MEMORIAS DEL III CONGRESO INTERNACIONAL

DE BIOTECNOLOGÍA Y ECOSISTEMAS NEOTROPICALES

CIBEN 2025

Red Ecuatoriana de Ictiología
REI

CIBEN 2025

Ikiam
Universidad Regional Amazónica

Título

Memorias del III Congreso Internacional de Biotecnología y Ecosistemas Neotropicales CIBEN 2025

Director del equipo editorial

Zulay Marina Niño Ruiz

Laura Inés Salazar Cotugno

ISBN

978-9942-8795-9-2

Edición On-line. Mayo 2026

Memorias del III Congreso Internacional de Biotecnología y Ecosistemas Neotropicales CIBEN 2025

Sello Editorial: Universidad Regional Amazónica Ikiam

ISBN: 978-9942-8795-9-2

Área: Ciencia y tecnología

Clasificación THEMA: T - Tecnología, ingeniería, agricultura

Páginas: 702

Memorias del III Congreso Internacional de Biotecnología y Ecosistemas Neotropicales (CIBEN 2025)

Los resúmenes incluidos en estas memorias fueron sometidos a un proceso de evaluación por pares y revisión por parte de los comités científicos del congreso, como criterio para la aceptación de las ponencias presentadas. Posteriormente, las editoras realizaron la compilación, organización y revisión general del documento. No obstante, el contenido, la exactitud de la información, las opiniones expresadas y la consistencia de las referencias bibliográficas son responsabilidad exclusiva de los autores de cada contribución.

Declaración de Responsabilidad Ética y Protección de Material Biológico

Congreso Internacional de Biotecnología y Ecosistemas Neotropicales (CIBEN 2025) Orden de Compra Nro. IC-Ikiam-2026-009

En mi calidad de Administradora de la Orden de Compra Nro. IC-Ikiam-2026-009 y responsable de la supervisión técnica del "Servicio de elaboración, diseño y edición del libro digital de memorias para la difusión del congreso CIBEN 2025 de la URAI", por medio de la presente dejo constancia y certifico lo siguiente:

1. **Revisión científica y responsabilidad de contenido.** Los trabajos incluidos en estas memorias fueron evaluados por pares y revisados por los comités científicos del congreso como parte del proceso de selección académica de las contribuciones aceptadas. Posteriormente, las editoras realizaron la compilación, organización y revisión general del documento. Sin perjuicio de ello, la veracidad de la información, las opiniones expresadas y la consistencia de las referencias bibliográficas son responsabilidad exclusiva de los autores de cada contribución.

2. **Responsabilidad autoral.** El cumplimiento de las normativas éticas, bioéticas y legales vigentes para la ejecución de las investigaciones publicadas en este libro de memorias es de responsabilidad exclusiva y directa de los autores de cada manuscrito (resumen o extenso).

3. **Permisos y autorizaciones.** La obtención de aprobaciones de Comités de Ética/ Bioética de Investigación en Seres Humanos (CEISH) o Bienestar Animal, así como los permisos oficiales de recolección, movilización, acceso a recursos genéticos y tratamiento de material biológico de origen humano, vegetal, fúngico, animal o microrganismos, corresponden estrictamente a los investigadores que ejecutaron los proyectos.

4. **Disponibilidad de evidencia.** De acuerdo con los estándares internacionales de edición científica, cualquier organismo de control podrá requerir formalmente dichos permisos o consentimientos informados a los autores de correspondencia de cada trabajo presentado y publicado, quienes están obligados a mantener dicha documentación como soporte técnico de sus resultados.

5. **Descargo de responsabilidad editorial.** Ni la Universidad Regional Amazónica Ikiam (como entidad promotora del evento) ni la Editorial Unión Científica (como firma

encargada de la edición, maquetación y publicación) asumen responsabilidad civil, penal o administrativa ante eventuales reclamos, omisiones o disputas legales relacionadas con el origen, recolección o tratamiento de las muestras biológicas o datos analizados en las obras presentadas.

Para constancia de la revisión técnica y la liberación de este descargo de responsabilidad para el proceso de impresión y asignación de registros internacionales (ISBN y DOI).

Adicionalmente, se debe incluir este apartado de descargo en el documento final del libro de memorias del III CIBEN, se firma el presente documento en la ciudad de Tena, a los 20 días del mes de mayo de 2026.

Ph.D. Laura Salazar
Docente - Facultad de Ciencias de la Vida
Administradora de la Orden de Compra IC-IKIAM-2026-009
Universidad Regional Amazónica Ikiam

Memorias del III Congreso Internacional de Biotecnología y Ecosistemas Neotropicales (CIBEN 2025)

Comité editorial

Zulay Marina Niño Ruiz

Laura Inés Salazar Cotugno

Comité organizador

1. Coordinación General

Roldán Torres Gutierrez

Zulay Marina Niño Ruiz

Laura Inés Salazar Cotugno

2. Comité Académico-Científico

Simposio: Biodiversidad y Cambio Global

Laura Inés Salazar Cotugno

Hugo Mauricio Ortega Andrade

Pablo Rodrigo Cuenca Capa

Bryan Guido Valencia Castillo

Simposio: Biotecnología y Biorrecursos: Innovación para un Futuro Sostenible

Ana Lucia Bravo Cazar

Noroska Gabriela Salazar Mogollón

Karel Dieguez Santana

Roque Guillermo Rivas Párraga

Marco Andrés Viteri Yanez

Simposio: One Health

Diana Estela Callejas De Valero

Cristina Alexandra Quiroga Lozano

John Mauricio Castillo Torres

Carolina Del Carmen Proaño Bolaños

Simposio: Ciencias de la Tierra, Agua y Energías Renovables

Marcela Victoria Cabrera Bejarano

Oswaldo José Guzmán Gutiérrez

Gabriel Vicente Gaona Gaona

Wilson Daniel Bastidas Barragán

Simposio: Construcción Sostenible, Biohábitats y Biomateriales desde Ecosistemas Neotropicales

Pablo Esteban Meneses Játiva

Sara del Rocio Ochoa Averos

Luis Miguel Quishpe Quishpe

Gabriel Eduardo Mazón Ortiz

Andrea Estefania Andrade Paredes

Simposio: Ictiología y Acuicultura

Francisco José Villamarín Jurado

Ricardo Ernesto Burgos Morán

Pedro Jorge Jiménez Prado

3. Comité de Talleres y Cursos Precongreso

Hugo Mauricio Ortega Andrade

Cristina Alexandra Quiroga Lozano

Francisco José Villamarín Jurado

4. Comité Logístico y Técnico

Roque Guillermo Rivas Párraga

Rocío Cecibel Jiménez Paute

Andrea Carolina Castro Cevallos

Maren Daniela Pazmiño Sarango

Julie Belén Pelaez Flores

Iverson Ismael Sinaluisa Pilataxi

Vicente Fernando Quezada García

Elías Garybarlot Intriago García

Mateo Alejandro Noboa Rivadeneyra

Milton Andrés Montalvo Lozada

Evelin Andrea Oña Lugmaña

Samia Aracely Tamba Anrrango

Bryan Joel Andi Cerda

Keyko Daniela Loza Carvajal

Marcos Andrés Hidalgo Rosas

Mateo Guillermo Andrade Roldan

Henry Vinicio Pilamala Sislema

Thomas Mateo Garzón Moreno

Katherine Alejandra Toro Paltin

Anderson Fabián Sánchez Pujota

Carmen Andrea Molina Casual

Andrea Cristina Aguirre Salinas

5. Comité de Comunicación y Difusión

Marisol Patricio Mora Lugo

Laura Inés Salazar Cotugno

Valentina Posse Sarmiento

Victor Hugo Criollo Hidalgo

6. Comité Financiero

Zulay Marina Niño Ruiz

Bryan Rafael Rosero Ortiz

Liseth Estefanía Viteri Chuquimarca

7. Redes de Colaboración

Red Ecuatoriana de Ictiología (REI)

Prefacio

El Congreso Internacional de Biodiversidad y Ecosistemas Neotropicales (CIBEN) se ha consolidado como un espacio académico de referencia para la reflexión, el intercambio científico y la búsqueda de soluciones orientadas a la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas tropicales. Desde su primera edición en 2021, el CIBEN ha promovido el diálogo entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y las políticas públicas, fortaleciendo la cooperación interinstitucional frente a los grandes desafíos ambientales de la región neotropical.

Su segunda edición, en 2023, amplió el alcance temático del congreso al integrar nuevas líneas de trabajo sobre sostenibilidad, restauración ecológica, innovación biotecnológica y salud ambiental, consolidando una red científica cada vez más amplia y colaborativa. En 2025, la tercera edición del CIBEN, celebrada del 22 al 24 de octubre en la Universidad Regional Amazónica Ikiam, en la ciudad de Tena, Ecuador, reafirmó ese compromiso institucional, consolidando un espacio plural que reunió a investigadores, docentes, estudiantes, profesionales y comunidades locales amazónicas comprometidos con la ciencia y la sostenibilidad.

Durante tres días, la Amazonía ecuatoriana se convirtió en un punto de convergencia para el conocimiento científico y el diálogo intercultural. El CIBEN 2025 abordó temáticas que reflejan la diversidad de enfoques necesarios para comprender los ecosistemas tropicales y sus dinámicas socioambientales. Las actividades se organizaron en seis simposios temáticos, cada uno con un enfoque específico que integró distintas disciplinas y perspectivas:

1. Biodiversidad y Cambio Global
2. Biotecnología y Biorrecursos: Innovación para un Futuro Sostenible
3. One Health
4. Ciencias de la Tierra, Agua y Energías Renovables
5. Construcción Sostenible, Biohábitats y Biomateriales desde Ecosistemas Neotropicales
6. Ictiología y Acuicultura

Estos simposios reunieron investigaciones sobre cambio climático, genética, conservación, biotecnología, salud ecosistémica, energías limpias, arquitectura sostenible y biodiversidad acuática, reflejando la amplitud y riqueza del conocimiento generado en torno a los ecosistemas neotropicales. Cabe destacar que el Simposio de Ictiología y Acuicultura contó con la valiosa colaboración de la Red Ecuatoriana de Ictiología, cuya participación fue fundamental para su organización y desarrollo, fortaleciendo el enfoque especializado y la articulación con la comunidad científica del área.

El congreso se desarrolló en un momento en que la pérdida de biodiversidad, la degradación ambiental y las transformaciones del territorio demandan respuestas integrales basadas en la ciencia, la cooperación y la participación ciudadana. Desde la Amazonía, el CIBEN 2025 impulsó un diálogo entre el conocimiento académico y los saberes locales, reconociendo que la sostenibilidad ambiental solo es posible mediante la integración de la ciencia con la cosmovisión y la experiencia de las comunidades que habitan los ecosistemas tropicales.

La realización de esta tercera edición fue posible gracias al trabajo conjunto del Comité Organizador, los Comités Científicos de cada simposio, el personal administrativo, los docentes, los estudiantes y las comunidades amazónicas, cuyo apoyo en las actividades académicas, logísticas y culturales fortaleció la identidad del congreso y su conexión con el territorio.

Este Libro de Memorias recopila los aportes científicos y experiencias compartidas durante el CIBEN 2025. Más que un registro documental, constituye un testimonio del compromiso colectivo por comprender, conservar y restaurar los ecosistemas neotropicales. Las investigaciones y reflexiones aquí reunidas evidencian la madurez alcanzada por el CIBEN como plataforma de encuentro entre ciencia y sociedad, y su proyección hacia futuras ediciones que seguirán fortaleciendo la educación ambiental, la cooperación interdisciplinaria y el vínculo entre conocimiento y sostenibilidad en la Amazonía y más allá.

Reconocimiento a las mejores presentaciones

Con el propósito de fomentar la excelencia científica y promover la participación activa de nuevas generaciones de investigadores, el Congreso Internacional de Biodiversidad y Ecosistemas Neotropicales (CIBEN 2025) otorgó reconocimientos a las mejores presentaciones orales y los mejores pósteres realizados por estudiantes y jóvenes profesionales.

Estos reconocimientos buscan resaltar la creatividad, el rigor y la claridad en la comunicación científica, valores esenciales para fortalecer la investigación en biodiversidad y sostenibilidad en los ecosistemas neotropicales. Las y los galardonados destacaron por la calidad de sus trabajos, la pertinencia de sus enfoques y su compromiso con el conocimiento aplicado a la conservación y gestión de los recursos naturales.

Los comités evaluadores, conformados por profesores de diversas áreas de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, valoraron las presentaciones con base en criterios de claridad expositiva, solidez metodológica, originalidad, relevancia temática e impacto potencial. Su labor permitió reconocer la dedicación, la capacidad analítica y la innovación de jóvenes talentos que contribuyen activamente al desarrollo científico de la región amazónica.

A continuación, se presentan las y los premiados del CIBEN 2025, organizados por simposio y modalidad de participación:

Presentaciones orales

Simposio: Biodiversidad y Cambio Global

Título de la ponencia: Evaluación del impacto de las medidas disuasivas olfativas en la reducción de conflictos fauna gente con grandes mamíferos de Ecuador.

Expositora: Maren Daniela Pazmiño Sarango

Título de la ponencia: Efectos de la acidificación oceánica en el comportamiento y anestesiado de juveniles de *Abudefduf troschelii.*

Expositor: Roddy Castro Moran

Título de la ponencia: Valor cultural y nutricional de especies de flora y fauna de la Amazonía ecuatoriana: implicaciones para conservación y seguridad alimentaria.

Expositora: Doménica Nicole Haro Haro

Simposio: Biotecnología y Biorrecursos – Innovación para un Futuro Sostenible

Título de la ponencia: Caracterización por LC-MS/MS de ácidos cafeoilquínicos en *Ilex guayusa* en diferentes sitios de recolección, edad de la planta y exposición a la luz solar.

Expositor: Thomás Mateo Garzón Moreno

Título de la ponencia: Evaluación del potencial antidiabético de extractos de frutos amazónicos por ensayos *in vitro.*

Expositora: Anggie Mikaela Medina Jiménez

Simposio: Ciencias de la Tierra, Agua y Energías Renovables

Título de la ponencia: Integración de herramientas espaciales y moleculares para la evaluación de la conectividad del paisaje y diversidad de poblaciones del género *Cedrela* sp.: resultados preliminares.

Expositora: Ariana Sarahi Brito Aldaz

Título de la ponencia: Atmospheric microplastics accumulation rate in a tropical Andean glacier over a hydrological year.

Expositora: Julieth Esther Chancay Sánchez

Simposio: Construcción Sostenible, Biohábitats y Biomateriales desde Ecosistemas Neotropicales

No hubo postulantes en esta modalidad.

Simposio: Ictiología y Acuicultura

Título de la ponencia: Eficacia de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo en la alimentación de alevines de *Oreochromis niloticus.*

Expositor: Byron García Chóez

Título de la ponencia: Caracterización fisicoquímica y biológica de la Laguna La Mica, Ecuador: implicaciones para su estado trófico.

Expositora: Sheyla Marley Samaniego Huera

Simposio: One Health

Título de la ponencia: Microplásticos en la Cadena Láctea: Un Riesgo Emergente para la Inocuidad Alimentaria.

Expositora: Nayely Flores Nicolalde

Presentaciones en formato póster

Simposio: Biodiversidad y Cambio Global

Título de la ponencia: Entomofauna asociada al cultivo de Guanábana de acuerdo a tres métodos de trampeo en Ahuano, Napo, Amazonía ecuatoriana.

Expositora: Olga Paulina Tapia Meléndez

Título de la ponencia: Primer registro de ginandromorfismo en abejas de las orquídeas del género *Euglossa* en Ecuador.

Expositor: David Leonidas Grefa Yumbo

Título de la ponencia: Mercurio y plomo en Latinoamérica: la fauna como pieza clave en el biomonitoreo ambiental.

Expositora: Ana Paula Rosero Jácome

Simposio: Biotecnología y Biorrecursos – Innovación para un Futuro Sostenible

Título de la ponencia: Materiales de soporte y adsorbentes en digestión anaerobia: estabilidad del proceso y control de nutrientes.

Expositora: Liz Escandón Zumba

Título de la ponencia: Influencia del tiempo y la temperatura de almacenamiento sobre la actividad metanogénica de lodos anaerobios de la planta de biodigestores de Ikiam.

Expositor: Diego Israel Carranco Avila

Título de la ponencia: De los insectos a los biopolímeros: hacia una nueva era en la producción sostenible de quitosano

Expositora: Alexandra Jamileth Vargas Benavides

Simposio: Ciencias de la Tierra, Agua y Energías Renovables

Título de la ponencia: Análisis paleosismológico y neotectónico de la Falla Porotoyacu, Zona Subandina del Ecuador.

Expositora: Samira Mishell Lluno Zambrano

Título de la ponencia: Análisis del Potencial de Biometanización como herramienta para evaluar el desempeño de la planta de biodigestores de Ikiam.

Expositora: Micaela Nicol Campos Chimbo

Título de la ponencia: Caracterización multidisciplinaria de la unidad volcano-sedimentaria en Tena, Napo.

Expositora: Diana Cisneros Quizhpe

Simposio: Construcción Sostenible, Biohábitats y Biomateriales desde Ecosistemas Neotropicales

Título de la ponencia: Evaluación de la capacidad de diferentes tipos de estructuras de semiconductores BixOyIz para la degradación de propilparabeno.

Expositor: Vicente Fernando Quezada García

Simposio: Ictiología y Acuicultura

No hubo postulantes en esta modalidad.

Simposio: One Health

No hubo postulantes en esta modalidad.

Estos reconocimientos reflejan el talento, la pasión y la creatividad de la juventud científica, así como el compromiso de Ikiam y del CIBEN con el fortalecimiento de la investigación liderada por jóvenes. El comité organizador extiende su felicitación a todas y todos los premiados, y su agradecimiento a los profesores evaluadores de Ikiam, cuyo trabajo permitió identificar y celebrar las contribuciones más destacadas de esta tercera edición del congreso.

Conferencistas Magistrales Invitados

El CIBEN 2025 contó con la participación de destacados conferencistas magistrales, quienes aportaron perspectivas especializadas en diversas áreas clave de los ecosistemas neotropicales.

Dra. Helena De la Torre

Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

Simposio: Biotecnología y Biorrecursos: Innovación para un Futuro Sostenible

Dr. Sebastian Heilpern

Stanford University, Estados Unidos

Simposio: Ictiología y Acuicultura / One Health

Dr. Jürgen Homeier

Afiliación: Philipps University of Marburg, Alemania

Simposio: Biodiversidad y Cambio Global

Dr. Carlos Méndez Durazno

Afiliación: Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE

Simposio: Biotecnología y Biorrecursos

Dr. Mauro Ruffino

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica OTCA

Simposio: Ictiología y Acuicultura

Dra. Erika Murgueitio

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Simposio: Construcción Sostenible, Biohábitats y Biomateriales

Dr. Christian Birkel

Universidad de Costa Rica

Simposio: Ciencias de la Tierra, Agua y Energías Renovables

Dr. Andrés Izquierdo

Afiliación: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Simposio: Construcción Sostenible, Biohábitats y Biomateriales

Frank Alexis

Afiliación: Universidad San Francisco de Quito USFQ, Ecuador

Simposio: Construcción Sostenible, Biohábitats y Biomateriales

Memorias del III Congreso Internacional de Biotecnología y Ecosistemas Neotropicales (CIBEN 2025)

Las Memorias del III Congreso Internacional de Biotecnología y Ecosistemas Neotropicales (CIBEN 2025) sistematizan el conocimiento generado en torno a la conservación y el manejo sostenible de la biodiversidad en la Amazonía ecuatoriana, enfrentando desafíos como la pérdida de hábitat y el cambio climático. El objetivo central de este encuentro, celebrado en la Universidad Regional Amazónica Ikiam, fue fortalecer el diálogo entre la ciencia y la sociedad mediante la integración de enfoques biotecnológicos, ecológicos y socioambientales. Se organizaron seis simposios temáticos (Biodiversidad y Cambio Global, Biotecnología, One Health, Ciencias de la Tierra, Construcción Sostenible e Ictiología), donde se presentaron ponencias orales y pósteres evaluados bajo criterios de rigor científico, originalidad e impacto potencial. Se documentaron los resultados sobre la diversidad críptica en anfibios (complejo Pristimantis) y crustáceos, la modelación de nichos ecológicos para víboras ante el cambio climático, y la caracterización genética de poblaciones aisladas de Crocodylus acutus. Asimismo, se resaltó la importancia de herramientas tecnológicas como el Biobanco Ikiam y el software csv2xyd para el manejo de macrodatos en biodiversidad. Se enfatizó que la sostenibilidad en el Neotrópico depende de la cooperación interinstitucional y de la integración de los saberes locales con la investigación académica. En este contexto, el CIBEN 2025 se consolida como una plataforma para la generación de soluciones basadas en la naturaleza, lo que promueve una visión de desarrollo que equilibra la conservación biológica con la resiliencia de las comunidades amazónicas.

Índice de Contenido

Simposio Biodiversidad y Cambio Global 34

Explorando la diversidad críptica del complejo de especies Pristimantis katoptroides (Flores, 1988) (Anura: Strabomantidae): Relaciones filogenéticas y descripción de tres nuevas especies de Cóndor–Kutukú, Ecuador 36

Los efectos de la influencia de borde en el microhábitat, la diversidad y los rasgos de historia de vida de los anfibios en el occidente de Ecuador.....38

Patrones biogeográficos para la conservación de las víboras ecuatorianas (Squamata: Viperidae) bajo escenarios de cambio climático futuros 40

Integración de herramientas espaciales y moleculares para la evaluación de la conectividad del paisaje y diversidad de poblaciones del género Cedrela sp.: resultados preliminares.....42

Influencia de la temperatura en la dispersión secundaria de semillas por escarabajos peloteros.....44

Urbanización en la Amazonía: cambios en el comportamiento cooperativo de la araña social Anelosimus eximius 46

Cambio climático y redistribución de las arañas bananeras (Phoneutria depilata y P. boliviensis): implicaciones ecológicas y de salud pública en Ecuador.....48

Primer registro de ginandromorfismo en abejas de las orquídeas del género Euglossa en Ecuador 50

Diversidad y ecología de crustáceos decápodos de la Amazonía ecuatoriana y su uso como bioindicadores para la evaluación de la contaminación ambiental.....52

Valor cultural y nutricional de especies de flora y fauna de la Amazonía ecuatoriana: implicaciones para conservación y seguridad alimentaria 54

Nuevas perspectivas en la diversidad de Macrobrachium spp.: tres linajes filogenéticos en la cuenca del Napo 56

Exploración filogenética y taxonómica en ranas Pristimantis (Strabomantidae) de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, Napo 58

Diversidad de serpientes (Serpentes, Reptilia) en Mera, Ecuador: un enfoque de ciencia ciudadana para estudiar un hotspot de biodiversidad de la Amazonía occidental .60

Presentando csv2xyd: un programa en Python para el procesamiento de Big Data en

biodiversidad y su aplicación en el análisis global de endemismo de Culicidae..... 62

Biobanco Ikiam: un centro regional para la investigación y conservación genómica de la diversidad Amazónica 64

Dinámica poblacional y productividad de helechos terrestres en los Andes tropicales66

Visitantes florales de Astrocaryum murumuru Mart. en Tena- Ecuador 68

Morfometría geométrica craneal en Akodon mollis (Rodentia: Cricetidae) de Ecuador.... 70

Mapeo de las reservas de carbono forestal mediante la integración de Landsat y SAR de banda L en la Amazonía ecuatoriana 72

Diversidad genética de Crocodylus acutus (Reptilia: Crocodylidae) en el límite sur de distribución, Cuenca binacional del río Puyango, Ecuador-Perú..... 74

Evaluación del impacto de las medidas disuasivas olfativas en la reducción de conflictos fauna-gente con grandes mamíferos de Ecuador 76

Potencial dendrocronológico de especies forestales para el análisis de la dinámica de crecimiento y su relación con variables ambientales en la Amazonía ecuatoriana .. 78

Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal en los bosques piemontanos de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, cuenca alta del río Napo 80

Asimetría en alas de Limnophora marginata Stein, 1904 y Phaonia trispila (Bigot, 1885) (Diptera, Muscidae) asociados a dos ecosistemas del cantón Pedro Moncayo 82

Entomofauna asociada al cultivo de guanábana de acuerdo con tres métodos de trampeo en Ahuano, Napo, Amazonía ecuatoriana 84

Distribución espacial de las amenazas para la herpetofauna ecuatoriana: un enfoque biogeográfico para la conservación de la biodiversidad 86

Comunidades de murciélagos presentes en sistemas agroforestales en la provincia de Napo 88

Biotecnología y conservación: almacenamiento de germoplasma de cérvidos neotropicales como estrategia modelo para estudios citogenéticos, taxonómicos y conservación de mamíferos 90

Inventario y caracterización del estado de conservación y cultivo de patas muyo (Theobroma bicolor) y vainilla (Vanilla spp.) en la provincia de Napo – resultados iniciales..... 92

Evaluación altitudinal de nutrientes foliares y su relación con factores abióticos en

helechos terrestres de Napo basada en registros existentes 95

Residuos sólidos urbanos y pérdida de biodiversidad en el Neotrópico: una propuesta educativa de corresponsabilidad multiactor y justicia socioambiental 97

BioGeoApp: Aplicación Shiny para la extracción y visualización geoespacial de metadatos en secuencias genéticas del GenBank 99

Evaluación del desempeño agroecológico de los sistemas productivos en la franja de diversidad y vida, Yasuní 101

Mercurio y plomo en Latinoamérica: la fauna como pieza clave en el biomonitoreo ambiental 106

Efectos de la acidificación oceánica en el comportamiento y anestesiado de juveniles de Abudefduf troschelii 112

Simposio Biotecnología y Biorrecursos: Innovación para un Futuro Sostenible 118

Estandarización de técnicas moleculares con cebadores ipt y orf13 para detección de transferencia natural de genes por Agrobacterium spp. en especies vegetales nativas de la Amazonía ecuatoriana 120

Potencial terapéutico de Ilex guayusa en el manejo de la diabetes mellitus Tipo 2 ... 122

¿La edad importa?: actividad antimicrobiana y contenido de metabolitos de la sangre de drago en distintos tiempos de vida de la planta 124

Biochar amazónico para potenciar la digestión anaerobia de lodos y aguas residuales domésticas reales: el caso de la Guadua angustifolia 126

Un primer acercamiento a la diversidad microbiana y geoquímica de espeleotemas en cavernas kársticas de la Amazonía ecuatoriana 128

Ingeniería de biomateriales innovadores a partir de micelio Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst. 130

Cuando el estado del material vegetal y el solvente cuentan: variaciones en la bioactividad de inflorescencias de Piper aduncum 132

Evaluación del potencial antidiabético de extractos de frutos amazónicos por ensayos in vitro. 134

Análisis del efecto de la electrólisis sobre la producción de metano en aguas residuales tratadas en biodigestores 136

Distribución de alcaloides en la corteza de Banisteriopsis caapi en función de la edad 138

Evaluación in vitro de la citotoxicidad de semiconductores BixOyIz y su potencial en terapia fotodinámica frente a tumores. 140

Validación preliminar de los usos ancestrales y actuales de Calliandra angustifolia 142

Perfil de metabolitos de plantas amazónicas con potencial antimicrobiano: metabolómica no dirigida de Piper aduncum y Grias neuberthii 144

Caracterización de metabolitos secundarios y evaluación antimicrobiana de extractos metanólicos y acuosos en Piper peltatum recolectado en Tena 146

Perfil fitoquímico de extractos metanólicos del cuerpo fructífero de Rigidoporus aurantiacus recolectado en Napo, Ecuador 148

Evaluación de bacteriófagos líticos para el control de bacteriosis provocada por Ralstonia solanacearum raza 2 en plátano 150

Análisis epigenético de alta resolución en Heliconius: efectos del RG108 sobre metilación cerebral mediante secuenciación de nanoporos 152

Influencia de métodos de secado en la actividad inhibitoria de acetilcolinesterasa y capacidad antioxidante del "Psilocybe cubensis" 154

Comparación del perfil químico de mieles de Melipona y Apis mellifera, y evaluación antioxidante en Melipona de Chontapunta, Napo, Ecuador 156

Evaluación del perfil químico y biológico de extractos de Trametes sp. recolectados en la Reserva Biológica Colonso Chalupas. 158

A bio-circular approach for swine wastewater utilization at Ecuador's Amazon Rainforest 160

Producción de ácidos grasos volátiles a partir de residuos de yuca mediante digestión anaerobia con biochar y líquido ruminal 162

Análisis comparativo de la microbiota intestinal de Gallus gallus domesticus alimentados con larvas de Hermetia illucens en Quevedo, Ecuador 164

Explorando la micorremediación de hidrocarburos: actividad enzimática de Favolus tenuiculus según el sustrato maderable de cultivo 166

Caracterización ontogénica del veneno de la serpiente Micrurus helleri en la provincia de Pastaza, Ecuador 168

Caracterización química y actividad antimicrobiana de fracciones de la bacteria probiótica Vibrio diabolicus (Ili) mediante redes moleculares 170

Análisis transcriptómico de la piel de la rana Agalichnis spurrelli en busca de péptidos bioactivos 172

Caracterización por LC-MS/MS de ácidos cafeoilquínicos en Ilex guayusa en diferentes sitios de recolección, edad de la planta y exposición a la luz solar 174

Generación de electricidad y análisis in silico de las proteínas MerA, PbrA, CopA y PcoA en bacterias poliextremófilas utilizando relaves mineros en celdas de combustible microbianas 176

Micractinium inermum para la generación de energía y la remoción de metales pesados de aguas residuales mineras mediante celdas de combustible microbianas 178

Determinación del perfil metabolómico de tres especies de Kalanchoe en edad temprana .. 180

Optimización de biofábricas vegetales de Brassica oleracea var. capitata f. rubra para la producción de antocianinas con potencial antioxidante y antiinflamatorio mediante estrategias de cultivo y transformación genética 181

Evaluación de la salud del ecosistema manglar de Bunche mediante el uso de bacterias halófilas como bioindicadores 189

Optimization of lipid compound synthesis in Theobroma cacao L. In vitro cultures through stress inducers: towards a sustainable approach 194

Residuos agroindustriales como fuente de ácidos grasos volátiles: estado del arte y potenciadores innovadores 200

Dynamics of carotenoids and total phenolic compounds in commercial chilli pepper varieties across ripening stages 207

Influence of ripening stages on carotenoid and total phenolic accumulation in multicoloured cherry tomato varieties 215

Caracterización molecular y bioquímica de Auricularia nigricans y Muscodor sp. recolectados en Pueblo Bello, Cesar, Colombia 225

Cambios en los rasgos funcionales de Paraponera clavata a lo largo de un gradiente urbano – rural en la provincia de Napo 231

Reducción de la demanda química de oxígeno de aguas residuales domésticas mediante bioaumentación 236

Modelado in silico de la inhibición de la acetilcolinesterasa por derivados del ácido cafeico 243

Estudios de fructificación y germinación; y de multiplicación y enraizamiento in vitro de

Cinchona officinalis, una especie medicinal 249

Experiencias alcanzadas en propagación in vitro de vainilla, una especie con potencial uso en la amazonía 255

Identificación molecular y caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de Annona muricata variedad guanábana gigante ecuatoriana 260

De los insectos a los biopolímeros: hacia una nueva era en la producción sostenible de quitosano 265

Support and adsorbent materials for anaerobic digestion: enhancing process stability and nutrient control 271

Influence of storage time and temperature on the methanogenic activity of anaerobic sludge from the ikiam biodigester plant 276

Desarrollo y aplicación de un biofertilizante a base de Trichoderma longibrachiatum en Tradescantia spathacea: evaluación de su efecto en el crecimiento vegetal 281

Evaluación del perfil metabólico inducido por ácido salicílico en microtubérculos in vitro de papa (Solanum tuberosum L.) bajo estrés por heladas 288

Potencial biorremediador preliminar in vitro del hongo Favolus tenuiculus en suelos con metales pesados 292

Simposio Ictiología y Acuicultura 302

Caracterización de la piscicultura amazónica ecuatoriana, un panorama de su desarrollo y perspectivas 304

Efectos e impactos de granjas camaroneras sobre el estado ecológico de estuarios con manglares 306

Caracterización fisicoquímica y biológica de la Laguna La Mica, Ecuador: implicaciones para su estado trófico 308

Contaminación por metales traza en peces comerciales de la Amazonía ecuatoriana: evaluación preliminar del riesgo para la salud en un mercado local 310

El grado de intervención antrópica en ríos de la cuenca del río Tena y el hábito alimenticio influyen fuertemente en la abundancia de microplásticos presentes en tejidos de peces 312

La discontinuidad del flujo influencia la variabilidad de las comunidades de peces en una ecorregión neotropical 314

Diversidad funcional de peces como respuesta a la integridad ecológica y calidad de agua en riachuelos del cantón Tena, Ecuador 316

Diseño e implementación temprana de Smart Ictio en la cuenca del río Napo, Amazonía ecuatoriana 318

Ictiodiversidad y su relación con la pesquería en la Amazonía ecuatoriana. Perspectivas de gestión pesquera sustentable 320

Filogenia de peces de agua dulce del occidente del Ecuador: un enfoque para la conservación de la biodiversidad 322

Delimitación de grupos geográficos en Ancistrus Kner mediante un meta-análisis morfométrico y modelación de nicho ecológico 324

Efecto de dietas alternativas basadas en Hermetia illucens sobre la microbiota intestinal y parámetros productivos de alevines de Piaractus brachypomus 326

Patrones etológicos de Arapaima aff. gigas en cautiverio, una revisión documental 328

Desarrollo de dos métodos: uno químico y uno biotecnológico para la reducción de la contaminación por metales pesados en peces de consumo de dos provincias del norte de la Amazonía ecuatoriana 330

Diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al corredor al corredor Llanganates-Sangay y su papel como bioindicadores de calidad de agua 332

Acumulación de metales pesados a través de distintos grupos tróficos de peces de la Amazonía ecuatoriana y análisis de riesgos para la salud humana 334

Ecología trófica de peces de fondo Paralabrax spp. (Perela), Caulolatilus affinis (Cabezudo) y Leopophidium negropina (Congrio) de importancia económica en el Puerto de Santa Rosa, Santa Elena, Ecuador 336

Análisis preliminar de la calidad del agua y desempeño productivo de Piaractus brachypomus en sistemas acuícolas tradicionales y tecnología bioaquafloc en el piedemonte amazónico ecuatoriano 338

Diversidad de peces utilizando ADN ambiental y métodos directos de captura en la cuenca del Río Tena, Ecuador 340

Efecto de la restricción de alimento en cachama (Piaractus brachypomus) con la adición de Bacillus subtilis en la dieta 342

Hábitos alimentarios de 10 especies de peces de la cuenca media y baja del río Santiago-Cayapas, Noroeste del Ecuador 344

Ikiam Anglers: ciencia, educación y conservación en la Amazonía Sur del Ecuador 346

Diversidad críptica en Astroblepus (Siluriformes: Astroblepidae): la taxonomía integrativa revela complejidad en la cuenca del río Esmeraldas, Ecuador 348

Hacia una pesca sostenible en la Amazonía: diagnóstico y aprendizajes en el sitio Ramsar Cuyabeno Lagartococha Yasuní 350

Estandarización del protocolo de diafanización y tinción diferencial para la caracterización del patrón de osificación en el desarrollo de "Capaz" (Pimelodus grosskopfii, Steindachner, 1879) 352

Impactos de hidroeléctricas de pasada sobre las comunidades de peces andinos: el caso del río Dulcepamba (Ecuador) 354

Etnoictiología y taxonomía tradicional shuar: los peces de San Luís de Inimkis en la Amazonía ecuatoriana 356

Biología pesquera Chinchaysuyoa ortegai "bagre del Chira" 358

Estructura de tallas, relación talla-masa total y factor de condición de nueve especies de peces en los ríos de Zamora Chinchipe, Amazonía sur ecuatoriana 360

Evaluación del contenido total de mercurio en el tejido muscular de peces de la cuenca media del río Pastaza, Ecuador 362

La piscicultura nativa como estrategia para la conservación del jaguar y el desarrollo sostenible en la Amazonía ecuatoriana 364

Patrones de la pesca comercial en la cuenca del Río Napo, Amazonía ecuatoriana 366

Evaluación de la población de camarón pomada (Protrachypene precipua) del Golfo de Guayaquil, Ecuador 368

Rendimiento productivo de juveniles de Oreochromis sp. alimentados con dietas a base de hidrolizado de pescado y papaína de papaya 370

Toxicidad inducida por concentraciones de sucralosa, acesulfame K y sus mezclas sobre Poecilia reticulata 372

Eficacia de la pared celular de Saccharomyces cerevisiae como aditivo alimenticio en la nutrición de alevines de Oreochromis niloticus 379

Expresión de Peneidinas en camarones Penaeus vannamei tratados con probióticos 385

El uso de la electropesca en el estudio de peces de agua dulce: herramienta clave para la investigación y conservación de ecosistemas acuáticos 393

Peces comerciales del río Napo 400

Evaluación del impacto de la tilapia (Oreochromis niloticus) sobre la ictiofauna nativa

del Chocó Andino 406

Mercurio en peces amazónicos de consumo alimenticio como base de recomendación de ingesta para poblaciones locales..... 414

Biomarcadores de estrés y eficiencia metabólica en dos especies piscícolas cultivadas en ambientes tropicales..... 429

Optimización de un protocolo de diafanización para el estudio del desarrollo óseo en chame (Dormitator latifrons) 436

Simposio One Health 442

Mamíferos silvestres como reservorios de T. cruzi en una zona endémica de la costa de Ecuador 444

Microplásticos en la cadena láctea: un riesgo emergente para la inocuidad alimentaria... 446

Determinación de la concentración de cadmio en tres especies de pescado del Mercado Municipal "Santa Clara", Quito-Ecuador..... 448

Presión antimicrobiana en sistemas lecheros: caracterización multivariada de sensibilidad en Staphylococcus spp. y su implicancia en salud pública desde One Health.... 450

Evaluación de la actividad antimicrobiana y hemolítica de las dermaseptinas DRS-SP6 y DRS-SP7, péptidos sintéticos de Agalychnis spurrelli..... 452

Evaluación del perfil metabolómico y actividad antimicrobiana de extractos hidroetanólicos de hojas jóvenes y adultas de Ilex guayusa en tres chacras de la provincia de Napo 454

Regulación del pH del suelo como indicador de salud ecosistémica y rendimiento productivo-nutricional del pasto Panicum maximum en la Amazonia..... 456

Efectos comportamentales de abejas sin aguijón frente a niveles de cafeína en cultivos de café y cacao en Napo..... 458

Impacto de partículas plásticas en biomarcadores hepáticos y renales de aves domésticas (Gallus gallus domesticus) en un entorno amazónico..... 460

Estrés fisiológico en bovinos como respuesta a la coexistencia con fauna silvestre en zonas de interacción ecológica en la provincia de Pastaza-Ecuador..... 462

Prevalencia, diversidad de enteroparásitos y riesgo zoonótico en primates neotropicales de

la provincia de Napo - Ecuador 469

Perfil fitoquímico cualitativo, actividad antimicrobiana y hemolítica de extractos etanólicos de hojas secas con dos variedades de Fittonia albivenis 476

Determinación preliminar de Caudatósido a partir de Pterosina A en Hypolepis parallelogramma (Kuntze) C. Presl, un helecho consumido en Napo, Ecuador 482

Evaluación de la actividad antioxidante e inhibitoria sobre α-amilasa de seis especies vegetales del Cantón Archidona, provincia de Napo, Ecuador 488

Simposio Ciencias de la Tierra, Agua y Energías Renovables 500

Interacciones hidrogeoquímicas en la interfaz suelo-atmósfera en un bosque piemontano de la cuenca del río Tena en la Amazonía ecuatoriana 502

Cuantificación de carbono en suelos antropogénicos de Tena, Ecuador 504

Análisis de estabilidad de taludes rocosos en un tramo de la vía Tena–Baeza, región Subandina del Ecuador 506

Conceptualización de procesos hidrológicos en una cuenca nivo-pluvial al sureste de New Hampshire utilizando un modelo de lluvia-escorrentía 508

Temporalidad del SO_2 en ecosistemas de manglar del Puerto de Guayaquil, Ecuador (2017–2021) 510

Tasa de acumulación de microplásticos atmosféricos en un glaciar tropical andino a lo largo de un año hidrológico 512

Respuestas de la comunidad de invertebrados acuáticos tropicales al tebuconazol: un experimento con mesocosmos en la Amazonía 514

Efectos de acuicultura y la urbanización en la calidad del agua de la cuenca del río Tena 516

Evaluación de productos satelitales de precipitación en la cuenca del río Napo 518

Geometría y cinemática de la Falla Porotoyacu: un análisis mediante tomografía de refracción sísmica en la Zona Subandina-Ecuador 520

Estimación de la variabilidad en la tasa de evaporación en distintas densidades de dosel en el bosque piemontano de la Amazonía ecuatoriana 522

Efecto sinérgico del imidacloprid con incremento de temperatura sobre la estructura y funcionamiento ecológico de ecosistemas acuáticos tropicales 524

Evaluación del uso potencial de la lenteja (Lens culinaris) como bioindicador de contaminantes ambientales en la Amazonía ecuatoriana 526

Línea base geoquímica de metales pesados en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, Piedemonte Amazónico-Ecuador 528

Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en comunidades amazónicas: estudio de caso de la Comunidad Puni Capirona 530

Caracterización de suelos antropogénicos en la Alta Amazonía ecuatoriana: concentración geoquímica y almacenamiento de carbono en la parroquia Muyuna, provincia de Napo 532

Análisis paleosismológico y neotectónico de la Falla Porotoyacu, Zona Subandina del Ecuador 534

Análisis del potencial bioquímico de metano como herramienta para evaluar el desempeño de la planta de biodigestores de Ikiam 546

Geodiversidad y potencial geoturístico del geositio Waysa Yacu y Río Jatun Yacu, Geoparque Mundial UNESCO Napo Sumaco 553

Impacto del cambio climático en la ocupación humana en la Amazonía ecuatoriana hace 4.500 años (BP) 560

Tomografía sísmica del Batolito de Abitagua mediante sismos locales en la Reserva Colonso-Chalupas, Napo, Ecuador 566

Impacto del evento El Niño 2023–2024 en la región insular ecuatoriana: respuesta pluviométrica en Galápagos 572

Validación de la granulometría de sedimentos como factor clave en la acumulación de microplásticos: análisis comparativo entre los ríos Tena y Pano, Amazonía ecuatoriana 580

Caracterización de la unidad volcano-sedimentaria en Tena, Napo 586

Impacto del ENSO en Ecuador: Análisis multiescala con wavelets, su relación con eventos extremos y ocupaciones humanas en el Antropoceno 593

Sedimentología y geoquímica del contacto entre las formaciones Napo y Tena en el afloramiento de Puerto Napo, Tena: Descifrando cambios en las condiciones deposicionales en la Cuenca Oriente, Ecuador 600

Influencia del tipo de sustrato en la eficiencia de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal y vertical para el tratamiento de aguas residuales domésticas 606

Análisis comparativo de la liberación de microplásticos en simulaciones de uso real en recipientes desechables de poliestireno *614*

Simposio Construcción Sostenible, Bio-Hábitats y Biomateriales desde Ecosistemas Neotropicales **619**

Evaluación y propusta de medidas de eficiencia energética en edificios educativos amazónicos: caso de estudio en la Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena . *621*

Saberes ancestrales en el patrimonio alimentario de la Amazonía, un enfoque desde la arquitectura *623*

¿Las propiedades físicas de los semiconductores BixOyIz influyen en su capacidad fotocatalítica? Análisis del potencial fotocatalítico de tres tipos diferentes de estructuras BixOyIz para la degradación de propilparabeno *625*

Ingeniería de Biomateriales innovadores a partir de micelio Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst. *627*

Anteproyecto arquitectónico de un centro comunitario agrícola que abarque espacios para sistemas productivos, económicos y sociales de la comunidad Las Nieves del Cantón Shushufindi *629*

Sistema de aislamiento térmico mediante el uso de especies vegetales introducidas .. *631*

Planificación participativa en territorios neotropicales: co-producción de información socioambiental y económica para la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas *633*

Modelamiento de las amenazas sobre la biodiversidad y corredores de conectividad estructural del paisaje para la planificación de la conservación en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas *635*

Innovación y sostenibilidad en baños ecológicos comunitarios amazónicos: integración de tecnologías contemporáneas y materiales locales *637*

Saberes ancestrales Shuar y conservación de palmas amazónicas: hacia la creación de bio hábitats resilientes en el neotrópico *650*

Hacia una arquitectura segura para la avifauna: integración del análisis morfo-edilicio en el diseño de envolventes vidriadas *658*

Caracterización del comportamiento de construcción de nidos, degradación de lignocelulosa y el potencial de residuos agroindustriales en la construcción sostenible *667*

La paradoja de la doble-cubierta en edificaciones de la Amazonía ecuatoriana,

estrategias de confort térmico, implicaciones de estas construcciones en la imagen urbana.. 673

Línea base para la identificación de problemáticas y estrategias de soluciones basadas en la naturaleza en espacios públicos de Archidona, Amazonía ecuatoriana 681

Simposio Biodiversidad y Cambio Global

Introducción

La biodiversidad, comprendida como la totalidad de la vida en sus múltiples formas, niveles y funciones, constituye el pilar esencial del equilibrio ecológico y del bienestar humano. Sin embargo, hoy enfrenta una de las crisis más profundas de la historia planetaria. Los procesos asociados al cambio global —como el cambio climático, la pérdida y fragmentación de hábitats, la contaminación, la introducción de especies exóticas y la transformación del uso del suelo— alteran las dinámicas naturales de los ecosistemas, comprometiendo su capacidad de regeneración y la provisión de servicios ecosistémicos vitales. Este panorama exige comprender los mecanismos ecológicos y evolutivos que sustentan la diversidad biológica, y fortalecer las estrategias de conservación que permitan mantener la funcionalidad y resiliencia de los ecosistemas neotropicales.

