-403.

Wang, Gui, et al. 2015. "Effect of C/N Ratio on Water Quality in Zero-Water Exchange Tanks and the Biofloc Supplementation in Feed on the Growth Performance of Crucian Carp, *Carassius auratus*." Aquaculture Research 46: 98-104.

Wenjing, Ren, et al. 2019. "Effects of C/N Ratio and Light on Ammonia Nitrogen Uptake in *Litopenaeus vannamei* Culture Tanks." Aquaculture 498: 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.043>.

Zhao, Peng, et al. 2012. "The Application of Bioflocs Technology in High-Intensive, Zero Exchange Farming Systems of *Marsupenaeus japonicas*." Aquaculture 354-355: 97-106.

## Cobertura y usos del suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - Ciidea Espam Mfl

### Land-cover and Land-use at the Integral Sustainable Space: Bosque Politécnico - Ciidea Espam Mfl

Francisco Javier Velásquez Intriago<sup>1</sup>, Carlos Andree Villafuerte Vélez<sup>1</sup>, Carlos Ricardo Delgado Villafuerte<sup>1</sup>, Leonardo Sebastián Bazuerto Meza.

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.

Recibido 10 febrero 2025, recibido en forma revisada 10 abril 2025, aceptado 10 de mayo 2025, en línea 2 de junio 2025.

#### Resumen

Este estudio consistió en la determinación de la cobertura y usos del suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL. Por medio de tecnología dron DJI Phantom 4 Pro apoyado con sistemas de información geográfica se obtuvo una ortofoto del área de estudio y mediante clasificación supervisada basada en análisis de píxeles mediante el software QGis 3.28.5 se determinó la cobertura y usos del suelo. Se identificaron varios niveles principales como áreas significativas destinadas a la conservación y protección (54,1%), pecuario (25,7%), forestal (8,6%), agrícola (8,4%) y otros usos (3,2%). Entre los subniveles: la cobertura bosque, pastos y plantación forestal, destacaron como las áreas de mayor extensión con un 47,7%, 25,7% y 8,6% respectivamente. Los resultados obtenidos evidencian la complejidad del paisaje en el área de estudio y pone énfasis en el diagnóstico de la cobertura y usos del suelo como parte importante de la gestión sostenible del recurso suelo.

**Palabras claves:** Cobertura y usos del suelo, sistemas de información geográfica, gestión sostenible.

#### Abstract

This study focused on determining the land-cover and land-use at the Integral Sustainable Space: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL. Using DJI Phantom 4 Pro drone technology supported by geographic information systems, an orthophoto of the study area was obtained. Land-cover and land-use were determined through supervised classification based on pixel analysis using QGis 3.28.5 software. Several major levels were identified, including significant areas for conservation and protection (54.1%), livestock (25.7%), forestry (8.6%), agriculture (8.4%), and other uses (3.2%). Among the sub-levels, forest cover, pastures, and forest plantations stood out as the largest areas, covering 47.7%, 25.7%, and 8.6%, respectively. The results obtained highlight the complexity of the landscape in the study area and emphasize the importance of diagnosing land-cover and land-use as a key component of sustainable soil resource management.

**Keywords:** Land-cover and land-use, geographic information systems, sustainable management.

#### Introducción

La cobertura del suelo incluye todas las formas biológicas o físicas que se encuentran sobre la superficie terrestre, mientras que el uso del suelo se refiere a las actividades humanas realizadas en esa superficie con el fin de obtener algún beneficio o producto (Ramos et al. 2016). Además, para lograr el uso y manejo sustentable del suelo en un área determinada, es importante comprender sus interacciones y los factores biofísicos fundamentales como: textura, fertilidad, densidad, etc. Pero también es necesario conocer la cobertura vegetal (Camacho et al. 2017). Los usos de suelo influyen directamente

en la biodiversidad, procesos físicos, climáticos y biológicos (Laban et al. 2018; Organización de las Naciones Unidas 2017). Por ejemplo, la cobertura bosque es capaz de prestar servicios ecosistémicos como: suministro de agua, almacenamiento de carbono, producción de madera y el control de la erosión del suelo (Griscom et al. 2017; Hua et al. 2016; Romijn et al. 2019; Besseau et al. 2018).

Por lo que, si se analiza desde este enfoque, se considera al suelo como un bien natural cuyo valor económico y ambiental está definitivo por ser un recurso y por el entorno: desarrollo demográfico, usos actuales del suelo, capacidad, ubicación geográfica,

\* Correspondencia del autor:

E-mail: francisco.velasquezin@espm.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

estructura geológica y condiciones climáticas (Belduma et al. 2020).

El diagnóstico de la cobertura y usos del suelo a través de los sistemas de información geográfica son importantes para la toma de decisiones. La construcción cartográfica de usos del suelo se ha sofisticado en las últimas décadas y actualmente el uso de imágenes aéreas de alta resolución y tratadas con herramientas SIG, es uno de los métodos más eficientes para los análisis cuantitativos (Membrado e Hinojosa 2018). Por otro lado, el mapeo de coberturas y usos del suelo mediante vehículos no tripulados (drones) se utilizan ampliamente para recopilar datos de imágenes en áreas remotas o inaccesibles (Kalantar et al. 2019). Además, la facilidad de uso y la asequibilidad, convierte este método muy rentable, escalable y no requiere mucho tiempo en la obtención de información, esto permite agilizar los procesos de mapeo, obteniendo datos de excelente calidad (Al-Najjar et al. 2019).

El uso de imágenes de alta calidad de la superficie terrestre permite evaluar las coberturas y usos del suelo y sientan las bases para realizar análisis precisos de los cambios en una determinada área. Por lo que el uso de estas herramientas, permiten abordar desafíos ambientales eficientemente y promueven el desarrollo de prácticas sostenibles en armonía con la complejidad de los sistemas terrestres.

## Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el Bosque Politécnico y CIIDEA (Ciudad de la Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario) de la ESPAM MFL, localizado en el sitio El Limón del cantón Bolívar, provincia de Manabí-Ecuador. El Bosque Politécnico cuenta con una extensión de 9,18 ha; mientras que CIIDEA posee una superficie de 125,06 ha, dividida en varias fracciones de terreno denominadas: Lote I (58,64 ha), Lote II (49,79 ha), Lote III (8,21 ha), Lote IV (6,16 ha) y Lote V (2,26 ha); para un total general de 134,24 ha (figura 1).

### Mapeo de la cobertura y uso del suelo

El proceso de fotografiado aéreo se realizó a través de dron DJI Phantom 4 Pro, con una altitud media de vuelo de 225 m. Las imágenes obtenidas tienen una resolución en terreno de 5,48 cm/pix y la ruta de vuelo fue planificada mediante la aplicación DroneDeploy mobile app. Antes del vuelo fotogramétrico, se ubicaron puntos de control terrestre del área en estudio mediante el sistema RTK T10 Pro. Utilizando el software Agisoft Metashape 2.0.4, se procesaron las fotos tomadas por el dron, que se etiquetaron geográficamente, creando mosaicos con los puntos de control terrestre y posteriormente exportadas en formato tiff en el sistema de referencia EPSG:32617 WGS 1984/UTM, zona 17M, para la obtención final de la ortofoto del área de estudio.

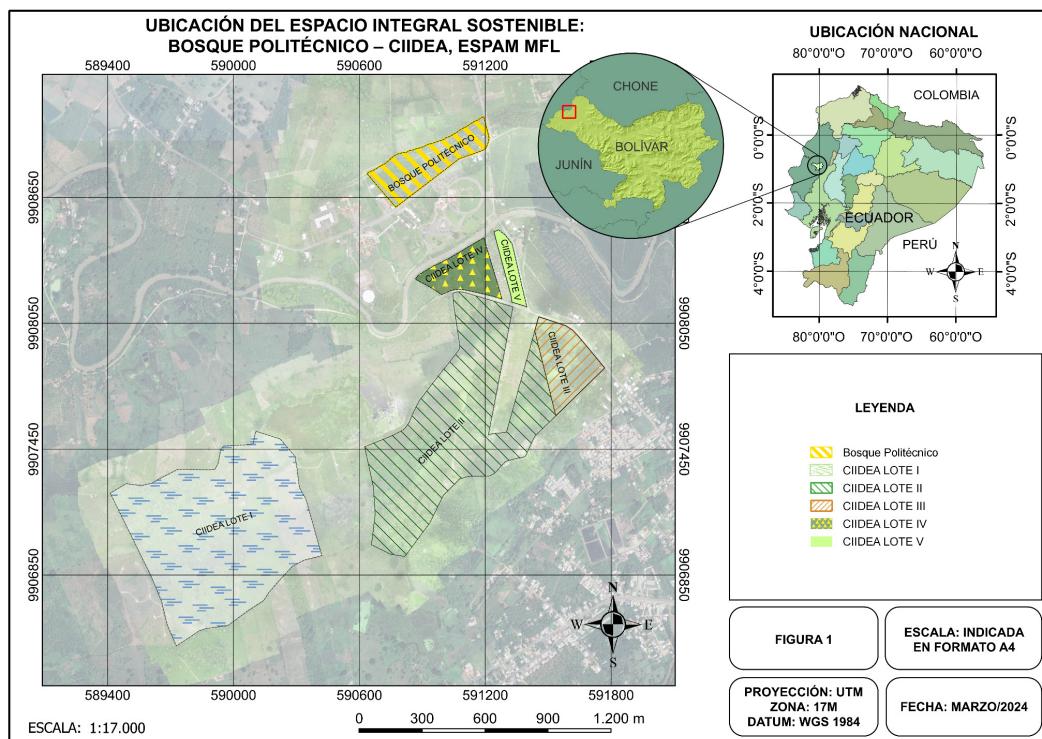


Figura 1. Mapa de ubicación del Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico y CIIDEA, ESPAM MFL

Tabla 1. Cobertura y usos del suelo en el área en estudio

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Área: (ha) hectáreas	%
Agrícola	Cultivo	Maíz	6,74	5
		Piña	0,22	0,2
		Pitahaya	0,28	0,2
		Plátano	1,28	1,0
	Mosaico agropecuario	Cacao y plátano	1,05	0,8
		Cítricos y plátano	1,27	0,9
		Papaya y plátano	0,20	0,1
		Cítricos, cacao, café	0,28	0,2
	Cuerpo de agua artificial	Canal de riego	0,82	0,6
		Reservorio	0,16	0,1
		Infraestructura	0,25	0,2
	suelo desnudo	Suelo desnudo	3,13	2,3
Pecuario	Vegetación herbácea	Pastos	34,44	25,7
Conservación y/o Protección	Bosque nativo	Bosque nativo	64,14	47,7
Conservación y/o Protección Forestal	Bosque nativo Laberinto	Remanente Laberinto de hibisco	1,03 0,12	0,8 0,1
	Vegetación arbustiva	Matorral	7,31	5,5
	Vegetación Herbácea	Sábila, hierba luisa, eucalipto	0,03	0,0
	Plantación forestal	Algarrobo, pachaco, guachapelí	0,97	0,7
		Caña guadua	0,43	0,3
Forestal	Plantación forestal	Caoba	0,66	0,5
		Pechiche	2,65	2,0
		Bosque cultivado	4,91	3,7
		Teca	1,86	1,4
		Total	134,24	100%