Con esta visión, el Simposio de Biodiversidad y Cambio Global del CIBEN 2025 reunió a un grupo diverso de investigadores, docentes, estudiantes y profesionales dedicados al estudio y la gestión de la biodiversidad. El simposio fue concebido como un espacio para compartir avances científicos y experiencias aplicadas sobre cómo las especies, comunidades y ecosistemas responden a los múltiples componentes del cambio global, promoviendo un diálogo interdisciplinario entre la biología, la ecología, la genética, la conservación y la educación ambiental.

Durante las presentaciones orales, se destacaron investigaciones sobre los efectos de la acidificación oceánica en organismos marinos, la pérdida de biodiversidad urbana y los retos de la educación ambiental frente a la contaminación. Varios trabajos exploraron la resiliencia de ecosistemas amazónicos frente a la deforestación y al cambio climático, la dinámica poblacional de helechos terrestres, y los patrones biogeográficos de serpientes, murciélagos y anfibios en gradientes altitudinales. Otras ponencias se centraron en la aplicación de herramientas genéticas y espaciales, como en el estudio de la diversidad de *Crocodylus acutus*, la conectividad del paisaje en *Cedrela* sp., o el uso de BioGeoApp, una herramienta Shiny para la extracción de metadatos geoespaciales en secuencias genéticas. Estas contribuciones evidencian la amplitud temática del simposio, abarcando desde la biología evolutiva y la sistemática hasta la restauración ecológica y la conservación aplicada.

En la modalidad de póster, se presentaron 12 trabajos que complementaron la mirada del simposio con enfoques locales y aplicados. Destacaron investigaciones sobre biomonitoreo de fauna ante metales pesados, agroecología y sistemas productivos sostenibles, inventarios de especies útiles y cultivos amazónicos, y evaluación de nutrientes foliares en helechos. Asimismo, se abordaron temas de morfometría, simetría en insectos, visitantes florales y comunidades de murciélagos en sistemas agroforestales, subrayando el vínculo entre la biodiversidad y la productividad ecológica. Los pósteres reflejaron la fuerte participación de jóvenes investigadores y estudiantes, consolidando al simposio como un espacio formativo y de intercambio de ideas innovadoras.

Los ejes transversales que emergieron de las discusiones incluyen la necesidad de integrar enfoques genéticos y espaciales en la conservación, la importancia de monitorear los impactos del cambio climático a diferentes escalas, y la urgencia de fortalecer la educación ambiental como herramienta para la corresponsabilidad social en la protección de la biodiversidad. Además, los resultados compartidos subrayan la relevancia de los ecosistemas amazónicos como laboratorios naturales para estudiar los efectos del cambio global y como territorios clave para el diseño de estrategias de mitigación basadas en la naturaleza.

En su conjunto, los aportes de este simposio reafirman que la biodiversidad no solo representa un patrimonio biológico invaluable, sino también una fuente de conocimiento, innovación y resiliencia frente a los desafíos globales. Las investigaciones reunidas en esta sección del CIBEN 2025 constituyen un testimonio del compromiso científico e institucional con la generación de soluciones sostenibles y la construcción de un futuro en equilibrio entre sociedad y naturaleza.

Explorando la diversidad críptica del complejo de especies *Pristimantis katoptroides* (Flores, 1988) (Anura: Strabomantidae): Relaciones filogenéticas y descripción de tres nuevas especies de Cóndor–Kutukú, Ecuador

Exploring the cryptic diversity of Pristimantis katoptroides *(Flores, 1988) species complex (Anura: Strabomantidae): Phylogenetic relationships and description of three new species from Cóndor-Kutukú, Ecuador*

Valentina Posse[1], Mauricio Ortega-Andrade[1], Santiago Ron[2], Mario Yánez-Muñóz[3], Jorge Brito[3], Katherine Hinojosa[3], Paulina Romero[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

3 Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), Ecuador

Autor de correspondencia: valentina.posse@ikiam.edu.ec

Resumen

Presentamos una revisión sistemática de *Pristimantis katoptroides* integrando evidencia molecular, morfológica y biogeográfica. Nuestro análisis revela que *P. katoptroides* representa un complejo de cinco especies distintas, tres de las cuales se describen aquí: *Pristimantis betancourt* sp. nov., *P. nua* sp. nov. y *P. warmi* sp. nov., todas distribuidas dentro de un radio de ~100 km entre sí en el complejo montañoso Cóndor–Kutukú, en la cuenca del río Santiago. Aunque estos taxones comparten un fenotipo verde y espinoso, pueden distinguirse por diferencias consistentes en la coloración de la ingle y el vientre, así como en la morfología digital. *P. betancourt* sp. nov. se caracteriza por un vientre verde con manchas blancas irregulares, ingles y tarsos lavanda-azulados en machos, y flecos laterales en dedos y dedos del pie. *P. nua* sp. nov. presenta un vientre blanco rosado, ingles negras en hembras, azul lavado en machos, y flecos laterales estrechos. *P. warmi* sp. nov. presenta un vientre blanco ahumado con marcas marrones, ingles azul índigo en hembras y una mancha adicional naranja en machos. En contraste, *P. katoptroides sensu stricto* exhibe un vientre homogéneamente blanco, con coloración de la ingle que varía desde azul esmalte en machos hasta rosa lavado en hembras, y está ampliamente distribuido desde los Andes centrales de Ecuador hasta la frontera con Colombia en la cuenca del río

Putumayo. Las cordilleras amazónicas adyacentes a los Andes orientales, particularmente la cuenca del río Santiago en el sureste de Ecuador, pueden representar el origen biogeográfico de este clado. Un linaje adicional (Especie Candidata No Confirmada 1) es morfológicamente similar a *P. betancourt* sp. nov., pero requiere más datos moleculares y morfológicos para su descripción formal.

Abstract

We present a systematic revision of *Pristimantis katoptroides* integrating molecular, morphological, and biogeographic evidence. Our analysis reveals that *P. katoptroides* represents a complex of five distinct species, three of which are described herein: *Pristimantis betancourt* sp. nov., *P. nua* sp. nov. and *P. warmi* sp. nov, all distributed within a 100 km of one another in the Cóndor–Kutukú mountain complex of the Santiago River basin. Although these taxa share a green, spiny phenotype, they can be distinguished by consistent differences in groin and ventral coloration as well as digital morphology. *P. betancourt* sp. nov. is characterized by a green venter with irregular white blotches, lavender-blue groins and tarsi in males, and lateral fringes on fingers and toes. *P. nua* sp. nov. has a pinkish-white venter, black groins in females, washed blue in males, and narrow lateral fringes. *P. warmi* sp. nov. presents a smoky-white venter with brown markings, indigo-blue groins in females, and an additional orange spot in males. In contrast, *P. katoptroides sensu stricto* exhibits a homogeneously white venter, with groin coloration ranging from smalt blue in males to washed pink in females, and is broadly distributed from the central Andes of Ecuador to the Colombian border in the Putumayo River basin. Amazonian mountain ranges adjacent to the eastern Andes, particularly the Santiago River basin in southeastern Ecuador, may represent the biogeographic origin of this clade. An additional lineage (Unconfirmed Candidate Species 1) is morphologically similar to *P. betancourt* sp. nov. but requires further molecular and morphological data for formal description.

Los efectos de la influencia de borde en el microhábitat, la diversidad y los rasgos de historia de vida de los anfibios en el occidente de Ecuador

The effects of edge influence on the microhabitat, diversity and life-history traits of amphibians in western Ecuador

Valentina Posse[1], Cristina Banks-Leite[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Autor Independiente

Autor de correspondencia: valentina.posse@ikiam.edu.ec

Resumen

Los efectos de borde modifican los patrones de biodiversidad y los procesos ecológicos, particularmente en los bosques tropicales. Para comprender el impacto sinérgico de múltiples bordes, este estudio examina cómo la influencia de borde (EI, por sus siglas en inglés) se asocia con rasgos de historia de vida (longitud hocico-cloaca y temperatura corporal), diversidad y microhábitat de los anfibios, así como características del hábitat en un bosque tropical de Ecuador. Utilizamos EI, una métrica que calcula los efectos acumulativos de todos los bordes cercanos, en combinación con cinco variables ambientales que forman parte del microhábitat de los anfibios (temperatura, humedad, pendiente, cobertura de dosel y profundidad de hojarasca) para entender cómo se ven afectados sus patrones de biodiversidad. Nuestros resultados muestran que la mayoría de especies de anfibios tienden a ser especialistas de hábitat, y muchas presentan afinidad por los bordes de bosque y hábitats más cálidos. No encontramos correlaciones significativas entre EI y los rasgos de historia de vida ni la diversidad de los anfibios. Nuestros hallazgos corroboran resultados previos que indican que muchas especies de anfibios tienden a asociarse positivamente con la fragmentación del hábitat y muestran que esta asociación probablemente está impulsada por la regulación térmica.

Abstract

Edge effects change biodiversity patterns and ecological processes, particularly in tropical forests. To understand the synergistic impact of multiple edges, this study examines how edge influence (EI) is associated with life-history traits (snout-vent length and body temperature), diversity and microhabitat of amphibians as well as habitat characteristics in a tropical forest in Ecuador. We used EI, a metric that calculates cumulative effects across all nearby edges, in combination with five environmental variables that are part of the amphibians' microhabitat (temperature, humidity, slope, canopy cover and leaf litter depth) to understand how their biodiversity patterns are impacted. Our results show that most amphibian species tend to be habitat specialists, and many had an affinity for forest edges and warmer habitats. We found no significant correlations between EI and amphibian life-history traits and diversity. Our findings corroborate previous results that many amphibian species tend to be positively associated with habitat fragmentation and show that this association is likely driven by thermal regulation.

Patrones biogeográficos para la conservación de las víboras ecuatorianas (Squamata: Viperidae) bajo escenarios de cambio climático futuros

Biogeographic patterns for the conservation of ecuadorian vipers (Squamata: Viperidae) under future climate change scenarios

Mateo Noboa[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: matealejonoboa@gmail.com

Resumen

Este estudio tiene como objetivo aportar conocimientos sobre los patrones biogeográficos fundamentales para la conservación de las víboras ecuatorianas frente a escenarios de cambio climático. La investigación se basó en datos ambientales actuales y futuros obtenidos del repositorio WorldClim, considerando proyecciones climáticas. Se construyeron Modelos de Nicho Ecológico mediante el paquete KUENM en R, que fueron comparados con las regiones naturales del Ecuador y con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, utilizando el índice de Importancia Ecológica Relativa como herramienta de valoración. Los resultados evidencian tendencias preocupantes, ya que diez de las diecisiete especies de víboras del país muestran desaparición de su nicho ecológico, con reducciones superiores al sesenta y cinco por ciento en la amplitud de sus hábitats potenciales. Bajo el escenario intermedio se identificaron descensos significativos en la importancia ecológica del matorral seco y del bosque deciduo, con reducciones del noventa y uno y noventa por ciento. En el escenario más severo, las regiones de matorral andino y bosque montano occidental presentaron las mayores pérdidas, con disminuciones del noventa y cinco y noventa y tres por ciento. Además, se constató que las áreas con condiciones favorables para todas las especies se encuentran insuficientemente representadas dentro del sistema nacional de conservación, lo que plantea un reto para la planificación futura. Las conclusiones destacan que las regiones montanas y de estribaciones deben considerarse prioritarias por su riqueza de especies y nivel de amenaza, mientras que el matorral seco resalta como una zona clave debido a su elevado endemismo frente a escenarios de cambio climático. En síntesis, este trabajo subraya la importancia crítica de estas regiones naturales para la conservación de las víboras ecuatorianas en escenarios presentes y futuros de transformación climática.

Palabras clave: patrones biogeográficos; cambio climático; conservación; víboras ecuatorianas;

modelación de nicho ecológico; regiones naturales; áreas protegidas.

Abstract

This study aims to contribute knowledge on the biogeographic patterns essential for the conservation of Ecuadorian vipers under projected climate change scenarios. The research was based on current and future environmental data obtained from the WorldClim repository, incorporating climate projections. Ecological Niche Models were developed using the KUENM package in R and were compared with Ecuador's natural regions and the National System of Protected Areas, employing the Relative Ecological Importance Index as an evaluation tool. The results reveal concerning trends: ten of the country's seventeen viper species are projected to experience the disappearance of their ecological niches, with reductions exceeding sixty-five percent in the extent of their potential habitats. Under the intermediate scenario, significant declines were observed in the ecological importance of dry shrublands and deciduous forests, with reductions of ninety-one and ninety percent, respectively. In the most severe scenario, Andean shrublands and western montane forests experienced the greatest losses, decreasing by ninety-five and ninety-three percent. Additionally, the study found that areas with favorable conditions for all species are poorly represented within the national conservation system, posing a challenge for future conservation planning. The conclusions highlight that montane and foothill regions should be considered priorities due to their high species richness and level of threat, while dry shrublands stand out as key areas because of their elevated endemism under climate change scenarios. In summary, this work emphasizes the critical importance of these natural regions for the conservation of Ecuadorian vipers in both current and future contexts of climatic transformation.

Keywords: biogeographic patterns; climate change; conservation; Ecuadorian vipers; ecological niche modeling; natural regions; protected areas.

Integración de herramientas espaciales y moleculares para la evaluación de la conectividad del paisaje y diversidad de poblaciones del género *Cedrela* sp.: resultados preliminares

Integration of spatial and molecular tools for the assessment of landscape connectivity and population diversity in the Cedrela *sp. genus: preliminary results*

Doménica Brito[1], Nina Espinosa[1], Juan Ponce[1], Enrique Viguera[1], Silvia Alejandra Llerena Gordillo[1], Pablo Cuenca[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: zaida.brito@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La fragmentación del hábitat amenaza la biodiversidad a nivel global al alterar la conectividad y reducir la disponibilidad de hábitat. Taxones con diversidad críptica, como el complejo *Cedrela*, son particularmente vulnerables, debido a que se subestima su verdadera diversidad. Este estudio integra la genética, la morfología y la ecología del paisaje para evaluar cómo la fragmentación afecta a los individuos del género *Cedrela* en el área protegida Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC) ubicada al nororiente del Ecuador. Se recolectaron 63 individuos de 7 poblaciones. Para el análisis de la estructura del paisaje se empleó el paquete landscapemetrics en RStudio, se calcularon el área media de parche e índice de división. Para evaluar la permeabilidad de la matriz, se calculó el área de cobertura vegetal. Los individuos se identificaron molecularmente con genes de barcoding rbcL e ITS. El análisis del paisaje mostró una gran heterogeneidad, si bien el índice de división indicó una alta conectividad interna del hábitat boscoso (>0,83), el área media de los parches varió enormemente, desde fragmentos pequeños y aislados (<6,1 m^2), hasta parches grandes y conservados (hasta 88,42 m^2). La evaluación de la permeabilidad identificó matrices con permeabilidad moderada-baja y una matriz excepcional con permeabilidad alta. Los análisis preliminares del marcador molecular rbcL muestran un alto porcentaje de similitud (>95%) con secuencias de *Cedrela odorata*. Se están realizando análisis con el marcador ITS, además de una caracterización morfológica detallada, así como el uso de otras métricas de paisaje. La integración de herramientas espaciales y moleculares constituye la base para evaluar otras hipótesis sobre el efecto de la permeabilidad de la matriz del paisaje sobre la diversidad genética y mejorar así

los instrumentos de conservación.

Abstract

Habitat fragmentation poses a global threat to biodiversity by disrupting connectivity and reducing habitat availability. Taxa with cryptic diversity, such as the *Cedrela* complex, are particularly vulnerable because their true diversity tends to be underestimated. This study integrates genetics, morphology, and landscape ecology to evaluate how fragmentation affects individuals of the genus *Cedrela* within the Cayambe Coca National Park (PNCC), located in northeastern Ecuador. A total of 63 individuals from seven populations were collected. For landscape structure analysis, the landscapemetrics package in RStudio was used to calculate mean patch area and division index. To assess matrix permeability, the vegetation cover area was determined. Individuals were molecularly identified using the *rbcL* and *ITS* barcoding genes. The landscape analysis revealed high heterogeneity: although the division index indicated strong internal connectivity of forest habitat (>0.83), the mean patch area varied widely, ranging from small and isolated fragments (<6.1 m^2) to large and well-preserved patches (up to 88.42 m^2). The matrix permeability assessment identified matrices with moderate-to-low permeability and one exceptional matrix with high permeability. Preliminary molecular analyses using the *rbcL* marker showed a high percentage of similarity (>95%) with *Cedrela odorata* sequences. Further analyses with the *ITS* marker are in progress, along with detailed morphological characterization and additional landscape metrics. The integration of spatial and molecular tools provides a foundation for testing further hypotheses regarding the effects of landscape matrix permeability on genetic diversity, thereby improving conservation strategies and management tools.

Influencia de la temperatura en la dispersión secundaria de semillas por escarabajos peloteros

Influence of temperature on the secondary seed dispersal by dung beetles

Julian Grefa-Tanguila[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: kevin.grefa1@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Los escarabajos peloteros son un grupo coprófago que desempeñan funciones como la remoción de suelos, reciclaje de nutrientes y, de manera fundamental, la dispersión secundaria de semillas. Sin embargo, en el Neotrópico existen vacíos de conocimiento sobre este proceso, y no se ha evaluado de qué manera la temperatura influye en la dispersión secundaria de semillas realizada por escarabajos peloteros. Este estudio se centra en evaluar la influencia de la temperatura sobre la cantidad de excrementos y semillas removidos y enterrados por escarabajos peloteros. Se llevó a cabo un diseño experimental con 6 meses de registro en 12 ensayos con la especie *Oxysternon silenus*. Se establecieron 2 tratamientos para regular los rangos de temperatura con alta y baja fluctuación de temperatura. Para cada ensayo se registró la temperatura y los patrones de dispersión de semillas en cada tratamiento. Se empleó una regresión lineal para identificar el efecto de temperatura sobre la cantidad de semillas dispersadas por los escarabajos peloteros. Se encontró que los escarabajos sometidos a fluctuaciones de temperatura más bajas, enterraron más semillas que los de alta fluctuación, mientras que los modelos indican que la temperatura influye en la disminución de la cantidad de semillas dispersadas por escarabajos peloteros, ya que se tiene una correlación negativa a medida que aumenta la temperatura, la cantidad semillas disminuye en ambos tratamientos.

Abstract

Dung beetles are a coprophagous group that play key ecological roles, including soil turnover, nutrient recycling, and, most importantly, secondary seed dispersal. However, in the Neotropics, there are significant knowledge gaps regarding this process, and the influence of temperature on dung beetle-mediated secondary seed dispersal has not been thoroughly evaluated. This study focuses on analyzing how temperature affects the amount of dung and seeds removed and buried by dung beetles. An experimental design was implemented over a 6-month period, comprising 12 trials using the species *Oxysternon silenus*. Two treatments were established to regulate temperature ranges with high and low thermal fluctuations. For each trial, temperature and seed dispersal patterns were recorded across treatments. A linear regression analysis was used to determine the effect of temperature on the number of seeds dispersed by dung beetles. Results showed that beetles exposed to lower temperature fluctuations buried more seeds than those subjected to higher fluctuations. The models indicated that temperature negatively influences the number of seeds dispersed by dung beetles: as temperature increases, the number of dispersed seeds decreases in both treatments.

Urbanización en la Amazonía: cambios en el comportamiento cooperativo de la araña social *Anelosimus eximius*

Urbanization in the Amazon: changes in the cooperative behavior of the social spider Anelosimus eximius

Jennifer Guevara[1], Daning Montaño[2], Gabriela Rosero Chávez[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Fundación Pachamama

Autor de correspondencia: jennifer.guevara@ikiam.edu.ec

Resumen

La urbanización genera condiciones ecológicas y térmicas que pueden modificar profundamente los rasgos de los organismos. Aunque la mayoría de los estudios se ha centrado en cambios morfológicos o fisiológicos, se sabe poco sobre cómo las conductas colectivas de especies sociales responden a estas presiones. El objetivo de este estudio fue evaluar cómo la urbanización afecta los rasgos individuales y el comportamiento colectivo en colonias de la araña social *Anelosimus eximius*. Planteamos tres predicciones: (1) que las colonias urbanas presentarían arañas más pequeñas y menor densidad de individuos, reflejando limitaciones energéticas y térmicas; (2) que reorganizarían su cooperación en la captura de presas, iniciando ataques más rápidos pero con menos participantes; y (3) que desplazarían su actividad hacia la noche para mitigar el calor diurno. Se muestrearon 103 colonias en hábitats urbanos, periurbanos y de bosque en dos provincias amazónicas de Ecuador (Napo y Orellana). Registramos tamaño y densidad de colonias, y el tamaño corporal de hembras. Además, realizamos ensayos de captura de presas (n = 24 colonias) y observaciones diurnas y nocturnas (n = 38 colonias). Los datos se analizaron mediante modelos mixtos que incluyeron hábitat, tamaño de colonia y localidad. Contrario a lo esperado, el tamaño corporal no difirió entre hábitats, pero las colonias urbanas presentaron una densidad 25–30% menor. En los ensayos, atacaron presas ~35% más rápido pero con ~40% menos participantes que las colonias de bosque. Asimismo, su actividad nocturna fue más del doble en comparación con el día, mientras que en colonias de bosque el incremento nocturno fue mucho más leve. En conclusión, en ambientes tropicales la urbanización no reduce el tamaño individual, pero sí reconfigura la cooperación y los ritmos de actividad. Estos resultados destacan la plasticidad conductual como un eje clave —y poco explorado— de la adaptación urbana en especies

sociales.

Abstract

Urbanization creates ecological and thermal conditions that can profoundly modify the traits of organisms. Although most studies have focused on morphological or physiological changes, little is known about how collective behaviors of social species respond to these pressures. The objective of this study was to evaluate how urbanization affects individual traits and collective behavior in colonies of the social spider *Anelosimus eximius*. We proposed three predictions: (1) urban colonies would show smaller spiders and lower individual density, reflecting energetic and thermal constraints; (2) they would reorganize their cooperation in prey capture, initiating attacks more quickly but with fewer participants; and (3) they would shift their activity toward the night to mitigate daytime heat. A total of 103 colonies were sampled across urban, peri-urban, and forest habitats in two Amazonian provinces of Ecuador (Napo and Orellana). We recorded colony size and density, as well as female body size. Additionally, we conducted prey capture trials (n = 24 colonies) and daytime and nighttime behavioral observations (n = 38 colonies). Data were analyzed using mixed models including habitat, colony size, and locality. Contrary to expectations, body size did not differ among habitats, but urban colonies showed a 25–30% lower density. In the trials, they attacked prey ~35% faster but with ~40% fewer participants than forest colonies. Likewise, their nocturnal activity was more than twice as high compared to daytime activity, while forest colonies exhibited only a slight nocturnal increase. In tropical environments, urbanization does not reduce individual size but does reconfigure cooperation and activity rhythms. These results highlight behavioral plasticity as a key — and understudied — axis of urban adaptation in social species.

Cambio climático y redistribución de las arañas bananeras (*Phoneutria depilata* y *P. boliviensis*): implicaciones ecológicas y de salud pública en Ecuador

*Climate change and redistribution of banana spiders (*Phoneutria depilata *and* P. boliviensis*): ecological and public health implications in Ecuador*

Fernando Castro Masabanda[1], Jennifer Guevara[1], Esteban Calvache[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 División de Entomología, Instituto Nacional de Biodiversidad

Autor de correspondencia: fernando.castro@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Las arañas bananeras (*Phoneutria*) son depredadores generalistas que cumplen un papel clave en la regulación de comunidades de artrópodos en los ecosistemas neotropicales. Al mismo tiempo, constituyen un grupo de alto interés médico por la toxicidad de su veneno y por su frecuente presencia en ambientes antropizados. Esta dualidad ecológica y sanitaria hace necesario comprender cómo el cambio climático influirá en su distribución futura. El objetivo de este estudio fue proyectar los cambios potenciales en la distribución de *Phoneutria depilata* y *P. boliviensis* en Ecuador bajo escenarios de cambio climático RCP 4,5 (asumiendo una mitigación moderada del cambio climático), y RCP 8,5 (asumiendo altas emisiones sin medidas significativas de mitigación) para el periodo 2061-2070. Se utilizó el algoritmo MaxEnt junto con 19 variables bioclimáticas, generando modelos de distribución actual y proyecciones futuras. Los resultados indican que *P. depilata* perderá aproximadamente un 69% de su hábitat adecuado, conservando el 31% de su rango actual, aunque con una expansión hacia nuevas áreas de cerca del 20%. De forma similar, *P. boliviensis* mostró una tendencia similar, con una contracción de su distribución acompañada de una expansión moderada hacia regiones distintas. Estas tendencias sugieren que ambas especies perderán de forma severa gran parte de su rango actual, pero podrían colonizar una reducida área de nuevas regiones, aumentando la posibilidad de interacción con poblaciones humanas. Esta redistribución es más pronunciada bajo el escenario RCP 8,5; resaltando la urgencia de implementar políticas de mitigación climática. En conclusión, el cambio climático podría transformar de manera significativa la biogeografía de *Phoneutria* en Ecuador, con consecuencias tanto para la ecología de los depredadores neotropicales como para la salud pública. Por lo tanto, resulta crucial

fortalecer los planes de conservación, monitoreo, la prevención y la planificación sanitaria para anticipar y mitigar los riesgos emergentes derivados de estas redistribuciones.

Abstract

Banana spiders (*Phoneutria*) are generalist predators that play a key role in regulating arthropod communities within Neotropical ecosystems. At the same time, they are of major medical concern due to the toxicity of their venom and their frequent presence in human-modified environments. This dual ecological and health significance makes it essential to understand how climate change will affect their future distribution. The objective of this study was to project potential changes in the distribution of *Phoneutria depilata* and *P. boliviensis* in Ecuador under two climate change scenarios: RCP 4.5 (assuming moderate mitigation of climate change) and RCP 8.5 (assuming high emissions without significant mitigation efforts) for the period 2061–2070. The MaxEnt algorithm was used along with 19 bioclimatic variables to generate models of current and future distribution. Results indicate that *P. depilata* is projected to lose approximately 69% of its suitable habitat, retaining 31% of its current range but expanding into new areas by about 20%. Similarly, *P. boliviensis* exhibited a comparable trend, with a contraction of its current distribution accompanied by moderate expansion into different regions. These patterns suggest that both species will lose a substantial portion of their present range but could colonize small new areas, increasing potential interactions with human populations. This redistribution is more pronounced under the RCP 8.5 scenario, underscoring the urgency of implementing climate mitigation policies. In conclusion, climate change may significantly reshape the biogeography of *Phoneutria* in Ecuador, with implications for both Neotropical predator ecology and public health. Therefore, it is crucial to strengthen conservation, monitoring, prevention, and health planning strategies to anticipate and mitigate emerging risks associated with these redistributions.

Primer registro de ginandromorfismo en abejas de las orquídeas del género *Euglossa* en Ecuador

First record of gynandromorphism in orchid bees of the genus Euglossa *in Ecuador*

David Leonidas Grefa Yumbo[1], Jennifer Guevara[1], Samantha Abigail Ríos Márquez[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad del Azuay – UDA

Autor de correspondencia: leonidas.grefa@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Las abejas de las orquídeas (tribu Euglossini) constituyen uno de los grupos más distintivos de abejas nativas debido a su capacidad para almacenar compuestos aromáticos y a su alto grado de especialización, lo que las convierte en polinizadores clave en los ecosistemas donde habitan. El ginandromorfismo, por su parte, es una condición poco común caracterizada por la presencia simultánea de rasgos sexuales masculinos y femeninos en un mismo individuo, lo que lo convierte en un fenómeno de gran interés para comprender procesos de desarrollo, genética y evolución en insectos. Documentamos el primer registro para Ecuador de un ejemplar ginandromorfo del género *Euglossa* con asimetría bilateral. "El objetivo fue describir el fenómeno de ginandromorfismo y discutir su relevancia para el estudio de la diversidad y biología de abejas nativas en contextos urbanos amazónicos. El espécimen fue recolectado en un área urbana de Tena, provincia de Napo, mediante trampas de botella artesanales con atrayente aromático. Posteriormente fue preservado en etanol al 70 %, montado en seco y finalmente identificado mediante claves especializadas para Euglossini con validación por expertos. La evaluación morfológica confirmó caracteres sexuales masculinos y femeninos dispuestos de forma bilateral, constituyendo el primer registro de su tipo para el país y ampliando la variación conocida del género en la Amazonía ecuatoriana. Este registro evidencia que las áreas urbanas y periurbanas, influenciadas por factores ambientales y antrópicos, son escenarios estratégicos para monitorear fenómenos biológicos infrecuentes. Más allá de constituir un registro inédito para el país, este caso abre la posibilidad de explorar la incidencia y las causas de ginandromorfismo en abejas nativas, aportando información que puede enriquecer los inventarios nacionales de biodiversidad y contribuir a la comprensión de los procesos evolutivos que moldean la biología de los polinizadores.

Abstract

Orchid bees (tribe Euglossini) represent one of the most distinctive groups of native bees due to their ability to store aromatic compounds and their high degree of specialization, making them key pollinators in the ecosystems they inhabit. Gynandromorphism, on the other hand, is a rare condition characterized by the simultaneous presence of both male and female sexual traits in a single individual, making it a phenomenon of great interest for understanding developmental, genetic, and evolutionary processes in insects. We document the first record for Ecuador of a gynandromorphic specimen of the genus *Euglossa* exhibiting bilateral asymmetry. The objective of this study was to describe the finding and discuss its relevance to the study of diversity and biology of native bees in Amazonian urban contexts. The specimen was collected in an urban area of Tena, Napo Province, using handmade bottle traps with aromatic attractant. It was then preserved in 70% ethanol, dry-mounted, and subsequently identified using specialized keys for Euglossini, with expert validation. Morphological assessment confirmed the presence of male and female sexual characters arranged bilaterally, constituting the first record of its kind for the country and expanding the known variation of the genus in the Ecuadorian Amazon. This record demonstrates that urban and peri-urban areas, influenced by both environmental and anthropogenic factors, serve as strategic settings for monitoring rare biological phenomena. Beyond being an unprecedented record for the country, this case opens the possibility of exploring the incidence and causes of gynandromorphism in native bees, providing information that may enrich national biodiversity inventories and contribute to understanding the evolutionary processes shaping pollinator biology.

Diversidad y ecología de crustáceos decápodos de la Amazonía ecuatoriana y su uso como bioindicadores para la evaluación de la contaminación ambiental

Diversity and ecology of decapod crustaceans from the ecuadorian Amazon and their use as bioindicators for assessing environmental pollution

Rodrigo Espinosa Barrera[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: rodrigo.espinosa@ikiam.edu.ec

Resumen

Este estudio investigó la diversidad, ecología y vulnerabilidad de los crustáceos decápodos de agua dulce en la cuenca alta del río Napo, Ecuador. Mediante análisis moleculares, estudios ecológicos y experimentos en mesocosmos, se revelaron patrones complejos de diversidad críptica, distribución y sensibilidad a estresores ambientales. El primer apartado identifica seis linajes evolutivos distintos utilizando marcadores mitocondriales, lo que sugiere la presencia de especies potencialmente nuevas. El segundo apartado examina la ecología y distribución de estos organismos, mostrando la dominancia de la familia Palaemonidae (89,7%) e identificando la altitud como la variable ambiental más relevante en la estructuración de las comunidades. El tercer apartado evalúa los efectos del pesticida imidacloprid en *Macrobrachium* aff. *brasiliense*, demostrando alta sensibilidad (LC_{50}: 0,0148 ± 0,017 µg/L) tras 28 días de exposición. Se observaron alteraciones significativas en el comportamiento y la tolerancia térmica máxima incluso en concentraciones subletales, siendo la frecuencia de cruce el parámetro más sensible (EC_{50}: 0,0014 ± 0,0014 µg/L). La rápida disipación del imidacloprid en condiciones tropicales (DT_{50} = 4,0 ± 1,9 días) y sus interacciones con variables ambientales resaltan la necesidad de considerar las particularidades de los ecosistemas amazónicos en la evaluación de riesgo y regulación de pesticidas. Este estudio proporciona conocimientos valiosos sobre la biodiversidad y vulnerabilidad de los crustáceos decápodos en la Amazonía ecuatoriana, enfatizando la relevancia de estrategias de conservación que contemplen su complejidad evolutiva y sensibilidad ecológica.

Abstract

This study investigated the diversity, ecology, and vulnerability of freshwater decapod crustaceans in the upper Napo River basin, Ecuador. Through molecular analyses, ecological studies, and mesocosm experiments, it revealed complex patterns of cryptic diversity, distribution, and sensitivity to environmental stressors. The first section identified six distinct evolutionary lineages using mitochondrial markers, suggesting the presence of potentially new species. The second section examined the ecology and distribution of these organisms, showing the dominance of the family Palaemonidae (89.7%) and identifying altitude as the most relevant environmental variable in community structuring. The third section assessed the effects of the pesticide imidacloprid on *Macrobrachium* aff. *brasiliense*, demonstrating high sensitivity (LC_{50}: 0.0148 ± 0.017 µg/L) after 28 days of exposure. Significant alterations in behavior and maximum thermal tolerance were observed even at sublethal concentrations, with crossing frequency identified as the most sensitive parameter (EC_{50}: 0.0014 ± 0.0014 µg/L). The rapid dissipation of imidacloprid under tropical conditions (DT_{50} = 4.0 ± 1.9 days) and its interactions with environmental variables highlight the need to consider the unique characteristics of Amazonian ecosystems in pesticide risk assessment and regulation. This study provides valuable insights into the biodiversity and vulnerability of decapod crustaceans in the ecuadorian Amazon, emphasizing the importance of conservation strategies that account for their evolutionary complexity and ecological sensitivity.

Valor cultural y nutricional de especies de flora y fauna de la Amazonía ecuatoriana: implicaciones para conservación y seguridad alimentaria

Cultural and nutritional value of flora and fauna species from the ecuadorian Amazon: implications for conservation and food security

Doménica Haro[1], Josué Chango[1], María Fernanda Oñate[1], Karla Verdugo[1], Evelin Oña[1], Silvia Alejandra Llerena Gordillo[1], Gabriela Loza[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: domenica.haro@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Las comunidades rurales amazónicas han mantenido históricamente una relación estrecha con el bosque, sustentada en saberes tradicionales que integran componentes biológicos, ecológicos y culturales de la fauna, flora y micota. Este conocimiento incluye prácticas de manejo y aprovechamiento para alimentación y fines productivos y comerciales. El presente estudio documenta el uso y valor cultural de la biodiversidad en el cantón Archidona, Napo, mediante entrevistas semiestructuradas (n = 40) y el cálculo del índice de importancia cultural (IIC), basado en la frecuencia de mención y la intensidad de uso de cada especie. Se identificaron 53 especies de flora, dos especies de fauna empleadas como alimento (*Colossoma macropomum*, IIC = 0,94; *Dasypus novemcinctus*, IIC = 0,73) y una especie de micota (*Favolus tenuiculus*, IIC = 1,77). Las plantas con mayor frecuencia de mención en uso alimenticio fueron *Annona mucosa, Bactris gasipaes, Dioscorea trifida, Grias neuberthii, Gustavia longifolia* y *Pouteria caimito*; como bebida: *Annona mucosa, Bactris gasipaes, Kalanchoe pinnata*; en uso maderero destacó *Bactris gasipaes*; y para artesanías se reportaron *Canna indica* y *Ormosia amazonica*. Dado el alto valor cultural de los alimentos prioritarios, se analizó su valor nutricional siguiendo protocolos AOAC y FAO, determinando humedad, ceniza, grasa, proteína cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno en base seca. Los resultados mostraron que *Dioscorea trifida* presentó elevados contenidos de humedad (76,63 %) y fibra (2,21 %); *Grias neuberthii* mostró altos niveles de grasa (8,70 %) y fibra (20,57 %); *Annona mucosa* destacó por carbohidratos solubles (5,49 %), mientras que *Colossoma macropomum* presentó un aporte proteico sobresaliente (61,93 %). Estos hallazgos evidencian la interacción sociedad-bosque, resaltando que especies con alto valor cultural son esenciales para la seguridad alimentaria. La información generada orienta

estrategias de manejo sostenible que favorezcan la conservación, el desarrollo local y la resiliencia alimentaria de las comunidades amazónicas.

Abstract

Amazonian rural communities have historically maintained a close relationship with the forest, grounded in traditional knowledge that integrates the biological, ecological, and cultural components of fauna, flora, and fungi. This knowledge encompasses management and utilization practices for food as well as productive or commercial purposes. This study documents the use and cultural value of biodiversity in the Archidona canton, Napo, through semi-structured interviews (n = 40) and the calculation of the Cultural Importance Index (CII), based on the frequency of mention and intensity of use of each species. Fifty-three plant species were identified, along with two fauna species used as food (*Colossoma macropomum*, CII = 0.94; *Dasypus novemcinctus*, CII = 0.73) and one fungal species (*Favolus tenuiculus*, CII = 1.77). The plants with the highest frequency of mention for food use were *Annona mucosa*, *Bactris gasipaes*, *Dioscorea trifida*, *Grias neuberthii*, *Gustavia longifolia*, and *Pouteria caimito*; for beverages: *Annona mucosa*, *Bactris gasipaes*, *Kalanchoe pinnata*; for timber: *Bactris gasipaes*; and for handicrafts: *Canna indica* and *Ormosia amazonica*. Given the high cultural value of priority foods, their nutritional value was analyzed following AOAC and FAO protocols, determining moisture, ash, fat, crude protein, crude fiber, and nitrogen-free extract on a dry weight basis. Results showed that *Dioscorea trifida* had high moisture (76.63%) and fiber (2.21%); *Grias neuberthii* had high fat (8.70%) and fiber (20.57%); *Annona mucosa* stood out for soluble carbohydrates (5.49%); and *Colossoma macropomum* provided remarkable protein content (61.93%). These findings highlight the society–forest interaction, emphasizing that species with high cultural value are essential for food security. The information generated guides sustainable management strategies that promote conservation, local development, and food resilience for Amazonian communities.

Nuevas perspectivas en la diversidad de *Macrobrachium* spp.: tres linajes filogenéticos en la cuenca del Napo

New perspectives on the diversity of Macrobrachium *spp.: three phylogenetic lineages in the napo basin*

Lizbeth Paillacho Taipe[1], Rodrigo Eduardo Espinosa Barrera[1], Hugo Mauricio Ortega Andrade[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: yesseniapaillacho98@gmail.com

Resumen

La caracterización de la diversidad biológica mediante herramientas moleculares es fundamental para comprender los procesos evolutivos en ecosistemas tropicales. En este contexto, el género *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) representa un grupo clave en ecosistemas dulceacuícolas amazónicos, donde cumple funciones ecológicas esenciales y constituye un recurso de importancia local. No obstante, los estudios sobre su diversidad en Ecuador siguen siendo limitados, y la taxonomía clásica enfrenta dificultades debido a la amplia distribución geográfica y la marcada plasticidad ecológica del grupo. El presente estudio analizó la diversidad genética y filogenética de *Macrobrachium* spp. en la cuenca alta del río Napo, a partir de los genes mitocondriales COI y 16S. El diseño metodológico incluyó muestreos en 12 sitios durante dos épocas del año, extracción, amplificación y secuenciación de ADN, así como análisis filogenético bajo un enfoque de máxima verosimilitud. Los resultados revelaron tres linajes genéticamente distintos dentro del área de muestreo, en ellos, dos linajes correspondientes a *M. brasiliense* y *M. veredensis*, respaldados por altos valores de soporte nodal. La distancia genética para COI varió entre 6,72 y 14,80% (p-D promedio = 10,68 ± 0,40), mientras que para 16S osciló entre 2,39 y 10,14% (p-D promedio = 7,41 ± 0,21). Estos valores sugieren la presencia de diversidad críptica, particularmente en *M. brasiliense*. La identificación de linajes únicos y potenciales nuevas especies resalta la importancia de profundizar en estudios taxonómicos y biogeográficos. Asimismo, subraya el valor de la biotecnología molecular como herramienta para la conservación y el manejo sostenible de la biodiversidad en ecosistemas tropicales.

Abstract

Characterizing biological diversity through molecular tools is essential for understanding evolutionary processes in tropical ecosystems. In this context, the genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) represents a key group in Amazonian freshwater ecosystems, where it performs essential ecological functions and constitutes a resource of local importance. However, studies on its diversity in Ecuador remain limited, and classical taxonomy faces challenges due to the group's wide geographic distribution and marked ecological plasticity. The present study analyzed the genetic and phylogenetic diversity of *Macrobrachium* spp. in the upper Napo River basin using the mitochondrial genes COI and 16S. The methodological design included sampling at 12 sites during two periods of the year, DNA extraction, amplification, and sequencing, as well as phylogenetic analysis under a maximum likelihood approach. The results revealed three genetically distinct lineages within the sampling area, two of which corresponded to *M. brasiliense* and *M. veredensis*, supported by high nodal support values. Genetic distances for COI ranged from 6.72% to 14.80% (mean p-D = 10.68 ± 0.40), while for 16S they ranged from 2.39% to 10.14% (mean p-D = 7.41 ± 0.21). These values suggest the presence of cryptic diversity, particularly within *M. brasiliense*. The identification of unique lineages and potential new species highlights the importance of further taxonomic and biogeographic studies. Moreover, it underscores the value of molecular biotechnology as a tool for the conservation and sustainable management of biodiversity in tropical ecosystems.