### Clasificación supervisada de imágenes

La clasificación supervisada se realizó basada en píxeles en el software QGis 3.28.5 mediante puntos de control de regiones de interés (ROI), identificación y delimitación de las coberturas de área en estudio que previamente fueron mapeadas in situ para una mejor precisión de la clasificación. Estas muestras extraídas de las imágenes sirvieron para obtener las firmas espectrales de cada una de las coberturas, parte fundamental en el entrenamiento del proceso de clasificación supervisada (Tempa y Aryal, 2022).

Una vez realizado el proceso de entrenamiento se realizó la clasificación mediante el algoritmo random forest, se obtuvo un archivo ráster (tiff), con cada una de las clases identificadas en el área de estudio. Una vez realizada la clasificación se procedió a validar los resultados obtenidos, esto permitió medir la precisión de la clasificación donde se realizaron los ajustes necesarios para eliminar las clasificaciones erróneas.

Después de validar la clasificación, el archivo fue convertido a vector (Shp). Para la elaboración de mapa de coberturas y uso del suelo (Akumu et al., 2021).

### Elaboración de mapas de usos del suelo

Se elaboró un mapa detallado que representa la cobertura y uso actual del suelo, para identificar las características y utilidades predominantes en el área de estudio. Este análisis permitió comprender el nivel de aprovechamiento del suelo, teniendo como referencia los sistemas de producción agrícola, forestal, infraestructura, así como áreas de conservación.

El proceso de análisis de los usos y coberturas del suelo se realizó mediante capas vectoriales (shapefile), imágenes aéreas, bases de datos geográficos mediante software especializado en sistemas de información

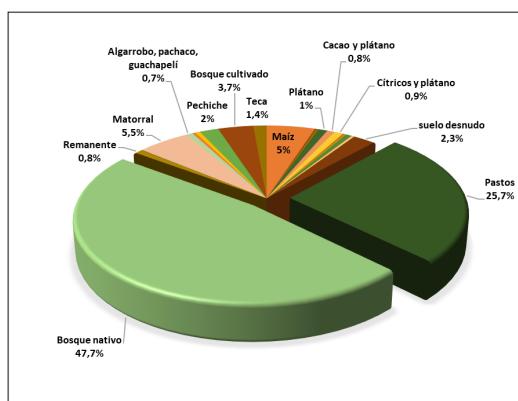


Figura 2. Distribución porcentual de áreas representativas del sitio en estudio.

geográfica ArcGIS 10.8. donde se creó una base topográfica con imágenes aéreas obtenidas con el dron y datos in situ.

## Resultados

En los resultados de la clasificación de los usos del suelo en el área de estudio, se identificaron seis categorías como se muestra en la tabla 1, entre ellas la que mayor cobertura ocupa es el uso, Conservación y/o Protección Forestal, con un total de 72,73 ha, ocupando el 54,1% de la cobertura total, superando en nivel de porcentaje las áreas de conservación de todo el territorio nacional ecuatoriano (20,6%) respecto a los datos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador en 2023. Estas áreas son importantes en la conservación de la biodiversidad, los recursos naturales y los servicios del ecosistema. De acuerdo a Abukari y Mwalyosi (2020) las áreas de conservación aportan a la sostenibilidad del planeta y el bienestar social. No obstante, enfrentan desafíos como el cambio climático, contaminación, deforestación, caza ilegal, etc. (Mengist, 2020). En este sentido, para proteger estas áreas eficientemente se requiere el fortalecimiento en la gestión, la promoción de la educación ambiental e investigaciones científicas (Uralovich et al. 2023).

En cuanto al uso pecuario este cuenta con un área de 34,44 ha, principalmente cubierto por pastizales, esta extensión es considerablemente alta y puede ser destinada para actividades pastoriles y relacionadas. Cabe señalar que esta cobertura ocupa un 25,7% del área total, resaltando la necesidad de planificación y adaptación para mantener de manera eficaz la actividad ganadera. Además, el enfoque es muy importante porque permite el aprovechamiento de los recursos disponibles mientras se promueve un manejo responsable y productivo.

Müller et al. (2019) describen que la capacidad de esta cobertura para actividades pastoriles, debido

a su extensión, sugiere un potencial productivo y sostenible en el uso de la tierra, además el aprovechamiento de manera integral del área puede maximizar su utilidad para fomentar la diversificación de actividades agropecuarias sostenibles y amigables con el medio ambiente. No obstante, Lovarelli et al. (2020) alegan que, si la ganadería no se gestiona de manera eficiente, provoca impactos negativos en el medio ambiente. Cammarata et al. (2021) también mencionan que la sobreexplotación de los pastizales conduce a la degradación y erosión del suelo, afectando negativamente la capacidad productiva del suelo y la calidad del recurso agua.

La cobertura forestal representa el 8,6% de área de estudio con 11,48 ha, este porcentaje tiene similitud al 10% identificado por Morocho et al. (2022) para la región costa. Mientras que la cobertura agrícola representa un 8,4% con 11,32 ha, esta cifra es un poco baja en relación con el 30% identificado para la provincia de Manabí por Pinargote et al. (2019); Márquez y Cuichán (2021). Esto plantea interrogantes sobre los cambios del uso del suelo, por lo que es importante considerar la variabilidad regional y temporal sobre interpretaciones en la dinámica del uso del suelo y cómo influye en la planificación y gestión ambiental.

Pinargote et al. (2019) describen que es crucial reconocer la relación que tienen los diferentes usos y considerar su contribución al paisaje y al sustento de las comunidades locales; que a pesar de ocupar áreas pequeñas, los usos forestales, agrícolas en la provincia de Manabí son de vital importancia en aspectos socioeconómicos y ecológicos, debido a que las actividades agrícolas que proveen recursos para mantener la seguridad alimentaria y sustento económico, mientras que los bosques brindan servicios ambientales importantes.

Como se observa en la figura 2 el uso del suelo del área en estudio se distribuye en varias categorías que representan diferentes tipos de coberturas descritas a continuación:

**Bosque nativo:** Ocupa una extensión de 64,14 ha, el área está compuesta de vegetación no alterada y brinda hábitat para una diversidad de especies, y contribuye a varios aspectos ambientales como la regulación del clima y la conservación del suelo.

**Remanente:** Fragmentos de bosques en el área de estudio que tienen una extensión de 1,03 ha.

**Mosaico agropecuario:** En los mosaicos agropecuarios se identificó cultivos de:

**Cacao y plátano:** Cultivo con 1,05 ha.

**Cítricos y plátano:** Ocupa una extensión de 1,27 ha.

**Papaya y plátano:** Cubre un área de 0,20 ha.

**Cítricos, cacao, café:** Cultivos con una extensión de 0,28 ha.

**Cuerpo de agua artificial:** Se identificó canales de riego con una extensión de 0,82 ha y un reservorio

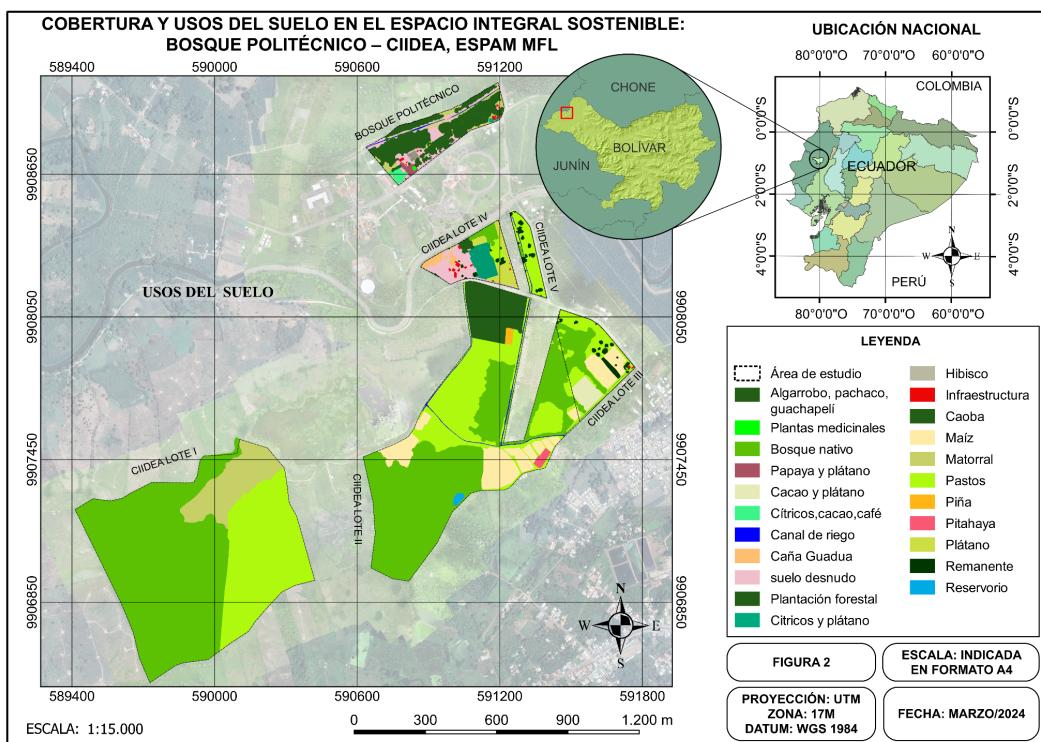


Figura 3. Mapa de cobertura y usos del suelo del Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL

con un área de 0,16 ha utilizado para la distribución de agua por tuberías para riego con fines agrícolas.

**Plantación forestal:** Se identificó 11,48 ha de plantación forestal compuesta de: algarrobo, pachaco, guachapéli, caña guadua, caoba, teca, pechiche, estas áreas están destinadas con propósitos comerciales y conservación.