Exploración filogenética y taxonómica en ranas *Pristimantis* (Strabomantidae) de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, Napo

Phylogenetic and taxonomic exploration of Pristimantis *frogs (Strabomantidae) from the Colonso Chalupas Biological Reserve, Napo*

Arley Benjamin Hidalgo Andrade[1], Pablo Lozano Lozano Carpio[2], Hugo Mauricio Ortega Andrade[3]

1 Fundación Cóndor Andino

2 Universidad Estatal Amazónica

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: benjott2@gmail.com

Resumen

Los flancos orientales de la cordillera de los Andes en Ecuador son zonas de alto endemismo y diversidad. Las ranas de desarrollo directo del género *Pristimantis* (Strabomantidae) representan el grupo de vertebrados más diverso en los Andes, con nuevas especies descubiertas en ecosistemas nublados y montanos. Esta investigación tuvo como objetivo inferir la posición filogenética y analizar posibles especies crípticas entre las ranas *Pristimantis* de la Reserva Biológica Colonso Chalupas (RBCC), una de las áreas menos exploradas de los Andes del norte de Ecuador. Se extrajo material genético de tejido de especímenes previamente identificados morfológicamente. Se amplificaron tres marcadores moleculares mitocondriales (12S, 16S y COI) y uno nuclear (RAG1). Se descargaron todas las secuencias disponibles para estos marcadores de la base de datos GenBank y se alinearon en una matriz concatenada. Se determinaron los modelos óptimos de sustitución nucleotídica y se construyó un árbol de Máxima Verosimilitud usando 1000 iteraciones de Bootstrap y SH-aLRT para valores de soporte en los nodos en IQTREE. Los resultados muestran que 8 de las 16 especies previamente identificadas se agrupan en linajes distintos a los asignados morfológicamente. Además, se identificaron 18 linajes en la filogenia, lo que evidencia altos niveles de diversidad críptica y una subestimación de la riqueza de especies dentro del género. Destacamos la importancia de usar marcadores moleculares para corroborar la identidad de especies, especialmente en linajes sospechosos de albergar grupos crípticos como Pristimantis. Su uso permite una mejor comprensión de la diversidad y endemismo, especialmente en regiones poco exploradas como la Reserva Biológica Colonso Chalupas.

Abstract

The eastern slopes of the Andes in Ecuador are areas of high endemism and biodiversity. Direct-developing frogs of the genus *Pristimantis* (Strabomantidae) represent the most diverse vertebrate group in the Andes, with new species frequently discovered in cloud and montane ecosystems. This research aimed to infer the phylogenetic position and analyze potential cryptic species among *Pristimantis* frogs from the Colonso Chalupas Biological Reserve (RBCC), one of the least explored areas in the northern Andes of Ecuador. Genetic material was extracted from tissue samples of specimens previously identified morphologically. Three mitochondrial molecular markers (12S, 16S, and COI) and one nuclear marker (RAG1) were amplified. All available sequences for these markers were downloaded from GenBank and aligned into a concatenated matrix. Optimal nucleotide substitution models were determined, and a Maximum Likelihood tree was constructed using 1000 bootstrap iterations and SH-aLRT for nodal support values in IQTree. Results show that 8 of the 16 previously identified species cluster in lineages distinct from their morphological assignments. Additionally, 18 lineages were identified in the phylogeny, evidencing high levels of cryptic diversity and an underestimation of species richness within the genus. This study highlights the importance of using molecular markers to corroborate species identity, especially in lineages suspected of harboring cryptic groups such as *Pristimantis*. Their use allows a better understanding of diversity and endemism, particularly in poorly explored regions like the Colonso Chalupas Biological Reserve.

Diversidad de serpientes (Serpentes, Reptilia) en Mera, Ecuador: un enfoque de ciencia ciudadana para estudiar un hotspot de biodiversidad de la Amazonía occidental

Snake (Serpentes, Reptilia) diversity in Mera, Ecuador: a citizen-science approach to surveying a biodiversity hotspot of the western Amazon

Alexander Griffin Bentley[1], Juan Pablo Reyes-Puig[2], Arley Benjamin Hidalgo Andrade[1], Josselin Alejandra Hernández Altamirano[3], María Elena Barragan-Paladines[4], Mario H. Yánez-Muñoz[5], Diego Almeida-Reinoso[6], Mónica Guerra[6], Jhonny Arboleda[7], Jaime Culebras[8], Dione Alexandra Fiallos Moreno[1], Joaquín Sáenz[1], Philip Yoder[9], Don Best[1], Ricardo Sebastián Vizcarra Vásconez[1], Manuel Genaro Peñafiel Flores[10], Alessandro Franchini[10], Emma Carlson[10], José Ignacio Segovia Larrea[11], Ian Smitherman[1], Eric C.K. Gren[12]

1 Waska Amazonía

2 Fundación Ecominga

3 Biomolecular Discovery Group

4 Fundación Herpetológica Gustavo Orcés

5 Instituto Nacional de Biodiversidad

6 Escuela Politécnica Nacional

7 Universidad Técnica Particular de Loja

8 Fundación Cóndor Andino

9 Reserva Ecológica Alto Anzu

10 Southwestern Adventist University

11 La Sapada

12 University of Montana

Resumen:

El cantón Mera se encuentra en las tierras bajas orientales del Corredor de Conectividad Llanganates–Sangay (CELS) y se considera un área prioritaria para la conservación debido al alto grado de endemismo y la diversidad biológica existente. En el presente estudio, se analizaron registros de serpientes provenientes de tres bases de datos, así como especímenes preservados de dos colecciones locales informales, cuatro colecciones formales y cinco

bases de datos internacionales, con la participación de numerosos estudiantes y científicos ciudadanos. En conjunto, examinamos material acumulado durante 85 años: 666 registros individuales, que representan siete familias, 31 géneros y 66 especies. Reportamos siete especies previamente no registradas en el área de estudio y 14 nuevos registros de tamaño y elevación. Nuestros resultados sitúan a este pequeño cantón entre las áreas con mayor diversidad de serpientes en el mundo. Nuestro enfoque de ciencia ciudadana resalta el valor del trabajo colaborativo y de las iniciativas regionales para involucrar a la población local y a organizaciones (privadas, gubernamentales y universitarias) en los esfuerzos científicos.

Abstract

Mera County is located in the eastern lowlands of the Llanganates–Sangay Connectivity Corridor (CELS) and is considered a priority conservation area due to the high degree of endemism and existing biological diversity. In the present study, we analyzed snake records from three databases as well as preserved specimens from two local informal collections, four formal collections, and five international collection databases with the participation of numerous students and citizen scientists. Collectively, we examined 85 years' worth of material—666 individual records, representing seven families, 31 genera, and 66 species. We report seven species previously unrecorded in the study area and 14 new size and elevation records. Our results place this small county among the most snake-diverse areas in the world. Our citizen-science approach highlights the value of collaborative work and regional initiatives to involve local people and private, governmental, and university organizations in scientific efforts.

Presentando csv2xyd: un programa en Python para el procesamiento de Big Data en biodiversidad y su aplicación en el análisis global de endemismo de Culicidae

Introducing csv2xyd: a Python program for biodiversity Big Data processing and its application to the global analysis of Culicidae endemism

Jonathan Liria Salazar[1], Ana Soto Vivas[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Facultad Ciencias Biológicas, Universidad Central del Ecuador

Autor de correspondencia: jonathan.liria@ikiam.edu.ec

Resumen

La identificación de áreas de endemismo es crucial en biogeografía y conservación, demandando el manejo de grandes volúmenes de datos de biodiversidad. Sin embargo, los repositorios de datos a menudo contienen errores tipográficos, inconsistencias taxonómicas y duplicados, dificultando su uso. Para optimizar este proceso, presentamos el desarrollo de csv2xyd, un programa en Python con interfaz gráfica y de código abierto. Esta herramienta está diseñada para procesar datos de ocurrencia de especies desde formato CSV a XYD, indispensable para análisis de endemismo con NDM/vNDM; csv2xyd automatiza la detección de errores tipográficos y taxonómicos, la eliminación de registros duplicados, y ofrece diversas opciones de filtrado y análisis geoespaciales en cuadrículas (abundancia, riqueza, diversidad), agilizando el flujo de trabajo para datos masivos. El programa ha sido evaluado con grandes conjuntos de datos (especies y ocurrencias) de diversas escalas, desde miles hasta millones de registros, demostrando su eficacia y rapidez al procesar archivos en segundos o minutos. Como ejemplo de la aplicación de metodologías de "Big Data" en biodiversidad, se realizó un análisis global de ocurrencias de Culicidae. Se compilaron 2.263 especies y 809.991 ocurrencias de cuatro repositorios. Utilizando cuadrículas de 5°×5°, presencia asumida 100, reteniendo ≥15 especies endémicas y "score" de endemicidad > 15,00; los resultados se resumieron mediante áreas consenso (AEC). Se identificaron 26 Áreas Endémicas (AE) y 15 AEC. Las AEC se distribuyeron en Suramérica (3), Asia (3), Madagascar (1), África (2), Centroamérica (3), y Australia (3). Estos resultados son consistentes con las propuestas biogeográficas previas para los centros de endemismo en este taxón, resaltando cómo esta herramienta facilita análisis complejos a gran escala.

Abstract

Identifying areas of endemism is crucial for biogeography and conservation and demands the handling of large biodiversity datasets; however, data repositories often contain typographical errors, taxonomic inconsistencies, and duplicates that hinder their use. To streamline this process, we present the development of csv2xyd, an open-source Python program with a graphical interface. This tool is designed to process species-occurrence data from CSV to XYD format—indispensable for endemism analyses with NDM/vNDM; csv2xyd automates the detection of typographical and taxonomic errors, removes duplicate records, and offers multiple options for filtering and grid-based geospatial analyses (abundance, richness, diversity), accelerating workflows for massive datasets. The program has been evaluated with large, multi-scale datasets (species and occurrences) ranging from thousands to millions of records, demonstrating efficiency and speed by processing files in seconds to minutes. As an example of applying "Big Data" methodologies in biodiversity, we conducted a global analysis of Culicidae occurrences, compiling 2,263 species and 809,991 occurrences from four repositories. Using 5°×5° grids, assumed presence = 100, retaining ≥15 endemic species and an endemicity score > 15.00, results were summarized via consensus areas (CAs). We identified 26 Endemic Areas (EAs) and 15 CAs. The CAs were distributed across South America (3), Asia (3), Madagascar (1), Africa (2), Central America (3), and Australia (3). These findings are consistent with previous biogeographic proposals for centers of endemism in this taxon, highlighting how the tool facilitates complex, large-scale analyses.

Biobanco Ikiam: un centro regional para la investigación y conservación genómica de la diversidad Amazónica

Ikiam biobank: a regional hub for genomic research and conservation of Amazonian diversity

Mauricio Ortega-Andrade[1], Valentina Posse[1], Walter Quilumbaquin[1], Pablo Meneses[1], Cristina Quiroga[1], Miguel Quishpe[1]

1 Laboratorio de Biología Integrativa, Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: mauricio.ortega@ikiam.edu.ec

Resumen

El estudio de la diversidad biológica en Ecuador ha avanzado en las últimas décadas con herramientas modernas, como análisis moleculares, modelos matemáticos y computacionales. Sin embargo, amenazas como el cambio climático, la degradación genética, la pérdida de cobertura vegetal y la contaminación de ecosistemas afectan la biodiversidad ecuatoriana y tienen impactos socioeconómicos regionales. La limitada información científica dificulta la planificación y gestión territorial, especialmente en áreas prioritarias para la conservación como la Cuenca Amazónica. Además, la falta de herramientas para manejar recursos biológicos de manera sustentable agrava la situación. En este contexto, surge la necesidad de un centro científico en la región Amazónica para gestionar y conservar material biológico, sirviendo como repositorio base de la biodiversidad regional. El Laboratorio de Biología Integrativa de la Universidad Regional Amazónica Ikiam se consolida como un Biobanco de investigación genómica crucial en la Amazonía, con el Museo, Herbario y Fungario Ikiam. Este laboratorio apoya programas e investigaciones enfocadas al manejo de recursos biológicos, la planificación territorial y la conservación de la biodiversidad. Su misión es generar, transferir y difundir conocimiento científico y tecnológico para el uso sostenible de los recursos provenientes de la biodiversidad, impulsando proyectos e investigaciones que ofrecen soluciones innovadoras a problemas ambientales. Para su consolidación, se desarrollaron programas enfocados a la documentación con código de barras genéticos de la biodiversidad amazónica, así como un programa de monitoreo con ADN ambiental, bioacústico y multimedia en la Reserva Biológica Colonso Chalupas y su área de amortiguamiento. Hasta 2025, los aportes del laboratorio incluyen la descripción de nuevas especies (5 anfibios), la caracterización genómica (4 anuros) y conservación de material genético, germoplasma y multimedia de más de 3000

especímenes testigo de vertebrados (anfibios, reptiles, peces, murciélagos), artrópodos (macroinvertebrados, escarabajos, mariposas) y plantas (helechos), como parte del Banco Nacional de Recursos Genéticos del Ecuador.

Abstract

The study of biological diversity in Ecuador has advanced in recent decades thanks to modern tools such as molecular analyses and mathematical and computational models. However, threats such as climate change, genetic erosion, loss of vegetation cover, and ecosystem pollution affect Ecuadorian biodiversity and have regional socioeconomic impacts. Limited scientific information hinders territorial planning and management, especially in priority areas for conservation such as the Amazon Basin. Moreover, the lack of tools to manage biological resources sustainably aggravates the situation. In this context, there is a need for a scientific center in the Amazon region to manage and conserve biological material, serving as a foundational repository of regional biodiversity. The Integrative Biology Laboratory at the Universidad Regional Amazónica Ikiam is consolidating itself as a crucial genomic research Biobank in the Amazon, together with the Ikiam Museum, Herbarium, and Fungarium. This laboratory supports programs and research focused on the management of biological resources, land-use planning, and biodiversity conservation. Its mission is to generate, transfer, and disseminate scientific and technological knowledge for the sustainable use of resources derived from biodiversity, driving projects and research that offer innovative solutions to environmental problems. To achieve consolidation, programs were developed focusing on barcoding the biodiversity of the Amazon, as well as a monitoring program using environmental DNA, bioacoustics, and multimedia in the Colonso Chalupas Biological Reserve and its buffer zone. By 2025, the laboratory's contributions include the description of new species (five amphibians), genomic characterization (four anurans), and the conservation of genetic material, germplasm, and multimedia from more than 3,000 voucher specimens of vertebrates (amphibians, reptiles, fishes, bats), arthropods (macroinvertebrates, beetles, butterflies), and plants (ferns), as part of Ecuador's National Genetic Resources Bank.

Dinámica poblacional y productividad de helechos terrestres en los Andes tropicales

Population dynamics and productivity of terrestrial ferns in the tropical Andes

Laura Salazar Cotugno[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: laura.salazar@ikiam.edu.ec

Resumen

Los helechos terrestres son componentes clave de los ecosistemas tropicales, pero su dinámica poblacional y su relación con la productividad han sido poco estudiadas. En este contexto, se presenta una síntesis de investigaciones desarrolladas por nuestro grupo a lo largo de un gradiente altitudinal en los Andes ecuatorianos (500–4000 m s.n.m.), integrando datos de productividad foliar, riqueza de especies y tasas de mortalidad. Los resultados muestran que la productividad de los helechos está vinculada con su diversidad y que factores como la altitud, la temperatura y la competencia influyen significativamente en su dinámica poblacional. A diferencia de otros grupos de plantas, los helechos presentan tasas de mortalidad notablemente bajas, lo que sugiere una alta estabilidad poblacional. No obstante, también evidencian respuestas sensibles a condiciones ambientales y a interacciones bióticas. Estos hallazgos permiten comprender mejor las estrategias de vida de los helechos y su papel en los ecosistemas tropicales de montaña, aportando evidencia clave para anticipar su respuesta frente al cambio climático y para considerarlos más activamente en estudios de biodiversidad y funcionamiento ecosistémico.

Abstract

Terrestrial ferns are key components of tropical ecosystems, yet their population dynamics and relationship to productivity have been little studied. In this context, we present a synthesis of research conducted by our group along an altitudinal gradient in the Ecuadorian Andes (500–4000 m a.s.l.), integrating data on foliar productivity, species richness, and mortality rates. The results show that fern productivity is linked to their diversity and that factors such as elevation, temperature, and competition significantly influence their population dynamics. Unlike other plant groups, ferns exhibit notably low mortality rates, suggesting high population stability; nevertheless, they also display sensitive responses to environmental conditions and biotic interactions. These findings improve our understanding of fern life-history strategies and their role in tropical montane ecosystems, providing key evidence to anticipate their response to climate change and to consider them more actively in studies of biodiversity and ecosystem functioning.

Visitantes florales de *Astrocaryum murumuru* Mart. en Tena- Ecuador

Floral visitors of Astrocaryum murumuru *Mart. in Tena, Ecuador*

Julie Peláez[1], Maria Cristina Peñuela Mora[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: julie.pelaez@ikiam.edu.ec

Resumen

El presente estudio, llevado a cabo en Tena, Ecuador, se centró en la palma endémica de la Amazonia, *Astrocaryum murumuru*, esta especie de gran importancia tanto cultural como económica, carece de una notable información sobre su biología reproductiva y sus interacciones ecológicas. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue identificar y caracterizar a los visitantes florales y posibles polinizadores de *A. murumuru*, con el fin de generar datos ecológicos esenciales para su manejo y conservación. La metodología se realizó mediante la recolección de seis inflorescencias, tanto masculinas como femeninas, en el área de estudio. Los insectos presentes en ellas fueron cuidadosamente recolectados, preservados y posteriormente llevados al laboratorio para su análisis. Allí, se procedió a la separación, clasificación y conteo de los especímenes, organizándolos en 54 morfoespecies. Los resultados revelaron un total de 54 morfoespecies distintas de insectos visitantes florales. El orden Coleoptera dominó la muestra con 35 morfoespecies, destacando la alta abundancia de géneros como *Mystrops* sp.1 *y Mystrops* sp.2, lo que sugiere su posible rol como polinizadores claves. Otros órdenes significativos incluyeron Hymenoptera con 7 morfoespecies y Diptera con 5. La diversidad de insectos encontrados resalta la compleja red de interacciones que rodea a la palma, evidenciando que su biología reproductiva depende de múltiples especies. Este trabajo constituye el primer estudio de este tipo en Ecuador para la especie, y sus hallazgos son fundamentales para la comprensión de la ecología reproductiva de *A. murumuru*. Se concluye que el conocimiento detallado de sus polinizadores es crucial para el desarrollo de futuros planes de manejo que busquen la conservación de la especie, así como para la optimización de su uso industrial y económico de manera sostenible. Estos datos ecológicos iniciales son un paso vital para garantizar el futuro de esta palma amazónica.

Abstract

This study, conducted in Tena, Ecuador, focused on the Amazonian endemic palm *Astrocaryum murumuru*. This species, of great cultural and economic importance, lacks significant information regarding its reproductive biology and ecological interactions. Therefore, the main objective of this research was to identify and characterize the floral visitors and potential pollinators of *A. murumuru* in order to generate essential ecological data for its management and conservation. The methodology involved the collection of six inflorescences, both male and female, from the study area. The insects present on them were carefully collected, preserved, and later taken to the laboratory for analysis. There, the specimens were separated, classified, and counted, resulting in the identification of 54 morphospecies. The results revealed a total of 54 distinct morphospecies of floral visiting insects. The order Coleoptera dominated the sample with 35 morphospecies, highlighting the high abundance of genera such as *Mystrops* sp.1 and *Mystrops* sp.2, suggesting their possible role as key pollinators. Other significant orders included Hymenoptera with 7 morphospecies and Diptera with 5. The diversity of insects found highlights the complex network of interactions surrounding the palm, evidencing that its reproductive biology depends on multiple species. This work constitutes the first study of its kind in Ecuador for this species, and its findings are fundamental for understanding the reproductive ecology of *A. murumuru*. It is concluded that detailed knowledge of its pollinators is crucial for developing future management plans aimed at the conservation of the species, as well as for optimizing its industrial and economic use sustainably. These initial ecological data represent a vital step toward ensuring the future of this Amazonian palm.

Morfometría geométrica craneal en *Akodon mollis* (Rodentia: Cricetidae) de Ecuador

Cranial geometric morphometrics in Akodon mollis *(Rodentia: Cricetidae) from Ecuador*

Ivonne Carpio Uyaguari[1], Jonathan Liria[1], Wilmer Edison Pozo Rivera[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad de las Fuerzas Armadas

Autor de correspondencia: ivonne.carpio@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Akodon mollis es una de las 38 especies que pertenecen al género *Akodon* (Cricetidae), siendo uno de los grupos con mayor diversidad en Sudamérica. Su distribución engloba desde las tierras bajas del Pacífico en el norte de Ecuador hasta el occidente de Perú, incluyendo toda la región andina ecuatoriana; estudios sistemáticos sugieren la presencia en el país de dos subespecies: *Akodon mollis fulvescens* y *Akodon mollis altorum*. En Ecuador los estudios en su mayoría se han basado en variables craneométricas tradicionales, que utilizan mediciones lineales y ofrecen escasas ventajas al no permitir una visualización gráfica del cambio en la forma. Además, en el caso de los roedores, especialmente del género *Akodon*, existen pocos estudios que describen variaciones de forma y tamaño utilizando técnicas de morfometría geométrica. De modo que el objetivo fue comparar características craneales en dos subespecies de *Akodon mollis* a partir de morfometría geométrica. Se fotografiaron y digitalizaron 44 individuos pertenecientes a la colección de mamíferos del museo del IASA-ESPE: *Akodon mollis fulvescens* (n = 22) y *Akodon mollis altorum* (n = 22). Se analizó la configuración y tamaño centroide (TC) en cráneo (dorsal, lateral, ventral, nasal, orbital y paladar) y mandíbula (lateral). Se obtuvieron diferencias entre subespecies para TC (prueba no paramétrica Kruskal-Wallis) y configuración (prueba F de Goodall a partir de distancias procrusteanas). Este estudio destaca la importancia de la morfometría geométrica como herramienta en la taxonomía integrativa de *Akodon mollis*. Siendo las regiones nasal (K-W 6,67 $p < 0,01$) y orbital (F 4,93 $p < 0,001$) las que presentan variaciones significativas en tamaño y configuración entre ambas subespecies, estableciendo que, pese a su similitud general, estas presentan diferencias morfológicas. Estos resultados confirman que la morfometría geométrica es una herramienta eficaz para identificar variaciones morfológicas entre subespecies, aportando información

clave para comprender sus diferencias y potenciales adaptaciones ambientales.

Abstract

Akodon mollis is one of the 38 species belonging to the genus *Akodon* (Cricetidae), one of the most diverse rodent groups in South America. Its distribution ranges from the Pacific lowlands in northern Ecuador to western Peru, encompassing the entire Ecuadorian Andes. Systematic studies suggest the presence of two subspecies in the country: *Akodon mollis fulvescens* and *Akodon mollis altorum*. In Ecuador, most studies have relied on traditional craniometric variables based on linear measurements, which offer limited advantages as they do not allow a graphical visualization of shape variation. Furthermore, for rodents—particularly the genus *Akodon*—there are few studies describing shape and size variation using geometric morphometric techniques. The objective of this study was to compare cranial characteristics between the two subspecies of *Akodon mollis* through geometric morphometrics. A total of 44 individuals from the mammal collection of the IASA-ESPE museum were photographed and digitized: *Akodon mollis fulvescens* (n = 22) and *Akodon mollis altorum* (n = 22). The configuration and centroid size (CS) of the skull (dorsal, lateral, ventral, nasal, orbital, and palate) and mandible (lateral) were analyzed. Significant differences between subspecies were found in both CS (non-parametric Kruskal–Wallis test) and configuration (Goodall's F-test based on Procrustes distances). The study highlights the importance of geometric morphometrics as a tool in the integrative taxonomy of *Akodon mollis*. The nasal ($K–W = 6.67$, $p < 0.01$) and orbital ($F = 4.93$, $p < 0.001$) regions showed significant variations in size and configuration between subspecies, indicating that despite their overall similarity, they exhibit distinct morphological differences. These results confirm that geometric morphometrics is an effective tool for identifying morphological variation between subspecies, providing key insights into their differences and potential environmental adaptations.

Mapeo de las reservas de carbono forestal mediante la integración de Landsat y SAR de banda L en la Amazonía ecuatoriana

Mapping forest carbon stocks by integrating Landsat and L-band SAR in the ecuadorian Amazon

Daning Fernando Montaño-Ocampo[1], José Ochoa-Brito[2]

1 Fundación Pachamama

2 Geography Graduate Group, University of California, Davis, California, USA

Autor de correspondencia: jiochoa@ucdavis.edu.ec

Resumen

La estimación de carbono forestal es clave para mitigar el cambio climático y apoyar iniciativas REDD+, especialmente en la Amazonía, donde la deforestación compromete servicios ecosistémicos. Este estudio integró datos SAR en banda L de ALOS/PALSAR-2 y datos ópticos Landsat para modelar el stock de carbono en la Amazonía ecuatoriana. Se emplearon datos *in situ* del Inventario Forestal Nacional (2009–2014) y 68 variables predictoras, incluidas bandas espectrales, índices de vegetación, métricas texturales SAR y variables topográficas. Se entrenaron algoritmos de ensamble Random Forest (RF) y Extreme Gradient Boosting (XGBoost), optimizados mediante búsqueda bayesiana (Optuna) y evaluados con validación cruzada y un conjunto de prueba independiente (20%). Tras la selección de variables por importancia de permutación y filtrado de correlación, se retuvieron 37 predictores. Ambos algoritmos alcanzaron un desempeño moderado, con XGBoost como el mejor modelo (R^2 = 0,59, RMSE = 42,95 t C ha^{-1}, MAE = 32,67 t C ha^{-1}). El análisis de residuos mostró sobrestimaciones en bajas densidades y subestimaciones en altas, aunque XGBoost redujo el sesgo. Los predictores más influyentes incluyeron coordenadas espaciales, bandas verde, roja y SWIR, NDVI, SAVI, GCVI y métricas SAR. El stock regional se estimó en 1,06 GtC (≈3,88 Gt CO_2e), con una media de 79,5 t C ha^{-1}. Los resultados demuestran que la combinación de datos ópticos y SAR con aprendizaje automático mejora la precisión de las estimaciones y constituye un marco robusto para el monitoreo regional de carbono.

Abstract

Estimating forest carbon is key to mitigating climate change and supporting REDD+ initiatives, especially in the Amazon where deforestation compromises ecosystem services. This study integrated L-band SAR data from ALOS/PALSAR-2 and Landsat optical data to model carbon stocks in the Ecuadorian Amazon. In situ data from the National Forest Inventory (2009–2014) and 68 predictor variables—including spectral bands, vegetation indices, SAR textural metrics, and topographic variables—were used. Ensemble algorithms Random Forest (RF) and Extreme Gradient Boosting (XGBoost) were trained, optimized via Bayesian search (Optuna), and evaluated with cross-validation and an independent 20% test set. After variable selection by permutation importance and correlation filtering, 37 predictors were retained. Both algorithms achieved moderate performance, with XGBoost as the best model (R^2 = 0.59, RMSE = 42.95 t C ha^{-1}, MAE = 32.67 t C ha^{-1}). Residual analysis showed overestimation at low densities and underestimation at high densities, although XGBoost reduced bias. The most influential predictors included spatial coordinates, green, red, and SWIR bands, NDVI, SAVI, GCVI, and SAR metrics. Regional stock was estimated at 1.06 GtC (≈3.88 Gt CO_2e), with a mean of 79.5 t C ha^{-1}. The results demonstrate that combining optical and SAR data with machine learning improves estimation accuracy and provides a robust framework for regional carbon monitoring.

Diversidad genética de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en el límite sur de distribución, Cuenca binacional del río Puyango, Ecuador-Perú

Genetic diversity of Crocodylus acutus *(Reptilia: Crocodylidae) at the southern range limit, binational Puyango river basin, Ecuador–Perú*

Harold Steven Lopez Tuapanta[1], Hugo Mauricio Ortega Andrade[1], Walter Quilumbaquin[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Resumen

Este estudio evaluó la diversidad genética y la estructura poblacional del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el límite sur de su distribución, en la cuenca binacional del río Puyango (Ecuador–Perú). El objetivo fue caracterizar genéticamente estas poblaciones australes, críticamente amenazadas y hasta ahora inexploradas, con el fin de aportar información científica que oriente estrategias de conservación. Se analizaron 18 individuos de tres localidades: Reserva Natural Cazaderos, Parque Histórico de Samborondón y Centro de Acuicultura Tuna Carranza, mediante marcadores mitocondriales (D-loop) y microsatélites nucleares. Las secuencias se obtuvieron por tecnología Oxford Nanopore y fueron depuradas con herramientas bioinformáticas; los análisis poblacionales se realizaron con DnaSP, Arlequin y STRUCTURE. Los resultados revelaron homogeneidad absoluta en el ADN mitocondrial, con un único haplotipo (Hap24) presente en todas las muestras, no registrado en otras poblaciones de la especie y que refleja diversidad haplotípica y nucleotídica de cero. En contraste, los microsatélites mostraron una estructura genética moderada a alta entre localidades, con valores de FST significativos que evidenciaron fuerte diferenciación entre Loja y Tumbes. Los análisis bayesianos identificaron dos agrupamientos genéticos principales, corroborando la diferenciación intraregional. Se concluye que las poblaciones de *C. acutus* del sur de Ecuador y norte de Perú constituyen un linaje materno único y aislado, con diversidad extremadamente baja que sugiere un efecto fundador histórico y desconexión prolongada de otras poblaciones continentales. Esta singularidad genética, sumada a su vulnerabilidad, respalda su reconocimiento como una Unidad de Conservación distintiva. Se recomienda priorizar la protección de su hábitat, mantener la conectividad entre subpoblaciones locales y evitar la translocación de individuos desde otras regiones que comprometa su integridad genética. Este trabajo constituye la primera evidencia genética para la conservación de C. acutus en esta región crítica.

Abstract

This study evaluated the genetic diversity and population structure of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) at the southern limit of its range, in the binational Puyango River basin (Ecuador–Peru). The objective was to genetically characterize these southern, critically threatened, and hitherto unexplored populations to provide scientific information to guide conservation strategies. Eighteen individuals from three localities Reserva Natural Cazaderos, Parque Histórico de Samborondón, and Centro de Acuicultura Tuna Carranza were analyzed using mitochondrial markers (D-loop) and nuclear microsatellites. Sequences were generated with Oxford Nanopore technology and processed with bioinformatic tools; population analyses were performed with DnaSP, Arlequin, and STRUCTURE. Results revealed absolute homogeneity in mitochondrial DNA, with a single haplotype (Hap24) present in all samples, not reported in other populations of the species and reflecting zero haplotypic and nucleotide diversity. In contrast, microsatellites showed moderate to high genetic structure among localities, with significant FST values indicating strong differentiation between Loja and Tumbes. Bayesian analyses identified two main genetic clusters, corroborating intraregional differentiation. We conclude that *C. acutus* populations from southern Ecuador and northern Peru constitute a unique and isolated maternal lineage, with extremely low diversity suggesting a historical founder effect and prolonged disconnection from other continental populations. This genetic singularity, together with their vulnerability, supports their recognition as a distinct Conservation Unit. We recommend prioritizing habitat protection, maintaining connectivity among local subpopulations, and avoiding translocation of individuals from other regions that could compromise their genetic integrity. This work provides the first genetic evidence to inform conservation of *C. acutus* in this critical region.

Evaluación del impacto de las medidas disuasivas olfativas en la reducción de conflictos fauna-gente con grandes mamíferos de Ecuador

Evaluation of the impact of olfactory deterrents on reducing human–wildlife conflicts with large mammals in Ecuador

Maren Pazmiño[1], H. Mauricio Ortega-Andrade[1], Sara Álvarez Solas[2]

1 Universidad regional Amazónica Ikiam

2 Universidad Internacional de La Rioja

Autor de correspondencia: maren.pazmino@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La ganadería es una de las principales actividades productivas del Ecuador, fundamental para el desarrollo rural. Sin embargo, su expansión ha provocado la sustitución de bosques nativos por pastizales, reduciendo el hábitat disponible de grandes mamíferos y disminuyendo la disponibilidad de presas silvestres. En este contexto, las fincas ganaderas ubicadas en zonas de amortiguamiento de áreas protegidas presentan una mayor probabilidad de registrar ataques al ganado, situación que ocasiona pérdidas económicas significativas y, en muchos casos, desencadena la persecución y cacería de los depredadores. Frente a esta problemática, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de estas medidas disuasivas olfatorias basadas en orina humana para mitigar los conflictos entre la ganadería y la fauna silvestre. La investigación se desarrolló en dos fases: un levantamiento de información nacional sobre conflictos fauna-gente y un estudio de caso en fincas localizadas en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Antisana. Para ello, se implementaron estaciones de olor mediante un sistema de goteo con orina de hombres en edad reproductiva, acompañadas del uso de cámaras trampa, lo que permitió registrar de manera sistemática la presencia y ataques de dos especies de grandes carnívoros: el oso andino (*Tremarctos ornatus*) y el puma (*Puma concolor*). Se trabajó en fincas con medidas disuasivas y fincas control sin medidas, a fin de comparar la efectividad de la estrategia. Los resultados sugieren que la aplicación de orina humana no garantiza una reducción significativa de los ataques ni de la presencia de grandes mamíferos, lo que evidencia la necesidad de profundizar en el diseño y evaluación de alternativas más eficientes. En conclusión, este estudio aporta información clave para la gestión del conflicto fauna-gente y resalta la urgencia de proponer medidas adecuadas que

reduzcan la cacería, contribuyendo a la conservación de sus poblaciones.

Abstract

Livestock farming is one of Ecuador's principal productive activities and is fundamental to rural development; however, its expansion has led to the replacement of native forests by pastures, reducing available habitat for large mammals and decreasing the availability of wild prey. In this context, cattle ranches located in buffer zones of protected areas are more likely to experience livestock attacks, a situation that causes significant economic losses and, in many cases, triggers the persecution and hunting of predators. In response to this problem, the present study aimed to evaluate the effectiveness of olfactory deterrent measures based on human urine to mitigate conflicts between livestock production and wildlife. The research was conducted in two phases: a nationwide survey on human–wildlife conflicts and a case study on ranches located in the buffer zone of the Antisana Ecological Reserve. To this end, scent stations were implemented using a drip system with urine from reproductively aged men, accompanied by the use of camera traps, which enabled systematic recording of the presence and attacks of two large carnivores: the Andean (spectacled) bear (*Tremarctos ornatus*) and the puma (*Puma concolor*). Work was carried out on ranches with deterrent measures and on control ranches without measures in order to compare the strategy's effectiveness. The results suggest that the application of human urine does not guarantee a significant reduction in attacks or in the presence of large mammals, underscoring the need to deepen the design and evaluation of more efficient alternatives. In conclusion, this study provides key information for managing human–wildlife conflict and highlights the urgency of proposing appropriate measures that reduce hunting and contribute to the conservation of these populations.

Potencial dendrocronológico de especies forestales para el análisis de la dinámica de crecimiento y su relación con variables ambientales en la Amazonía ecuatoriana

Dendrochronological potential of forest species for analyzing growth dynamics and their relationship with environmental variables in the ecuadorian Amazon

Jorge Etzequiel Alvarado Piedra[1], Pablo Rodrigo Cuenca Capa[1], Darwin Alexander Pucha Cofrep[2], Tumbaco Vega Bruce Anthony[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad Nacional de Loja

3 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Autor de correspondencia: jorge.alvarado@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La escasa información sobre especies arbóreas adecuadas para estudios dendrocronológicos en los bosques amazónicos del Ecuador limita la comprensión de su historia climática y de su dinámica de crecimiento, debido a la formación irregular de sus anillos de crecimiento —como anillos ausentes o falsos. El objetivo de esta investigación fue identificar las especies que tienen patrones de crecimiento definidos y su relación con variables climáticas históricas. El estudio se desarrolló en el ecosistema de bosque siempreverde piemontano del norte de la cordillera oriental de los Andes, donde se extrajeron núcleos de madera con un barreno de Pressler en cinco especies arbóreas multipropósito. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Dendrocronología de la Universidad Nacional de Loja y medidas con el sistema Lintab 6, comparando las cronologías con registros meteorológicos históricos de seis estaciones del INAMHI. Los resultados preliminares mostraron que *Jacaranda copaia, Vochysia ferruginea* y *Cedrela* sp. presentan anillos visibles y diferenciables macroscópicamente, mientras que *Didymopanax morototoni* y *Piptocoma discolor* poseen anillos indistintos o ausentes. Se evidenció que *Cedrela* sp. y *Jacaranda* sp. presentaron mejor sincronía entre sus curvas de crecimiento radial promedio. Esto sugiere que ambas especies responden de manera similar a las condiciones ambientales y climáticas. Asimismo, los patrones registrados indican una tendencia de crecimiento sostenido en ambas especies. Estos resultados contribuyen a identificar especies con potencial dendrocronológico en la Amazonía ecuatoriana y fortalecer la comprensión de la dinámica de crecimiento y la sensibilidad climática de los bosques piemontanos. Además, los resultados

son clave para la reconstrucción de la historia climática de ecosistemas forestales, así como para la gestión y manejo del recurso forestal en la Amazonía del Ecuador.

Abstract

Limited information on tree species suitable for dendrochronological studies in Ecuadorian Amazon forests constrains understanding of their climatic history and growth dynamics, due to irregular formation of growth rings such as missing or false rings. The objective of this research was to identify species with defined growth patterns and their relationship with historical climatic variables. The study was conducted in the evergreen piedmont forest ecosystem on the northern flank of the Eastern Andean Cordillera, where wood cores were extracted with a Pressler borer from five multipurpose tree species. Samples were processed at the Dendrochronology Laboratory of the Universidad Nacional de Loja and measured with the Lintab 6 system, comparing chronologies with historical meteorological records from six INAMHI stations. Preliminary results showed that *Jacaranda copaia*, *Vochysia ferruginea*, and *Cedrela* sp. exhibit macroscopically visible and distinguishable rings, whereas *Didymopanax morototoni* and *Piptocoma discolor* possess indistinct or absent rings. It was evident that *Cedrela* sp. and *Jacaranda* sp. displayed better synchrony between their mean radial growth curves, suggesting that both species respond similarly to environmental and climatic conditions. Likewise, the recorded patterns indicate a sustained growth trend in both species. These findings help identify species with dendrochronological potential in the Ecuadorian Amazon and strengthen understanding of growth dynamics and climate sensitivity in piedmont forests. Moreover, the results are key for reconstructing the climatic history of forest ecosystems, as well as for the management and stewardship of forest resources in the Ecuadorian Amazon.

Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal en los bosques piemontanos de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, cuenca alta del río Napo

Bat diversity along an altitudinal gradient in the piedmont forests of the Colonso Chalupas Biological Reserve, upper Napo river basin

Nahim Jafeth Molina Hidalgo[1], Hugo Mauricio Ortega Andrade[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: nahim.molina@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Los estudios de diversidad en un gradiente altitudinal permiten entender cómo la variabilidad ambiental influye en la composición de las comunidades y la distribución de los gremios tróficos que pueden comprender el grupo de interés. En este proyecto se caracterizó la diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal desde los 300 a los 2500 m s.n.m., en los bosques piemontanos de los flancos orientales de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, cuenca alta del río Napo. Se estudiaron cuatro ecosistemas: 1) bosque siempre verde (bsv) montano alto, 2) bsv montano bajo, 3) bsv piemontano y 4) el bsv de tierras bajas del Napo-Curaray. El diseño de monitoreo se compuso por cuatro sitios distribuidos a lo largo del gradiente, donde se implementaron 21 parcelas de tipo RAPELD de 250 m de extensión. Se colocaron 6 redes de niebla en cada parcela, mismas que estuvieron activas desde las 18:00 hasta 00:00 horas. Los resultados indicaron una alta diversidad de especies de murciélagos a lo largo de todo el gradiente, con una representación de distintos gremios tróficos como especies nectarívoras, frugívoras, piscívoras e insectívoras. La mayor diversidad y abundancia de especies se registró en el bosque siempre verde de tierras bajas. Este estudio es una muestra de la importancia que representa el monitoreo de los gradientes altitudinales, como escenarios naturales para comprender la distribución de la mastofauna y resaltar el valor de los ecosistemas de tierras bajas.

Abstract

Studies of diversity along altitudinal gradients help elucidate how environmental variability influences community composition and the distribution of trophic guilds within the focal group. In this project, we characterized bat diversity along an altitudinal gradient from 300 to 2,500 m a.s.l. in the piedmont forests on the eastern flanks of the Colonso Chalupas Biological Reserve, upper Napo River basin. Four ecosystems were studied: (1) upper montane evergreen forest, (2) lower montane evergreen forest, (3) piedmont evergreen forest, and (4) lowland evergreen forest of the Napo–Curaray. The monitoring design comprised four sites distributed along the gradient, where 21 RAPELD-type plots of 250 m length were implemented. Six mist nets were placed in each plot and remained active from 18:00 to 00:00 hours. The results indicated high species diversity of bats throughout the gradient, with representation of different trophic guilds such as nectarivores, frugivores, piscivores, and insectivores; however, the greatest diversity and abundance of species were recorded in the lowland evergreen forest. This study highlights the importance of monitoring altitudinal gradients as natural settings to understand the distribution of mammalian fauna and to underscore the value of lowland ecosystems.

Asimetría en alas de *Limnophora marginata* Stein, 1904 y *Phaonia trispila* (Bigot, 1885) (Diptera, Muscidae) asociados a dos ecosistemas del cantón Pedro Moncayo

Asymmetry in the wings of Limnophora marginata *Stein, 1904 and* Phaonia trispila *(Bigot, 1885) (Diptera, Muscidae) associated with two ecosystems in the Pedro Moncayo canton*

Susan Muñoz Albarracin[1], Ana Yoleida Soto Vivas[1]

1 Universidad Central del Ecuador

Autor de correspondencia: susannathaly2009@gmail.com

Resumen

La simetría bilateral consiste en la disposición de partes iguales de un individuo tomando como referencia el lado izquierdo y derecho al trazar un plano longitudinal. Cuando la simetría en las estructuras se altera, se crea la asimetría. Se han identificado tres tipos: asimetría direccional (AD), asimetría fluctuante (AF) y antisimetría (AS). Las asimetrías no son excluyentes, pudiendo coexistir en la misma estructura. En dípteros puede manifestarse mayoritariamente con AF seguida de AD. En Ecuador no existen estudios que analicen el tipo de asimetría presente en múscidos. Por tanto, el presente estudio analizó el tipo de asimetría en las alas de *Limnophora marginata* y *Phaonia trispila* en ecosistemas de bosque seco y bosque húmedo del cantón Pedro Moncayo, con el objetivo de evaluar cómo el tipo de bosque puede influir en la manifestación y nivel de asimetrías. Se empleó morfometría geométrica para analizar la variación del tamaño centroide (CS) y la forma del ala, digitalizando ocho landmarks en alas izquierdas y derechas de 17 individuos de *L. marginata* y 18 de *P. trispila* del bosque seco y 17 individuos de *L. marginata* y 17 de *P. trispila* del bosque húmedo, con un total de 69 individuos. Los resultados mostraron que el CS fue mayor en las moscas del bosque húmedo. La forma del ala agrupó entre especies de cada hábitat. Se identificó AF en las dos especies de cada bosque, mientras que AD solo en *L. marginata* del bosque seco. Los niveles de AF no difirieron significativamente entre hábitats, pero es mayor en los grupos que habitan en el bosque húmedo. La coexistencia de AF y AD en *L. marginata*, así como solo la presencia de AF en *P. trispila* reflejan la complejidad de los mecanismos del desarrollo.