**Infraestructura:** Comprende edificaciones y áreas urbanizadas con una superficie de 0,25 ha.

**Cultivo:** Los cultivos ocupan una extensión de 8,52 ha y se componen de: maíz, piña, pitahaya y plátano.

**Vegetación arbustiva:** Se compone principalmente de matorrales con una extensión de 7,31 ha.

**Vegetación herbácea:** Cubierta de pastos en su mayoría con una extensión total de 34,44 ha.

**Suelo desnudo:** Se identificaron 3,13 ha de suelos descubiertos, estas áreas se caracterizan por no tener cobertura vegetal presente.

Se observaron también 0,12 ha de hibisco y 0,03 ha de un área destinada a fines ornamentales o medicinales, como sábila, hierba luisa y eucalipto.

El área de estudio presenta una diversidad significativa

en las coberturas de suelo, lo que evidencia interacciones complejas entre el medio ambiente y las actividades humanas (figura 3). La cobertura bosque nativo identificada, evidencia la existencia de áreas con vegetación en estado de conservación, factor importante para la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas locales. De acuerdo a Barlow et al. (2018) y Gibson et al. (2011), esta cobertura tiene influencia positiva y destacan la importancia de los bosques nativos en el mantenimiento de la biodiversidad. Al mismo tiempo que desempeñan un papel fundamental en la mitigación del cambio climático, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2021).

Los bosques cuentan con funciones como regulador del clima y sumideros de carbono (Griscom et al. 2017). Esto es importante porque hasta bosques pequeños juegan un papel crucial en estos servicios ecosistémicos, además un bosque nativo primario puede capturar entre 150 y 300 toneladas de C/ha (Tong et al. 2020). Sin embargo, el recurso bosque enfrenta múltiples amenazas, como la deforestación, el cambio climático y la fragmentación. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2020), proteger los bosques requiere de medidas esenciales que prevengan su degradación, como leyes forestales, programas de reforestación y establecimiento de nuevas áreas protegidas.

Por otro lado, el mosaico agropecuario, que es una combinación de cultivos agrícolas, como, cacao y plátano, cítricos y plátano, maíz y demás, son de gran importancia en términos de seguridad alimentaria y sostenibilidad. Hasan et al. (2020) y Godfray et al. (2010) resaltan la importancia de la diversificación de usos del suelo, esto permite que se garantice la seguridad alimentaria, además el manejo sostenible de estas áreas es esencial la promoción de la resiliencia ambiental y la conservación de recursos. Respecto a cultivos como el cacao. Perez et al. (2020) describen que este tipo de cultivos tienen un valor agregado debido a su demanda en la industria chocolatera, lo que contribuye con la economía local. Mientras que los cultivos como el plátano y el maíz son característicos en la provincia de Manabí por su capacidad de producción, siendo estos el 21% y 40% de la producción nacional (Heindorf et al., 2021).

Además, la presencia de cuerpos de agua artificiales en el área de estudios como canales de riego y reservorios, resaltan la importancia del recurso agua en la provincia y la importancia de un adecuado manejo, conceptos que van en línea con lo planteado por Xiong et al. (2021) sobre la importancia de la gestión sostenible del agua para el desarrollo humano. No obstante, la presencia de infraestructura y coberturas como suelos desnudos, evidencian procesos antropogénicos como urbanización y degradación del ambiente.

Schulz y Vogel (2020) describen que a pesar de ser coberturas que ocupan poca área, conllevan implicaciones ambientales y económicas. Mientras que, desde una perspectiva agrícola, Duniway et al. (2019) alegan que los suelos sin vegetación tienden a una producción baja por no retener la humedad, debido a esto no proporcionan el ambiente adecuado para el desarrollo de los cultivos.

## Conclusiones

Los resultados evidencian una gran variedad de coberturas del suelo en el área de estudio. Donde destacan complejas interacciones entre las actividades antropogénicas y procesos naturales. La predominancia del bosque nativo, señala la importancia de la conservación de estos lugares que aportan en la protección de los ecosistemas locales y su biodiversidad. Además, diversas coberturas como cacao, plátano, cítricos y maíz, muestran que existe actividad agrícola en la zona que contribuyen a la economía local y a la seguridad alimentaria.

Las coberturas que predominan y la diversidad de actividades agrícolas, forestales, pecuarias y usos de suelo como vegetación herbácea, vegetación arbustiva, cuerpos de agua, suelos desnudos e infraestructura, evidencian la complejidad de este paisaje y la importancia del diagnóstico para una gestión sostenible que garantice la preservación de

estos recursos para generaciones futuras.

El diagnóstico de la cobertura y usos del suelo es esencial para la gestión sustentable y sostenible, ya que reconoce al suelo como un recurso valioso desde perspectivas económicas y ambientales. Al considerar factores como la geografía, el clima, la geología y las actividades humanas, se obtiene una comprensión integral de su estado y potencial. Integrar estos conocimientos proporciona herramientas para promover la sostenibilidad y enfrentar desafíos ambientales, lo que resulta crucial para un manejo adecuado del suelo y la toma de decisiones en la gestión del área de estudio.

## Recomendaciones

La gestión adecuada de la cobertura y uso del suelo es esencial para promover la sostenibilidad y la conservación de recursos naturales. A continuación, se presentan recomendaciones clave que pueden ser implementadas en diversas prácticas agrícolas y de manejo del suelo:

Iniciar proyectos de reforestación en áreas degradadas utilizando especies nativas para restaurar el ecosistema y mejorar la calidad del suelo, priorizando la plantación y conservación de especies autóctonas que son más resistentes a plagas y enfermedades, además de promover la biodiversidad.