Abstract

Bilateral symmetry refers to the arrangement of equal parts on the left and right sides of an organism, using a longitudinal plane as a reference. When this symmetry is altered, asymmetry arises. Three types of asymmetry have been identified: directional asymmetry (DA), fluctuating asymmetry (FA), and antisymmetry (AS). These types are not mutually exclusive and may coexist within the same structure. In Diptera, asymmetry most commonly manifests as FA, followed by DA. In Ecuador, no previous studies have analyzed the type of asymmetry present in muscid flies. Therefore, this study examined wing asymmetry in *Limnophora marginata* and *Phaonia trispila* inhabiting dry and humid forest ecosystems in the Pedro Moncayo canton, aiming to assess how forest type may influence the manifestation and degree of asymmetry. Geometric morphometrics were used to analyze centroid size (CS) variation and wing shape, by digitizing eight landmarks on the left and right wings of 17 individuals of *L. marginata* and 18 of *P. trispila* from the dry forest, and 17 individuals of *L. marginata* and 17 of *P. trispila* from the humid forest, totaling 69 individuals. Results showed that CS was greater in flies from the humid forest. Wing shape clustered by species within each habitat. FA was identified in both species from each forest type, while DA occurred only in *L. marginata* from the dry forest. FA levels did not differ significantly between habitats, though they were higher in groups from the humid forest. The coexistence of FA and DA in *L. marginata*, and the presence of FA alone in *P. trispila*, reflect the complexity of developmental mechanisms.

Entomofauna asociada al cultivo de guanábana de acuerdo con tres métodos de trampeo en Ahuano, Napo, Amazonía ecuatoriana

Entomofauna associated with soursop cultivation according with three trapping methods in Ahuano, Napo, ecuadorian Amazon

Olga Paulina Tapia Meléndez[1], Gabriela Loza[1], Luis Moncayo Lema[1], Franklin Eduardo Sánchez Pila[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: olga.tapia@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El cultivo de guanábana (*Annona muricata*) en la Amazonía ecuatoriana representa una oportunidad económica significativa para pequeños y medianos productores, impulsada por la creciente demanda nacional e internacional. Sin embargo, la productividad del cultivo se ve comprometida por la incidencia de insectos plaga, que pueden reducir la producción hasta en un 40%. A pesar de estudios previos en otras regiones que han identificado plagas clave como *Bephratelloides cubensis*, *Cerconota anonella* y *Corythuca gossypii*, en la región amazónica ecuatoriana se carece de información detallada sobre la diversidad y métodos efectivos de monitoreo. Este estudio evaluó la diversidad de la entomofauna asociada al cultivo mediante tres métodos de trampeo: trampas McPhail, trampas caseras con melaza y trampeo con red entomológica. Se capturaron 11.280 individuos pertenecientes a siete órdenes de insectos, destacando Hemiptera y Diptera por su riqueza específica y abundancia. La eficacia de las trampas mostró una asociación estadísticamente significativa con los órdenes de insectos capturados: McPhail fue más eficiente para Diptera y Lepidoptera, melaza predominó en la captura de Coleoptera y Blattodea, mientras que la red fue más efectiva para Hemiptera y Orthoptera. Los análisis estadísticos revelaron diferencias significativas en la captura por tipo de trampa y orden taxonómico, pero no se observaron variaciones relevantes en relación a las condiciones climaticas de temperatura y humedad registradas en el tiempo de muestreo, aunque ciertas tendencias positivas o negativas se observaron según los órdenes.

Abstract

Soursop (*Annona muricata*) cultivation in the ecuadorian Amazon represents a significant economic opportunity for small and medium producers, driven by increasing national and international demand. However, crop productivity is compromised by insect pest incidence, which can reduce yields by up to 40%. Although previous studies in other regions have identified key pests such as *Bephratelloides cubensis*, *Cerconota anonella*, and *Corythuca gossypii*, detailed information on insect diversity and effective monitoring methods in the Ecuadorian Amazon remains scarce. This study evaluated the diversity of entomofauna associated with soursop cultivation using three trapping methods: McPhail traps, homemade molasses traps, and entomological nets. A total of 11,280 individuals belonging to seven insect orders were captured, with Hemiptera and Diptera standing out for their species richness and abundance. Trap efficiency showed a statistically significant association with the captured insect orders: McPhail traps were most effective for Diptera and Lepidoptera, molasses traps for Coleoptera and Blattodea, and net sampling for Hemiptera and Orthoptera. Statistical analyses revealed significant differences in captures by trap type and taxonomic order, but no relevant variations were observed concerning temperature and humidity conditions recorded during the sampling period, although certain positive or negative trends were noted depending on the order.

Distribución espacial de las amenazas para la herpetofauna ecuatoriana: un enfoque biogeográfico para la conservación de la biodiversidad

Spatial distribution of threats for the ecuadorian herpetofauna: a biogeographical approach for biodiversity conservation

Hugo Mauricio Ortega Andrade[1], Valentina Posse[1], Pablo Meneses Játiva[1], Anderson David Ocampos Valarezo[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Resumen

Las amenazas naturales y antrópicas están deteriorando la biodiversidad herpetológica a nivel mundial. Ecuador, considerado uno de los países megadiversos en anfibios y reptiles, enfrenta actualmente presiones y amenazas sobre sus ecosistemas naturales. Sin embargo, vacíos de información biogeográfica sobre la distribución de especies y sus amenazas, limitan la comprensión de las interacciones humano-fauna. En este estudio se modeló la Superficie de Riesgo Ambiental (ERS, en inglés) para identificar espacialmente las amenazas más graves a la herpetofauna ecuatoriana, priorizar áreas críticas y proponer acciones de conservación. La metodología incluyó cuatro etapas: (1) identificación y clasificación de amenazas con base en criterios jerárquicos y validación de expertos; (2) recopilación de información geográfica de calidad sobre las amenazas (shapefiles y ráster); (3) asignación de valores de intensidad y distancia de influencia mediante funciones de decaimiento derivadas de literatura científica; y (4) aplicación de un análisis jerárquico ponderado (AHP) con participación de especialistas en herpetofauna. El procesamiento espacial se realizó en ArcMAP 10.5, generando capas ráster con valores entre 0 y 1. Los resultados muestran que, para los anfibios, las principales amenazas provienen de la agricultura, infraestructura (carreteras y oleoductos), áreas de producción (minería y petróleo) y deforestación. En el caso de los reptiles, las mayores presiones corresponden a las actividades extractivas, seguidas por la expansión agrícola, acuícola y la explotación forestal. Desde una perspectiva biogeográfica, los bosques piemontanos andinos, la planicie costera y el norte amazónico concentran las mayores amenazas para los anfibios; mientras que, para los reptiles, se destacan los distritos mineros al sur y centro del país, concesiones sobre el río Jatunyacu y los campos petroleros en la Amazonía norte. Las actividades extractivas y la deforestación representan los principales factores de deterioro en la conservación de la herpetofauna en Ecuador, evidenciando la urgencia de integrar información biogeográfica en estrategias de conservación.

Abstract

Natural and anthropogenic threats are deteriorating herpetological biodiversity worldwide. Ecuador considered one of the megadiverse countries in amphibians and reptiles currently faces pressures and threats to its natural ecosystems however biogeographical information gaps on species distribution and their threats limit the understanding of human fauna interactions in this study the Environmental Risk Surface ERS was modeled to spatially identify the most severe threats to Ecuadorian herpetofauna prioritize critical areas and propose conservation actions the methodology included four stages identification and classification of threats based on hierarchical criteria and expert validation compilation of high quality geographic information on threats shapefiles and raster data assignment of intensity values and influence distances using decay functions derived from scientific literature and application of a weighted hierarchical analysis AHP with the participation of herpetofauna specialists spatial processing was conducted in ArcMAP 10.5 generating raster layers with values ranging from 0 to 1 the results show that for amphibians the main threats come from agriculture infrastructure roads and pipelines production areas mining and oil and deforestation in the case of reptiles the greatest pressures correspond to extractive activities followed by agricultural and aquaculture expansion as well as forest exploitation from a biogeographical perspective the Andean piedmont forests the coastal plain and the northern Amazon concentrate the greatest threats for amphibians while for reptiles the mining districts in the south and center of the country concessions along the Jatunyacu River and oil fields in the northern Amazon stand out extractive activities and deforestation represent the main factors of deterioration in the conservation of Ecuadorian herpetofauna highlighting the urgency of integrating biogeographical information into national conservation strategies

Comunidades de murciélagos presentes en sistemas agroforestales en la provincia de Napo

Bat communities present in agroforestry systems in the province of Napo

Alisson Chacón Carrillo[1], Jennifer Guevara[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: alisson.chacon@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Los murciélagos representan uno de los grupos más diversos de mamíferos en Ecuador, alcanzando cerca del 40 % de las especies registradas en el país. Su importancia ecológica se refleja a través de funciones como el control de plagas, la polinización y la dispersión de semillas, lo que los convierte en bioindicadores de la salud de los ecosistemas. De manera que, factores antrópicos, amenazan su diversidad y abundancia, especialmente en sistemas productivos amazónicos como las chacras colindantes y los sistemas agroforestales. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la diversidad y abundancia taxonómica de murciélagos en sistemas agroforestales con distinto grado de intervención en la provincia de Napo, considerando los conocimientos y percepciones de los comuneros sobre su papel en el ecosistema. Para esto, se seleccionaron tres áreas de estudio de acuerdo con características similares (Tena, RE Jatun Sacha y C.J. Arosemena Tola), en las cuales se instalaron redes de niebla durante muestreos nocturnos. Los individuos capturados fueron identificados a nivel taxonómico mediante guías morfológicas, registrando características biológicas y reproductivas, así como su papel funcional en el ecosistema. Complementariamente, se aplicarán entrevistas semiestructuradas y se desarrollará un taller de concientización comunitaria, de acuerdo con los resultados de muestreo. Es probable encontrar contrastes notables en la diversidad y abundancia de especies entre los sitios con mayor y menor grado de intervención, destacando la necesidad de prácticas sostenibles al identificar especies dominantes, principalmente frugívoras, que desempeñan un papel fundamental en la regeneración de bosques. En conclusión, este trabajo no solo aportará información científica sobre la diversidad y abundancia de los murciélagos en sistemas agroforestales, sino que también tendrá un valor social y educativo, al fortalecer el conocimiento local sobre la importancia de estos mamíferos y promover prácticas de conservación en la Amazonía ecuatoriana.

Abstract

Bats represent one of the most diverse groups of mammals in Ecuador, accounting for nearly 40% of the species recorded in the country. Their ecological importance is reflected through functions such as pest control, pollination, and seed dispersal, making them bioindicators of ecosystem health. However, anthropogenic factors threaten their diversity and abundance, especially in Amazonian productive systems such as adjacent farms and agroforestry systems. The objective of this study is to analyze the taxonomic diversity and abundance of bats in agroforestry systems with varying degrees of human intervention in the province of Napo, considering the knowledge and perceptions of local communities about their ecological role. Three study areas were selected based on similar characteristics (Tena, RE Jatun Sacha, and C.J. Arosemena Tola), where mist nets were installed during nocturnal sampling. Captured individuals were taxonomically identified using morphological guides, recording biological and reproductive characteristics as well as their functional role within the ecosystem. Additionally, semi-structured interviews will be conducted, and a community awareness workshop will be developed based on the sampling results. It is expected to find notable contrasts in species diversity and abundance between sites with higher and lower levels of human intervention, emphasizing the need for sustainable practices by identifying dominant species, mainly frugivorous bats, that play a key role in forest regeneration. In conclusion, this study will not only provide scientific information on the diversity and abundance of bats in agroforestry systems but will also have social and educational value by strengthening local knowledge about the importance of these mammals and promoting conservation practices in the Ecuadorian Amazon.

Biotecnología y conservación: almacenamiento de germoplasma de cérvidos neotropicales como estrategia modelo para estudios citogenéticos, taxonómicos y conservación de mamíferos

Biotechnology and conservation: germplasm storage of neotropical deer as a model strategy for cytogenetic, taxonomic, and mammal conservation studies

María Dolores Astudillo Vallejo[1], Eluzai Pinto Sandoval[2], José Maurício Barbanti Duarte[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad Estatal Paulista

Autor de correspondencia: maria.astudillo@ikiam.edu.ec

Resumen

La conservación de la diversidad genética es fundamental frente a los crecientes riesgos de pérdida de biodiversidad. En este contexto, los criobancos permiten almacenar material biológico, para apoyar programas de conservación in situ y ex situ. Los cérvidos neotropicales constituyen un modelo interesante, con especies que enfrentan amenazas (fragmentación del hábitat, reducción poblacional), que repercuten en la pérdida de variabilidad genética. El género *Mazama*, posee notable diversidad cariotípica (2n=32–52), constituyendo un sistema valioso para estudiar procesos de especiación y taxonomía. En el Centro de Conservación e Investigación de Cérvidos (NUPECCE, Brasil) se estandarizaron protocolos para colecta, transporte y criopreservación de fragmentos de piel de individuos en cautiverio, recientemente fallecidos o en campo. Las muestras (2×5 cm) se transportaron en solución fisiológica (0,9%) con antibióticos, se lavaron, dividieron y distribuyeron en viales con medio Dulbecco Eagle modificado, suplementado con suero fetal bovino y crioprotectores. El material se sometió a congelamiento lento o vitrificación y se almacenó en nitrógeno líquido para uso posterior en cultivos celulares estandarizados y obtención de preparaciones cromosómicas. Actualmente, el banco criogénico contiene material de más de 1000 individuos y la recuperación post-congelamiento ha sido eficiente (70% de viabilidad). Esto ha permitido el uso exitoso de material criopreservado desde 1996, contribuyendo a la descripción de nuevas especies (*Mazama jucunda* y *Mazama rufa*) y a la revisión citogenética de especímenes de América Latina. Además, estos protocolos proporcionan una base para la conservación genética futura y la implementación de estrategias ex situ. El material constituye un recurso valioso para estudios

citogenéticos y para aplicaciones en biotecnología, conservación y manejo de especies. La experiencia con cérvidos demuestra que estos protocolos pueden servir como modelo para otros mamíferos neotropicales, facilitando la preservación de germoplasma y la transferencia de técnicas a diferentes grupos taxonómicos.

Abstract

The conservation of genetic diversity is crucial in the face of increasing risks of biodiversity loss. In this context, cryobanks allow for the storage of biological material to support both in situ and ex situ conservation programs. Neotropical deer represent an interesting model, with species facing threats such as habitat fragmentation and population decline, which impact genetic variability. The genus *Mazama* exhibits remarkable karyotypic diversity (2n = 32–52), making it a valuable system for studying speciation processes and taxonomy. At the Center for Deer Conservation and Research (NUPECCE, Brazil), protocols were standardized for the collection, transport, and cryopreservation of skin fragments from captive individuals, recently deceased animals, or those in the field. Samples (2×5 cm) were transported in physiological solution (0.9%) with antibiotics, washed, divided, and distributed into vials containing Dulbecco's Modified Eagle Medium, supplemented with fetal bovine serum and cryoprotectants. The material underwent slow freezing or vitrification and was stored in liquid nitrogen for subsequent use in standardized cell cultures and the preparation of chromosomal slides. Currently, the cryogenic bank contains material from over 1,000 individuals, and post-thaw recovery has been efficient (70% viability). This has allowed the successful use of cryopreserved material since 1996, contributing to the description of new species (*Mazama jucunda* and *Mazama rufa*) and to the cytogenetic review of specimens from Latin America. Furthermore, these protocols provide a foundation for future genetic conservation and the implementation of ex situ strategies. The material represents a valuable resource for cytogenetic studies and applications in biotechnology, conservation, and species management. Experience with deer demonstrates that these protocols can serve as a model for other neotropical mammals, facilitating germplasm preservation and the transfer of techniques across different taxonomic groups.

Inventario y caracterización del estado de conservación y cultivo de patas muyo (*Theobroma bicolor*) y vainilla (*Vanilla* spp.) en la provincia de Napo – resultados iniciales

*Inventory and characterization of the conservation status and cultivation of patas muyo (*Theobroma bicolor*) and vanilla (*Vanilla *spp.) in the province of Napo – initial results*

Gabriel Picón Nava[1]; Nelly Paredes[2]; Wilfredo Ramiro Franco[3]; Wilmer Shiguango[4]; Esteban Romero[5]; Willin Álvarez[6]; Juan Ponce[7]; Jessica Sánchez[8]

1 IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-Ecuador)

2 INIAP-EECA (Estación Experimental Central de la Amazonía)

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam

4 IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-Ecuador)

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam

6 Universidad Regional Amazónica Ikiam

7 Universidad Regional Amazónica Ikiam

8 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: gabrielpiconn@gmail.com

Resumen

Theobroma bicolor (patas muyo o cacao blanco) y varias especies de vainilla (*Vanilla* spp.) se consideran recursos de la biodiversidad amazónica con alto potencial para fortalecer la bioeconomía regional sostenible, llamada a sustituir, a mediano plazo, los ingresos del petróleo y la minería, que constituyen actualmente más del 90% del PIB de la Amazonía ecuatoriana. Este estudio se ha enfocado en identificar estas especies y definir su frecuencia y su importancia actual, tanto en las chakras como en el bosque natural de Napo. La metodología consistió en: a) definir cuatro áreas protegidas de Napo: parques nacionales Sumaco-Napo-Galera, Antisana y Llanganates, además de la reserva biológica Colonso Chalupas; b) seleccionar 12 comunidades Kichwa en la zona de amortiguamiento de las áreas protegidas cuyas chakras estén asociadas a la Corporación Chakra; c) inventariar y describir individuos representativos de las especies *T. bicolor* y *Vanilla* spp. presentes en las chakras y en sectores de las áreas protegidas. Se han descrito 140 árboles de *T. bicolor*, todos en áreas de chakras, ninguno

confirmado en bosques naturales, sin embargo, las descripciones morfológicas apuntan a, al menos, cuatro genotipos; similarmente se han descrito 256 plantas en 99 accesiones de 5 especies identificadas y 7 por identificar: *Vanilla odorata* constituye el 58%, *V. planifolia* (7%), *V. pompona* (6%), *V. tahitensis* (5%), *V. cribbiana* (2%) y *Vanilla* spp. (22%) de la muestra descrita. *V. odorata* es la más cultivada por los socios de la Corporación Chakra. Se está desarrollando una clave botánica para las especies presentes en Napo. Se concluye, preliminarmente, que T. bicolor es una especie asociada a la chakra, como la guayusa y el cacao; asimismo que, si bien cultivar vainilla no es una tradición cultural, su popularidad creciente la consolida como alternativa de ingreso familiar y comunitario.

Abstract

Theobroma bicolor (patas muyo or white cacao) and several vanilla species (*Vanilla* spp.) are recognized as Amazonian biodiversity resources with significant potential to strengthen a sustainable regional bioeconomy—an economic model envisioned to gradually replace, in the medium term, revenues from oil and mining, which currently account for more than 90% of the GDP of the Ecuadorian Amazon. This study aimed to identify these species and to assess their frequency and current relevance both in chakras (traditional Kichwa agroforestry systems) and in the natural forests of Napo Province. The methodology involved: (a) delineating four protected areas in Napo—Sumaco Napo-Galeras, Antisana, and Llanganates National Parks, as well as the Colonso Chalupas Biological Reserve; (b) selecting 12 Kichwa communities located in the buffer zones of these protected areas whose chakras are affiliated with Corporación Chakra; and (c) inventorying and describing representative individuals of *T. bicolor* and *Vanilla* spp. occurring in chakras and in selected sectors of the protected areas. A total of 140 individuals of *T. bicolor* were documented, all within chakra zones and none confirmed in natural forests; nonetheless, morphological descriptions suggest the presence of at least four distinct genotypes. Likewise, 256 plants were documented across 99 accessions, representing five identified species and seven yet to be identified. The sample included *Vanilla odorata* (58%), *V. planifolia* (7%), *V. pompona* (6%), *V. tahitensis* (5%), *V. cribbiana* (2%), and *Vanilla* spp. (22%). *V. odorata* is the species most widely cultivated by members of Corporación Chakra. A botanical identification key for the species of Napo is currently under development. Preliminary conclusions indicate that *T. bicolor* is closely associated with chakra systems, much like guayusa and cacao; moreover, although vanilla cultivation is not a traditional practice in the region, its growing popularity is consolidating it as an emerging source of household and community income.

Evaluación altitudinal de nutrientes foliares y su relación con factores abióticos en helechos terrestres de Napo basada en registros existentes

Altitudinal evaluation of foliar nutrients and their relationship with abiotic factors in terrestrial ferns of Napo based on existing records

Elías Intriago García[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: elias.intriago@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Este estudio analiza la variación de nutrientes foliares (C, N, P, K) en ocho especies de helechos terrestres ampliamente distribuidas a lo largo de un gradiente altitudinal en la provincia de Napo, Ecuador. Utilizando datos históricos recolectados entre los 500 y 4000 m s.n.m., y aplicando técnicas estadísticas multivariadas, se examinó cómo responden los contenidos foliares a factores abióticos como la temperatura, la humedad y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Los resultados mostraron respuestas específicas según la especie frente a la altitud. *Cyathea tortuosa* presentó incrementos significativos en C, N y P foliar con la altitud, mientras que *Adiantum humile* mostró una tendencia decreciente en fósforo. El Análisis de Componentes Principales evidenció estrategias ecológicas diferenciadas entre especies, desde generalistas hasta especialistas. Estos hallazgos indican que la composición de nutrientes foliares está determinada tanto por condiciones ambientales como por la identidad funcional de cada especie. Esta investigación aporta al conocimiento de la ecología funcional vegetal en ecosistemas tropicales de montaña.

Abstract

This study analyzes the variation of foliar nutrients (C, N, P, K) in eight species of terrestrial ferns widely distributed along an altitudinal gradient in Napo Province, Ecuador. Using historical data collected between 500 and 4000 m a.s.l. and applying multivariate statistical techniques, we examined how foliar nutrient contents respond to abiotic factors such as temperature, humidity, and soil physicochemical properties. The results showed species-specific responses to altitude. *Cyathea tortuosa* exhibited significant increases in foliar C, N, and P with elevation, while *Adiantum humile* showed a decreasing trend in phosphorus. Principal Component Analysis revealed differentiated ecological strategies among species, ranging from generalists to specialists. These findings indicate that foliar nutrient composition is determined both by environmental conditions and by the functional identity of each species. This research contributes to the understanding of plant functional ecology in tropical montane ecosystems.

Residuos sólidos urbanos y pérdida de biodiversidad en el Neotrópico: una propuesta educativa de corresponsabilidad multiactor y justicia socioambiental

Urban solid waste and biodiversity loss in the Neotropics: An educational proposal for multi-actor co-responsibility and socio-environmental justice

Flor Ortiz[1]

1 Autora independiente

Autor de correspondencia: ingflororortiz@gmail.com

Resumen

La ciudad de Quito enfrenta una crisis persistente en la gestión de residuos sólidos urbanos, con más de 2.000 toneladas diarias generadas, baja tasa de separación en origen y una creciente presión sobre el relleno sanitario El Inga, afectando la biodiversidad y profundizando desigualdades estructurales. Este escenario impacta especialmente a los recicladores independientes, en su mayoría mujeres de la tercera edad, que operan en condiciones precarias y sin reconocimiento social ni protección legal. Frente a este contexto, el proyecto "No seas EcoShunsho" propone una estrategia multiactor y territorializada que articula justicia ambiental, responsabilidad ciudadana y reparación simbólica. El objetivo es activar un modelo replicable de corresponsabilidad socioambiental en el barrio Cotocollao, mediante fases de diagnóstico, intervención y evaluación participativa, involucrando ciudadanía, recicladores, academia, sector privado y gobierno local. Se emplea una metodología mixta que incluye herramientas lúdico-pedagógicas como el Shunshómetro —escala de autodiagnóstico ambiental—, talleres experienciales, charlas en espacios comunitarios, campañas digitales y levantamiento de indicadores de cambio. La propuesta se alinea con los ODS 11, 12, 13 y 17, y destaca por incorporar a recicladores como agentes formadores y visibilizar su aporte en la economía circular. Los resultados esperados incluyen mayor conciencia ciudadana, disminución de residuos reciclables contaminados, generación de redes barriales y fortalecimiento del rol educativo de las universidades. En conclusión, la sostenibilidad urbana en el Neotrópico exige integrar justicia social y biodiversidad con acciones tangibles de cambio de hábitos, donde separar residuos en casa se reconozca como un acto de reparación colectiva y ecológica. Este enfoque propone una transición ética, estratégica y simbólica, demostrando que la inclusión de actores históricamente invisibilizados puede reconfigurar la gestión urbana desde lo local hacia lo estructural.

Abstract

The city of Quito faces a persistent crisis in urban solid waste management, generating more than 2,000 tons of waste daily, with low rates of source separation and increasing pressure on the El Inga sanitary landfill, thereby affecting biodiversity and deepening structural inequalities. This situation particularly impacts independent recyclers, most of whom are elderly women working under precarious conditions without social recognition or legal protection. In response to this context, the project "Don't Be an EcoShunsho" proposes a multi-actor and territorially based strategy that integrates environmental justice, civic responsibility, and symbolic reparation. The objective is to activate a replicable model of socio-environmental co-responsibility in the Cotocollao neighborhood through diagnostic, intervention, and participatory evaluation phases involving citizens, recyclers, academia, the private sector, and local government. A mixed-methods approach is employed, including playful and pedagogical tools such as the "Shunshometer" —an environmental self-diagnosis scale—, experiential workshops, talks in community spaces, digital campaigns, and the assessment of change indicators. The proposal aligns with Sustainable Development Goals (SDGs) 11, 12, 13, and 17, and stands out for incorporating recyclers as educational agents while highlighting their contribution to the circular economy. Expected outcomes include increased public awareness, a reduction in contaminated recyclable waste, the creation of neighborhood networks, and the strengthening of the educational role of universities. In conclusion, urban sustainability in the Neotropics requires integrating social justice and biodiversity conservation through tangible actions aimed at changing everyday habits, where separating waste at home is recognized as an act of collective and ecological reparation. This approach proposes an ethical, strategic, and symbolic transition, demonstrating that the inclusion of historically marginalized actors can reshape urban management from the local to the structural level.

BioGeoApp: Aplicación Shiny para la extracción y visualización geoespacial de metadatos en secuencias genéticas del GenBank

BioGeoApp: A shiny application for the extraction and geospatial visualization of metadata from GenBank genetic sequences

Fernando Castro Masabanda[1], Hugo Mauricio Ortega Andrade[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: fernando.castro@ikiam.edu.ec

Resumen

Analizar la distribución geográfica de la diversidad genética es fundamental en la biología moderna, aunque el acceso y la integración de datos espaciales suelen ser técnicamente complejos debido a la dispersión de herramientas bioinformáticas. Para superar esta limitación, desarrollamos BioGeoApp, una aplicación web que automatiza la minería, recuperación, procesamiento y visualización de metadatos genéticos georreferenciados. Construida en R con el paquete Shiny, la herramienta emplea el paquete "rentrez" para interactuar sistemáticamente con la base de datos de nucleótidos de NCBI, permitiendo búsquedas por organismo y/o marcador genético. El núcleo de la aplicación es la función get_metadata, diseñada para extraer coordenadas geográficas, localidades, códigos de acceso, organismos y productos a partir de registros crudos de GenBank. A partir de estos datos, BioGeoApp genera de forma inmediata mapas de distribución genética para la región Neotropical, incluyendo visualizaciones de densidad hexagonal que reflejan patrones de muestreo y áreas de alta o baja concentración de registros. Una característica destacada es la posibilidad de exportar los resultados en múltiples formatos: metadatos en archivos CSV, registros originales de GenBank y mapas vectoriales en SVG, listos para análisis posteriores y publicaciones científicas. En síntesis, BioGeoApp constituye una herramienta eficaz y accesible que simplifica el flujo de trabajo bioinformático, facilita la compilación de bases de datos genéticas georreferenciadas y fortalece el análisis geoespacial en estudios de filogeografía, biogeografía y biología de la conservación.

Abstract

Analyzing the geographic distribution of genetic diversity is essential in modern biology; however, access to and integration of spatial data are often technically complex due to the fragmentation of bioinformatics tools. To overcome this limitation, we developed BioGeoApp, a web application that automates the mining, retrieval, processing, and visualization of georeferenced genetic metadata. Built in R using the Shiny package, the tool employs the "rentrez" package to systematically interact with the NCBI nucleotide database, enabling searches by organism and/or genetic marker. The core of the application is the function *get_metadata*, designed to extract geographic coordinates, localities, accession numbers, organisms, and products from raw GenBank records. Based on these data, BioGeoApp immediately generates genetic distribution maps for the Neotropical region, including hexagonal density visualizations that reflect sampling patterns and areas with high or low record concentrations. A key feature is the ability to export results in multiple formats, including metadata in CSV files, original GenBank records, and vector maps in SVG format, ready for further analyses and scientific publications. In summary, BioGeoApp constitutes an effective and accessible tool that simplifies the bioinformatics workflow, facilitates the compilation of georeferenced genetic databases, and strengthens geospatial analyses in studies of phylogeography, biogeography, and conservation biology.

Evaluación del desempeño agroecológico de los sistemas productivos en la franja de diversidad y vida, Yasuní

Evaluation of the agroecological performance of productive systems in the diversity and life belt, Yasuní

Esteban Patricio Romero Valladares [1], Franco Wilfredo [2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0007-0063-1645

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-5447-4234

Autor de correspondencia: epromerov8@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bycg.e1

Resumen

El estudio se desarrolló en la Franja de Diversidad y Vida (FDV), ubicada cerca al Parque Nacional Yasuní, un área afectada por la expansión de la frontera agrícola. El objetivo fue evaluar el desempeño agroecológico de los sistemas productivos presentes en la FDV para determinar su nivel de transición hacia la sostenibilidad. Se aplicó la herramienta TAPE de la FAO, lo que permitió caracterizar una tipología de siete sistemas productivos, diferenciados en agrícolas, pecuarios y de subsistencia. El análisis se realizó considerando cinco dimensiones: económica, ambiental, social, nutricional y gobernanza. Los resultados mostraron que los sistemas de subsistencia, en especial la chakra waorani, alcanzaron niveles avanzados de transición agroecológica con mejor desempeño multidimensional, mientras que el resto de los sistemas permaneció en etapas incipientes. Se concluyó que la agroecología constituye una alternativa clave para frenar la expansión agrícola, fortalecer la resiliencia local y recuperar la función protectora de la FDV.

Palabras clave: Agroecología; sostenibilidad; transición agroecológica.

Abstract

The study was conducted in the Diversity and Life Belt (FDV), located near Yasuní National Park—an area affected by the expansion of the agricultural frontier. The objective was to evaluate the agroecological performance of the productive systems present in the FDV to determine their level of transition toward sustainability. The FAO's TAPE tool was applied, allowing for the characterization of seven types of productive systems, differentiated as agricultural, livestock, and subsistence-based. The analysis considered

five dimensions: economic, environmental, social, nutritional, and governance. The results showed that subsistence systems, particularly the Waorani *chakra*, achieved advanced levels of agroecological transition with better multidimensional performance, whereas the rest of the systems remained in early stages. It was concluded that agroecology represents a key alternative to curb agricultural expansion, strengthen local resilience, and restore the protective function of the FDV.

Keywords: Agroecology; Sustainability; Agroecological transition.

Introducción

La Franja de Diversidad y Vida (FDV) constituye una zona estratégica de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuní. En las últimas décadas, este territorio experimentó intensos procesos de colonización, introducción de la ganadería y expansión agrícola, generando presiones sobre la biodiversidad y el tejido social local (Ulloa, 2021). La pregunta de investigación planteada fue: ¿cuál es el nivel de desempeño agroecológico de los sistemas productivos de la FDV y qué potencialidad tienen para transitar hacia una mayor sostenibilidad? Estudios previos en Ecuador han empleado herramientas como SAFA para evaluar la sostenibilidad agropecuaria; sin embargo, el presente trabajo utilizó el instrumento para la evaluación del desempeño agroecológico "TAPE", una metodología más integral que considera los diez elementos de la agroecología en cinco dimensiones clave. La investigación se justificó en la necesidad de diseñar estrategias de manejo sostenible que permitan equilibrar la producción, la conservación ambiental y la seguridad alimentaria de las comunidades colonas y Waorani.

Metodología

La investigación se realizó en 9 comunidades pertenecientes a población colona y Waorani. Se elaboró una tipología de los sistemas productivos a través de entrevistas semiestructuradas, observación directa y levantamiento de datos socioeconómicos y agroambientales. Posteriormente, se aplicó el paso 1 de la herramienta TAPE (Caracterización de la Transición Agroecológica, CAET) y el paso 2 (criterios básicos de desempeño), que incluyen indicadores en cinco dimensiones: económica, ambiental, social, nutricional y gobernanza. La muestra incluyó 21 fincas representativas de siete sistemas productivos. Los datos fueron procesados con estadística descriptiva y análisis de correlaciones mediante Infostat, lo que permitió identificar relaciones significativas entre variables y el nivel de transición agroecológica.

Resultados y discusión

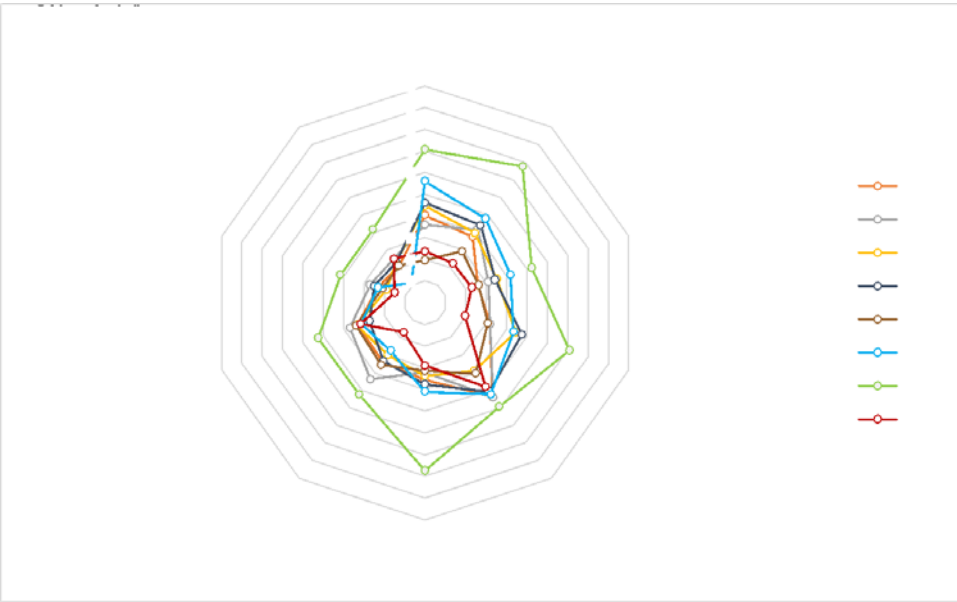


Figura 1. Resultados CAET según la tipología de sistemas productivos.

Se identificaron siete sistemas productivos agrupados en agrícolas, pecuarios y de subsistencia (Figura 1). Los sistemas ganaderos (SP1, SP2, SP3) mostraron altos requerimientos de tierra y bajos niveles de transición agroecológica. Los sistemas agrícolas de cacao, café y palma (SP4, SP5, SP7) reflejaron dependencia de insumos externos y bajo desempeño ambiental. En contraste, los sistemas de subsistencia (SP6A y SP6B) evidenciaron un desempeño superior en diversidad, reciclaje y eficiencia, destacándose la chakra waorani, que alcanzó los valores más altos de transición. En un estudio previo, Heredia et al. (2020) mencionan la presencia de sistemas cacaoteros y ganaderos dentro de la franja, con un manejo agrícola convencional, pero refuta la presencia de sistemas extensivos de palma africana. Las diferencias surgen en el tamaño de la muestra, este trabajo amplió el tamaño de la muestra a las zonas circundantes de la FDV, donde la presencia de la palmicultura es latente.

En el análisis multidimensional, la dimensión económica reveló que los sistemas extensivos, en especial el de palma africana (SP7), obtuvieron un producto bruto elevado gracias a la escala de producción, aunque dependieron fuertemente de insumos externos y presentaron bajos márgenes de rentabilidad neta por activo. En contraste, los sistemas de subsistencia (SP6A y SP6B) generaron ingresos modestos, pero mostraron mayor resiliencia al basarse en mano de obra familiar, diversificación de cultivos y uso de bioinsumos locales. Este resultado es consistente con el estudio de Gomori-Ruben & Reid (2023), señalando que la diversificación y la inversión en activos son cruciales para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de los

sistemas agroecológicos.

La dimensión ambiental mostró fuertes contrastes: los sistemas agrícolas extensivos registraron deterioro en la salud del suelo, baja biodiversidad y manejo limitado de plagas de forma ecológica, mientras que las chakras Waorani exhibieron mayor diversidad de cultivos, mejor reciclaje de nutrientes y prácticas agrícolas más sostenibles. Valdés Sáenz et al. (2024) reafirman el resultado señalando que las chakras poseen un alto grado de integración pues se encuentran en medio de bosque no perturbado. También describe el uso de especies forestales de las cuales se obtienen productos y servicios. Del mismo modo, Zurita-Benavides (2017) señala que este modelo agrícola posee un balance entre la gestión del suelo y de sus cultivos con la regeneración y cuidado del bosque, posicionando a las "chakras" amazónicas como un método viable y amigable con el medio ambiente.

En la dimensión social, los sistemas familiares diversificados reflejaron un empoderamiento relativo de mujeres y jóvenes, aunque este proceso estuvo restringido por la dependencia de intermediarios en la comercialización y la limitada participación en organizaciones locales. Heredia et al. (2020) señalaron que los sistemas Waorani presentaron un umbral positivo para los indicadores correspondientes a participación y equidad de género.

En la dimensión nutricional, los hogares con sistemas diversificados lograron mejores indicadores de diversidad dietética y seguridad alimentaria, contrastando con los monocultivos comerciales, que mostraron vulnerabilidad al depender de un número reducido de productos básicos. Lucantoní et al. (2022) validan estos hallazgos asegurando que los sistemas de naturaleza convencional presentan un gasto alimenticio superior a los sistemas agroecológicos, mitigando el problema de la falta de diversidad de alimentos propios de sus fincas.

Finalmente, en la dimensión de gobernanza y tenencia de tierra, los sistemas waorani destacaron por su cohesión comunitaria y mecanismos de toma de decisiones colectivas, mientras que los sistemas colonos enfrentaron conflictos asociados con la subdivisión y la inseguridad jurídica de la tierra.

Conclusiones

El estudio concluyó que los sistemas de subsistencia, en especial la chakra waorani, constituyen ejemplos de transición agroecológica avanzada, mientras que los sistemas pecuarios y agrícolas extensivos permanecieron en fases incipientes. La agroecología se consolidó como una alternativa clave para equilibrar producción y conservación, contribuyendo a la sostenibilidad de la FDV. Se recomienda fortalecer las prácticas agroecológicas locales, implementar políticas públicas que incentiven la diversificación y la gobernanza comunitaria, y realizar investigaciones longitudinales para evaluar el impacto de las estrategias de manejo en el tiempo.

Referencias bibliográficas

Gomori, L., & Reid, C. (2023). Using TAPE to assess agroecology on women-led farms in the U.S.: Support for environmental and social practices. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, *13*(1), Article 1. https://doi.org/10.5304/jafscd.2023.131.003

Heredia, M., Torres, B., Guerrero, E., Gallardo, D., Núñez, M., Alemán, R., Cayambe, J., & Díaz-Ambrona, C. G. H. (2020). Evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos en la franja de diversidad y vida: Reserva de biosfera yasuní, amazonía. *AXIOMA*, *22*, Article 22.

Lucantoni, D., Casella, M., Marengo, A., Mariatti, A., Mottet, A., Bicksler, A., & Escobar, F. (2022). Informe sobre el uso del Instrumento para la Evaluación del Desempeño de la Agroecología (TAPE) en Argentina. *FAO*.

Ulloa, J. (2021). Sistematización de la Problemática de la Tierra en el Río Cononaco y la Franja de Diversidad y Vida. Proyecto Equiterra.

Zurita, M. G. (2017). Cultivando las plantas y la sociedad waorani. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, *12*, 495-516. https://doi.org/10.1590/1981.81222017000200013

Mercurio y plomo en Latinoamérica: la fauna como pieza clave en el biomonitoreo ambiental

Mercury and lead in Latin America: wildlife as a key component of environmental biomonitoring

Ana Paula Rosero Jácome[1], Eliza Jara Negrete[2]

1 Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Ambientales, Escuela de Química, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. https://orcid.org/0009-0006-7651-7665

2 Grupo de Investigación en Ecología Microbiana y Microbiología Aplicada, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. https://orcid.org/0000-0001-7743-1026

Autor de correspondencia: aproseroj@puce.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bycg.e2

Resumen

Los metales pesados como plomo (Pb) y mercurio (Hg) representan una amenaza para los ecosistemas debido a su toxicidad, persistencia y bioacumulación. Su detección directa resulta limitada por bajas concentraciones y alta variabilidad ambiental, lo que resalta el valor de los bioindicadores como herramienta para un monitoreo indirecto y continuo. Este trabajo revisó el uso de abejas, peces, aves y murciélagos como biomonitores de Pb y Hg en América Latina. Se recopilaron estudios que reportan concentraciones en matrices biológicas (músculo, hígado, sangre y plumas), analizadas mediante técnicas instrumentales como AAS, ICP-MS, ICP-OES y HPLC-MS. Los resultados evidencian niveles que superan normas internacionales y la ausencia de regulación en tejidos específicos. Se concluyó que estas especies son bioindicadores eficaces y que la ampliación legislativa es necesaria para fortalecer la gestión ambiental y sanitaria.

Palabras clave: América Latina; Bioindicadores; Mercurio: Plomo.

Abstract

Heavy metals such as lead (Pb) and mercury (Hg) pose a threat to ecosystems due to their toxicity, persistence, and bioaccumulation. Their direct detection is limited by low concentrations and high environmental variability, highlighting the value of bioindicators as a tool for indirect and continuous monitoring. This study reviewed the use of bees, fish, birds, and bats as biomonitors of Pb and Hg in Latin America. Research reporting concentrations in biological matrices (muscle, liver, blood, and feathers) was compiled, analyzed using

instrumental techniques such as AAS, ICP-MS, ICP-OES, and HPLC-MS. The results reveal levels exceeding international standards and the absence of regulation for specific tissues. It was concluded that these species are effective bioindicators and that legislative expansion is necessary to strengthen environmental and public health management.

Keywords: Latin America; Bioindicators; Mercury; Lead.