Establecer áreas protegidas con el propósito de mantener reservas naturales que protejan hábitats críticos y especies en peligro, asegurando un entorno saludable para la fauna y flora, además de programas de seguimiento para evaluar la salud de las poblaciones forestales y adaptar las estrategias de manejo según sea necesario

Cubrir el suelo con materia orgánica, como rastrojo o vegetación muerta, puede reducir la evaporación de agua, mejorar la infiltración y disminuir la erosión. Esta práctica también crea un hábitat para organismos beneficiosos y limita el uso de agroquímicos.

Implementar un sistema rotativo que permita el descanso de las áreas pastoreadas, promoviendo así el crecimiento sostenible de los pastos y aumentando la fertilidad del suelo a través del estiércol, además de sistemas silvopastorales que permitan mejorar la capacidad de infiltración del suelo y reducir la compactación. Es crucial controlar las cargas ganaderas para evitar la degradación del suelo.

Aplicar agricultura de contornos en terrenos inclinados siguiendo las curvas de nivel que ayudan a reducir la erosión hídrica al frenar el flujo de agua.

Optar por franjas de protección arbórea en las orillas de cuerpos de agua para ayudar a prevenir la erosión y sedimentación, además de proporcionar sombra y materia orgánica al ecosistema acuático.

Realizar un monitoreo constante sobre el uso del suelo y las prácticas implementadas es fundamental para evaluar su efectividad. Esto incluye la recopilación

de datos sobre la salud del suelo, biodiversidad y productividad agrícola.

Fomentar talleres y capacitaciones dirigidas a agricultores sobre prácticas sostenibles es vital para asegurar una adopción amplia de estas técnicas. La sensibilización sobre los beneficios a largo plazo puede motivar cambios en las prácticas agrícolas convencionales

Implementar estas recomendaciones no solo contribuirá a una gestión más sostenible del suelo, sino que también mejorará la resiliencia de los ecosistemas agrícolas frente a desafíos ambientales futuros.

## Referencias bibliográficas

- Abukari, Haruna, y Raphael Benedict Mwalyosi. 2020. "Local Communities' Perceptions about the Impact of Protected Areas on Livelihoods and Community Development." *Global Ecology and Conservation* 22: e00909. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00909>
- Akumu, Clement E., Eze O. Amadi y Samuel Dennis. 2021. "Application of Drone and WorldView-4 Satellite Data in Mapping and Monitoring Grazing Land Cover and Pasture Quality: Pre- and Post-Flooding" *Land* 10, no. 3: 321. <https://doi.org/10.3390/land10030321>
- Al-Najjar, Husam A. H., Bahareh Kalantar, Biswajeet Pradhan, Vahideh Saeidi, Alfián Abdul Halin, Naonori Ueda y Shattri Mansor. 2019. "Land Cover Classification from fused DSM and UAV Images Using Convolutional Neural Networks" *Remote Sensing* 11, no. 12: 1461. <https://doi.org/10.3390/rs11121461>
- Barlow, Jos, Filipe França, Toby A. Gardner, Christina C. Hicks, Gareth D. Lennox, Erika Berenguer, Leandro Castillo, Evan P. Economo, Joice Ferreira, Benoit Guénard, Cecilia Gontijo Leal, Victoria Isaac, Alexander C. Lees, Catherine L. Parr, Shaun K. Wilson, Paul J. Young y Nicholas A. J. Graham 2018. "The Future of Hyperdiverse Tropical Ecosystems." *Nature* 559(7715): 517-526. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0301-1>
- Belduma Belduma, Richard Gustavo, Salomón Barrezueta-Unda, Oliverio Vargas Gonzales y Omar Sánchez Romero. 2020. "Gestión y uso del suelo agropecuario en la zona rural del Cantón Chilla desde una visión socioeconómica." *Universidad y Sociedad* 12(1): 299-306. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202020000100299&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000100299&lng=es&nrm=iso)
- Besseau, P., S. Graham y P. Christoffersen. 2018. *Restoring Forests and Landscapes: The Key to a Sustainable Future*. Vienna, Austria: Global Partnership on Forest and Landscape Restoration. ISBN 978-3-902762-97-9.
- Camacho Sanabria, Raúl, José Manuel Camacho Sanabria, Miguel Ángel Balderas Plata y Marcela Sánchez López. 2017. "Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México." *Madera y Bosques* 23(3): 39-60. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>
- Cammarata, Mariarita, Giuseppe Timpanaro y Alessandro Scuderi. 2021. «Evaluación de la sostenibilidad de la ganadería orgánica en Sicilia: un estudio de caso utilizando el marco SAFA de la FAO», *Agriculture* 11, n.º 3: 274. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030274>
- Duniway, Michael C., Alix A. Pfennigwerth, Stephen E. Fick, Travis W. Nauman, Jayne. Belnap y Nichole N. Barger. 2019. "Wind Erosion and Dust from US Drylands: A Review of Causes, Consequences, and Solutions in a Changing World." *Ecosphere* 10(3): e02650. <https://doi.org/10.1002/ecs.2.2650>
- Gibson, Luke, Tien Ming Lee, Lian Pin Koh, Barry W. Brook, Toby A. Gardner, Jos Barlow, Carlos A. Peres, Corey Laurance, William F. Laurence, Thomas E. Lovejoy y Navjot S. Sodhi. 2011. "Primary Forests Are Irreplaceable for Sustaining Tropical Biodiversity." *Nature* 478, 378-381 <https://doi.org/10.1038/nature10425>
- Godfray, H. Charles J., John R. Beddington, Ian R. Crute, Lawrence Haddad, David Lawrence, James F. Muir, Jules Pretty, Sherman Robinson, Sandy M. Thomas, y Camila Toumlin. 2010. "Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People." *Science* 327, 812-818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Griscom, Bronson W., Justin Adams, Peter W. Ellis, Robert A. Houghton, Guy Lomax, Daniela A. Miteva, William H. Schlesinger, David Shoch, Juha V. Siikamäki, Pete Smith, Peter Woodbury, Chris Zganjar, Allen Blackman, João Camarão, Richard T. Conant, Cristóbal Delgado, Patricia Elias, Trisha Gopalakrishna, Marisa R. Hamsik, Mario Herrero, Joseph Kiesecker, Emily Landis, Lars Laestadius, Sara M. Leavitt, Susan Minnemeyer, Stephen Polasky, Peter Potapov, Francis E. Putz, Jonathan Sanderman, Marcel Silvius, Eva Wollenberg, y Joseph Fargione. 2017. "Natural Climate Solutions." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114 (44) 11645-11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- Hasan, Shaikh Shamim, Lin Zhen, Md. Giashuddin Miah, Tofayel Ahmed y Abdus Samie. 2020. "Impact of Land Use Change on Ecosystem Services: A Review." *Environmental Development* 34: 100527. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100527>
- Heindorf, C., J. A. Reyes-Agüero, J. Fortanell-Martinez y A. van 't Hooft. 2021. More than Maize, Bananas, and Coffee: The Inter- and Intraspecific Diversity of Edible Plants of the Huastec Mayan Landscape Mosaics in Mexico1. *Econ Bot* 75, 158-174. <https://doi.org/10.1007/s12231-021-09520-9>
- Hua, Fangyuan, Xiaoyang Wang, Xinlei Zheng, Brendan Fisher, Ling Wang, Jianguo Zhu, Ya Tang, Douglas W. Yu, y David S. Wilcove. 2016. "Opportunities for Biodiversity Gains under the World's Largest Reforestation Programme." *Nature Communications* 7 (1). <https://doi.org/10.1038/ncomms12717>
- IPCC. 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Kalantar, Bahareh, Alfián Abdul Halin, Husam Abdulrasool H. Al-Najjar, Shattri Mansor, John L. van Genderen, Helmi Zulhaidi M. Shafri y Mohnen Zand. 2019. "A Framework for Multiple Moving Objects Detection in Aerial Videos." En *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*, editado por Hamid Reza Pourghasemi y Candan Gokceoglu, 573-88. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815226-3.00026-0>
- Laban, Peter, Graciela Metternicht y Jonathan Davies. 2018. Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: cómo mantener vivas las tierras áridas. IUCN, International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2018.03.es>
- Lovarelli, Daniela, Jacopo Bacenetti y Marcella Guarino. 2020. "A Review on Dairy Cattle Farming: Is Precision Livestock Farming the Compromise for an Environmental, Economic and Social Sustainable Production?" *Journal of Cleaner Production* 262: 121409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>
- Márquez, Julio y Maritza Cuichán. 2021. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020 (Técnico 2; p. 15). Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Metodologia20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Metodologia20ESPAC%202020.pdf)
- Membrado-Tena, Joan Carles y Francisco Miguel Hinojosa Sancho. 2018. "Evolución de los Usos del Suelo en Paterna (Horta de València). De Periferia Urbana a Centro Innovador." *GeoFocus (Artículos)*, no. 22: 141-161. <https://doi.org/10.21138/GF.603>