Introducción

Sudamérica es una región que goza de una inmensa variedad de flora, fauna y recursos ambientales que siempre han estado en la mirada de todo el mundo. La fragmentación de Gondwana condujo al aislamiento y la evolución independiente de las especies sudamericanas. Esta separación histórica permitió trayectorias evolutivas únicas, lo que dio como resultado una gran diversidad filogenética (Qian et al., 2023). Además, cuenta con una amplia variedad de hábitats, desde selvas tropicales hasta regiones andinas de gran altitud; cada bioma sustenta especies únicas adaptadas a condiciones ambientales específicas, lo que contribuye a la biodiversidad general (Silva & Pereira, 2023). Su importante actividad tectónica y volcánica influye en la distribución y concentración de metales pesados. Las unidades tectónicas y los cinturones metalogénicos del continente son ricos en diversos minerales, incluidos metales pesados (Zhang et al., 2017). Lamentablemente, actividades antropogénicas como la minería e industrialización han concentrado la presencia de metales pesados como el mercurio y el plomo, los cuales por sus efectos negativos en los seres vivos son una problemática ambiental y gubernamental hoy en día.

La acumulación de metales pesados plantea importantes riesgos ecológicos, como la reducción de la fertilidad del suelo y del rendimiento de los cultivos. Esta contaminación también puede provocar bioacumulación en la cadena alimentaria, lo que supone riesgos para la salud de los seres humanos y los animales (Naorem et al., 2022). Es por esta razón que su análisis es de gran importancia hoy en día. Previo a su cuantificación, estos metales poseen varias vías de muestreo, pudiendo ser en suelos, agua, y matrices biológicas como sangre, orina, saliva, cabello y uñas (Amador et al., 2015). Sin embargo, se han realizado estudios donde la cuantificación de varios metales, entre ellos el plomo y el mercurio, se realiza en especies animales, ya que pueden acumular contaminantes en sus tejidos, lo que los convierte en indicadores eficaces de contaminación ambiental (Iyiola et al., 2024). Karaouzas et al. (2020) mencionan que la presencia de metales pesados en sedimentos y cuerpos de agua puede provocar bioacumulación en organismos acuáticos, lo que afecta la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. Además, comprender las fuentes de contaminación por metales pesados, ya sean naturales o antropogénicas, es fundamental para una gestión ambiental eficaz. (Khodadadi et al., 2013). Por lo tanto, la selección de la técnica analítica más adecuada para su determinación se ha convertido en un tema de gran interés en la seguridad alimentaria,

ambiental y de la salud humana (Inobeme et al., 2023).

De acuerdo con Rashed (2015) el conocimiento adquirido a partir de estudios de biomonitoreo puede respaldar el desarrollo de regulaciones y políticas ambientales destinadas a reducir la contaminación por metales pesados y proteger la salud pública. No obstante, a pesar de que en algunas partes de Sudamérica la naturaleza sea un sujeto de derechos, el control y regulación aún se muestran insuficientes, esto deriva en una rápida degradación de nuestros recursos naturales. La información sobre las concentraciones de metales pesados en los animales se puede utilizar para evaluar la idoneidad de los ecosistemas para las actividades humanas y desarrollar estrategias para mitigar los riesgos de exposición. Es así como esta investigación pretende hacer un análisis exhaustivo de las especies animales que han sido usadas para el biomonitoreo de mercurio y plomo en Sudamérica y evaluar su utilidad en la cuantificación de estos metales.

Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, abarcando el periodo 2009–2025. Se emplearon palabras clave en inglés y español relacionadas con plomo, mercurio, bioindicadores y Latinoamérica. Se incluyeron únicamente artículos con datos cuantitativos de Pb y/o Hg en murciélagos, aves, peces o abejas, realizados en países de la región y publicados en revistas arbitradas. Se excluyeron revisiones secundarias, estudios fuera de Latinoamérica y reportes sin información analítica detallada. La información recopilada se organizó por taxón, país, matriz y técnica instrumental, y posteriormente se sintetizó en tablas comparativas y discutió en función de patrones de acumulación, sensibilidad de especies y vacíos de investigación.

Resultados y discusión

Abejas

Las abejas (*Apis mellifera*) se estudiaron principalmente en matrices como miel, polen, cera y el cuerpo entero. En Argentina, se reportaron concentraciones de Pb que oscilaron entre 0.02 y 5.80 mg/kg en el cuerpo de las abejas (Cecchi et al., 2023). En México, valores de Pb en tejido corporal variaron de 0.40 a 2.38 mg/kg mediante análisis por ICP-OES (Montiel et al., 2020). En Brasil, se detectaron niveles muy bajos de Hg en miel, lo cual confirma su utilidad como indicador sensible de contaminación difusa. En general, las abejas demostraron ser bioindicadores efectivos por su contacto directo con aire, agua y plantas, aunque persiste la limitación de que la mayoría de los países de la región carecen de normativas específicas para establecer límites de Pb y Hg en miel y derivados apícolas.

Murciélagos

El análisis en murciélagos es todavía escaso y geográficamente restringido. En Ecuador, se reportaron niveles de Pb de 17.45 mg/kg en *Glossophaga soricina* y de 10.98 mg/kg en *Carollia brevicauda* (Baquerizo & Salas, 2016). En Perú, estudios con *Carollia sp.* encontraron concentraciones hepáticas de Pb entre 0 y 15.15 mg/kg (Williams et al., 2019). Estos valores muestran bioacumulación significativa en especies que cumplen funciones ecológicas claves como la polinización y dispersión de semillas. Sin embargo, el número reducido de publicaciones y la falta de cobertura en países megadiversos como Colombia o Brasil limitan la extrapolación de resultados.

Peces

Los peces constituyen el grupo con mayor número de estudios, dado su valor comercial y alimenticio. Es importante considerar que las vísceras y los huesos de los peces también se utilizan en la elaboración de otros productos, como alimentos balanceados para animales. Si no se establecen límites claros para este tipo de matrices, se corre el riesgo de permitir que la contaminación por metales pesados continúe ingresando de forma indirecta en la cadena alimentaria.

Aves

En aves, la mayoría de los trabajos utilizaron plumas, hígado y músculo como matrices de análisis ya que la absorción de metales se ve influenciada por la edad del animal, las reservas de hierro, el ambiente químico del lumen y los componentes en la dieta como citrato de sodio y vitamina D, los cuales incrementan su absorción y solubilidad (Mateus-Anzola et al., 2019). De esta forma, los metales al ser lipofílicos tienden a acumularse en esos órganos. Estas especies reflejan tanto la contaminación de ecosistemas acuáticos como marino-costeros, y confirman la utilidad de las aves como biomonitores efectivos debido a su amplia distribución, movilidad y posición en redes tróficas superiores.

Comparación transversal

La comparación entre grupos revela que peces y aves concentran la mayor parte de las investigaciones y cuentan con datos robustos que permiten identificar patrones de bioacumulación y riesgo. En contraste, los murciélagos y las abejas presentan un potencial alto pero aún poco explorado en la región. En todos los grupos estudiados se identificaron concentraciones de Pb y Hg que, en varios casos, superan límites regulatorios nacionales e internacionales, lo cual evidencia la magnitud del problema en Latinoamérica y subraya la necesidad urgente de fortalecer los programas de biomonitoreo. Las técnicas instrumentales empleadas con mayor frecuencia fueron la espectrofotometría de absorción atómica (AAS), tanto en llama como en horno de grafito, la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y la espectrometría de emisión óptica con plasma

acoplado inductivamente (ICP-OES), lo que refleja un avance hacia métodos de mayor sensibilidad y precisión.

Conclusiones

Cada grupo de bioindicadores presenta acumulaciones diferenciadas según su hábitat, dieta, nivel trófico y características fisiológicas, lo cual proporciona información ambiental complementaria.

Se observaron niveles elevados de Hg en plumas de aves y músculo de peces predadores, así como altos niveles de Pb en el pelaje y tejidos óseos de murciélagos expuestos a zonas urbanas o mineras. Además, se encontraron diferencias de concentración entre el cuerpo y productos derivados de las abejas como la miel, debido a la presencia de metalotioneínas. Por ende, las especies evaluadas demostraron eficacia diferencial como bioindicadores, por lo que se deben elegir especies biomonitoras según el tipo de ecosistema y contaminante objetivo.

Las técnicas ICP-MS y LC-MS ofrecen la mayor sensibilidad para detectar metales en matrices biológicas complejas, permitiendo incluso estudios de especiación. Sin embargo, su aplicación está limitada por el costo y la infraestructura. En contraste, FAAS y GF-AAS, aunque menos sensibles, siguen siendo ampliamente utilizadas por su accesibilidad en contextos latinoamericanos.

Se evidenció una falta de normativas para matrices no convencionales como plumas, polen, cera o vísceras, a pesar de que muchas presentan niveles alarmantes de contaminantes. Esto limita la aplicación de los resultados en políticas ambientales. Es necesario promover una actualización normativa que considere otras matrices y especies bioindicadoras.

Referencias bibliográficas

Baquerizo, M., & Salas, J. A. (2021). Cuantificación de Plomo (Pb) en tejidos blandos y óseo de murciélagos (*Mammalia: Chiroptera*) provenientes de zonas de influencia Urbana en la costa occidental de Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 560–569. https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1982585

Cecchi, M., Basso, M., Cantatore, D., Moliné, M. de la P., Fernández, N., Domínguez, E., Churio, S., & Gende, L. B. (2023). Las abejas melíferas (Apis mellifera) como biomonitores de contaminación ambiental mediada por metales pesados. *EUNK Revista Científica De Abejas Y Apicultores*, 2(1), 3–12. https://doi.org/10.52559/eunk.v2i1.31

Mateus-Anzola, J. P., Arias-Bernal, L., & Vargas-Melo, B. A. (2019). Concentraciones basales de plomo en sangre de catártidos en cautiverio. *Revista de Medicina Veterinaria*, *1*(37), 57-63. https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss37.7

Montiel, J., Marmolejo, Y., Castellanos, I., Pérez, F., Prieto, F., Gaytán, J., et al. (2020). Niveles de cadmio, cromo y plomo en abejas (*Apis mellifera*) y sus productos en Hidalgo, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7, 57-68. https://www.reibci.org/publicados/2020/jul/3900105.pdf

Rashed, M. (2015). Biomonitoring and bioindicators for environmental pollution with heavy metals. Advances in Environmental Research, 43, p. 25-56. ISBN 978-163483006-5, 978-163482969-4

Williams, M., Ramos, D., Butrón, A., Gonzales-Zúñiga, S., Ortiz, N., & La Torre, B. (2010). Concentraciones de metales pesados en murciélagos del lodge «Cock of the Rocks" y alrededores, Kosñipata, Cuzco, Perú. *Ecología Aplicada*, 9(2),133-139 ISSN: 1726-2216. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34116957008

Efectos de la acidificación oceánica en el comportamiento y anestesiado de juveniles de *Abudefduf troschelii*

Effects of Ocean Acidification on the Behavior and Anesthetic Response of Juvenile Abudefduf troschelii

Roddy M. Castro Morán[1], Jennifer Stefania Mera Arteaga[2], Francisco Navarrete-Mier[3], Patricia Castillo-Briceno[4]

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. https://orcid.org/0009-0005-8347-2111
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. https://orcid.org/0009-0003-5066-7217
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. https://orcid.org/0000-0001-5571-4527
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. https://orcid.org/0000-0001-9122-6002

Correo de correspondencia: pat.castillobriceno@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bycg.e3

Resumen

La acidificación oceánica (AO) puede afectar la estructura, fisiología y comportamiento de diversos taxones marinos, sobre todo en sus primeras fases de desarrollo. Evaluamos los efectos de la AO sobre parámetros fisiológicos y etológicos en juveniles del pomacéntrido *Abudefduf troschelii*, mediante pruebas de anestesia y de comportamiento. Los resultados en las pruebas de comportamiento, analizados por grupos, no evidenciaron cambios significativos relacionados con la disminución de pH del agua. En el eje fisiológico, no hubo diferencia significativa para las fases de inducción y anestesia general, pero la fase de recuperación fue significativamente mayor en los organismos expuestos a AO. En conjunto, los resultados sugieren que las condiciones asociadas a la acidificación afectan a los juveniles de *A. troschelii* expuestos a periodos cortos de hipercapnia, lo cual, aunque no sea detectable en el comportamiento podría ser revelado mediante análisis de respuesta fisiológica.

Palabras clave: Acidificación. Anestesia. Comportamiento. Hipercapnia

Abstract

Ocean acidification (OA) may affect the structure, physiology, and behavior of several marine

taxa, particularly during early developmental stages. We evaluated the effects of OA on physiological and ethological parameters in juveniles of the pomacentrid *Abudefduf troschelii* through anesthesia and behavioral tests. Behavioral test results, analyzed by groups, showed no significant changes associated with reduced seawater pH. Regarding physiological responses, no significant differences were observed during the induction and general anesthesia phases; however, recovery time was significantly longer in organisms exposed to OA conditions. Overall, the results suggest that conditions associated with ocean acidification affect juveniles of *A. troschelii* exposed to short periods of hypercapnia, which, although not detectable through behavioral analyses, may be revealed through physiological response assessments.

Keywords: Ocean acidification. Anesthesia. Behavior. Hypercapnia

Introducción

El incremento pronunciado de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), ha provocado una reducción del pH promedio del océano y un desbalance del sistema de carbonatos, proceso denominado como acidificación oceánica (AO). Las proyecciones indican que esta alteración será mayor a fin de siglo (Bindoff et al., 2022).

Se ha demostrado que la AO puede generar problemas en diversos taxones marinos (Wang & Wang, 2021). En peces se ha reportado que la AO puede generar alteraciones en respuesta y capacidad limitada para afrontar el estrés adicional (Servili et al., 2020). En larvas de peces se han detectado afectaciones en capacidades sensoriales, incluyendo la confusión de señales ambientales potencialmente perjudiciales (Rossi et al., 2018). Además, se ha evidenciado que una breve exposición a elevaciones de CO_2 puede inducir alteraciones claras en la neurobiología y el comportamiento en organismos acuáticos (Tresguerres & Hamilton, 2017).

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto de la reducción del pH en juveniles de *Abudefduf troschelii*, en los ejes de fisiología neurológica modulada mediante un agente anestésico, y de la manifestación de alteraciones comportamentales.

Metodología

Un total de 39 juveniles de *A. troschelii* fueron colectados en Punta Blanca, Manabí, Ecuador, con el permiso de del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica y fueron llevados al laboratorio Bioma Ecuatorial y Acidificación Oceánica (EBIOAC). Los peces fueron aleatorizados y distribuidos en 6 acuarios en grupos de 5 animales, separados individualmente por jaulas flotantes. Luego de 24 h de aclimatación fueron sometidos a condiciones de AO por 13 días y posterior a una prueba de respuesta fisiológica ante un anestésico y pruebas de

respuesta comportamental (Novel tank y Mirror biting).

Se trabajó con un mesocosmos para controlar los niveles de pH a través de inyección de CO_2, la cual fue monitoreada por un equipo IKS Aqusatar V.2 con sensores de temperatura y válvulas solenoides. Se establecieron 2 niveles de pH: Control 7,94±0,06 pH (n=3); y T1 con un pH Δ teórico de -0,6 (n=3). La temperatura (25 ºC) y la salinidad (33 ppt) se mantuvieron estables. Diariamente se midió el pH en escala total con un equipo Orion Star A210. Además, se midieron muestras de alcalinidad a través de un titulador Orion Star T910 con HCl 0,1 M.

Para medir la respuesta fisiológica neurológica se empleó un agente anestésico, dado que durante el proceso de sedación este interactúa con el sistema nervioso central y provoca la pérdida de la sensibilidad y de la capacidad de respuesta a estímulos físicos (Barbas et al., 2021). Se utilizó eugenol (≥99%) a una concentración de 50 ppm diluido en agua de mar. Los organismos fueron anestesiados individualmente y de manera aleatorizada mediante inmersión. Durante el procedimiento se registraron tres tiempos: inducción, definido como el periodo hasta que el pez deja de responder a estímulos físicos; anestesia, correspondiente a la duración del efecto del anestésico; y recuperación, que abarca desde el cese del efecto hasta la recuperación del eje corporal y del patrón normal de nado.

Se aplicaron dos pruebas comportamentales la novel tank y mirror biting, que nos permite medir los niveles de ansiedad y actividad pro-social respectivamente (Audira et al., 2018). Para estos ensayos se utilizó un acuario trapezoidal y dentro de un set grabación. Los ensayos se grabaron con un celular (S.G. A15), ubicado a 30 cm del acuario. Las pruebas comportamentales llevaron el mismo orden que en test de anestesia y durante 5 min por individuo. Para las pruebas de comportamiento novel tank y mirror biting se usó un acuario semi-trapezoide, en la primera el acuario marcaba una línea horizontal que lo dividía en dos franjas de igual altura, mientras en la segunda prueba se colocó un espejo en la pared lateral vertical marcas pequeñas a 5 cm de distancia como referencia de zona de cercanía al espejo. Las pruebas comenzaban una vez que el pez cae dentro de la pecera y finalizaba a los 5 minutos. Las variables para novel tank fueron tiempo al pasar la mitad de la pecera, distancia recorrida hasta pasar la mitad de la pecera, tiempo sobre la mitad de la pecera y distancia total recorrida. Las variables de mirror biting tiempo en acercarse al espejo, distancia recorrida hasta llegar al espejo, tiempo transcurrido dentro de la zona de interacción y distancia total recorrida.

Resultados y discusión

Nuestros resultados muestran que la fase de recuperación fue significativamente más prolongada en organismos expuestos al tratamiento acidificado en comparación con organismos no

acidificados (Figura 1), lo que podría deberse a las condiciones de hipercapnia o su efecto de disminución del pH del agua a la que estuvieron expuestos por 2 semanas. Esto podría tener relación con lo reportado por Li, (2021), sobre la acidificación oceánica como un elemento que altera la homeostasis de los peces y desencadena respuestas fisiológicas en cascada. Por otro lado, no se evidenciaron cambios significativos en el comportamiento de juveniles de A. troschelii en el análisis agrupado de los parámetros de respuestas exploratorias o de ansiedad ante un ambiente nuevo, ni de interacción o prosociales. Esto coincide con lo descrito en otros peces pomacéntridos que bajo exposiciones cortas a escenarios de bajo pH, no se registraron cambios comportamentales significativos (Hamilton et al. 2023). Estos resultados deberán ser contextualizados con datos de monitoreo de pH en zonas intermareales ya que en estas zonas la variabilidad de parámetros como pH y temperatura pueden ser amplias, y ello haría que los peces que habitan esas zonas puedan estar adaptados a exposiciones puntuales de muy bajo pH. Por otro lado, es posible que el tiempo de exposición de nuestro experimento no sea suficiente para desatar alteraciones medibles a nivel de comportamiento, pero el hecho de que la fase de recuperación a la exposición de un anestésico sea mayor a la del grupo control, podría indicar que ya existe alteración en la respuesta fisiológica de los peces. De ahí que es de alta importancia ampliar este tipo de estudios con exposiciones más prolongadas y/o analizar juveniles de otras especies que habitan ambientes más estables.

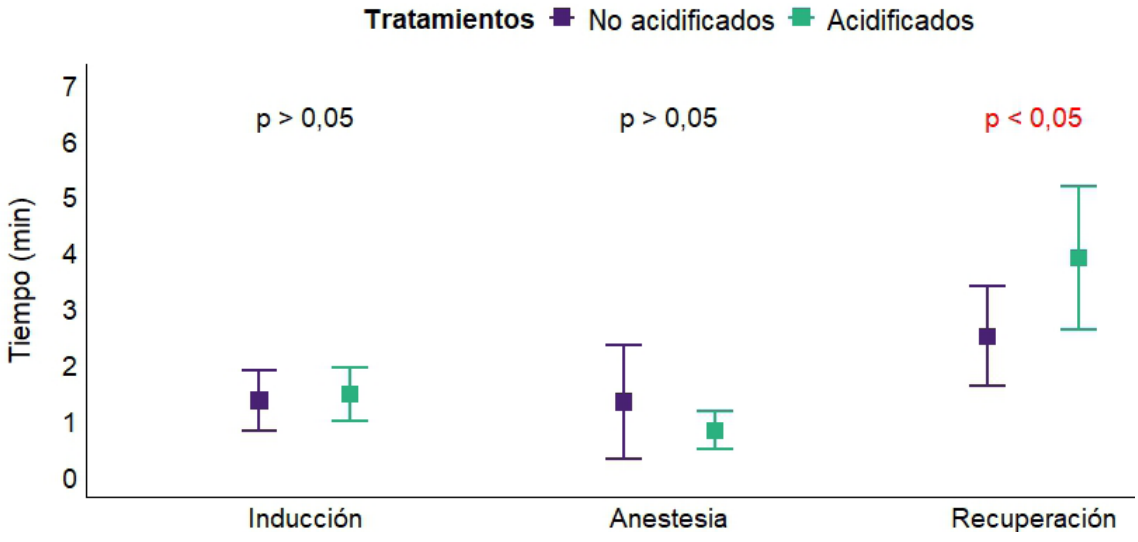


Figura 1. Tiempo de duración de las fases de anestesia en los tratamientos experimentales. Los tiempos de inducción y anestesia no mostraron diferencias significativas entre grupos, mientras que la fase de recuperación sí presentó diferencias, siendo más prolongada en los organismos expuestos al tratamiento acidificado. Los diagramas de violín incluyen el valor de p obtenido mediante una prueba t de Student para muestras independientes. El asterisco (*) muestra diferencias significativas entre grupos.

Conclusiones

En este estudio demostramos que los juveniles de *A. troschelii* expuestos a condiciones de bajo pH presentan una recuperación más lenta frente a la anestesia química en comparación con los organismos en condiciones control. Sin embargo, en el análisis agrupado para los parámetros de comportamentales de exploración o interacción no se detectó una alteración significativa.

Referencias bibliográficas

Audira, G., Sampurna, B. P., Juniardi, S., Liang, S. T., Lai, Y. H., & Hsiao, C. Der. (2018). A Versatile Setup for Measuring Multiple Behavior Endpoints in Zebrafish. *Inventions 2018, Vol. 3, Page 75*, *3*(4), 75. https://doi.org/10.3390/INVENTIONS3040075

Barbas, L. A. L., Torres, M. F., da Costa, B. M. P. A., Feitosa, M. J. M., Maltez, L. C., Amado, L. L., Toda, Y. P. S., Batista, P. dos S., Cabral, D. A. C., & Hamoy, M. (2021). Eugenol induces body immobilization yet evoking an increased neuronal excitability in fish during short-term baths. *Aquatic Toxicology*, *231*, 105734. https://doi.org/10.1016/J.AQUATOX.2020.105734

Bindoff, N. L., Cheung, W. W. L., & Kairo, J. G. (2022). Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157964.007

Hamilton, T. J., Tresguerres, M., Kwan, G. T., Szaskiewicz, J., Franczak, B., Cyronak, T., Andersson, A. J., & Kline, D. I. (2023). Effects of ocean acidification on dopamine-mediated behavioral responses of a coral reef damselfish. *Science of The Total Environment*, *877*, 162860. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.162860

Li, S. (2021). Physiological impacts of ocean acidification on marine vertebrates. *Ocean Acidification and Marine Wildlife*, 53–108. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822330-7.00006-X

Rossi, T., Pistevos, J. C. A., Connell, S. D., & Nagelkerken, I. (2018). On the wrong track: Ocean acidification attracts larval fish to irrelevant environmental cues. *Scientific Reports*, *8*(1), 1–6. https://doi.org/10.1038/S41598-018-24026-6;SUBJMETA

Servili, A., Canario, A. V. M., Mouchel, O., & Muñoz-Cueto, J. A. (2020). Climate change impacts

on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary-gonad axis. *General and Comparative Endocrinology*, *291*, 113439. https://doi.org/10.1016/J.YGCEN.2020.113439

Tresguerres, M., & Hamilton, T. J. (2017). Acid-base physiology, neurobiology and behaviour in relation to CO2-induced ocean acidification. *The Journal of Experimental Biology*, *220*(Pt 12), 2136–2148. https://doi.org/10.1242/JEB.144113

Wang, Y., & Wang, T. (2021). Behavioral impacts of ocean acidification on marine animals. *Ocean Acidification and Marine Wildlife*, 109–153. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822330-7.00002-2

Simposio Biotecnología y Biorrecursos: Innovación para un Futuro Sostenible

Introducción

El simposio Biotecnología y Biorrecursos: Innovación para un Futuro Sostenible reúne investigaciones que destacan el potencial biotecnológico de la biodiversidad amazónica y de otros sistemas biológicos para generar soluciones sostenibles frente a desafíos ambientales, agrícolas, energéticos y de salud. Los trabajos presentados evidencian la amplitud y madurez de las aplicaciones biotecnológicas actuales, que abarcan desde el cultivo in vitro de especies estratégicas hasta el desarrollo de herramientas moleculares, la bioprospección química, la biorremediación y la bioenergía.

En el ámbito de la biotecnología vegetal y los sistemas de cultivo in vitro, se presentaron avances en la propagación, germinación, micropropagación, enraizamiento y producción de metabolitos de especies de interés económico, medicinal y cultural, como *Theobroma cacao*, *Cinchona officinalis*, vainilla (*Vanilla* spp.), *Kalanchoe* spp. y *Solanum tuberosum*. Estas investigaciones también incorporaron el uso de estrés inducido, edición genética, biología sintética y metabolómica para optimizar la producción de lípidos, carotenoides, compuestos fenólicos y metabolitos especializados.

La caracterización molecular, bioquímica y metabolómica fue otro eje fundamental del simposio. Investigaciones sobre hongos, plantas amazónicas, bacterias probióticas, venenos de serpiente y microbiota animal destacaron el potencial de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antidiabéticas o antiinflamatorias. Estos estudios incluyeron técnicas de secuenciación, LC-MS/MS, transcriptómica, epigenómica y redes moleculares, mostrando una integración avanzada de tecnologías ómicas para comprender y aprovechar los biorrecursos.

Las temáticas de biotecnología microbiana, bioprocesos y biorremediación se evidenciaron en investigaciones orientadas a la reducción de la demanda química de oxígeno en aguas residuales, la degradación de hidrocarburos y la remoción de metales pesados mediante hongos

como *Favolus tenuiculus* y microalgas como *Micractinium inermum*. Se destacaron también los desarrollos en biofertilizantes microbianos, baterías microbianas, biochar amazónico, celdas de combustible microbianas y materiales adsorbentes para digestión anaerobia.

El simposio también incluyó estudios aplicados a la bioeconomía circular y la valorización de residuos, como la producción de ácidos grasos volátiles a partir de residuos agroindustriales y forestales, la conversión de insectos en biopolímeros (quitosano), y el aprovechamiento de residuos ganaderos y agrícolas en procesos biotecnológicos. En conjunto, estas investigaciones demuestran el potencial transformador de los biorrecursos para generar energías limpias, reducir impactos ambientales y fortalecer alternativas productivas sostenibles.

Finalmente, el enfoque en biorrecursos amazónicos —*Piper, Ilex guayusa, Grias neuberthii*, especies de hongos, *Banisteriopsis caapi*, entre otros— resalta la importancia de integrar el conocimiento ecológico, químico y molecular para poner en valor la diversidad biológica del país. Las investigaciones sobre usos ancestrales, variación fitoquímica y bioprospección fortalecen la relación entre innovación científica, patrimonio biocultural y desarrollo comunitario.

Este simposio constituye un espacio para el intercambio de avances científicos y la articulación entre academia, industria y comunidades. Los trabajos presentados reflejan una biotecnología responsable, ética y orientada al futuro, que reconoce en los biorrecursos una vía esencial para construir un modelo de desarrollo más sostenible para Ecuador y la región amazónica.

Estandarización de técnicas moleculares con cebadores *ipt* y *orf13* para detección de transferencia natural de genes por *Agrobacterium* spp. en especies vegetales nativas de la Amazonía ecuatoriana

Standardization of molecular techniques with ipt and orf13 primers for the detection of natural gene transfer by Agrobacterium *spp. in native plant species of the ecuadorian Amazon*

Juan Carlos Carrera Barona[1], Nina Espinosa de los Monteros[1], Silvia Llerena[1], Eri Fukushima[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad San Francisco de Quito, Ciencias Biológicas y Ambientales

Autor de correspondencia: juan.carrera@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Este trabajo aborda la escasa evidencia de transferencia horizontal de genes mediada por *Agrobacterium* en especies nativas amazónicas y tuvo como objetivo estandarizar y validar un protocolo molecular con cebadores *ipt* y *orf13* para detectar huellas de ADN de transferencia (ADN-T) en plantas de la Amazonía ecuatoriana. Se realizó en Tena (Napo), recolectando hojas jóvenes de 20 especies pertenecientes a 11 órdenes. El ADN se extrajo por el método CTAB modificado, se cuantificó por espectrofotometría (Nanodrop), se estandarizó la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) mediante gradientes de alineamiento con genes *ipt* y *orf13*, y se visualizó en gel de agarosa al 1%. Los amplicones se secuenciaron por Sanger y se compararon con BLASTn local. El protocolo fue reproducible y sensible: varias especies mostraron bandas del tamaño esperado y secuencias con identidades altas y valores E bajos no compatibles con regiones homólogas a *ipt*, *orf13* y con segmentos sin anotación cercana a regiones vinculadas al ADN-T Las coincidencias fueron con órdenes como Fabales, Lamiales, Malpighiales y Myrtales. Los resultados de la PCR se atribuyeron a posibles inhibidores de la amplificación. Se concluye que la estrategia estandarizada propuesta constituye un método preliminar para la identificación de transferencia genética natural en flora amazónica se recomienda realizar con análisis de regiones flanqueantes, ensayos cuantitativos de alta resolución, filogenómica comparada y pruebas funcionales para evaluar estabilidad e impacto adaptativo.

Abstract

This study addresses the limited evidence of horizontal gene transfer mediated by *Agrobacterium* in native Amazonian species and aimed to standardize and validate a molecular protocol using *ipt* and *orf13* primers to detect traces of transfer DNA (T-DNA) in plants from the Ecuadorian Amazon. The research was conducted in Tena (Napo), where young leaves from 20 species belonging to 11 orders were collected. DNA was extracted using a modified CTAB method and quantified by spectrophotometry (Nanodrop). The polymerase chain reaction (PCR) was standardized using annealing gradients with *ipt* and *orf13* genes, and products were visualized on 1% agarose gels. Amplicons were sequenced by the Sanger method and compared using local BLASTn analyses. The protocol proved to be reproducible and sensitive: several species showed bands of the expected size and sequences with high identity and low E-values, which were not compatible with homologous regions of *ipt* or *orf13* but rather with unannotated segments near regions associated with T-DNA. Matches were found in orders such as Fabales, Lamiales, Malpighiales, and Myrtales. PCR inconsistencies were attributed to possible amplification inhibitors. It is concluded that the proposed standardized strategy constitutes a preliminary method for identifying natural gene transfer in Amazonian flora. It is recommended to complement this approach with analyses of flanking regions, high-resolution quantitative assays, comparative phylogenomics, and functional tests to evaluate stability and adaptive impact.

Potencial terapéutico de *Ilex guayusa* en el manejo de la diabetes mellitus Tipo 2

Therapeutic potential of Ilex guayusa *in the management of type 2 diabetes mellitus*

Karla Martínez Palacios[1], Enith Vanessa Yánez Ramírez[1], Nina Espinosa de los Monteros[1], Zulay Marina Niño Ruiz[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Resumen

La hiperglucemia posprandial constituye una de las primeras manifestaciones de la diabetes mellitus tipo II. Esta condición se origina por una producción insuficiente de insulina tras la ingesta de carbohidratos, que incrementa la concentración de glucosa en sangre y favorece el desarrollo de complicaciones cardiovasculares. Entre las terapias utilizadas para su control destacan los inhibidores de enzimas digestivas, que retrasan la hidrólisis de carbohidratos y atenúan los picos glucémicos; no obstante, su uso prolongado se asocia con efectos adversos gastrointestinales, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas naturales a partir de extractos vegetales. Si bien las formulaciones de origen vegetal son una fuente de compuestos bioactivos con potencial terapéutico, la falta de procedimientos estandarizados para la recolección y el procesamiento afecta directamente en su composición química y actividad biológica. En este contexto, el presente estudio evaluó la variación del perfil metabolómico mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, así como la capacidad inhibitoria de la enzima α-glucosidasa de extractos hidroetanólicos de hojas jóvenes y adultas de *Ilex guayusa* colectadas en Talag, Pano y Tena, provincia de Napo. Los análisis metabolómicos evidenciaron que las hojas jóvenes de Talag y Pano presentan una mayor diversidad de metabolitos bioactivos, mientras que en Alto Tena no se observaron diferencias entre estados de madurez. Del mismo modo, se determinó que la edad influye en la actividad hipoglucémica, siendo más elevada en hojas jóvenes de Pano (IC_{50} de 63,96 ± 4,70), con inhibición cercana a la acarbosa (IC_{50}: 48,79 ± 0,80). Este efecto puede estar relacionado con la presencia de vanillina, un metabolito previamente reportado con actividad hipoglucémica. Los hallazgos de este estudio aportan información para establecer protocolos de colecta de *I. guayusa* que contribuyan a aumentar su potencial terapéutico en el tratamiento de enfermedades crónicas.

Abstract

Postprandial hyperglycemia is one of the earliest manifestations of type II diabetes mellitus. This condition arises from insufficient insulin production following carbohydrate intake, leading to elevated blood glucose levels and promoting the development of cardiovascular complications. Among the therapies used for its management are digestive enzyme inhibitors, which delay carbohydrate hydrolysis and mitigate glycemic spikes. However, their prolonged use is associated with gastrointestinal side effects, prompting the search for natural alternatives derived from plant extracts. Although plant-based formulations are a valuable source of bioactive compounds with therapeutic potential, the lack of standardized procedures for collection and processing directly affects their chemical composition and biological activity. In this context, the present study evaluated variations in the metabolomic profile—using gas chromatography coupled with mass spectrometry—as well as the α-glucosidase inhibitory capacity of hydroethanolic extracts from young and mature leaves of *Ilex guayusa* collected in Talag, Pano, and Tena (Napo Province, Ecuador). Metabolomic analyses revealed that young leaves from Talag and Pano exhibited a greater diversity of bioactive metabolites, while in Alto Tena no significant differences were observed between maturity stages. Likewise, leaf age was found to influence hypoglycemic activity, which was highest in young leaves from Pano (IC_{50} = 63.96 ± 4.70), showing inhibition levels close to those of acarbose (IC_{50} = 48.79 ± 0.80). This effect may be related to the presence of vanillin, a metabolite previously reported to exhibit hypoglycemic activity. The findings of this study provide valuable information for establishing collection protocols for *I. guayusa* that enhance its therapeutic potential in the treatment of chronic diseases.

¿La edad importa?: actividad antimicrobiana y contenido de metabolitos de la sangre de drago en distintos tiempos de vida de la planta

Does age matter? antimicrobial activity and metabolite content of dragon's blood at different plant life stages

Ronald Erick Bazantes Garnica[1], Nina Quilla Espinosa de los Monteros Silva[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1], Zulay Marina Niño Ruiz[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: ronald.bazantes@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La resina del árbol de sangre de drago *Croton lechleri* es mundialmente conocida por sus propiedades etnobotánicas y reconocida también a nivel comercial. Esta especie está presente en Ecuador en donde el interés en su uso como materia prima para la elaboración de productos en la industria, está ganando popularidad. Si bien hay mucha información disponible sobre sus usos y forma de colecta, no se ha mostrado información que nos ayude a entender cuál es la mejor edad de la planta para el uso de su resina como materia prima en la elaboración de distintos productos. Considerando esto, el presente trabajo evaluó la actividad antimicrobiana y la concentración de metabolitos asociados a la actividad biológica, a partir de resina de individuos de *C. lechleri* de diferentes edades. Mediante espectrofotometría UV-VIS se encontró la mayor concentración de fenoles en muestras de mayor edad, mientras que las más jóvenes presentaron mayores concentraciones de flavonoides y alcaloides. Además, los ensayos antimicrobiales mediante microdilución mostraron que las muestras de resina de plantas de mayor edad eran las más efectivas contra *S. aureus* (MIC: 0,24 mg/ml) y *C. albicans* (MIC: 31,25 mg/ml), mientras que las muestras de plantas más jóvenes demostraron mayor eficacia contra *S. epidermidis* (MIC: 0,12 mg/ml). Con estos resultados se recalca la importancia del uso de la materia prima en diferentes edades según el propósito final de uso. Además, esta información funciona como base para futuras investigaciones que permitan la optimización del uso de este recurso y por ende su manejo sustentable. Por tanto, este trabajo resulta relevante no solo a nivel científico sino cultural y de importancia económica, ayudando a la valorización de los recursos naturales de la Amazonía.

Abstract

The resin of the dragon's blood tree (*Croton lechleri*) is globally recognized for its ethnobotanical and commercial value. This species occurs in Ecuador, where interest in its use as raw material for industrial product development is growing. Although considerable information exists regarding its traditional uses and collection methods, little is known about the optimal plant age for harvesting resin intended for different product applications. Considering this gap, the present study evaluated the antimicrobial activity and concentration of metabolites associated with biological activity in resin obtained from *C. lechleri* individuals of varying ages. UV-VIS spectrophotometry revealed that older samples contained higher concentrations of phenolic compounds, while younger plants showed greater concentrations of flavonoids and alkaloids. Antimicrobial assays using the microdilution method demonstrated that resin from older plants was most effective against *Staphylococcus aureus* (MIC: 0.24 mg/ml) and *Candida albicans* (MIC: 31.25 mg/ml), whereas resin from younger plants showed higher efficacy against *Staphylococcus epidermidis* (MIC: 0.12 mg/ml). These findings emphasize the importance of selecting plant material of different ages depending on the intended end use. Furthermore, this information serves as a foundation for future research aimed at optimizing the utilization and sustainable management of this valuable natural resource. Overall, the study is significant not only scientifically but also culturally and economically, contributing to the appreciation and sustainable valorization of Amazonian natural resources.

Biochar amazónico para potenciar la digestión anaerobia de lodos y aguas residuales domésticas reales: el caso de la *Guadua angustifolia*

Amazonian biochar to enhance anaerobic digestion of real sludge and domestic wastewater: the case of Guadua angustifolia

Rocio Jimenez[1], Jaime Martí Herrero[1], Joaquín Brito[1], Josué Andrés Chóez Martínez[1], Marcos Hidalgo[1]

[1]*Universidad Regional Amazónica Ikiam*

Resumen

El uso de materiales de soporte para mejorar la digestión anaerobia de efluentes reales constituye una alternativa prometedora en regiones tropicales, donde las soluciones descentralizadas de saneamiento aún son limitadas. En este estudio se evaluó el biochar producido a partir de residuos de *Guadua angustifolia*, una biomasa lignocelulósica abundante en la Amazonía, como enmienda para la digestión anaerobia. El biochar fue obtenido mediante pirólisis lenta a 300, 500 y 700 °C, y se probó en diferentes dosis (5, 15, 25 g/L) durante la monodigestión de lodos anaerobios y aguas residuales reales en reactores batch (120 mL) operados a 25 °C. Los biochars fueron caracterizados mediante análisis proximal, área superficial y FTIR, con el fin de vincular sus propiedades fisicoquímicas con el desempeño en el proceso. Los resultados evidenciaron que el biochar producido a 300 °C y aplicado en dosis altas mejoró la estabilidad del sistema y los rendimientos de metano, lo que se atribuye a la presencia de grupos funcionales superficiales y a una estructura porosa favorable para la interacción microbiana. En contraste, los biochars obtenidos a 500 y 700 °C mostraron efectos inhibitorios. Este trabajo constituye la primera evidencia del uso de biochar amazónico derivado de *Guadua angustifolia* para el tratamiento de lodos y aguas residuales reales, destacando su potencial como alternativa local, sostenible y de bajo costo para fortalecer la digestión anaerobia en contextos neotropicales.

Abstract

The use of support materials to improve the anaerobic digestion of real effluents represents a promising alternative in tropical regions, where decentralized sanitation solutions are still limited. In this study, biochar produced from *Guadua angustifolia* residues—an abundant lignocellulosic biomass in the Amazon—was evaluated as an amendment for anaerobic digestion. The biochar was obtained through slow pyrolysis at 300, 500, and 700 °C, and tested at different doses (5, 15, and 25 g/L) during the mono-digestion of anaerobic sludge and real domestic wastewater in batch reactors (120 mL) operated at 25 °C. The biochars were characterized through proximate analysis, surface area, and FTIR spectroscopy to link their physicochemical properties with process performance. Results showed that biochar produced at 300 °C and applied at high doses improved system stability and methane yields, which was attributed to the presence of surface functional groups and a porous structure favorable for microbial interaction. In contrast, biochars produced at 500 and 700 °C exhibited inhibitory effects. This study provides the first evidence of using Amazonian biochar derived from *Guadua angustifolia* for the treatment of real sludge and wastewater, highlighting its potential as a local, sustainable, and low-cost alternative to strengthen anaerobic digestion in neotropical contexts.

Un primer acercamiento a la diversidad microbiana y geoquímica de espeleotemas en cavernas kársticas de la Amazonía ecuatoriana

A first approach to the microbial and geochemical diversity of speleothems in karstic caves of the ecuadorian Amazon

Roldán Torres Gutiérrez[1], Oswaldo José Guzmán Gutierrez[1], Evelyn Andrea Oña Lugmaña[1], Marilyn Suquillo[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Autor Independiente

Autor de correspondencia: roldan.torres@ikiam.edu.ec

Resumen

Los microorganismos colonizan y prosperan en la mayoría de los ecosistemas del planeta, incluyendo aquellos extremófilos como las cuevas. Modifican estos entornos al promover la formación de espeleotemas que desencadenan un proceso químico crucial como la precipitación de carbonato de calcio. Sin embargo, existen muy pocos estudios dirigidos a desentrañar la vida microbiana de las cuevas kársticas, asociada a su composición geoquímica, y, en consecuencia, su ecología microbiana permanece inexplorada. Esta investigación describe, por primera vez, las comunidades bacterianas y fúngicas cultivables asociadas a espeleotemas en tres cuevas kársticas de la Amazonía ecuatoriana, con el objetivo de comprender su relación con la composición química de los espeleotemas y su posible bioprospección biotecnológica. Se aislaron bacterias y hongos de espeleotemas de muestras de cuevas kársticas en la provincia de Napo, Ecuador. Los aislados fueron contados (UFC) y los genes 16S rRNA fueron secuenciados. Adicionalmente, la composición química de los espeleotemas fue determinada por espectrofotometría de rayos X. Los resultados microbiológicos mostraron la prevalencia de los filos bacterianos *Firmicutes* (75%) y *Proteobacteria* (25%), así como los filos fúngicos *Ascomycota* (66,7%) y *Basidiomycota* (33,3%). Tres especies bacterianas capaces de biomineralizar carbonato de calcio fueron aisladas, mientras que ninguna especie fúngica biomineralizante fue encontrada. En el contexto geoquímico, hasta 24 elementos químicos fueron cuantificados en los espeleotemas. Los resultados geomicrobiológicos mostraron el rol crucial de los elementos de los espeleotemas para el desarrollo de bacterias biomineralizantes. Este estudio contribuye al entendimiento microorganismo-espeleotema y abre el camino para la investigación aplicada que puede conducir a la bioprospección de microorganismos

aislados de cuevas.

Abstract

Microorganisms colonize and thrive in most ecosystems on Earth, including extreme environments such as caves. They modify these habitats by promoting the formation of speleothems, triggering key chemical processes such as calcium carbonate precipitation. However, very few studies have focused on unraveling the microbial life of karstic caves in relation to their geochemical composition; consequently, their microbial ecology remains largely unexplored. This research describes, for the first time, the cultivable bacterial and fungal communities associated with speleothems in three karstic caves of the Ecuadorian Amazon, with the goal of understanding their relationship with the chemical composition of the speleothems and their potential for biotechnological bioprospecting. Bacteria and fungi were isolated from speleothem samples collected in karstic caves located in Napo Province, Ecuador. The isolates were counted (CFU), and 16S rRNA genes were sequenced. Additionally, the chemical composition of the speleothems was determined by X-ray spectrophotometry. Microbiological results revealed the prevalence of bacterial phyla *Firmicutes* (75%) and *Proteobacteria* (25%), as well as fungal phyla *Ascomycota* (66.7%) and *Basidiomycota* (33.3%). Three bacterial species capable of biomineralizing calcium carbonate were isolated, while no biomineralizing fungal species were found. From a geochemical perspective, up to 24 chemical elements were quantified in the speleothems. The geomicrobiological results highlighted the crucial role of speleothem elements in supporting the development of biomineralizing bacteria. This study contributes to the understanding of microorganism–speleothem interactions and paves the way for applied research that could lead to the bioprospecting of microorganisms isolated from cave environments.

Ingeniería de biomateriales innovadores a partir de micelio *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst.

Engineering of innovative biomaterials from Ganoderma lucidum *(curtis) P. Karst. mycelium*

Kevin Javier Altamirano Cabay[1], Angela Sofía Ortiz Bastidas[2]

1 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

2 Universidad Estatal de Milagro

Resumen

En la presente investigación se evaluó la capacidad de los residuos lignocelulósicos como *Hordeum vulgare* L., *Tibouchina lepidota* (Bonpl.) Baill., *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. y *Saccharum officinarum* L. para la fabricación de biomateriales a partir de micelio *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. mediante la técnica de fermentación en estado sólido. Se aplicó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones para cada tratamiento, evaluando variables como: tiempo de colonización, rendimiento de biomasa seca, dureza, resistencia máxima a la compresión, deformación, fuerza y presión. *Hordeum vulgare* L. registró rendimientos mayores de biomasa seca (68,92%) después de 30 días de colonización, coincidiendo que residuos con bajo contenido de lignina y alto contenido de polisacáridos simples favorecen la producción y desarrollo de la biomasa fúngica. Además, sus propiedades físico-mecánicas registraron valores máximos de resistencia a la compresión (697,06 kgf), presión (227,94 kPa) y dureza (26,5 HR), directamente determinadas por la composición 60–70 % de celulosa, 15–20 % de lignina y 5–15 % de hemicelulosa, lo cual favoreció la velocidad de colonización, mayor rigidez y cohesión estructural a la red hifal. Así mismo, se comparó las propiedades físico-mecánicas y la biodegradabilidad de los biomateriales obtenidos respecto a materiales convencionales con revisión de estudios científicos coincidiendo que son aptos para aplicaciones en aislamientos térmicos o acústicos. Finalmente, su análisis estadístico evidenció diferencias notables para el tiempo de colonización: $p \approx 0{,}0039$, el rendimiento de la biomasa seca $p \approx 0{,}0118$ y dureza $p \approx 0{,}0039$, a diferencia de las propiedades físicas-mecánicas registró valores mayores a su significancia de 0,05, respaldando que, por su composición con compuestos fenólicos, flavonoides y taninos de los sustratos inhiben directamente el crecimiento y compactación del biomaterial. Los biomateriales demostraron ser opciones sostenibles a los polímeros artificiales, resaltando por su capacidad de biodegradarse y método de producción.

Abstract

This research evaluated the potential of lignocellulosic residues — *Hordeum vulgare* L., *Tibouchina lepidota* (Bonpl.) Baill., *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud., and *Saccharum officinarum* L. — for the fabrication of biomaterials based on *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. mycelium using the solid-state fermentation technique. A completely randomized design with five replicates per treatment was applied, evaluating variables such as colonization time, dry biomass yield, hardness, maximum compressive strength, deformation, force, and pressure. *Hordeum vulgare* L. exhibited the highest dry biomass yield (68.92%) after 30 days of colonization, indicating that residues with low lignin and high simple polysaccharide content favor fungal biomass production and growth. Moreover, its physico-mechanical properties recorded maximum values for compressive strength (697.06 kgf), pressure (227.94 KPa), and hardness (26.5 HR), which were directly influenced by its composition—60–70% cellulose, 15–20% lignin, and 5–15% hemicellulose—promoting colonization rate, rigidity, and structural cohesion of the hyphal network. The physico-mechanical properties and biodegradability of the obtained biomaterials were also compared to those of conventional materials through a review of scientific studies, showing that the fungal-based composites are suitable for thermal and acoustic insulation applications. Statistical analysis revealed significant differences for colonization time ($p \approx 0.0039$), dry biomass yield ($p \approx 0.0118$), and hardness ($p \approx 0.0039$), while other physical-mechanical properties presented p-values greater than 0.05. This suggests that phenolic compounds, flavonoids, and tannins present in some substrates directly inhibit growth and compaction of the biomaterial. Overall, the results demonstrate that these mycelium-based biomaterials are sustainable alternatives to synthetic polymers, standing out for their biodegradability and environmentally friendly production process.

Cuando el estado del material vegetal y el solvente cuentan: variaciones en la bioactividad de inflorescencias de *Piper aduncum*

When the condition of plant material and solvent matter: variations in the bioactivity of Piper aduncum *inflorescences*

Oscar Jijon[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1], Nina Quilla Espinosa de los Monteros Silva[1], Jonathan Liria Salazar[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: jijon@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Se evaluó el potencial bioactivo de extractos liofilizados de inflorescencias de *Piper aduncum*, con el objetivo de determinar cómo el estado del material vegetal (fresco o seco) y el solvente de extracción (agua o metanol) influyen en la composición química y la actividad biológica. El material se recolectó en Tena, Ecuador, y se prepararon cuatro extractos (fresco-agua, fresco-metanol, seco-agua y seco-metanol) que fueron analizados mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Cada tratamiento fue caracterizado químicamente y evaluado biológicamente. La actividad antimicrobiana se determinó mediante ensayos de difusión en agar y microdilución frente a *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Candida albicans* ATCC 10231, así como aislados clínicos resistentes a ampicilina de *Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa* y *Bacillus subtilis*. La actividad insecticida se valoró en bioensayos de contacto con Drosophila spp. El análisis químico reveló la presencia de cuarenta y cinco compuestos, siendo los flavonoides la clase predominante en la mayoría de los extractos. En los ensayos antimicrobianos, el extracto seco-metanol fue el más destacado, ya que constituyó el único tratamiento capaz de inhibir el crecimiento de dos especies bacterianas. Presentó una concentración mínima inhibitoria de 1,95 miligramos por mililitro y una concentración mínima bactericida de 7,81 miligramos por mililitro frente a *S. aureus*, así como una concentración mínima inhibitoria de 3,91 miligramos por mililitro frente a *B. subtilis*. En los bioensayos de contacto, el extracto seco-agua a 500 mg/mL provocó mortalidad total en el menor tiempo promedio (6,22 horas), seguido por el extracto fresco-metanol con 7,44 horas. De esta forma, la elección del solvente y del estado del material determinó tanto la composición química como la eficacia frente a bacterias y artrópodos, lo que respalda el potencial de *Piper aduncum* como fuente de compuestos para el desarrollo de

agentes antimicrobianos y bioinsecticidas de origen natural.

Abstract

The bioactive potential of lyophilized extracts from *Piper aduncum* inflorescences was evaluated to determine how the state of the plant material (fresh or dried) and the extraction solvent (water or methanol) influence chemical composition and biological activity. The plant material was collected in Tena, Ecuador, and four extracts were prepared (fresh–water, fresh–methanol, dry–water, and dry–methanol). These were analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS). Each treatment was chemically characterized and biologically evaluated. Antimicrobial activity was assessed through agar diffusion and microdilution assays against *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Candida albicans* ATCC 10231, and ampicillin-resistant clinical isolates of *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Bacillus subtilis*. Insecticidal activity was evaluated through contact bioassays using *Drosophila* spp. Chemical analysis revealed the presence of forty-five compounds, with flavonoids being the predominant class in most extracts. Among the antimicrobial assays, the dry–methanol extract stood out as the only treatment capable of inhibiting the growth of two bacterial species. It exhibited a minimum inhibitory concentration (MIC) of 1.95 mg/mL and a minimum bactericidal concentration (MBC) of 7.81 mg/mL against *S. aureus*, as well as an MIC of 3.91 mg/mL against *B. subtilis*. In contact bioassays, the dry–water extract at 500 mg/mL caused total mortality in the shortest average time (6.22 hours), followed by the fresh–methanol extract (7.44 hours). Thus, both the choice of solvent and the condition of the plant material determined the chemical composition and effectiveness against bacteria and arthropods, supporting the potential of *Piper aduncum* as a source of compounds for the development of natural antimicrobial and bioinsecticidal agents.

Evaluación del potencial antidiabético de extractos de frutos amazónicos por ensayos *in vitro*.

Evaluation of the antidiabetic potential of Amazonian fruit extracts via in vitro *assays.*

Anggie Mikaela Medina Jiménez[1], Zulay Marina Niño Ruiz[1], Pablo Andrés Cisneros Pérez[2], Julio Lenin Rea Martínez[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad Yachay Tech

Autor de correspondencia: anggie.medina@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La diabetes mellitus tipo II es una enfermedad crónica que afecta a adultos de 20 a 46 años a nivel mundial, se caracteriza por la hiperglucemia y las alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos. Los tratamientos actuales presentan efectos secundarios, por lo que es importante la búsqueda de compuestos bioactivos de origen vegetal con potencial inhibitorio de enzimas digestivas. En este estudio se evaluó el contenido de fenoles y flavonoides, la actividad antioxidante, la inhibición de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa, y la identificación de metabolitos mediante cromatografía líquida de ultra eficiencia (UPLC-MS) en extractos etanólicos de cáscara, semilla y pulpa de *Theobroma bicolor* y *Gustavia macarenensis* en la provincia de Napo. Los extractos de cáscara mostraron los mejores resultados: *T. bicolor* presentó 121,91 ± 0,59 µg EAG/mg de fenoles y 0,75 ± 0,007 µg EQ/mg de flavonoides, y *G. macarenensis* 91,77 ± 0,70 y 1,02 ± 0,01, respectivamente. En ensayos de captación del radical 2,2- difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y método de decoloración ABTS di-amonio 2,2'-azino-bis (3- etilbenztiazolina-6-ácido sulfónico), los valores de IC_{50} (µg/mL) fueron de 23,56 ±1,25 y 146,32 ±1,27 para *G. macarenensis* y 28,68±0,20 y 51,32±0,72 en *T. bicolor*. Los extractos de cáscara también mostraron significativa inhibición enzimática frente a α-glucosidasa (1,45 ± 0,15 en *T. bicolor* y 0,20 ± 0,03 en *G. macarenensis*) IC_{50} µg/mL y para α-amilasa 227,88±4,35 en *T. bicolor* y 215,88±5,07 en *G. macarenensis* IC_{50} µg/mL. Además, se identificaron metabolitos como procianidinas, catequina, rutina y ácidos fenólicos, asociados a la actividad antioxidante y antidiabética. Estos resultados destacan el potencial de los extractos de cáscara para el control de hiperglucemia postprandial.

Abstract

Type II diabetes mellitus is a chronic disease affecting adults aged 20 to 46 worldwide, characterized by hyperglycemia and alterations in carbohydrate metabolism. Current treatments have side effects, making it important to search for plant-derived bioactive compounds with inhibitory potential against digestive enzymes. In this study, total phenolics and flavonoids, antioxidant activity, inhibition of α-amylase and α-glucosidase, and metabolite identification by ultra-performance liquid chromatography–mass spectrometry (UPLC-MS) were evaluated in ethanolic extracts of peel, seed, and pulp of *Theobroma bicolor* and *Gustavia macarenensis* from Napo Province. Peel extracts showed the best results: *T. bicolor* presented 121.91 ± 0.59 µg GAE/mg of phenolics and 0.75 ± 0.007 µg QE/mg of flavonoids, and *G. macarenensis* 91.77 ± 0.70 and 1.02 ± 0.01, respectively. In 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging and ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium) decolorization assays, IC_{50} (µg/mL) values were 23.56 ± 1.25 and 146.32 ± 1.27 for *G. macarenensis*, and 28.68 ± 0.20 and 51.32 ± 0.72 for *T. bicolor*. Peel extracts also showed significant enzymatic inhibition against α-glucosidase (IC_{50}: 1.45 ± 0.15 µg/mL for *T. bicolor* and 0.20 ± 0.03 µg/mL for *G. macarenensis*) and α-amylase (IC_{50}: 227.88 ± 4.35 µg/mL for *T. bicolor* and 215.88 ± 5.07 µg/mL for *G. macarenensis*). Additionally, metabolites such as procyanidins, catechin, rutin, and phenolic acids—associated with antioxidant and antidiabetic activity—were identified. These results highlight the potential of peel extracts for controlling postprandial hyperglycemia.

Análisis del efecto de la electrólisis sobre la producción de metano en aguas residuales tratadas en biodigestores

Analysis of the effect of electrolysis on methane production in wastewater treated in biodigesters

Welinton Mancheno[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: welinton.mancheno@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la electrólisis sobre la producción de metano en biodigestores tipo batch, utilizando como inóculo aguas residuales provenientes de la Universidad Regional Amazónica Ikiam. El problema se enfoca en determinar si la aplicación de corriente eléctrica directa o indirecta puede influir en la actividad metanogénica del sistema anaerobio. El experimento se llevará a cabo en tres biodigestores construidos con tubos de PVC de 30 cm de altura y tapas de 6 pulgadas, cada uno sellado herméticamente y equipado con una manguera de salida para la recolección de biogás. Se utilizarán dos electrodos de acero inoxidable por reactor. El primer biodigestor actuará como control, sin aplicación de corriente, permitiendo establecer la producción base de metano. El segundo aplicará electrólisis directa mediante un sistema de energía fotovoltaica conectado a un regulador de voltaje, generando una corriente constante de 3V, lo cual permitirá evaluar el efecto bioestimulante del hidrógeno y oxígeno generados in situ. El tercer reactor simulará un sistema de electrólisis indirecta, en el que se extraerán los gases generados en los electrodos, permitiendo observar únicamente el efecto del campo eléctrico sobre la actividad microbiana, sin la influencia directa del H_2 y O_2. Los resultados permitirán comparar la cantidad y calidad de metano generado en cada sistema, identificando si la corriente eléctrica puede mejorar la eficiencia del proceso. Se espera que la electrólisis directa incremente la producción de metano por la disponibilidad adicional de electrones y portadores de energía, mientras que la electrólisis indirecta revele el impacto específico de la electricidad en la comunidad microbiana. Este estudio contribuirá al desarrollo de estrategias biotecnológicas para optimizar la generación de biogás en sistemas descentralizados.

Abstract

This study aims to evaluate the effect of electrolysis on methane production in batch-type biodigesters, using wastewater from the Amazon Regional University Ikiam as the inoculum. The research focuses on determining whether the application of direct or indirect electric current can influence the methanogenic activity of the anaerobic system. The experiment will be carried out in three biodigesters built from PVC tubes measuring 30 cm in height with 6-inch caps, each hermetically sealed and equipped with an outlet hose for biogas collection. Two stainless steel electrodes will be installed in each reactor. The first biodigester will serve as a control, without current application, to establish the baseline methane production. The second will apply direct electrolysis through a photovoltaic energy system connected to a voltage regulator, generating a constant current of 3V, allowing the evaluation of the bio-stimulant effect of hydrogen and oxygen generated *in situ*. The third reactor will simulate an indirect electrolysis system, where the gases generated at the electrodes will be extracted, allowing observation of the effect of the electric field on microbial activity without the direct influence of H_2 and O_2. The results will allow comparison of the quantity and quality of methane generated in each system, identifying whether electric current can enhance process efficiency. It is expected that direct electrolysis will increase methane production due to the additional availability of electrons and energy carriers, while indirect electrolysis will reveal the specific impact of electricity on the microbial community. This study will contribute to the development of biotechnological strategies to optimize biogas generation in decentralized systems.

Distribución de alcaloides en la corteza de *Banisteriopsis caapi* en función de la edad

Distribution of alkaloids in the bark of Banisteriopsis caapi *as a function of age*

Johanna Páez[1], Jan Spengler[1], Paola Peña[2], Genesis Jima Meza[1], Blanca Grefa[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Autor Independiente

3 Templo de ceremonia

Autor de correspondencia: johanna.paez@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Banisteriopsis caapi es una planta medicinal y sagrada para muchos pueblos indígenas de América del Sur. En el brebaje denominado "ayahuasca" se emplean tronco y corteza de esta liana. Los alcaloides β-carbolinas (harmina, harmalina, tetrahidroharmina) son considerados entre los principales componentes responsables para los efectos biológicos. Existe una alta variabilidad en las concentraciones de estos alcaloides, debido a la existencia de diferentes variedades ("ethnotaxa") y varios factores ambientales, en parte no conocidos. El objetivo del presente estudio fue el análisis de los perfiles de los tres alcaloides en la corteza de plantas de la misma variedad, que crecieron en la misma chakra, ubicada en la parroquia de Cotundo (Napo, Ecuador). Se recolectaron muestras de tres edades (4,7,10 años, de tres plantas para cada edad). Se prepararon los respectivos extractos por maceración con metanol. El análisis se realizó mediante la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Para la cuantificación, se usó difenhidramina como referencia interna. Los patrones de harmina y tetrahidroharmina se obtuvieron por síntesis química a partir de harmalina. La prueba de Tukey mostro coherencia entre las concentraciones de las tres muestras para cada edad. La prueba de Anova mostro diferencias significativas entre las tres edades. Mientras que las concentraciones de harmalina y tetrahidroharmina tienden a aumentar con la edad, la harmina se detectó a su máxima concentración en la edad de los siete años. Esto es el primer estudio ontogénico que evidencia la variación de contenido de alcaloides β-carbolinas en la corteza de *Banisteriopsis caapi* en función de la edad.

Abstract

Banisteriopsis caapi is a medicinal and sacred plant for many Indigenous peoples of South America. The stem and bark of this liana are used in the traditional brew known as *ayahuasca*. The β-carboline alkaloids (harmine, harmaline, and tetrahydroharmine) are considered the main bioactive components responsible for its biological effects. There is high variability in the concentrations of these alkaloids, due to the existence of different varieties ("ethnotaxa") and several environmental factors, some of which remain unknown. The objective of this study was to analyze the profiles of the three alkaloids in the bark of plants of the same variety grown under the same environmental conditions in a *chakra* located in Cotundo parish (Napo, Ecuador). Samples were collected from plants of three different ages (4, 7, and 10 years; three plants per age). Extracts were prepared by methanolic maceration, and analyses were performed using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC–MS). Diphenhydramine was used as an internal standard for quantification, while harmine and tetrahydroharmine standards were synthesized chemically from harmaline. Tukey's test confirmed consistency among the three replicates per age group, while ANOVA revealed significant differences between ages. Harmaline and tetrahydroharmine concentrations tended to increase with age, whereas harmine reached its maximum concentration at seven years. This is the first ontogenic study demonstrating the variation of β-carboline alkaloid content in the bark of *Banisteriopsis caapi* as a function of plant age.

Evaluación in vitro de la citotoxicidad de semiconductores BixOyIz y su potencial en terapia fotodinámica frente a tumores.

In vitro evaluation of the cytotoxicity of BixOyIz semiconductors and their potential in photodynamic therapy against tumors

Kiana Valentina Torres Solano de la Sala[1], Luis Miguel Quishpe Quishpe[1], Cristina Quiroga[1], Vicente Quezada García[1], Marjorie Bonilla[1], Nicole Lecot[2], Karla Vizuete[3], Alexis Debut[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad de la República

3 Universidad de las Fuerzas Armadas

Autor de correspondencia: kiana.torres@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El cáncer de mama es uno de los tipos de cáncer con mayor incidencia a nivel mundial y, aunque los tratamientos convencionales han incrementado las tasas de supervivencia, aún presentan limitaciones importantes debido a su carácter invasivo y falta de especificidad. Esto provoca la afectación de células sanas y efectos secundarios severos. En este contexto, la terapia fotodinámica (PDT) se plantea como una alternativa innovadora y menos invasiva, capaz de eliminar células cancerígenas mediante la activación de fotosensibilizadores bajo luz visible para generar especies reactivas de oxígeno. Sin embargo, los estudios sobre semiconductores de oxiyoduros de bismuto (BixOyIz) como agentes fotosensibilizadores son escasos. El objetivo de este estudio fue evaluar la citotoxicidad y el potencial fotodinámico de cuatro semiconductores BixOyIz: microbarras Bi4O5I2/Bi5O7I (S1), nanoplatos BiOI (S2), nanoplatos Bi4O5I2 (S3) y microesferas Bi4O5I2/Bi5O7I/BiOI (S4). Los compuestos se sintetizaron por métodos hidrotermales y solvotermales, y se caracterizaron mediante difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de dispersión de energía (EDS). Su actividad se evaluó a distintas concentraciones en células somáticas (L929) y líneas celulares de cáncer de mama (4T1 y BT474), mediante ensayos de viabilidad celular y hemólisis, bajo condiciones de luz y oscuridad. Los resultados mostraron que S2 presentó la mayor citotoxicidad frente a células cancerígenas bajo irradiación, reduciendo la viabilidad hasta en un 68%, sin afectar de manera significativa a células somáticas ni a eritrocitos. En contraste, S1, S3 y S4 evidenciaron alta biocompatibilidad

en todas las condiciones evaluadas, lo que sugiere su potencial en aplicaciones biomédicas alternativas, como agentes de bioimagen. Estos hallazgos destacan el potencial biomédico de los semiconductores BixOyIz y posicionan a los nanoplatos BiOI como un candidato prometedor en el desarrollo de terapias fotodinámicas contra el cáncer de mama.

Abstract

Breast cancer is one of the most prevalent cancers worldwide, and although conventional treatments have improved survival rates, they still present major limitations due to their invasive nature and lack of specificity. This often leads to the damage of healthy cells and severe side effects. In this context, photodynamic therapy (PDT) emerges as an innovative and less invasive alternative capable of eliminating cancer cells through the activation of photosensitizers under visible light, generating reactive oxygen species. However, studies on bismuth oxyiodide semiconductors (BixOyIz) as photosensitizing agents remain scarce. The objective of this study was to evaluate the cytotoxicity and photodynamic potential of four BixOyIz semiconductors: Bi4O5I2/Bi5O7I microbars (S1), BiOI nanoplates (S2), Bi4O5I2 nanoplates (S3), and Bi4O5I2/Bi5O7I/BiOI microspheres (S4). The compounds were synthesized via hydrothermal and solvothermal methods and characterized using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and energy-dispersive spectroscopy (EDS). Their activity was tested at different concentrations on somatic cells (L929) and breast cancer cell lines (4T1 and BT474) through cell viability and hemolysis assays under light and dark conditions. Results showed that S2 exhibited the highest cytotoxicity against cancer cells under irradiation, reducing viability by up to 68%, while not significantly affecting somatic cells or erythrocytes. In contrast, S1, S3, and S4 demonstrated high biocompatibility under all evaluated conditions, suggesting their potential for alternative biomedical applications, such as bioimaging agents. These findings highlight the biomedical potential of BixOyIz semiconductors and position BiOI nanoplates as a promising candidate for the development of photodynamic therapies against breast cancer.

Validación preliminar de los usos ancestrales y actuales de *Calliandra angustifolia*

Preliminary validation of the ancestral and current uses of Calliandra angustifolia

Emily Cherrez Montero[1], Jan Spengler[1], Jonathan Liria[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: emily.cherrez@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Calliandra angustifolia pertenece a la familia Fabacea y es considerada una planta maestra por pueblos Amazónicos, en Tena, Napo, Ecuador es conocida como "Yutzo". El objetivo de este estudio es realizar una primera validación de los usos ancestrales y actuales de esta planta. En una primera etapa, se clasificaron los usos ancestrales y actuales según la posible involucración de metabolitos que podrían causar los efectos reportados. En una segunda etapa, se comprobó mediante pruebas químicas cualitativas y cuantitativas, análisis instrumental, y un ensayo biológico, la presencia de ciertas clases de metabolitos. Se obtuvo los extractos de corteza y hojas mediante diferentes métodos, los extractos presentaron una reacción positiva a las pruebas de fenoles y flavonoides. Estos extractos también mostraron potencial de capturar radicales libres de DPPH (actividad antioxidante). Los Fenoles y flavonoides son potencialmente reductores, se han reportado ejemplos con propiedades atribuidos a preparaciones de *C. angustifolia*, como: antiinflamatorio, antiartrítico, antirreumático, tónico, y anticancerígeno. Ocasionalmente se mencionan efectos alucinógenos por consumir esta planta, muchos alucinógenos son alcaloides, sin embargo, no se pudo identificar su presencia en los extractos. En los cromatogramas del cromatógrafo de gases acoplado al espectrómetro de masa (GC-MS) se identificaron ácidos grasos y "Arvin compounds". El efecto insecticida en *Musca domestica* fue fundamentado en reportes científicos previos y confirmado mediante el ensayo de la botella en el que se usó deltametrina como referencia, después de 2 horas, se observó mortalidad en concentraciones altas de los extractos de corteza y hojas. En resumen, este estudio representa la primera validación científica preliminar de los usos ancestrales y actuales de *C. angustifolia*.

Abstract

Calliandra angustifolia belongs to the Fabaceae family and is considered a master plant by Amazonian peoples in Tena Napo Ecuador where it is known as "Yutzo" the objective of this study is to perform a first validation of the ancestral and current uses of this plant in the first stage the ancestral and current uses were classified according to the possible involvement of metabolites that could cause the reported effects in the second stage the presence of certain classes of metabolites was verified through qualitative and quantitative chemical tests instrumental analysis and a biological assay bark and leaf extracts were obtained by different methods and showed positive reactions in tests for phenols and flavonoids these extracts also demonstrated potential to scavenge DPPH free radicals antioxidant activity phenols and flavonoids are potentially reducing agents and examples with properties attributed to preparations of *C angustifolia* have been reported such as anti inflammatory anti arthritic anti rheumatic tonic and anticancer occasionally hallucinogenic effects are mentioned after consuming this plant many hallucinogens are alkaloids however their presence could not be identified in the extracts in the chromatograms from the gas chromatograph coupled to a mass spectrometer GC MS fatty acids and "Arvin compounds" were identified the insecticidal effect on *Musca domestica* was supported by previous scientific reports and confirmed through the bottle bioassay using deltamethrin as a reference after two hours mortality was observed at high concentrations of bark and leaf extracts in summary this study represents the first preliminary scientific validation of the ancestral and current uses of *C angustifolia*

Perfil de metabolitos de plantas amazónicas con potencial antimicrobiano: metabolómica no dirigida de *Piper aduncum* y *Grias neuberthii*

Metabolite profiling of Amazonian plants with antimicrobial potential: untargeted metabolomics of Piper aduncum *and* Grias neuberthii

Katherine Alejandra Toro-Paltin[1], Jhesel Melanie Almeida-Cunguan[1], Cristian Daniel Quiroz-Moreno[2], Nina Espinosa de los Monteros-Silva[1], Jessica Cooperstone[2], Noroska Salazar-Mogollón[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Ohio State University

Autor de correspondencia: katherine.toro@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Las hojas de *Piper aduncum* y *Grias neuberthii* son utilizadas en comunidades de la Amazonía ecuatoriana como medicina tradicional por sus propiedades antisépticas y antihemorrágicas. El presente estudio fue diseñado para dilucidar la composición química y las propiedades biológicas de extractos metanólicos de estas plantas, evaluando el efecto del estado del material vegetal (fresco vs. seco). Las muestras de hojas recolectadas en Tena, Ecuador, fueron maceradas en metanol, liofilizadas, y los extractos resultantes se emplearon para la caracterización química y la evaluación de la actividad biológica. El cribado fitoquímico y el análisis metabolómico identificaron un amplio espectro de metabolitos secundarios. Los resultados indicaron diferencias significativas entre especies: *G. neuberthii* presentó mayores concentraciones de fenoles y flavonoides totales, como ácido quínico y catequina, mientras que *P. aduncum* mostró un mayor contenido de alcaloides y flavonoides glicosilados. Además, los extractos de hojas secas exhibieron un perfil fitoquímico más robusto. En cuanto a la actividad biológica, los extractos demostraron eficacia antimicrobiana contra microorganismos modelo y cepas multirresistentes, incluyendo *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*, siendo los extractos de hojas secas los que mostraron mayor inhibición. Adicionalmente, la evaluación de la actividad hemolítica reveló que *P. aduncum* presentó baja hemólisis incluso a altas concentraciones, apoyando su uso tópico seguro, mientras que *G. neuberthii* mostró hemólisis dependiente de la dosis. Los resultados validan los usos tradicionales de *P. aduncum* para infecciones y de *G. neuberthii* como analgésico tópico, y sugieren su potencial complementario

y sinérgico. Este estudio confirma la presencia de compuestos de interés terapéutico y resalta el valor etnofarmacológico de estas plantas para el desarrollo de agentes antimicrobianos naturales.

Abstract

Leaves from *Piper aduncum* and *Grias neuberthii* are used in Ecuadorian Amazon communities as traditional medicine for their antiseptic and antihemorrhagic properties. The present study was designed to elucidate the chemical composition and biological properties of methanolic extracts from these plants, evaluating the effect of the plant material state (fresh vs. dry). Leaf samples collected in Tena, Ecuador, were macerated in methanol, lyophilized, and the resulting extracts were employed for chemical characterization and biological activity assessment. Phytochemical screening and metabolomic analysis identified a wide spectrum of secondary metabolites. The results indicated significant differences between species: *G. neuberthii* showed higher concentrations of total phenols and flavonoids, such as quinic acid and catechin, whereas *P. aduncum* had a greater alkaloid content and glycosylated flavonoids. Furthermore, dry leaf extracts exhibited a more robust phytochemical profile. For biological activity, the extracts demonstrated antimicrobial efficacy against model microorganisms and multidrug-resistant strains, including *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*, with dry leaf extracts showing stronger inhibition. Additionally, hemolytic activity assessment revealed that *P. aduncum* had low hemolysis even at high concentrations, supporting its safe topical use, while *G. neuberthii* exhibited dose-dependent hemolysis. The results validate the traditional uses of *P. aduncum* for infections and *G. neuberthii* as a topical analgesic and suggest their complementary, synergistic potential. This study confirms the presence of compounds of therapeutic interest and highlights the ethnopharmacological value of these plants for developing natural antimicrobial agents.

Caracterización de metabolitos secundarios y evaluación antimicrobiana de extractos metanólicos y acuosos en *Piper peltatum* recolectado en Tena

Characterization of secondary metabolites and antimicrobial evaluation of methanolic and aqueous extracts of Piper peltatum *collected in Tena*

Anghelo Fabrizzio Alava Santacruz[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: anghelo.alava@est.ikiam.edu.ec

Resumen

En la medicina tradicional *Piper peltatum* ha sido utilizado para tratar infecciones, lesiones, problemas respiratorios, digestivos, entre otros, lo que la posiciona en una posible fuente de componentes bioactivos. Dentro de este marco, este estudio tiene como propósito evaluar su capacidad antimicrobiana y detallar los metabolitos que se encuentran en los extractos metanólicos y acuosos de hojas frescas y secas de *Piper peltatum*. Por tanto, se recolectarán las hojas en el sector de muyuna, prestando atención a criterios geográficos y morfológicos en su identificación. De manera que las hojas frescas y secas pasarán por procesos de maceración en disolventes acuosos y metanólicos, para conseguir cuatro clases de extractos: hojas frescas en agua, hojas frescas en metanol, hojas secas en agua y hojas secas en metanol, posteriormente, los extractos pasarán por un proceso de liofilización y se usarán en ensayos exploratorios, pruebas de sensibilidad y microdilución seriada para determinar su efecto antimicrobiano contra microorganismos como: *Salmonella typhimurium, Candida albicans, Escherichia coli, Bacillus subtilis,Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus y Klebsiella pneumoniae.* En cuanto a la identificación de los metabolitos presentes en *Piper peltatum*, se usarán técnicas de cromatografía líquida de ultra eficiencia acoplada a espectrometría de masas en tándem y cromatografía líquida usando modos de adquisición: data-dependent acquisition y data-Independent acquisition, de modo que los datos recogidos serán analizados e interpretados con programas como MS-DIAL, MZmine, PubChem y análisis estadísticos como ANOVA. Se prevé que los extractos metanólicos de hojas frescas muestren una mayor cantidad de compuestos bioactivos debido a la polaridad media de este solvente, facilitando la disolución de una amplia variedad de metabolitos, además en hojas secas el secado podría volatilizar metabolitos sensibles al calor.

Abstract

In traditional medicine, *Piper peltatum* has been used to treat infections, injuries, and respiratory and digestive problems, among others, positioning it as a potential source of bioactive compounds. Within this framework, the purpose of this study is to evaluate its antimicrobial capacity and characterize the metabolites present in methanolic and aqueous extracts of fresh and dried leaves of *Piper peltatum*. The leaves will be collected in the Muyuna area, taking into account geographic and morphological identification criteria. Fresh and dried leaves will undergo maceration in aqueous and methanolic solvents to obtain four types of extracts: fresh leaves in water, fresh leaves in methanol, dried leaves in water, and dried leaves in methanol. The extracts will then be lyophilized and used in exploratory assays, sensitivity tests, and serial microdilution to determine their antimicrobial effect against microorganisms such as *Salmonella typhimurium*, *Candida albicans*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, and *Klebsiella pneumoniae*. For the identification of metabolites present in *Piper peltatum*, ultra-high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry and liquid chromatography will be used under data-dependent acquisition and data-independent acquisition modes. The collected data will be analyzed and interpreted using programs such as MS-DIAL, MZmine, and PubChem, as well as statistical analyses such as ANOVA. It is expected that methanolic extracts of fresh leaves will exhibit a higher number of bioactive compounds due to the medium polarity of this solvent, which facilitates the dissolution of a wide range of metabolites, while in dried leaves, the drying process may volatilize heat-sensitive metabolites.

Perfil fitoquímico de extractos metanólicos del cuerpo fructífero de *Rigidoporus aurantiacus* recolectado en Napo, Ecuador

Phytochemical profile of methanolic extracts from the fruiting body of Rigidoporus aurantiacus collected in Napo, Ecuador

Angel Sebastian Aguilar Cruz[1], Zulay Marina Niño Ruiz[1], Melanie Ochoa Ocampo[1], María Belén Macas Granizo[1], Karel Diéguez Santana[1], Thomás Garzón Moreno[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: angel.aguilar@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Los hongos de la familia Polyporaceae, como *Rigidoporus aurantiacus*, constituyen una fuente relevante de metabolitos secundarios con potencial terapéutico, incluyendo compuestos fenólicos, flavonoides, terpenos y polisacáridos. Sin embargo, su estudio en el contexto ecuatoriano es limitado, a pesar de la amplia distribución de especies fúngicas en la Amazonía. El objetivo de esta investigación fue caracterizar el perfil fitoquímico y cuantificar los principales metabolitos bioactivos presentes en extractos metanólicos obtenidos del cuerpo fructífero seco de *Rigidoporus aurantiacus*, recolectado en la provincia de Napo, con el fin de generar información preliminar que respalde futuros estudios de sus actividades biológicas. El material fue sometido a secado, trituración, liofilización y maceración en metanol acidificado, seguido de filtración, concentración y obtención de extractos secos. Posteriormente, se realizaron pruebas fitoquímicas cualitativas para la detección de metabolitos secundarios y análisis espectrofotométricos para la cuantificación de compuestos fenólicos y flavonoides. Los resultados revelaron una presencia significativa de fenoles, además de abundancia notable de terpenos y polisacáridos, mientras que los flavonoides se detectaron en concentraciones moderadas y los alcaloides y taninos no fueron identificados. El contenido total de fenoles se estimó en 298,15 ± 16,6 mg equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto (mg EAG/g), mientras que los flavonoides alcanzaron en promedio 2,06 ± 0,01 mg equivalentes de quercetina por gramo de extracto (mg EQ/g). Estos hallazgos destacan el potencial de *Rigidoporus aurantiacus* como fuente natural de compuestos bioactivos, particularmente fenólicos, posiblemente asociados a propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. En conclusión, este estudio aporta evidencia preliminar de la riqueza fitoquímica de la especie, constituyendo una

base para futuros ensayos biológicos que validen su aplicabilidad terapéutica y promuevan el aprovechamiento sostenible de los recursos micológicos del Ecuador.

Abstract

Fungi of the family Polyporaceae, such as *Rigidoporus aurantiacus*, represent an important source of secondary metabolites with therapeutic potential, including phenolic compounds, flavonoids, terpenes, and polysaccharides. However, their study in the Ecuadorian context is limited despite the wide distribution of fungal species in the Amazon. The objective of this research was to characterize the phytochemical profile and quantify the main bioactive metabolites present in methanolic extracts obtained from the dried fruiting body of *Rigidoporus aurantiacus* collected in Napo Province, in order to generate preliminary information supporting future studies of its biological activities. The material was dried, ground, lyophilized, and macerated in acidified methanol, followed by filtration, concentration, and recovery of dry extracts. Subsequently, qualitative phytochemical tests were performed to detect secondary metabolites, and spectrophotometric analyses were conducted to quantify phenolic and flavonoid compounds. The results revealed a significant presence of phenols, along with a notable abundance of terpenes and polysaccharides, while flavonoids were detected in moderate concentrations and alkaloids and tannins were not identified. The total phenolic content was estimated at 298.15 ± 16.6 mg gallic acid equivalents per gram of extract (mg GAE/g), while flavonoids averaged 2.06 ± 0.01 mg quercetin equivalents per gram of extract (mg QE/g). These findings highlight the potential of *Rigidoporus aurantiacus* as a natural source of bioactive compounds, particularly phenolics, possibly associated with antioxidant and anti-inflammatory properties. In conclusion, this study provides preliminary evidence of the phytochemical richness of the species, establishing a foundation for future biological assays that validate its therapeutic applicability and promote the sustainable use of Ecuador's mycological resources.

Evaluación de bacteriófagos líticos para el control de bacteriosis provocada por *Ralstonia solanacearum* raza 2 en plátano

Evaluation of lytic bacteriophages for the control of bacterial wilt caused by Ralstonia solanacearum *race 2 in plantain*

Damaris Alejandra Tobar Silva[1], Ana Bravo[1], Marco Andrés Viteri Yánez[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: damaris.tobar@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La resistencia bacteriana representa una grave problemática a nivel mundial generando pérdidas económicas significativas dentro del sector agrícola. El plátano (*Musa paradisiaca*) es un cultivo que se ha convertido en una fuente de ingresos importante por su comercialización nacional e internacional, sin embargo, su productividad es afectada por fitopatógenos como *Ralstonia solanacearum* raza 2. La aplicación de bacteriófagos destaca por ataque dirigido a bacterias, y son utilizados como una herramienta que ofrece un enfoque sostenible y preciso a diferencia de pesticidas químicos, cuya eficacia es baja contra los microorganismos, provocando una ecotoxicología asociada. Este estudio evalúa bacteriófagos de suelo como agentes de biocontrol *in vitro* contra el patógeno de interés. La metodología se dividió en tres secciones; primero se realizó el aislamiento y caracterización bioquímica de la cepas obtenidas, permitiendo una identificación presuntiva del organismo. La confirmación definitiva se realizará posteriormente mediante técnicas moleculares. Se logró aislar bacteriófagos líticos a partir de muestras de suelo mediante la técnica de doble capa de agar, y se observó la capacidad lítica por medio de la presencia de halos. Finalmente, está en curso la evaluación de las diferentes concentraciones de los bacteriófagos para determinar la mínima capacidad inhibitoria bacteriana por medio de un diseño de bloques completos al azar por triplicado entre la capacidad lítica del fago y el fitopatógeno. Se espera identificar al agente causal por medio de técnicas moleculares para confirmar su identidad. Se estableció el protocolo de aislamiento de bacteriófagos y se determinará la concentración óptima para inhibir el crecimiento bacteriano. Los resultados obtenidos permitirán confirmar la eficacia de bacteriófagos como agentes de biocontrol, estableciendo su concentración óptima para la inhibición bacteriana como una solución sostenible para infecciones en cultivos agrícolas.

Abstract

Bacterial resistance represents a serious global problem, causing significant economic losses in the agricultural sector. Plantain (*Musa paradisiaca*) is a crop that has become an important source of income due to its national and international commercialization; however, its productivity is affected by phytopathogens such as *Ralstonia solanacearum* race 2. The use of bacteriophages stands out for their targeted attack on bacteria and are used as a sustainable and precise alternative to chemical pesticides, which show low efficacy against microorganisms and cause associated ecotoxicological effects. This study evaluates soil-derived bacteriophages as *in vitro* biocontrol agents against the pathogen of interest. The methodology was divided into three sections: first, isolation and biochemical characterization of the obtained strains were performed, allowing for a presumptive identification of the organism. Definitive confirmation will be later conducted using molecular techniques. Lytic bacteriophages were successfully isolated from soil samples using the double agar layer technique, and lytic activity was observed through the formation of plaques. Finally, the evaluation of different bacteriophage concentrations is underway to determine the minimum inhibitory concentration using a randomized complete block design in triplicate, comparing the lytic capacity of the phage and the phytopathogen. The causal agent is expected to be identified through molecular techniques to confirm its identity. The bacteriophage isolation protocol was established, and the optimal concentration for bacterial growth inhibition will be determined. The results obtained will confirm the efficacy of bacteriophages as biocontrol agents, establishing their optimal inhibitory concentration as a sustainable solution for bacterial infections in agricultural crops.

Análisis epigenético de alta resolución en *Heliconius*: efectos del RG108 sobre metilación cerebral mediante secuenciación de nanoporos

High-resolution epigenetic analysis in Heliconius*: effects of RG108 on brain methylation through nanopore sequencing*

Ángel Ojeda Montesdeoca[1], Caroline Bacquet Pérez[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: angel.ojeda@ikiam.edu.ec

Resumen

Heliconius erato, una mariposa tropical neotropical conocida por sus comportamientos complejos de aprendizaje y memoria, representa un modelo emergente para estudios neurobiológicos. Sin embargo, los mecanismos epigenéticos subyacentes a estos comportamientos permanecen desconocidos debido a la ausencia de tecnologías capaces de resolver la metilación nativa en genomas de insectos. Oxford Nanopore Technology (ONT) permite la detección directa de modificaciones epigenéticas sin tratamientos químicos, ofreciendo una resolución superior para el análisis de metilación en genomas complejos. Este estudio evaluó el efecto del inhibidor de metilación RG108 sobre los patrones de 5-metilcitosina (5mC) y 5-hidroximetilcitosina (5hmC) en tejido cerebral de *Heliconius erato lativita*. Se utilizaron 20 individuos criados en condiciones controladas en el mariposario de la Universidad Ikiam, divididos en grupos control y experimental (n=10, 5♂/5♀ cada uno). El grupo experimental recibió RG108 (2mM tópico 2x/día + 3mM en dieta) durante 7 días, mientras que el control recibió vehículo (PBS 1X+1% DMSO). Se extrajo ADN de alto peso molecular del cerebro central excluyendo lóbulos ópticos y se secuenció mediante ONT. Los datos fueron procesados con minimap2 contra un assembly de *novo de Heliconius* y analizados con ont-modkit para cuantificar sitios de metilación. El análisis de ~10.000 reads por muestra mostró una calidad de mapeo del 93,79%. El grupo control presentó 8.431 sitios 5mC (0,228%) y 32.843 sitios 5hmC (0,888%). El tratamiento con RG108 indujo una reducción del 6,48% en 5mC y 3,26% en 5hmC, confirmando hipometilación cerebral inducida por el inhibidor. Actualmente se desarrollan análisis diferenciales por sitio y región para identificar loci específicamente afectados. Este trabajo representa la primera aplicación de secuenciación nativa de metilación en mariposas tropicales, estableciendo las bases metodológicas para futuros estudios que vinculen perfiles epigenéticos con comportamiento.