- Mengist, Wondimagegn. 2020. Challenges of Protected Area Management and Conservation Strategies in Ethiopia: A Review Paper. *Adv Environ Stud* 4(1):277-285. <https://doi.org/10.36959/742/224>
- Morocho, Ramiro, Ivonne González, Tiago Osorio Ferreira y Xosé Luis Otero. 2022. "Bosques de manglares en Ecuador: Un análisis de dos décadas" *Bosques* 13, no. 5: 656. <https://doi.org/10.3390/f13050656>
- Müller-Hansen, Finn, Jobst Heitzig, Jonathan F. Donges, Manoel F. Cardoso, Eloi L. Dalla-Nora, Pedro Andrade, Jürgen Kurths, y Kirsten Thonicke. 2019. "Can Intensification of Cattle Ranching Reduce Deforestation in the Amazon? Insights From an Agent-based Social-Ecological Model." *Ecological Economics* 159: 198-211. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.025>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. 2020. El estado de los bosques del mundo 2020: mensajes principales. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c6882952-dbed-43a6-acf6-fcfd70ca82aa/content>
- Organización de las Naciones Unidas. 2017. Perspectiva Global de la Tierra. <https://www.miteco.gob.es/>
- Perez, Maria, Anally Lopez-Yerena, and Anna Vallverdú-Queralt. 2020. "Traceability, Authenticity and Sustainability of Cocoa and Chocolate Products: A Challenge for the Chocolate Industry." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62 (2): 475-89. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1819769>
- Pinargote Mora, Vielka, Javier Posligua Ponce y Pablo Loor Cedeño. 2019. Manabi: territorio de producción hacia la industrialización. ¿cómo aprovechar su productividad? *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 4(3), 44-50. DOI 10.5281/zenodo.3280926
- Ramos-Reyes, Rodimiro, Rufo Sánchez-Hernández y Lilia María Gama-Campillo. 2016. "Análisis de Cambios de Uso del Suelo en el Municipio Costero de Comalcalco, Tabasco, México." *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3, no. 8: 151-60. Villahermosa, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://doi.org/10.19136/era.a3n8.746>
- Romijn, Erika, Ruben Coppus, Veronique De Sy, Martin Herold, Rosa Maria Roman-Cuesta y Louis Verchot. 2019. «Restauración de tierras en América Latina y el Caribe: Panorama de las iniciativas de restauración recientes, en curso y planificadas y su potencial para la mitigación del cambio climático», *Forests* 10, n.º 6: 510. <https://doi.org/10.3390/f10060510>
- Schulz, Jan-Peter y Gerd Vogel. 2020. "Mejora de los procesos en el esquema de superficie terrestre TERRA: Evaporación del suelo desnudo y temperatura superficial" *Atmosphere* 11, n.º 5: 513. <https://doi.org/10.3390/atmos11050513>
- Tempa, Karma y Komal Raj Aryal. 2022. "Semi automatic Classification for Rapid Delineation of the Geohazard prone Areas Using Sentinel 2 Satellite Imagery." *SN Applied Sciences*, 4(5). <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05028-6>
- Tong, Xiaowei, Martin Brandt, Yuemin Yue, Philippe Ciais, Martin Rudbeck Jepsen, Josep Penuelas, Jean-Pierre Wigneron, Xiangming Xiao, Xiao-Peng Song, Stephanie Horion, Kjeld Rasmussen, Sassan Saatchi, Lei Fan, Kelin Wang, Bing Zhang, Zhengchao Chen, Yuhang Wang, Xiaojun Li y Rasmus Fensholt. 2020. Forest management in southern China generates short term extensive carbon sequestration. *Nature Communications*, 11(1), 129. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13798-8>
- Uralovich, Kiyosov-Sherzod, Tulakov-Ulugbek Toshmamatovich, Kholmamatov-Farkhodjon Kubayevich, I.B. Sapaev, Saytbekova-Svetlana Saylaubaevna, Z.F. Beknazarova y Azizbek Khurramov. 2023. A primary factor in sustainable development and environmental sustainability is environmental education. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21(4), 965-975. doi: 10.22124/cjes.2023.7155. [https://cjes.guilan.ac.ir/article\\_7155.html](https://cjes.guilan.ac.ir/article_7155.html)
- Xiong, Rentao, Shuo Liu, Michael J. Considine, Kadambot H. M. Siddique, Hon-Ming Lam y Yinglong Chen. 2021. "Root System Architecture, Physiological and Transcriptional Traits of Soybean (*Glycine max* L.) in Response to Water Deficit: A Review." *Plant, Cell & Environment. Physiologia Plantarum*, 172(2), 405-418. <https://doi.org/10.1111/ppl.13201>

# Contenidos de la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales Vol. 19(1)

Nueva distribución de Arapaima gigas (Cuvier, 1829) (Osteoglossiformes: Arapaimidae) en Ecuador. / New distribution of Arapaima gigas (Cuvier, 1829) (Osteoglossiformes: Arapaimidae) in Ecuador.....	643
Ulises Avendaño Villamar, José Pacheco Bedoya, Enrique Laaz Moncayo, Milton Montúfar Romeo, Walter Ruiz Choez.....	
Cultivo de postlarvas de camarón blanco ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) en sistemas de recirculación y biofloc / Cultivation of white shrimp ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) postlarvae in recirculation and biofloc systems.....	648
Ángel Bohórquez Sánchez, Gabriel Vaca Núñez .....	
Estrategias agroecológicas basadas en indicadores de sostenibilidad para fincas rurales, comunidad río Mariano, San Isidro, Manabí. / Agroecological strategies based on sustainable indicators for rural farms, río Mariano community, San Isidro, Manabí.....	652
José Gerardo Cedeño Zambrano, Holanda Teresa Vivas Saltos, José Randy Cedeño Zambrano, John Estalin Gaón Rojas.....	
Prevalencia de Hemoparásitos en Ofidios de un medio de Conservación EX-SITU, INSPI, Ecuador. / Prevalence of Haemoparasites in snakes from an EX-SITU conservation Environment.....	669
Carelis Nathalie Guerrero Terán, Vanessa Yasmisbel Pilligua Pilligua, María del Carmen Terán Zavala.....	
Cultivo de juveniles de chame ( <i>Dormitator latifrons</i> ) en un sistema biofloc. / Cultivation of juvenile chame ( <i>Dormitator latifrons</i> ) in a biofloc system.....	678
José Oquendo verdesoto, Gabriel Vaca Núñez.....	
Cobertura y usos del suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - Ciidea Espam Mfl / Land-cover and Land-use at the Integral Sustainable Space: Polytechnic Forest - Ciidea Espam Mfl .....	682
Francisco Javier Velásquez Intriago1, Carlos Andree Villafuerte Vélez1, Carlos Ricardo Delgado Villafuerte1, Leonardo Sebastián Bazuerto Meza.....	

Normas para la publicación de artículos, “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”