Abstract

Heliconius erato, a neotropical butterfly known for its complex learning and memory behaviors, represents an emerging model for neurobiological studies. However, the epigenetic mechanisms underlying these behaviors remain unknown due to the lack of technologies capable of resolving native methylation in insect genomes. Oxford Nanopore Technology (ONT) enables the direct detection of epigenetic modifications without chemical treatments, offering superior resolution for methylation analysis in complex genomes. This study evaluated the effect of the methylation inhibitor RG108 on the patterns of 5-methylcytosine (5mC) and 5-hydroxymethylcytosine (5hmC) in brain tissue of *Heliconius erato lativita*. Twenty individuals reared under controlled conditions at the Ikiam University Butterfly House were used, divided into control and experimental groups (n = 10, 5♂/5♀ each). The experimental group received RG108 (2 mM topical application twice daily + 3 mM in diet) for seven days, while the control group received vehicle (PBS 1X + 1% DMSO). High–molecular-weight DNA was extracted from central brain tissue, excluding the optic lobes, and sequenced using ONT. Data were processed with minimap2 against a *de novo Heliconius* assembly and analyzed with ont-modkit to quantify methylation sites. Analysis of ~10,000 reads per sample showed a mapping quality of 93.79%. The control group presented 8,431 5mC sites (0.228%) and 32,843 5hmC sites (0.888%). RG108 treatment induced a 6.48% reduction in 5mC and a 3.26% reduction in 5hmC, confirming brain hypomethylation induced by the inhibitor. Currently, differential analyses by site and region are being developed to identify specifically affected loci. This work represents the first application of native methylation sequencing in tropical butterflies, establishing methodological foundations for future studies linking epigenetic profiles with behavior

Influencia de métodos de secado en la actividad inhibitoria de acetilcolinesterasa y capacidad antioxidante del "*Psilocybe cubensis*"

Influence of drying methods on acetylcholinesterase inhibitory activity and antioxidant capacity of "Psilocybe cubensis"

Alejandro Sebastián Gavidia Cóndor[1], Zulay Marina Niño Ruiz[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1], Julio Lenin Rea Martinez[1], María Belén Macas Granizo[1], Melanie Ochoa Ocampo[1], Thomás Garzón Moreno[1], Karel Diéguez Santana[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia*:* alejandro.gavidia@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El presente estudio aborda la necesidad de generar información científica sobre *Psilocybe cubensis* en Ecuador, hongo que, a pesar de contar con estudios clínicos internacionales que evidencian su potencial terapéutico frente a enfermedades neurodegenerativas, no ha sido investigado en el país desde 2008, lo cual genera una brecha de conocimiento y riesgos asociados a su consumo. El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de distintos métodos de secado en actividad antioxidante y la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa actividad de extractos de *Psilocybe cubensis*. Para ello, se aplicaron tres métodos de secado (deshidratador, estufa y liofilizador) y se obtuvieron extractos mediante maceración en metanol-ácido acético. Para el ensayo enzimático de inhibición de la acetilcolinesterasa se utilizó el método de Ellman en placas de 96 pocillos, y el ensayo antioxidante se realidó mediante el método de captura de radicales libres DPPH, ambos con controles positivos y negativos. Los resultados evidenciaron que el método de secado influye directamente en la bioactividad de los extractos, siendo el de la estufa el que presentó un mejor resultado. Se concluye que esta investigación aporta datos relevantes para la seguridad y el aprovechamiento terapéutico de *Psilocybe cubensis* en Ecuador, sentando una base científica que permitirá avanzar en el estudio de sus posibles aplicaciones frente a enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer y demencia senil.

Abstract

This study addresses the need to generate scientific information on *Psilocybe cubensis* in Ecuador, a mushroom that, despite international clinical studies demonstrating its therapeutic potential against neurodegenerative diseases, has not been investigated in the country since 2008, creating a knowledge gap and consumption-related risks. The objective of this research was to evaluate the influence of different drying methods on the antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibition of *Psilocybe cubensis* extracts. Three drying methods (dehydrator, oven, and lyophilizer) were applied, and extracts were obtained by maceration in methanol–acetic acid. The enzymatic assay for acetylcholinesterase inhibition was performed using Ellman's method in 96-well plates, and antioxidant activity was assessed through the DPPH free radical scavenging assay, both with positive and negative controls. The results showed that the drying method directly influences the bioactivity of the extracts, with the oven-dried samples showing the best results. It is concluded that this research provides relevant data for the safety and therapeutic use of *Psilocybe cubensis* in Ecuador, establishing a scientific basis to advance the study of its potential applications against neurodegenerative diseases such as Alzheimer's and senile dementia.

Comparación del perfil químico de mieles de *Melipona* y *Apis mellifera*, y evaluación antioxidante en *Melipona* de Chontapunta, Napo, Ecuador

Comparison of the chemical profile of Melipona *and* Apis mellifera *honeys, and antioxidant evaluation of* Melipona *from Chontapunta, Napo, Ecuador*

Angiely Valeria Camacho Aguilar[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1], Maria Cristina Peñuela Mora[1], Jose Alejandro Abata Romero[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: angielycamacho08@hotmail.com

Resumen

La miel de abejas nativas representa un recurso de interés creciente por su diversidad de compuestos bioactivos y su potencial aplicación en el ámbito de la salud y la alimentación. El presente estudio tuvo como objetivo comparar el perfil químico de mieles producidas por abejas sin aguijón (*Melipona grandis, Melipona fuscopilosa y Tetragonisca angustula*) con la miel de *Apis mellifera*, y evaluar la capacidad antioxidante en las tres especies de abeja sin aguijón, con el fin de identificar diferencias químicas que contribuyan a la caracterización y valorización de estos productos. La investigación se realizó en la parroquia Chontapunta, en el cantón Tena, provincia Napo, Ecuador. Para el análisis de compuestos orgánicos volátiles se empleó cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas con espacio de cabeza (HS-GC-MS), mientras que la capacidad antioxidante se determinó mediante el método ABTS en un diseño comparativo. Los resultados mostraron que las mieles de abejas sin aguijón se caracterizaron por la presencia exclusiva de compuestos como alfa-pineno, 2-heptanol, acetofenona y alcohol estearílico, ausentes en las muestras de A. mellifera, mientras que en la miel de esta última especie predominaron el hotrienol, el alcanfor y el p-anisaldehído. En cuanto a la actividad antioxidante, *Tetragonisca angustula* presentó los valores más altos entre las especies de abejas sin aguijón, asociándose principalmente con compuestos como ciclohexanona y p-anisaldehído, sin descartar la acción sinérgica de otros metabolitos aún no identificados.

Abstract

Honey produced by native bees represents a resource of growing interest due to its diversity of bioactive compounds and potential applications in health and nutrition. The present study aimed to compare the chemical profile of honeys produced by stingless bees (*Melipona grandis*, *Melipona fuscopilosa*, and *Tetragonisca angustula*) with that of *Apis mellifera*, and to evaluate the antioxidant capacity in the three stingless bee species to identify chemical differences contributing to their characterization and valorization. The research was conducted in the Chontapunta parish, Tena canton, Napo province, Ecuador. For the analysis of volatile organic compounds, headspace gas chromatography coupled with mass spectrometry (HS-GC-MS) was employed, while antioxidant capacity was determined using the ABTS method in a comparative design. The results showed that stingless bee honeys were characterized by the exclusive presence of compounds such as alpha-pinene, 2-heptanol, acetophenone, and stearyl alcohol, which were absent in *A. mellifera* samples, while the honey of the latter species was dominated by hotrienol, camphor, and p-anisaldehyde. Regarding antioxidant activity, *Tetragonisca angustula* showed the highest values among stingless bee species, mainly associated with compounds such as cyclohexanone and p-anisaldehyde, without excluding the synergistic action of other unidentified metabolites.

Evaluación del perfil químico y biológico de extractos de *Trametes* sp. recolectados en la Reserva Biológica Colonso Chalupas.

Evaluation of the chemical and biological profile of Trametes *sp. extracts collected in the Colonso Chalupas Biological Reserve*

Anthony Jose Balcazar Sinailin[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: anthony.balcazar@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La Amazonía ecuatoriana es uno de los ecosistemas más biodiversos del planeta, sin embargo, gran parte de sus recursos fúngicos continúan subvalorados. Entre ellos, el hongo medicinal del género *Trametes* representa un organismo de alto interés por su potencial terapéutico y biotecnológico, gracias a la producción de metabolitos secundarios que se asocian con numerosas actividades biológicas. A pesar de su relevancia mundial, en Ecuador existe escasa documentación científica sobre las especies locales de *Trametes*, particularmente en lo que respecta a su composición química y actividad biológica. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el perfil químico y las actividades biológicas de los extractos del cuerpo fructífero, micelio y líquido de fermentación de *Trametes* sp., recolectado en la Reserva Biológica Colonso Chalupas. Para ello, se determinó el contenido de compuestos bioactivos en los extractos, mediante pruebas químicas cualitativas y cuantitativas. Además, se evaluó la capacidad antimicrobiana, el potencial anticancerígeno sobre células MCF7 y su toxicidad hemolítica mediante ensayos de viabilidad celular, migración transmembrana y hemólisis. Los resultados destacan a *Trametes* sp. como una fuente prometedora de compuestos bioactivos con potencial farmacológico contra una variedad de patógenos y líneas celulares de cáncer. En consecuencia, proporcionamos un análisis químico y biológico de *Trametes* sp. donde reportamos, el primer estudio de esta especie de hongo para la Amazonía ecuatoriana, lo que resalta la importancia de conservar la biodiversidad amazónica y sus recursos fúngicos.

Abstract

The Ecuadorian Amazon is one of the most biodiverse ecosystems on the planet; however, much of its fungal resources remain undervalued. Among them, the medicinal fungus of the genus *Trametes* represents an organism of high interest for its therapeutic and biotechnological potential, owing to the production of secondary metabolites associated with numerous biological activities. Despite its global relevance, Ecuador has scarce scientific documentation on local *Trametes* species, particularly regarding their chemical composition and biological activity. The present study aims to evaluate the chemical profile and biological activities of extracts from the fruiting body, mycelium, and fermentation broth of *Trametes* sp., collected in the Colonso Chalupas Biological Reserve. To this end, the content of bioactive compounds in the extracts was determined through qualitative and quantitative chemical assays. In addition, antimicrobial capacity, anticancer potential against MCF7 cells, and hemolytic toxicity were evaluated via cell viability, transmembrane migration, and hemolysis assays. The results highlight *Trametes* sp. as a promising source of bioactive compounds with pharmacological potential against a variety of pathogens and cancer cell lines. Consequently, we provide a chemical and biological analysis of *Trametes* sp., reporting the first study of this fungal species for the Ecuadorian Amazon, underscoring the importance of conserving Amazonian biodiversity and its fungal resources.

A bio-circular approach for swine wastewater utilization at Ecuador's Amazon Rainforest

Enfoque bio-circular para el aprovechamiento de aguas residuales porcinas en la amazonía ecuatoriana

Diego Nieto[1], Mishell Cruz Quimbita[1], Marcela Cabrera[1], Carolina Ñacato Chicaiza[1], Bjorge Decostere[2], Christine Van der Heyden[2], Jorge Celi[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 University of Applied Science and Arts

Autor de correspondencia: diego.nieto@ikiam.edu.ec

Resumen

En 2022, Ecuador produjo aproximadamente 950 mil cerdos, de los cuales 4.700 fueron producidos en Napo, una provincia amazónica de Ecuador. La mayor parte de la producción en Napo proviene de granjas porcinas de baja tecnología que generan aguas residuales sin tratar, causando contaminación del suelo y del agua. Por lo tanto, para reducir la contaminación ambiental de estas granjas porcinas de baja tecnología, se investigó la eliminación de amonio de aguas residuales porcinas utilizando *Arthrospira platensis*. Las aguas residuales porcinas fueron recolectadas de una granja porcina de baja tecnología cercana a la Universidad Regional Amazónica Ikiam. Luego, las aguas residuales se diluyeron con agua destilada, obteniendo las siguientes fracciones de aguas residuales crudas: 100% (T1), 75% (T2), 50% (T3) y 25% (T4). Después de eso, en un matraz Boeco de 1,0 L se añadieron 0,2 L de A. platensis en fase exponencial (0,57 g L-1, peso húmedo) más 0,7 L de aguas residuales porcinas (100%, 75%, 50%, 25%), cada tratamiento se realizó por triplicado. Posteriormente, los matraces se mantuvieron fuera del laboratorio durante 28 días. Todos los matraces fueron aireados constantemente con el fotoperiodo del campo (12/12) y la temperatura del campo (28,6±2,4 °C). Después de 28 días, la concentración de biomasa más alta obtenida fue de 2,67±0,002 g L-1 (base seca) para T4, seguida por T2, T1 y T3. Este tratamiento T4 también presentó la máxima productividad de 0,17±0,9 g L-1 día-1 (base seca) en el día 21. Además, la eliminación media de amonio fue de 95,68±0,27% (T1), 94,26±2,13% (T2), 92,42±1,96% (T3) y 87,64±0,87% (T4). Adicionalmente, T4 presentó 39,85% de COT y 6,59% de NT. Con base en estos resultados, se puede concluir que *Arthrospira platensis* podría utilizarse para la eliminación de amonio de aguas residuales porcinas, lo que conduciría a una reducción

de la contaminación ambiental causada por granjas porcinas de baja tecnología en la región amazónica del Ecuador, al tiempo que se produce biomasa algal valorizable.

Abstract

In 2022, Ecuador produced approximately 950 thousand pigs from which 4,700 pigs were produced in Napo, an Amazonian Province of Ecuador. Most of the production in Napo comes from low-tech pig farms which generate untreated wastewater causing soil and water pollution. Therefore, to reduce environmental contamination from such low-tech pig farms, ammonium removal from swine wastewater using *Arthrospira platensis* was investigated. Swine wastewater was collected from a low-tech pig farm near to Universidad Regional Amazónica Ikiam. Then, the wastewater was diluted with distilled water, resulting in the following fractions of raw wastewater: 100% (T1), 75% (T2), 50% (T3), and 25% (T4). After that, in a 1.0L Boeco flask 0.2L of A. platensis in exponential phase (0.57 g L-1, wet weight) plus 0.7L of swine wastewater (100%, 75%, 50%, 25%) were added, each treatment was performed in 3-fold. Subsequently, the flasks were maintained outside the laboratory for 28 days. All the flasks were constantly aerated with field photoperiod (12/12) and field temperature (28.6±2.4 °C). After 28 days, the highest biomass concentration obtained was 2.67±0.002 g L-1 (dry basis) for T4 followed by T2, T1, and T3. This T4 treatment also presented the maximum productivity 0.17±0.9 g L-1 day-1(dry basis) at the 21st day. Additionally, mean ammonium removal was 95.68±0.27% (T1), 94.26±2.13% (T2), 92.42±1.96% (T3), and 87.64±0.87% (T4). Additionally, T4 presented 39.85% TOC and 6.59%TN. Based on these results, it can be concluded that *Arthrospira platensis* could be used for ammonium removal from swine wastewater, leading to a reduction of the environmental pollution caused by low-tech pig farms in Ecuador's Amazon region while producing valorizable algal biomass.

Producción de ácidos grasos volátiles a partir de residuos de yuca mediante digestión anaerobia con biochar y líquido ruminal

Production of volatile fatty acids from cassava waste through anaerobic digestion with biochar and rumen fluid

Joshua Pazmiño Toledo[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: joshua.pazmino@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La administración de residuos orgánicos mediante digestión anaerobia, se ha posicionado como una tecnología con potencial para la síntesis de ácidos grasos volátiles (AGVs), reduciendo los tiempos de fermentación y cambios de pH. Los subproductos generados durante el proceso anaerobio para la síntesis de AGVs pueden derivar en productos como: bioplásticos, biofertilizantes, fuentes de biogás y desnitrificantes de aguas residuales. Por ello, la presente revisión bibliográfica comprende los conocimientos actuales sobre la utilización de materias primas accesibles para la producción de AGVs, mediante la utilización de residuos agroindustriales, lodos depurados y materia lignocelulósica. Además, la incorporación de biochar y líquido ruminal como herramientas biotecnológicas económicas, incidiendo en una mayor eficiencia de fermentación bajo condiciones controladas a partir de los residuos incorporados al medio. La adición de 5 a 20 g/L de biochar ha demostrado incrementos de hasta un 35% en la producción de AGVs. Por su parte, el líquido ruminal, un inóculo rico en enzimas hidrolíticas, acelera la degradación de polisacáridos hasta en un 42% para su posterior transformación en AGVs, además de reducir los tiempos de retención hidráulica (HRT) en un 20%. Tomando en cuenta el modelado cinético con aguas residuales de yuca, se han llegado a producir hasta 13,5 g/L de AGVs a un pH inicial de 10 con 5,9 g/L de sólidos volátiles (SV), esto con la finalidad de inhibir la proliferación de microorganismos consumidores de AGVs. La codigestión de residuos celulósicos y almidones en adición de biochar junto con fluido ruminal se presenta como una alternativa con la capacidad de potenciar la valorización de residuos en zonas rurales de la Amazonía ecuatoriana, con la incorporación de biodigestores tubulares. La adición de estos elementos tiene como objetivo evaluar los productos derivados de fermentación anaerobia para el manejo de los residuos alimentarios en la industria amazónica.

Abstract

The management of organic waste through anaerobic digestion has emerged as a promising technology for the synthesis of volatile fatty acids (VFAs), reducing fermentation times and pH fluctuations. The byproducts generated during the anaerobic process for VFA synthesis can lead to the production of valuable compounds such as bioplastics, biofertilizers, biogas sources, and wastewater denitrifying agents. This literature review compiles current knowledge on the use of accessible raw materials for VFA production through the utilization of agro-industrial residues, treated sludge, and lignocellulosic matter. Additionally, the incorporation of biochar and rumen fluid as low-cost biotechnological tools has been shown to enhance fermentation efficiency under controlled conditions using the residues introduced into the medium. The addition of 5 to 20 g/L of biochar has demonstrated increases of up to 35% in VFA production. Meanwhile, rumen fluid —an inoculum rich in hydrolytic enzymes— accelerates the degradation of polysaccharides by up to 42% for subsequent transformation into VFAs and reduces hydraulic retention time (HRT) by 20%. According to kinetic modeling using cassava wastewater, up to 13.5 g/L of VFAs can be produced at an initial pH of 10 with 5.9 g/L of volatile solids (VS), aimed at inhibiting the proliferation of VFA-consuming microorganisms. The co-digestion of cellulosic residues and starches with the addition of biochar and rumen fluid represents an alternative capable of enhancing waste valorization in rural areas of the Ecuadorian Amazon through the implementation of tubular biodigesters. The inclusion of these elements aims to evaluate the fermentation-derived products from anaerobic digestion for improved management of food waste within the Amazonian agro-industrial sector.

Análisis comparativo de la microbiota intestinal de *Gallus gallus domesticus* alimentados con larvas de *Hermetia illucens* en Quevedo, Ecuador

Comparative analysis of the intestinal microbiota of Gallus gallus domesticus *fed with* Hermetia illucens *larvae in Quevedo, Ecuador*

Isabel Manosalvas Villacís[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: isabel.manosalvas@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La avicultura es un sector clave en la economía ecuatoriana, pero la dependencia de harina de pescado en la alimentación de *Gallus gallus domesticus* genera impactos ambientales negativos. La harina de larvas de Hermetia illucens se propone como una alternativa sostenible; no obstante, se desconoce su efecto sobre la microbiota intestinal del pollo en condiciones locales. El objetivo consistió en comparar la diversidad y funcionalidad potencial de la microbiota intestinal de pollos alimentados con harina de pescado frente a dietas con diferentes proporciones de *H. illucens*. Se utilizaron individuos distribuidos en cuatro tratamientos (0%, 25%, 50% y 100% de harina de *H. illucens*, complementado con harina de pescado). Se evaluaron parámetros como peso y supervivencia. Además, se colectaron 20 muestras del tracto gastrointestinal, se extrajo ADN, y se amplificó la región V4 del gen 16S rRNA mediante PCR de dos pasos. Las muestras fueron secuenciadas por Illumina y se analizarán con herramientas bioinformáticas para evaluar diversidad (índices de Shannon, Simpson y Bray-Curtis) y funcionalidad potencial (PICRUSt2 o Tax4Fun2). Se obtuvo una correcta amplificación (~300 bp), indicando éxito en la preparación de librerías. Se espera encontrar diferencias significativas en la composición microbiana entre tratamientos y un enriquecimiento de funciones asociadas a la digestión, producción de vitaminas y salud intestinal en los grupos con *H. illucens*. Estos resultados aportarían evidencia a favor de su uso como fuente proteica sostenible y funcional en la nutrición avícola, reemplazando el uso de harina de pescado.

Abstract

Poultry farming is a key sector in Ecuador's economy; however, the reliance on fishmeal in the diet of *Gallus gallus domesticus* generates negative environmental impacts. *Hermetia illucens* (black soldier fly) larvae meal has been proposed as a sustainable alternative; nonetheless, its effect on the chicken's intestinal microbiota under local conditions remains unknown. The objective was to compare the diversity and potential functionality of the intestinal microbiota of chickens fed with fishmeal-based diets versus diets containing different proportions of *H. illucens*. Individuals were distributed into four treatments (0%, 25%, 50%, and 100% *H. illucens* meal, complemented with fishmeal). Parameters such as body weight and survival were evaluated. Additionally, 20 gastrointestinal tract samples were collected, DNA was extracted, and the V4 region of the 16S rRNA gene was amplified using a two-step PCR. Samples were sequenced on an Illumina platform and will be analyzed using bioinformatics tools to assess diversity (Shannon, Simpson, and Bray-Curtis indices) and potential functionality (PICRUSt2 or Tax4Fun2). Successful amplification (~300 bp) has been achieved, indicating proper library preparation. Significant differences in microbial composition are expected among treatments, as well as an enrichment of functions related to digestion, vitamin production, and intestinal health in groups fed with *H. illucens*. These findings would provide evidence supporting its use as a sustainable and functional protein source in poultry nutrition, replacing fishmeal.

Explorando la micorremediación de hidrocarburos: actividad enzimática de *Favolus tenuiculus* según el sustrato maderable de cultivo

Exploring hydrocarbon mycoremediation: enzymatic activity of Favolus tenuiculus *as a function of the wood substrate used for cultivation*

Carlos Palacios Almeida[1], Evelyn Andrea Oña Lugmaña[1], Silvia Alejandra Llerena Gordillo[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: carlos.palacios@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La presencia de hidrocarburos en suelos representa un desafío ambiental por su toxicidad. La micorremediación es una alternativa prometedora en la que *Favolus tenuiculus* destaca por su producción de enzimas degradadoras de lignina. El objetivo de esta investigación fue evaluar la producción enzimática de F. tenuiculus según sustrato de crecimiento. El estudio incluyó la caracterización morfológica, microscópica y molecular mediante tinción con azul de metileno, amplificación y secuenciación con espaciadores internos transcritos (ITS 1, ITS2 e ITS 4). La determinación enzimática fue evaluada según el tipo de sustrato entre Piwi y Balsa. El ensayo para medir la actividad enzimática fue basado en la oxidación al radical (ABTS y lactato Mn+3). En la identificación microscópica se visualizó un sistema hifal dimítico con hifas generativas y esqueléticas y basidiosporas cilíndricas hialinas. La identificación molecular resultó en *F. tenuiculus* con 98,5% de identidad. La producción enzimática al día 10 fue mayor en el crecimiento del hongo en Piwi que en Balsa, dando valores de 82,14 UL (± 0,0183), 5,40 UL (± 0,731) y 44,21 UL (± 0,0227), para lacasas, Lignina Peroxidasa, Manganeso Peroxidasa, respectivamente. Los resultados obtenidos evidencian el potencial de *Favolus tenuiculus* como hongo productor de enzimas lignolíticas, siendo Piwi el sustrato más favorable. En base a estos niveles de actividad, se anticipa un alto potencial de degradación de hidrocarburos en condiciones in vitro, posicionando a *F. tenuiculus* como un posible candidato prometedor para estrategias de micorremediación en suelos contaminados.

Abstract

The presence of hydrocarbons in soils poses an environmental challenge due to their toxicity. Mycoremediation is a promising alternative in which *Favolus tenuiculus* stands out for its production of lignin-degrading enzymes. The objective of this research was to evaluate the enzymatic production of *F. tenuiculus* as a function of growth substrate. The study included morphological, microscopic, and molecular characterization using methylene blue staining and amplification and sequencing of internal transcribed spacers (ITS1, ITS2, and ITS4). Enzymatic determination was assessed by substrate type between Piwi and balsa. The assay to measure enzymatic activity was based on oxidation to the radical (ABTS and Mn^{3+} lactate). Microscopic identification revealed a dimitic hyphal system with generative and skeletal hyphae and hyaline cylindrical basidiospores. Molecular identification yielded *F. tenuiculus* with 98.5% identity. On day 10, enzyme production was higher during fungal growth on Piwi than on balsa, with values of 82.14 UL (± 0.0183), 5.40 UL (± 0.731), and 44.21 UL (± 0.0227) for laccases, lignin peroxidase, and manganese peroxidase, respectively. The results obtained demonstrate the potential of *Favolus tenuiculus* as a producer of ligninolytic enzymes, with Piwi as the most favorable substrate. Based on these activity levels, a high hydrocarbon-degradation potential is anticipated under in vitro conditions, positioning *F. tenuiculus* as a promising candidate for mycoremediation strategies in contaminated soils.

Caracterización ontogénica del veneno de la serpiente *Micrurus helleri* en la provincia de Pastaza, Ecuador

Ontogenetic characterization of the venom of the snake Micrurus helleri *in Pastaza province, Ecuador*

Yomaira Alexandra Pillajo Montalvo[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: yomaira.pillajo@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El veneno de serpientes del género *Micrurus* presenta una elevada variabilidad intraespecífica, influenciada por factores genéticos, ecológicos y ontogenéticos. En Ecuador, *Micrurus helleri* es una especie de relevancia médica y ecológica cuyo veneno aún no ha sido caracterizado de manera integral. El presente estudio caracterizó la variabilidad ontogenética en la composición proteica del veneno de *M. helleri* de especímenes procedentes de la provincia de Pastaza. Para ello se aplicaron técnicas complementarias de análisis proteico, incluyendo cromatografía líquida de fase reversa (RP-HPLC), electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS-PAGE), espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS), y finalmente los perfiles obtenidos fueron comparados estadísticamente entre neonatos, juveniles y adultos.Los resultados evidenciaron diferencias significativas en la expresión de toxinas. En neonatos se observó un predominio de neurotoxinas de tres dedos (3FTx) ; en juveniles, una mayor proporción de fosfolipasas A_2 (PLA_2) junto con menores proporciones de 3FTx,Metaloproteinasas (SMVS) y L-Amino Oxidasas (LAAO); mientras que en adultos las PLA_2 fueron dominantes, con reducción relativa de 3FTx. Estos patrones confirman una transición progresiva en la composición del veneno a lo largo del desarrollo. Concluyendo que *M. helleri* exhibe una marcada variabilidad intraespecífica asociada al estadio ontogenético, reflejando adaptaciones funcionales a su dieta y ecología. Estos hallazgos aportan información esencial para la toxinología, contribuyen al diseño de antivenenos en la región amazónica y pueden orientar estrategias de conservación de serpientes venenosas en la región.

Abstract

The venom of snakes of the genus *Micrurus* exhibits high intraspecific variability, influenced by genetic, ecological, and ontogenetic factors. In Ecuador, *Micrurus helleri* is a species of medical and ecological relevance whose venom has not yet been comprehensively characterized. This study characterized ontogenetic variability in the protein composition of *M. helleri* venom from specimens collected in Pastaza Province. Complementary proteomic techniques were applied, including reverse-phase liquid chromatography (RP-HPLC), polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE), and tandem mass spectrometry (LC-MS/MS), and the resulting profiles were statistically compared among neonates, juveniles, and adults. The results revealed significant differences in toxin expression: in neonates there was a predominance of three-finger neurotoxins (3FTx); in juveniles, a higher proportion of phospholipases A_2 (PLA_2) together with lower proportions of 3FTx, snake venom metalloproteinases (SVMPs), and L-amino acid oxidases (LAAO); whereas in adults PLA_2 dominated, with a relative reduction of 3FTx. These patterns confirm a progressive transition in venom composition throughout development. We conclude that *M. helleri* exhibits marked intraspecific variability associated with ontogenetic stage, reflecting functional adaptations to its diet and ecology. These findings provide essential information for toxinology, contribute to antivenom design in the Amazon region, and can guide conservation strategies for venomous snakes in the region.

Caracterización química y actividad antimicrobiana de fracciones de la bacteria probiótica *Vibrio diabolicus* (Ili) mediante redes moleculares

Chemical characterization and antimicrobial activity of fractions from the probiotic bacterium Vibrio diabolicus *(Ili) via molecular networking*

Emilie Mishell Granda Moreira[1], Cristian D. Quiroz[2], Jefferson Pastuña[1], Jenny Rodríguez[3], Martha Borbor[3], Melanie Ochoa Ocampo[1], Nina Espinosa de los Monteros[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1], Ricardo Palma[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 The Ohio State University

3 Escuela Superior Politécnica del Litoral

Autor de correspondencia*:* emilie.granda@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Las bacterias constituyen un reservorio exorbitante de compuestos bioactivos. Entre ellas, bacterias marinas, un área poco estudiada que ha revelado gran potencial de inhibir patógenos clínicamente significativos debido a la adaptación a condiciones únicas de su entorno, ofreciendo inspiración para nuevos medicamentos. Este estudio se centra en caracterizar químicamente compuestos bioactivos extraídos de fracciones acuosas y metanólicas de la cepa probiótica "Ili" de *Vibrio diabolicus* al sufrir por estrés. La bacteria es cultivada en cinco medios diferentes (peptona, levadura, almidón con peptona, almidón con levadura y triptona con levadura) con distintas composiciones de carbono y nitrógeno. La composición química fue analizada mediante UPLC-MS/MS en modo de ionización positivo y negativo, junto con adquisición dependiente de datos (FastDDA). Los datos fueron procesados en MZmine y transferidos a GNPS para su identificación a través del algoritmo FBMN, lo que permitió observar la agrupación de compuestos de familias estructurales semejantes. Además, se evaluó cualitativamente la actividad antimicrobiana de las fracciones (10 mg/mL) contra *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Candida albicans*, y cepas resistentes a ampicilina de *Pseudomona aeruginosa, Klebsiella pneumoniae* y *Bacillus subtilis*. Las fracciones metanólicas demostraron actividad al menos contra un microorganismo, mientras, las fracciones acuosas no tuvieron actividad antimicrobiana. Las fracciones metanólicas mostraron mayor eficiencia de extracción de metabolitos bioactivos y el medio almidón con levadura de esta fracción

emergió como la más activa, inhibiendo todas las cepas probadas. Estos resultados están relacionados con 13 moléculas identificadas presentes en las fracciones metanólicas. La caracterización química reveló familias de compuestos de glicerofosfolípidos (PE(16:0/0:0)), compuestos nitrógenados (tetradecildietanolamina) y ácidos carboxílicos (ornitina). Estos compuestos según bibliografía poseen propiedades antimicrobianas, respaldando la actividad biológica observada. Este estudio explora como se modula el metaboloma de *V. diabolicus*, proporcionando información valiosa para futuras investigaciones sobre la producción de metabolitos bioactivos y sus propiedades antimicrobianas.

Abstract

Bacteria constitute a vast reservoir of bioactive compounds; among them, marine bacteria, an understudied field have revealed great potential to inhibit clinically significant pathogens due to their adaptation to unique environmental conditions, offering inspiration for new drugs. This study focuses on the chemical characterization of bioactive compounds extracted from aqueous and methanolic fractions of the probiotic strain "Ili" of *Vibrio diabolicus* under stress. The bacterium was cultured in five different media (peptone, yeast, starch with peptone, starch with yeast, and tryptone with yeast) with varying carbon and nitrogen compositions. Chemical composition was analyzed by UPLC–MS/MS in positive and negative ionization modes, together with data-dependent acquisition (FastDDA). Data were processed in MZmine and transferred to GNPS for identification via the FBMN algorithm, which allowed observation of the clustering of compounds into structurally related families. In addition, the antimicrobial activity of the fractions (10 mg/mL) was qualitatively evaluated against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, and ampicillin-resistant strains of *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Bacillus subtilis*. The methanolic fractions showed activity against at least one microorganism, whereas the aqueous fractions exhibited no antimicrobial activity. The methanolic fractions displayed greater extraction efficiency of bioactive metabolites, and the starch-with-yeast medium for this fraction emerged as the most active, inhibiting all tested strains. These results are associated with 13 identified molecules present in the methanolic fractions. Chemical characterization revealed families of compounds including glycerophospholipids (PE(16:0/0:0)), nitrogenous compounds (tetradecyl diethanolamine), and carboxylic acids (ornithine). According to the literature, these compounds possess antimicrobial properties, supporting the observed biological activity. This study explores how the metabolome of *V. diabolicus* is modulated, providing valuable information for future research on the production of bioactive metabolites and their antimicrobial properties.

Análisis transcriptómico de la piel de la rana *Agalichnis spurrelli* en busca de péptidos bioactivos

Transcriptomic analysis of the skin of the frog Agalichnis spurrelli *in search of bioactive peptides*

Kevin Alexander Verduga Giler[1], Giovanna Cristina Morán[2], Carolina Del Carmen Proaño Bolaños[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Autor Independiente

Autor de correspondencia*:* kevin.verduga@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Tradicionalmente, la identificación de péptidos bioactivos en anfibios se lleva a cabo mediante clonaje molecular, técnica que emplea cebadores específicos para amplificar transcritos (ARNm) de péptidos. Sin embargo, esta estrategia presenta limitaciones, ya que la eficacia depende de la similitud de los cebadores con secuencias de los precursores peptídicos, lo que restringe la diversidad de péptidos descubiertos. Frente a estas restricciones, la transcriptómica se consolida como una herramienta innovadora, capaz de analizar de manera masiva los transcritos expresados y permitir la identificación de un repertorio más amplio de péptidos cutáneos. El presente estudio tuvo como objetivo analizar el transcriptoma de la piel de *Agalychnis spurrelli* para identificar y caracterizar péptidos bioactivos. Para ello, el ARN mensajero se extrajo a partir de la pie y de secreción cutánea mediante perlas magnéticas y se construyeron bibliotecas de ADNc que fueron secuenciadas en la plataforma Illumina. Posteriormente, las lecturas obtenidas se sometieron a un control de calidad con FastQC y a la eliminación de adaptadores y bases de baja calidad mediante Trimmomatic. El ensamblaje se realizó con Trinity y los transcritos resultantes se depuraron con CD-HIT para reducir redundancias. Las secuencias se procesaron con TransDecoder en Galaxy para predecir marcos de lectura abierta y luego fueron filtradas mediante un script en R orientado a identificar regiones conservadas del péptido señal. Finalmente, las secuencias candidatas se compararon mediante BLASTp con bases de datos de péptidos previamente descritos en el NCBI. Como resultado, se identificaron 14 secuencias correspondientes a péptidos bioactivos ya reportados y se descubrieron 3 secuencias de péptidos nuevos. Estos últimos fueron caracterizados *in silico*. Este estudio demuestra la utilidad del análisis transcriptómico en el descubrimiento de péptidos bioactivos de la piel de anfibios.

Abstract

Traditionally, the identification of bioactive peptides in amphibians has been carried out through molecular cloning, a technique that uses specific primers to amplify peptide transcripts (mRNA). However, this strategy has limitations, as its effectiveness depends on primer similarity to precursor peptide sequences, which restricts the diversity of peptides discovered. In response to these constraints, transcriptomics has emerged as an innovative tool capable of massively analyzing expressed transcripts and enabling the identification of a broader repertoire of skin peptides. The present study aimed to analyze the skin transcriptome of *Agalychnis spurrelli* to identify and characterize bioactive peptides. To this end, messenger RNA was extracted from the skin and cutaneous secretion using magnetic beads, and cDNA libraries were constructed and sequenced on the Illumina platform. The resulting reads were then subjected to quality control with FastQC and to adapter and low-quality base removal with Trimmomatic. Assembly was performed with Trinity, and the resulting transcripts were curated with CD-HIT to reduce redundancy. Sequences were processed with TransDecoder in Galaxy to predict open reading frames and were subsequently filtered using an R script designed to identify conserved regions of the signal peptide. Finally, candidate sequences were compared via BLASTp against databases of previously described peptides in NCBI. As a result, 14 sequences corresponding to previously reported bioactive peptides were identified, and 3 novel peptide sequences were discovered; the latter were characterized in silico. This study demonstrates the utility of transcriptomic analysis in the discovery of bioactive peptides from amphibian skin.

Caracterización por LC-MS/MS de ácidos cafeoilquínicos en *Ilex guayusa* en diferentes sitios de recolección, edad de la planta y exposición a la luz solar

LC–MS/MS characterization of caffeoylquinic acids in Ilex guayusa *across collection sites, plant age, and sunlight exposure*

Thomás Garzón Moreno[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1], Zulay Marina Niño Ruiz[1], Jefferson Pastuña[1], Melanie Ochoa Ocampo[1], Nina Espinosa de los Monteros[1], Karel Diéguez Santana[1], Mateo Andrei Fernández Valverde[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia*:* thomas.garzon@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Ilex guayusa Loes., es una planta amazónica de creciente interés científico y comercial, la cual se ha caracterizado tradicionalmente por su contenido en cafeína; sin embargo, estudios recientes revelan que posee altas concentraciones de ácidos clorogénicos (CGA), metabolitos con reconocida actividad antioxidante y potenciales beneficios en patologías cardiovasculares, metabólicas y neurodegenerativas. El objetivo de este trabajo fue perfilar e identificar los isómeros de ácidos cafeoilquínicos en *I. guayusa* bajo diferentes factores ambientales y biológicos: sitio de colecta, edad de la planta y exposición a la luz solar. Se recolectaron hojas en tres localidades de la provincia de Napo, Ecuador (Talag, Alto Pano y Alto Tena), estratificadas en tres grupos de edad (temprana, media y madura) y dos condiciones de luminosidad (sombra y sol). Los extractos fueron analizados mediante cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (UPLC-QTOF-MS/MS) en modos de ionización positiva y negativa, aplicando un método Data-Dependent Acquisition (FastDDA) y procesados en MZmine. La identificación de metabolitos se realizó a nivel 1 con estándares comerciales y a nivel 2 mediante comparación espectral con bases de datos públicas en GNPS y análisis de redes moleculares (Feature-Based Molecular Networking) visualizadas en Cytoscape. Se identificaron y anotaron múltiples isómeros de ácidos cafeoilquínicos, incluyendo ácido clorogénico y neoclorogénico, así como sus formas oxidadas (quinonas). Los resultados muestran que las mayores abundancias relativas de estos compuestos se registraron en plantas jóvenes expuestas a condiciones de alta luminosidad, lo que evidencia la influencia conjunta de la edad y la radiación solar en la biosíntesis de CGA. En conclusión,

este estudio aporta evidencia robusta sobre la variabilidad química de *I. guayusa* y resalta la importancia de los factores ecológicos en la acumulación de metabolitos con relevancia funcional, contribuyendo a su valoración biotecnológica y al entendimiento de su potencial como recurso nutracéutico.

Abstract

Ilex guayusa Loes., is an Amazonian plant of growing scientific and commercial interest, traditionally characterized by its caffeine content; however, recent studies reveal high concentrations of chlorogenic acids (CGA), metabolites with recognized antioxidant activity and potential benefits in cardiovascular, metabolic, and neurodegenerative conditions. The objective of this work was to profile and identify caffeoylquinic acid isomers in *I. guayusa* under different environmental and biological factors: collection site, plant age, and sunlight exposure. Leaves were collected at three localities in Napo Province, Ecuador (Talag, Alto Pano, and Alto Tena), stratified into three age groups (early, intermediate, and mature) and two light conditions (shade and sun). Extracts were analyzed by high-resolution liquid chromatography–mass spectrometry (UPLC-QTOF-MS/MS) in positive and negative ionization modes, applying a Data-Dependent Acquisition (FastDDA) method and processed in MZmine. Metabolite identification was performed at level 1 with commercial standards and at level 2 by spectral matching against public databases in GNPS and molecular networking analyses (Feature-Based Molecular Networking) visualized in Cytoscape. Multiple caffeoylquinic acid isomers were identified and annotated, including chlorogenic and neochlorogenic acids, as well as their oxidized forms (quinones). The results show that the highest relative abundances of these compounds were recorded in young plants exposed to high-light conditions, evidencing the joint influence of age and solar radiation on CGA biosynthesis. In conclusion, this study provides robust evidence on the chemical variability of *I. guayusa* and highlights the importance of ecological factors in the accumulation of functionally relevant metabolites, contributing to its biotechnological valuation and to understanding its potential as a nutraceutical resource.

Generación de electricidad y análisis *in silico* de las proteínas MerA, PbrA, CopA y PcoA en bacterias poliextremófilas utilizando relaves mineros en celdas de combustible microbianas

Electricity generation and in silico *analysis of MerA, PbrA, CopA, and PcoA proteins in polyextremophilic bacteria using mining tailings in microbial fuel cells*

Joana Iza[1], Jennifer Cuadrado[1], Henry Cando[1], Igor Astudillo[1], Celso Recalde[1]

1 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Resumen

La generación simultánea de bioelectricidad y la remediación de metales pesados representan una estrategia biotecnológica innovadora para enfrentar la contaminación ambiental en zonas mineras. El estudio evaluó la capacidad electrogénica y de biorremediación de consorcios bacterianos poliextremófilos, integrados por *Bacillus stratosphericus* en co-cultivo con *Psychrobacter alimentarius* o *Trichococcus patagoniensis*, utilizando relaves mineros del distrito Zaruma-Portovelo (Ecuador) como sustrato en celdas de combustible microbianas sumergidas. El análisis *in silico* se realizó utilizando el servidor BlastP del NCBI. Se obtuvieron altas densidades de potencia para ambos consorcios, mostrando una destacada capacidad electrogénica, alcanzando densidades de potencia superiores a 1200 mW/m². En paralelo, se evidenció una notable eficiencia de los co-cultivos en la remoción de metales pesados, mercurio (hasta 97,48%), plomo (94,69%) y cobre (21,06%), así como una detoxificación de materia orgánica superior al 98%. El análisis *in silico* reveló la presencia de genes que codifican proteínas clave en la resistencia a metales pesados: MerA, PbrA, CopA y PcoA, confirmando el potencial metabólico adaptativo de estas bacterias en ambientes extremos. La formación de biopelículas bacterianas fue confirmada mediante microscopía electrónica de barrido, y la degradación de compuestos orgánicos se verificó por espectroscopía FTIR, observándose una correlación positiva entre la estructura del biofilm y la generación de corriente. Estos hallazgos demuestran que los microorganismos poliextremófilos nativos no solo toleran condiciones hostiles, sino que también desempeñan un rol activo en la transformación energética y la remediación de contaminantes complejos, ofreciendo aplicaciones prometedoras para mitigar los retos ambientales en las regiones mineras.

Abstract

The simultaneous generation of bioelectricity and heavy metal remediation represents an innovative biotechnological strategy to address environmental pollution in mining areas. This study evaluated the electrogenic and bioremediation capacity of polyextremophilic bacterial consortia composed of *Bacillus stratosphericus* co-cultured with *Psychrobacter alimentarius* or *Trichococcus patagoniensis*, using mining tailings from the Zaruma-Portovelo district (Ecuador) as substrate in submerged microbial fuel cells. The *in silico* analysis was performed using the NCBI BlastP server. High power densities were obtained for both consortia, demonstrating outstanding electrogenic capacity, with values exceeding 1200 mW/m². In parallel, the co-cultures showed remarkable efficiency in the removal of heavy metals—mercury (up to 97.48%), lead (94.69%), and copper (21.06%)—as well as organic matter detoxification above 98%. The *in silico* analysis revealed the presence of genes encoding key proteins involved in heavy metal resistance (MerA, PbrA, CopA, and PcoA), confirming the adaptive metabolic potential of these bacteria in extreme environments. Bacterial biofilm formation was confirmed through scanning electron microscopy, and the degradation of organic compounds was verified by FTIR spectroscopy, showing a positive correlation between biofilm structure and current generation. These findings demonstrate that native polyextremophilic microorganisms not only tolerate harsh conditions but also play an active role in energy transformation and complex contaminant remediation, offering promising applications to mitigate environmental challenges in mining regions.

Micractinium inermum para la generación de energía y la remoción de metales pesados de aguas residuales mineras mediante celdas de combustible microbianas

Micractinium inermum *for energy generation and heavy metal removal from mining wastewater using microbial fuel cells*

Jennifer Cuadrado[1], Joana Iza[1], Igor Astudillo[1], Celso Recalde[1]

1 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Resumen

Este estudio investigó los efectos sinérgicos de *Micractinium inermum* como biocatalizador en la cámara del cátodo y bacterias electrogénicas indígenas en la cámara del ánodo de celdas de combustible microbiano de cámara única, para mejorar la producción de bioelectricidad y la remoción de metales pesados en aguas residuales de minería de oro. Se establecieron tres CCMs, donde CCM1 y CCM2 contenían M. inermum en el cátodo, y CCM3 sirvió como control sin el biocatalizador microalgal. Cada CCM fue inoculada con 140 mL de aguas residuales y 150 g de relaves mineros. La generación de voltaje se monitoreó durante 21 días. Los resultados mostraron que los CCMs con *M. inermum* generaron un 31,6% y un 21,35% más de voltaje que la celda control. Los análisis fisicoquímicos revelaron que las tasas máximas de remoción fueron 85,86% para mercurio, 80,26% para cobre y 97,7% para plomo durante la primera fase. En la segunda fase, las tasas de remoción alcanzaron 93,48%, 95,34% y 96,84% para mercurio, cobre y plomo, respectivamente. La microscopía electrónica de barrido confirmó la formación de biopelícula por *M. inermum* en el cátodo y bacterias electrogénicas en el ánodo. La identificación molecular reveló la presencia de *Bacillus inaquosorum, Bacillus tropicus, Sphingomonas sanguinis* y *Acinetobacter johnsonii* en la cámara anódica. El análisis genómico sugirió posibles mecanismos de tolerancia a metales pesados en los consorcios microbianos. En conclusión, los cátodos asistidos con *M. inermum* presentan mayor estabilidad, la generación de voltaje en CCMs ofrece potencial para la producción sostenible de energía, y las bacterias autóctonas pueden ser utilizadas eficazmente para la biorremediación de efluentes mineros.

Abstract

This study investigated the synergistic effects of *Micractinium inermum* as a biocatalyst in the cathode chamber and indigenous electrogenic bacteria in the anode chamber of single-chamber microbial fuel cells (MFCs), aimed at enhancing bioelectricity generation and heavy metal removal from gold mining wastewater. Three MFCs were established: MFC1 and MFC2 contained *M. inermum* in the cathode, while MFC3 served as a control without the microalgal biocatalyst. Each MFC was inoculated with 140 mL of wastewater and 150 g of mining tailings, and voltage generation was monitored over 21 days. Results showed that MFCs containing *M. inermum* produced 31.6% and 21.35% higher voltage compared to the control cell. Physicochemical analyses revealed maximum removal rates of 85.86% for mercury, 80.26% for copper, and 97.7% for lead during the first phase. In the second phase, removal rates reached 93.48%, 95.34%, and 96.84% for mercury, copper, and lead, respectively. Scanning electron microscopy confirmed the formation of biofilms by *M. inermum* on the cathode and by electrogenic bacteria on the anode. Molecular identification revealed the presence of *Bacillus inaquosorum*, *Bacillus tropicus*, *Sphingomonas sanguinis*, and *Acinetobacter johnsonii* in the anode chamber. Genomic analysis suggested potential mechanisms of heavy metal tolerance within the microbial consortia. In conclusion, *M. inermum*-assisted cathodes exhibited greater stability, MFC voltage generation showed potential for sustainable energy production, and native bacteria proved effective for the bioremediation of mining effluents.

Determinación del perfil metabolómico de tres especies de *Kalanchoe* en edad temprana

Determination of the metabolomic profile of three Kalanchoe species at an early developmental stage

Scarlett Torres[1]; Zulay Niño[1] y Gabriela Salazar[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Ecuador

Autor de correspondencia: scarlett.torres@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La metabolómica permite analizar todos los metabolitos de un organismo, siendo más diversa en plantas por su producción de compuestos en respuesta al estrés, lo que genera actividad biológica relevante. En Ecuador, el género *Kalanchoe*, especialmente *Kalanchoe pinnata*, *Kalanchoe daigremontiana* y *Kalanchoe gastonis-bonnieri*, se utiliza en medicina tradicional y contiene fenoles, flavonoides, terpenos y oligoelementos. Este estudio se centró en hojas jóvenes (~2 meses) para identificar metabolitos mediante extracción con metanol al 80% y ultrasonido, seguido de análisis cualitativo y HPLC-MS/MS. Los datos procesados con MZmine permitieron identificar compuestos de nivel 2 y 3, mostrando coincidencias con plantas adultas, pero también variaciones que evidencian que la edad influye en la construcción del perfil metabolómico.

Abstract

Metabolomics enables the analysis of all metabolites present in an organism and is particularly diverse in plants due to their production of compounds in response to stress, resulting in relevant biological activity. In Ecuador, the genus *Kalanchoe*, especially *Kalanchoe pinnata*, *Kalanchoe daigremontiana*, and *Kalanchoe gastonis-bonnieri*, is widely used in traditional medicine and contains phenols, flavonoids, terpenes, and trace elements. This study focused on young leaves (~2 months old) to identify metabolites through extraction with 80% methanol and ultrasound-assisted extraction, followed by qualitative analysis and HPLC-MS/MS. Data processed using MZmine enabled the identification of level 2 and 3 compounds, revealing similarities with adult plants but also variations demonstrating that plant age influences the development of the metabolomic profile.

Optimización de biofábricas vegetales de *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* para la producción de antocianinas con potencial antioxidante y antiinflamatorio mediante estrategias de cultivo y transformación genética

Optimization of plant biofactories of Brassica oleracea *var.* capitata *f.* rubra *to produce anthocyanins with antioxidant and anti-inflammatory potential through cultivation and genetic transformation strategies*

Christian Israel Andrade Romero[1], Liliana Paulina Lalaleo Córdova[2], Patricia Yissel Dávalos Cerrón[3], Andrea Carolina Palacios Rosado[4], Mateo Patricio Sánchez Sanaguano[5]

1 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0009-0005-2291-1977

2 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0000-0001-8524-0983

3 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0009-0004-7294-2678

4 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0009-0001-8912-3781

5 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0009-0000-1294-113X

Autor de correspondencia: candrade4813@uta.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e1

Resumen

La creciente demanda de compuestos bioactivos naturales para la salud y la nutrición funcional ha impulsado el desarrollo de sistemas sostenibles de producción vegetal. Este estudio tuvo como objetivo optimizar la germinación, el cultivo in vitro y la transformación genética de *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* para aumentar la acumulación de antocianinas, pigmentos fenólicos con notables propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Las semillas fueron desinfectadas superficialmente, estratificadas en frío y tratadas con ácido giberélico para mejorar la germinación, y luego cultivadas en medio Murashige y Skoog, tanto completo como sin nitrato, suplementado con los elicitores bióticos jasmonato de metilo y ácido salicílico. La transformación genética mediante *Agrobacterium rhizogenes* generó raíces pilosas que expresaron el factor de transcripción AtMYB12 y el gen reportero β-glucuronidasa (GUS). La privación de nitrato incrementó significativamente el contenido de antocianinas y la actividad antioxidante y antiinflamatoria en las plántulas, mientras que la expresión

de AtMYB12 en raíces transformadas produjo un aumento adicional en la concentración de pigmentos y bioactividad. Estos resultados demuestran que la combinación de estrés nutricional con ingeniería genética es una estrategia eficaz para potenciar la producción de antocianinas bioactivas en repollo morado, proporcionando una plataforma sostenible para aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética, y contribuyendo a la conservación de valiosos recursos genéticos vegetales.

Palabras clave: Antocianinas; Brassica; Elicitores; Transformación Genética; Raíces Pilosas; Biofábrica Vegetal

Abstract

The growing demand for natural bioactive compounds for health and functional nutrition has driven the development of sustainable plant-based production systems. This study aimed to optimize the germination, in vitro culture, and genetic transformation of *Brassica oleracea* var. *Capitata* f. rubra to increase the accumulation of anthocyanins, phenolic pigments with notable antioxidant and anti-inflammatory properties. Seeds were surface disinfected, cold stratified, and treated with gibberellic acid to enhance germination, and then cultured on Murashige and Skoog medium, both complete and nitrate-free, supplemented with the biotic elicitors methyl jasmonate and salicylic acid. Genetic transformation using Agrobacterium rhizogenes generated hairy roots expressing the transcription factor AtMYB12 and the reporter gene β-glucuronidase (GUS). Nitrate deprivation significantly increased anthocyanin content and antioxidant and anti-inflammatory activities in seedlings, whereas AtMYB12 expression in transformed roots produced an additional increase in pigment concentration and bioactivity. These findings demonstrate that combining nutrient stress with genetic engineering is an effective strategy to enhance bioactive anthocyanin production in purple cabbage, providing a sustainable platform for applications in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries and contributing to the conservation of valuable plant genetic resources.

Keywords: Anthocyanins; Brassica; Elicitors; Genetic Transformation; Hairy Roots; Plant Biofactory

Introducción

Las antocianinas son pigmentos fenólicos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y citoprotectoras. El repollo morado (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) es una fuente importante de derivados de cianidina acilada estables, con aplicaciones en alimentos, nutracéuticos y cosméticos. Sin embargo, su uso a gran escala está limitado por la variabilidad de campo y los costos de extracción. Se han probado hospedadores microbianos, como *E. coli* y *S. cerevisiae*,

pero requieren ingeniería compleja y altos insumos energéticos, lo que limita su viabilidad.

La biotecnología vegetal ofrece una solución sostenible. El cultivo in vitro bajo condiciones controladas permite estimular metabolitos con elicitores como el jasmonato de metilo (MeJA) y el ácido salicílico (SA), mientras que factores de transcripción como AtMYB12 activan la vía de los fenilpropanoides para mejorar la biosíntesis de pigmentos.

Este estudio evaluó si la privación de nitrato combinada con MeJA o SA aumenta los niveles de antocianinas en plántulas de repollo morado y si la expresión de AtMYB12 en raíces pilosas de *Agrobacterium rhizogenes* potencia aún más el contenido de pigmentos y la bioactividad, apoyando la producción escalable de antocianinas de alto valor.

Metodología

Material vegetal y desinfección de semillas

Las semillas fueron desinfectadas siguiendo el protocolo de Hasan et al. (2021) con algunas modificaciones de tiempo: (i) inmersión en etanol al 70 % durante 15 min, (ii) tres enjuagues de 2 min en agua estéril, (iii) tratamiento con hipoclorito de sodio al 25 % con 0,2 mL de Tween 20 durante 10 min, y (iv) tres enjuagues con agua estéril. Todos los pasos se realizaron bajo agitación constante. Posteriormente, las semillas se sometieron a seis tratamientos de pregerminación combinando temperaturas (–20 °C, 4 °C, 25 °C) y 500 µM de ácido giberélico (GA_3) para romper la latencia. Se registraron el porcentaje de germinación y la tasa de contaminación durante 20 días.

Cultivo in vitro y micropropagación

Las semillas se sembraron en medio sólido Murashige y Skoog (MS) o sin nitrato (MS S/N). Los cultivos se mantuvieron a 25 ± 2 °C, con fotoperíodo de 16 h luz/8 h oscuridad y 70 ± 5 % de humedad relativa. Las plántulas germinadas se subcultivaron para obtener plantas uniformes.

Transformación genética

Los explantos foliares se infectaron con tres tratamientos de *A. rhizogenes* (WT-A4, A4 pJCV52-AtMYB12 y A4 pJCV52-GUS). La infección se realizó con una jeringa estéril a lo largo del nervio central abaxial y los explantos se incubaron durante 48 h en oscuridad a 28 ± 2 °C. Luego se transfirieron a medio MS o MS S/N con 500 mg L^{-1} de cefotaxima. Las raíces pilosas surgieron aproximadamente a los 15 días y se subcultivaron en medio sin antibióticos.

Confirmación molecular

Se extrajo ADN genómico mediante el método CTAB modificado (Moreau et al., 2012). Se utilizaron cebadores de Hidalgo et al. (2017) y la polimerasa DreamTaq Green para amplificación por PCR. Los amplicones se visualizaron en geles de agarosa al 1 %.

Extracción y cuantificación de antocianinas

Se maceraron plántulas (60 días) y raíces pilosas confirmadas (30 días) (1:2 p/v) en etanol al 96 % acidificado con HCl 1 M (85:15) a 70 °C y 800 rpm durante 120 min. Los sobrenadantes se centrifugaron a 5000 rpm durante 10 min y se almacenaron a 4 °C en frascos ámbar. El contenido total de antocianinas (TAC) se determinó mediante el método diferencial de pH (Tan et al., 2021) y se expresó como mg equivalentes de cianidina-3-glucósido por 100 g de peso fresco.

Ensayos de bioactividad

La capacidad antioxidante se midió mediante el ensayo de captura del radical DPPH a 517 nm (Pusty et al., 2024). La actividad antiinflamatoria se evaluó midiendo la inhibición de la desnaturalización de albúmina a 660 nm (Yesmin et al., 2020).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se aplicó un diseño factorial A × B: para plántulas (medio: MS o MS S/N; elicitor: control, MeJA, SA); para raíces pilosas (medio: MS o MS S/N; transformación: WT-A4, AtMYB12, GUS). Las variables dependientes fueron TAC, DPPH (%) e inhibición (%). Los datos se analizaron mediante ANOVA multifactorial y prueba de Tukey ($p < 0,05$) usando SPSS v.27.

Resultados y Discusión

Tratamiento de semillas y establecimiento in vitro

La estratificación en frío con GA_3 permitió alta germinación (≈84 %) y baja contaminación (≈16 %) en ambos medios, confirmando que GA_3 rompió la latencia y promovió el crecimiento embrionario (Miceli et al., 2019). Los tratamientos sin GA_3 o con temperaturas >20 °C mostraron menor germinación, coincidiendo con Tuan et al. (2018).

Optimización del crecimiento bajo estrés nutricional

Las plántulas en MS alcanzaron ≈13 cm, mientras que las de MS S/N ≈9 cm, confirmando el papel del nitrógeno en la elongación celular y la biosíntesis de pigmentos (Pasternak & Steinmacher, 2024). MeJA y SA redujeron aún más el crecimiento (<2,5 cm), consistente con reportes de senescencia inducida por jasmonatos (Kamińska, 2021). A pesar de su menor tamaño, la deficiencia de nitrógeno y el estrés por MeJA activan la acumulación de antocianinas mediante PAL, CHS y F3H (Zhang et al., 2021), mostrando un compromiso entre biomasa y metabolismo secundario.

Inducción de raíces pilosas y transformación genética

A. rhizogenes generó raíces pilosas estables en ambos medios, con mayor ramificación en MS. La PCR confirmó la integración de rolC y la presencia del transgén AtMYB12, mientras que la ausencia de virD confirmó la eliminación bacteriana. Los explantos tratados con MeJA o SA no formaron raíces pilosas, probablemente por apoptosis inducida por estrés (Zlotorynski, 2020).

Perfil de antocianidinas y antocianinas totales

La cianidina predominó en todas las muestras (>50 %), consistente con Stoica et al. (2023). La deficiencia de nitrógeno elevó TAC a 44,8 mg Cya-3-glu / 100 g frente a 30,1 mg en MS. Las raíces pilosas con AtMYB12 alcanzaron los niveles más altos (~27,8 mg g^{-1}), apoyando la activación génica mediada por MYB en etapas tempranas y tardías (Song et al., 2018). MeJA aumentó moderadamente los pigmentos, mientras que SA tuvo efecto mínimo.

Actividades antioxidante y antiinflamatoria

Las plántulas con deficiencia de nitrógeno mostraron mayor capacidad antioxidante (65 % DPPH) que los controles en MS (45 %), confirmando que las antocianinas inducidas por estrés mejoran la captura de radicales (Nawaz et al., 2018). Los extractos de raíces pilosas con AtMYB12 presentaron las actividades antioxidante (≈72 %) y antiinflamatoria (≈79 %) más altas, comparables al fármaco de referencia diclofenaco. MeJA y SA redujeron ambas actividades, probablemente por redirigir el metabolismo hacia otros compuestos defensivos (Chaves et al., 2018).

Conclusiones

Este estudio demostró que la privación de nitrato y la elicición con fitohormonas incrementan la acumulación de antocianinas en repollo morado, mientras que la expresión de AtMYB12 mediante *A. rhizogenes* potencia aún más el contenido de pigmentos y la bioactividad. Las raíces

pilosas con AtMYB12 mostraron las mayores actividades antioxidante y antiinflamatoria, confirmando el valor de la transformación genética dirigida para enriquecer metabolitos secundarios. Estos hallazgos destacan a las biofábricas vegetales in vitro, incluyendo plántulas y raíces transformadas genéticamente, como plataformas sostenibles para la producción industrial de antocianinas. Investigaciones futuras deberían optimizar estrategias de cultivo a gran escala y explorar factores de transcripción adicionales o estreses combinados para maximizar el rendimiento y las propiedades funcionales de los compuestos bioactivos.

Referencias bibliográficas

Chaves, S., Santos, A. L. dos, Chalfun, A., Zhao, J., Peres, L. E. P., & Benedito, V. (2018). Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants – Tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables. Phytochemistry, 153, 11–27. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.05.013

Hasan, A. M., ElKaaby, E. A. J., & AL-J, R. M. Kh. (2021). In Vitro Effects of Different Combinations of Phytohormones on Callus Induction from Different Explants of Cabbage Brassica Oleracea Var. Capitata L. Seedlings. Iraqi Journal of Science, 3476–3486. https://doi.org/10.24996/ijs.2021.62.10.7

Hidalgo, D., Georgiev, M., Marchev, A., Bru-Martínez, R., Cusido, R. M., Corchete, P., & Palazon, J. (2017). Tailoring tobacco hairy root metabolism for the production of stilbenes. Scientific Reports, 7(1), 17976. https://doi.org/10.1038/s41598-017-18330-w

Kamińska, M. (2021). Role and activity of jasmonates in plants under in vitro conditions. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 146(3), 425–447. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02091-6

Miceli, A., Moncada, A., Sabatino, L., & Vetrano, F. (2019). Effect of Gibberellic Acid on Growth, Yield, and Quality of Leaf Lettuce and Rocket Grown in a Floating System. Agronomy, 9(7), 382. https://doi.org/10.3390/agronomy9070382

Moreau, H., Verhelst, B., Couloux, A., Derelle, E., Rombauts, S., Grimsley, N., Van Bel, M., Poulain, J., Katinka, M., Hohmann-Marriott, M. F., Piganeau, G., Rouzé, P., Da Silva, C., Wincker, P., Van de Peer, Y., & Vandepoele, K. (2012). Gene functionalities and genome structure in Bathycoccus prasinos reflect cellular specializations at the base of the green lineage. Genome Biology, 13(8), R74. https://doi.org/10.1186/gb-2012-13-8-r74

Nawaz, H., Shad, M. A., & Muzaffar, S. (2018). Phytochemical Composition and Antioxidant

Potential of Brassica. In Brassica Germplasm - Characterization, Breeding and Utilization. InTech. https://doi.org/10.5772/intechopen.76120

Pasternak, T. P., & Steinmacher, D. (2024). Plant Growth Regulation in Cell and Tissue Culture In Vitro. Plants, 13(2), 327. https://doi.org/10.3390/plants13020327

Pusty, K., Kumar, K., Giri, S., Raj, G., Tiwari, A., Shaikh, A., & Béla, K. (2024). Ultrasound assisted phytochemical extraction of red cabbage by using deep eutectic solvent: Modelling using ANFIS and optimization by genetic algorithms. Ultrasonics Sonochemistry, 102, 106762. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106762

Song, H., Yi, H., Lee, M., Han, C.-T., Lee, J., Kim, H., Park, J.-I., Nou, I.-S., Kim, S.-J., & Hur, Y. (2018). Purple Brassica oleracea var. capitata *F. rubra* is due to the loss of BoMYBL2–1 expression. BMC Plant Biology, 18(1), 82. https://doi.org/10.1186/s12870-018-1290-9

Stoica, R., Ganciarov, M., Constantinescu, D., Capră, L., Suică, I., Senin, R., Pricope, G., Ivan, G., Călin, C., & Oancea, F. (2023). Sustainable Recovery of Anthocyanins and Other Polyphenols from Red Cabbage Byproducts. Foods, 12(22), 4157. https://doi.org/10.3390/foods12224157

Tan, C., Dadmohammadi, Y., Lee, M. C., & Abbaspourrad, A. (2021). Combination of copigmentation and encapsulation strategies for the synergistic stabilization of anthocyanins. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(4), 3164–3191. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12772

Tuan, P. A., Kumar, R., Rehal, P. K., Toora, P. K., & Ayele, B. T. (2018). Molecular Mechanisms Underlying Abscisic Acid/Gibberellin Balance in the Control of Seed Dormancy and Germination in Cereals. Frontiers in Plant Science, 9. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00668

Yesmin, S., Paul, A., Naz, T., Rahman, A. B. M. A., Akhter, S. F., Wahed, M. I. I., Emran, T. Bin, & Siddiqui, S. A. (2020). Membrane stabilization as a mechanism of the anti-inflammatory activity of ethanolic root extract of Choi (*Piper chaba*). Clinical Phytoscience, 6(1), 59. https://doi.org/10.1186/s40816-020-00207-7

Zhang, N., Jiao, S., & Jing, P. (2021). Red Cabbage Rather Than Green Cabbage Increases Stress Resistance and Extends the Lifespan of *Caenorhabditis elegans*. Antioxidants, 10(6), 930. https://doi.org/10.3390/antiox10060930

Zlotorynski, E. (2020). The secret of increased (root) hair density. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 21(11), 657–657. https://doi.org/10.1038/s41580-020-00302-0

Evaluación de la salud del ecosistema manglar de Bunche mediante el uso de bacterias halófilas como bioindicadores

Evaluation of the health of the Bunche mangrove ecosystem using halophilic bacteria as bioindicators

Azucena Chanatasig[1], Felipe Cerrera[2], Ana Bravo[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-8491-4987

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-7514-8945

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0006-9049-2206

Autor de correspondencia: azucena.chanatasig@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e2

Resumen

Los manglares son ecosistemas costeros altamente productivos cuya comunidad microbiana está influenciada por factores ambientales y antropogénicos. En la provincia de Esmeraldas, particularmente en la comunidad de Bunche, la actividad camaronera y la descarga de aguas residuales sin tratamiento han modificado la biodiversidad de los sedimentos. El objetivo general de este estudio fue evaluar la salud del ecosistema de manglar mediante la caracterización fenotípica y genotípica de bacterias halófilas cultivables, con énfasis en su potencial como bioindicadores ambientales. Se recolectaron muestras de sedimento en cuatro puntos de muestreo, se midieron parámetros fisicoquímicos y se aislaron bacterias en medios con distintas concentraciones de NaCl. Las cepas se caracterizaron morfológicamente, se realizó tinción de Gram y secuenciación del gen 16S rARN. Los resultados preliminares sugirieron la presencia de bacterias con alta tolerancia a la salinidad y potencial de resistencia frente al metabisulfito de sodio. Se concluyó que estas comunidades bacterianas constituyen una herramienta valiosa para evaluar la calidad ambiental del manglar y pueden emplearse como bioindicadores de salinidad y contaminación.

Palabras clave: Biodiversidad; Bioindicadores; Halófilos; Manglar.

Abstract

Mangroves are highly productive coastal ecosystems whose microbial communities are influenced by environmental and anthropogenic factors. In the province of Esmeraldas, particularly in the community of Bunche, shrimp farming activities and the discharge of untreated wastewater have altered the biodiversity of sediments. The main objective of this study was to assess the health of the mangrove ecosystem through the phenotypic and genotypic characterization of cultivable halophilic bacteria, with an emphasis on their potential as environmental bioindicators. Sediment samples were collected from four sampling sites, physicochemical parameters were measured, and bacteria were isolated using media with different NaCl concentrations. The strains were morphologically characterized, Gram-stained, and subjected to 16S rRNA gene sequencing. Preliminary results suggested the presence of bacteria with high salinity tolerance and potential resistance to sodium metabisulfite. It was concluded that these bacterial communities represent a valuable tool for assessing the environmental quality of mangroves and can be used as bioindicators of salinity and pollution.

Keywords: Biodiversity; Bioindicators; Halophiles; Mangrove.

Introducción

Los manglares se reconocen como ecosistemas estratégicos debido a su capacidad de proteger la línea costera, sostener redes tróficas y servir de refugio a numerosas especies. A nivel microbiano, constituyen reservorios de alta diversidad adaptada a condiciones extremas de salinidad, anaerobiosis y variación de nutrientes. En Ecuador, la superficie de manglar alcanza más de 160.000 hectáreas, distribuidas principalmente en estuarios de la costa norte y centro. Sin embargo, en localidades como Bunche (Esmeraldas), la presión antrópica derivada de la agricultura y la acuicultura, particularmente las descargas de camaroneras con metabisulfito de sodio (MBS), amenaza el equilibrio del ecosistema.

Aunque estudios previos han descrito la biodiversidad vegetal y faunística, existe escasa información sobre la caracterización microbiana de los manglares en esta región. De manera específica, no se han reportado investigaciones sobre bacterias halófilas y su capacidad de actuar como bioindicadores de salinidad y contaminación.

Este estudio respondió a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las bacterias cultivables halófilas presentes en los manglares de Bunche?

- ¿Qué potencial presentan como bioindicadores ambientales?

La hipótesis de trabajo planteó que las bacterias halófilas asociadas al manglar poseen un alto potencial biotecnológico como bioindicadores, debido a su resistencia a condiciones extremas y a contaminantes derivados de actividades humanas.

La investigación se justificó en la necesidad de llenar el vacío de conocimiento sobre la microbiota del manglar de Bunche, aportando bases para futuros proyectos de biotecnología ambiental y conservación.

Metodología

El estudio se desarrolló en tres etapas experimentales. En la primera, se recolectaron muestras de sedimento en cuatro puntos de muestreo: zona en regeneración, cercanía al poblado, descarga de camaronera y un punto control en la Isla Júpiter. Se utilizaron barrenos para obtener submuestras y formar una muestra compuesta, transportada en condiciones estériles al laboratorio.

A su vez, se midieron parámetros fisicoquímicos (pH, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura) siguiendo protocolos estandarizados.

Para el aislamiento bacteriano, se emplearon medios de cultivo con NaCl al 0,3 M, 2M y 4M. Se realizaron diluciones seriadas y siembra por extensión en placa, con incubación a 28 °C durante 24–48 horas. Las colonias obtenidas se aislaron por estriado y realizo la caracterización fenotípica por tinción Gram y microscopia, se verificó su morfología colonial, motilidad y pruebas bioquímicas (catalasa).

La identificación molecular se realizó mediante amplificación del gen 16S rARN usando los cebadores universales 27F y 1492R. Los productos de PCR se visualizaron en gel de agarosa y se enviaron a secuenciación Sanger. Posteriormente, se compararon las secuencias con bases de datos GenBank mediante BLASTN.

Finalmente, se evaluó la respuesta de las cepas aisladas a concentraciones de MBS equivalentes a las descargas de camaroneras locales, documentando su tolerancia y comportamiento.

Resultados y discusión

Las mediciones fisicoquímicas mostraron variaciones notables entre los puntos de muestreo. La zona cercana a descargas de camaroneras presentó menor oxígeno disuelto y pH más

ácido, en contraste con el sitio control. Estas condiciones sugirieron un impacto directo de efluentes sobre la calidad ambiental del manglar.

El aislamiento bacteriano reveló una diversidad de colonias con diferentes morfologías, predominando bacilos Gram negativos en medios con salinidades altas. La presencia de bacterias halófilas tanto moderadas como extremas indicó una adaptación a gradientes salinos variables.

Las secuencias de 16S rARN mostraron similitudes con géneros halófilos reportados en estudios previos de manglares de Asia y América (ej. *Halomonas*, *Marinobacter*, *Bacillus*). Estas bacterias han sido reconocidas por su capacidad de tolerar ambientes contaminados y de producir enzimas halotolerantes de interés biotecnológico.

Respecto al ensayo con MBS, algunas cepas demostraron resistencia y crecimiento bajo condiciones de estrés químico, lo cual sugiere su potencial como bioindicadores de contaminación por acuicultura. Comparado con investigaciones previas (Rubiano-Labrador et al., 2019; Ventosa et al., 2006), los resultados confirmaron que las bacterias halófilas pueden utilizarse para monitorear perturbaciones antrópicas en ecosistemas costeros.

Conclusiones

El estudio permitió identificar y caracterizar bacterias halófilas cultivables en los manglares de Bunche, evidenciando su diversidad y tolerancia a distintos gradientes de salinidad. Las condiciones fisicoquímicas confirmaron la influencia negativa de descargas de camaroneras, reflejada en una disminución del oxígeno disuelto y aumento de acidez.

Los resultados moleculares y fenotípicos señalaron la presencia de géneros con relevancia biotecnológica y capacidad de resistencia frente al MBS, lo que valida su uso potencial como bioindicadores ambientales.

Este trabajo aportó las bases para un inventario microbiano del manglar de Bunche, destacando la importancia de integrar estudios de microbiología en la gestión de ecosistemas costeros. Se recomienda ampliar la investigación hacia análisis metagenómicos para explorar los microorganismos no cultivables y aplicar programas de tratamiento de aguas previo a las descargas.

Referencias bibliográficas

Javid, P., Zadabbas Shahabadi, H., Amirkhani, H., Amrollahi, N. y Ranjbar, MS (2020). Aislamiento e identificación de bacterias halófilas y halotolerantes en los sedimentos del manglar de la isla de Qeshm: Filogenia de la comunidad bacteriana de los sedimentos del manglar. Avances en Oceanografía y Limnología, 11 (1). https://doi.org/10.4081/aiol.2020.8743

Rubiano-Labrador, C., Díaz-Cárdenas, C., López, G., Gómez, J., & Baena, S. (2019). Colombian Andean thermal springs: reservoir of thermophilic anaerobic bacteria producing hydrolytic enzymes. Extremophiles, 23(6), 793–808. https://doi.org/10.1007/s00792-019-01132-5

Ventosa, A. (2006). Microorganismos inusuales de hábitats inusuales: ambientes hipersalinos. En *Simposios de la Sociedad de Microbiología General* (Vol. 66, p. 223). Cambridge; Cambridge University Press; 1999.

Xu, J., Zheng, Z., Liu, J., Yuan, Z., Wen, D., Wu, S., & Feng, C. (2009). Biodiversity of endophytic bacteria associated with mangrove plants in Fujian coast, China. Annals of Microbiology, 59(1), 43-50. https://doi.org/10.1007/BF03175600

Optimization of lipid compound synthesis in *Theobroma cacao* L. In vitro cultures through stress inducers: towards a sustainable approach

Optimización de la síntesis de compuestos lipídicos en cultivos in vitro de Theobroma cacao *L. mediante inductores de estrés: hacia un enfoque sostenible*

Carolina Palacios[1], Mateo Sánchez [2], Christian Andrade[3], Liliana Lalaleo[4], William Calero Cáceres[5], Santiago Casado[6]

1 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0009-0001-8912-3781

2 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0009-0000-1294-113X

3 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0009-0005-2291-1977

4 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0000-0001-8524-0983

5 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0000-0003-3819-9206

6 Universidad Técnica de Ambato. https://orcid.org/0000-0002-1473-8247

Autor de correspondencia: apalacios5735@uta.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e3

Abstract

Theobroma cacao L., particularly the National "fino de aroma" variety, represents a strategic genetic resource for Ecuador; however, its cultivation is constrained by diseases and climate variability. This study aimed to characterize the fatty acid profile in biotechnological systems exposed to stress inducers (methyl jasmonate, salicylic acid, glycerol, and elevated temperature). Biomass proliferation was optimized in MS, B5, and WPM media, with WPM supplemented with NAA and KIN proving the most effective. Lipid extraction and quantification were conducted through acid hydrolysis, hexane extraction, and FTIR spectroscopy, focusing on oleic, palmitic, and stearic acids. Results indicated that salicylic acid and methyl jasmonate markedly enhanced fatty acid accumulation, whereas glycerol and high temperature had comparatively limited effects. These findings highlight the potential of stress inducers as effective tools to modulate lipid biosynthesis in cacao, offering promising applications for sustainable plant biotechnology.

Keywords: Fatty acids; FTIR spectroscopy; Plant biotechnology; *Theobroma cacao* L.

Resumen

Theobroma cacao L., particularmente la variedad Nacional "fino de aroma", representa un recurso genético estratégico para el Ecuador; sin embargo, su cultivo se ve limitado por enfermedades y la variabilidad climática. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar el perfil de ácidos grasos en sistemas biotecnológicos expuestos a inductores de estrés (jasmonato de metilo, ácido salicílico, glicerol y temperatura elevada). La proliferación de biomasa se optimizó en los medios MS, B5 y WPM, siendo este último, suplementado con NAA y KIN, el más efectivo. La extracción y cuantificación de lípidos se realizaron mediante hidrólisis ácida, extracción con hexano y espectroscopía FTIR, con énfasis en los ácidos oleico, palmítico y esteárico. Los resultados indicaron que el ácido salicílico y el jasmonato de metilo incrementaron de manera notable la acumulación de ácidos grasos, mientras que el glicerol y la alta temperatura tuvieron efectos comparativamente más limitados. Estos hallazgos destacan el potencial de los inductores de estrés como herramientas eficaces para modular la biosíntesis de lípidos en cacao, ofreciendo aplicaciones prometedoras para una biotecnología vegetal sostenible.

Palabras clave: Ácidos grasos; Espectroscopía FTIR; Biotecnología vegetal; *Theobroma cacao* L.

Introduction

Cacao (*Theobroma cacao* L.), particularly the National "fino de aroma" ecotype, is a high-value genetic and economic resource for Ecuador (Mihai et al., 2022; Loor et al., 2019). Its distinctive sensory properties secure a premium position in the global market, yet cultivation faces threats from pathogens, climate change, and soil heavy metal accumulation (Ceccarelli et al., 2024; Jiménez et al., 2022; Oliva-Cruz et al., 2022). Cocoa butter, dominated by palmitic, stearic, and oleic acids, is crucial for chocolate production and has applications in pharmaceuticals, nutraceuticals, and cosmetics (Atanassova & Aayush, 2024; Loke et al., 2024). Despite its importance, lipid metabolism in *T. cacao* remains underexplored compared to other secondary metabolites, limiting the design of biotechnological strategies (Oracz et al., 2020).

In vitro culture systems enable precise investigation of metabolic regulation and stress inducers such as methyl jasmonate (MeJA), salicylic acid (SA), glycerol, and temperature shifts can modulate fatty acid biosynthesis, leading to distinct lipid profiles (Woch et al., 2023; Santos et al., 2024; Contreras et al., 2022). This study investigates the lipid responses of *T. cacao* L. biotechnological systems to various stress inducers, providing insights into sustainable strategies to enhance the production of the National "fino de aroma" cacao.

Materials and methods

This study employed an experimental approach and was conducted at the Research and Development Unit (UODIDE) of the Faculty of Food Science and Engineering and Biotechnology (FCIAB), Technical University of Ambato.

Plant material and culture establishment

Biotechnological systems (callus cultures) were initiated in Murashige & Skoog (MS), Woody Plant Medium (WPM), and Gamborg B5 media supplemented with various combinations of auxins and cytokinins to optimize biomass proliferation. The specific treatments included α-naphthaleneacetic acid (NAA, 1 or 2 mg/L) combined with kinetin (KIN, 0.5 mg/L), and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D, 1 or 2 mg/L) combined with 6-benzylaminopurine (BAP, 0.5 mg/L), along with control treatments without growth regulators.

Application of stress inducers

After determining the optimal medium, homogeneous calli were transferred to stress conditions with four treatments: MeJA (150 µM), SA (50 µM), glycerol (3 %), and thermal stress (35 °C), alongside unstressed control. Each treatment was applied in three biological replicates and evaluated at 7, 14, 21, and 28 days.

Lipid extraction and analysis

Biomass was harvested, dried, and subjected to acid hydrolysis followed by automated hexane extraction. Fatty acid quantification was performed using Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy, with stearic acid calibration curves serving as the standard.

Experimental design and statistical analysis

The experiment followed a factorial A×B design, with culture conditions and stress inducers as factors, to evaluate their effects on biomass accumulation and fatty acid production in *T. cacao* L. biotechnological systems. Data were analyzed using multifactor ANOVA in Minitab 18 to determine the main effects and interactions between factors, followed by Tukey's test for multiple comparisons ($p < 0.05$).

Results and discussion

Optimization of the culture medium was critical for biomass proliferation in *Theobroma cacao* L., with WPM supplemented with NAA (2 mg/L) and KIN (0.5 mg/L) proving most effective. Under these conditions, friable calli exhibiting higher metabolic activity were obtained (Gharat et al., 2025). Stress inducers exerted contrasting effects: glycerol and the unstressed control promoted greater biomass accumulation, whereas MeJA and SA reduced fresh callus weight but significantly enhanced fatty acid production, peaking during the third week (8.1 and 10.4 mg/mL, respectively). This pattern aligns with reports in plant and microalgal systems, where stress exposure activates metabolic pathways associated with lipid accumulation as an adaptive response (Ullah et al., 2023; Xu et al., 2017). Elevated temperature also induced a differential lipid profile, favoring the accumulation of saturated fatty acids, consistent with observations by Ahmadizadeh et al. (2020).

These results indicate that lipid biosynthesis in *T. cacao* can be modulated by specific stress inducers, providing a valuable biotechnological model to study cacao physiology under adverse conditions and to explore industrial applications for sustainable lipid metabolite production. The findings underscore the utility of in vitro cultures as experimental tools and highlight the need for further studies to precisely characterize fatty acid profiles and their regulation under diverse stress scenarios.

Conclusions

Optimization of the *Theobroma cacao* L. biotechnological system enabled the establishment of an efficient method for the proliferation of friable calli, with WPM medium supplemented with NAA (2 mg/L) and KIN (0.5 mg/L) proving most effective for biomass accumulation and metabolic activity.

Stress inducers modulated both biomass growth and fatty acid biosynthesis. MeJA and SA reduced initial proliferation but stimulated lipid accumulation, whereas glycerol and the control favored biomass growth. Lipid production peaked at 21 days, as confirmed by FTIR analysis of saturated and unsaturated fatty acids, demonstrating the system's capacity to generate metabolites of industrial interest.

These findings indicate that *T. cacao* L. calli, under optimal culture conditions and stress induction, represent a viable biotechnological system for fatty acid production and potential bioactive metabolites. Future research should integrate complementary techniques such as GC-MS for more precise lipid characterization, expand the range of fatty acids analyzed,

and evaluate other relevant secondary metabolites to comprehensively understand metabolic responses to abiotic stress, thereby enhancing the biotechnological potential of the system.

References

Atanassova, M., Aayush, K. (2024). Chemical Diversity of *Theobroma cacao* L.. In: Mérillon, JM., Riviere, C., Lefèvre, G. (eds) Natural Products in Beverages. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04195-2_3-1

Ceccarelli, V., Fremout, T., Chavez, E., Argüello, D., Loor Solórzano, R. G., Sotomayor Cantos, I. A., & Thomas, E. (2024). Vulnerability to climate change of cultivated and wild cacao in Ecuador. Climatic Change, 177(7). https://doi.org/10.1007/s10584-024-03756-9

Contreras, C., Pierantozzi, P., Maestri, D., Tivani, M., Searles, P., Brizuela, M., Fernández, F., Toro, A., Puertas, C., Trentacoste, E. R., Kiessling, J., Mariotti, R., Baldoni, L., Mousavi, S., Fernandez, P., Moschen, S., & Torres, M. (2022). How Temperatures May Affect the Synthesis of Fatty Acids during Olive Fruit Ripening: Genes at Work in the Field. Plants (Basel, Switzerland), 12(1), 54. https://doi.org/10.3390/plants12010054

Gharat, S. A., Tamhane, V. A., Giri, A. P., & Aharoni, A. (2025). Navigating the challenges of engineering composite specialized metabolite pathways in plants. The Plant journal : for cell and molecular biology, 121(6), e70100. https://doi.org/10.1111/tpj.70100

Jiménez, D. L., Alvarez, J. C., & Mosquera, S. (2022). Frosty pod rot: a major threat to cacao plantations on the move. Tropical https://doi.org/10.1007/s40858-021-00472-y

Loke, Y. H., Phang, H. C., Mohamad, N., Kee, P. E., Chew, Y. L., Lee, S. K., Goh, C. F., Yeo, C. I., & Liew, K. B. (2024). Cocoa Butter: Evolution from Natural Food Ingredient to Pharmaceutical Excipient and Drug Delivery System. Planta medica, 90(11), 824–833. https://doi.org/10.1055/a-2359-8097

Loor, S.R. G., Amores, P. F. M., Vasco, M. S. A., Quiroz, V. J. G., Casanova, M. T. de J., Garzón, C. A. I., Sotomayor, C. I. A., Jiménez, B. J. C., Tarqui, F. O. M., Rodríguez, Z. G. A., Quijano, R. G. C., Plaza, A. L. F., Guerrero, C. H. E., & Zambrano, F. F. G. (2019). INIAP-EETP-800 'Aroma pichilingue', nueva variedad ecuatoriana de cacao fino de alto rendimiento. Revista Fitotecnia Mexicana, 42(2), 187–189. https://doi.org/10.35196/rfm.2019.2.187-189

Mihai, R. A., Landazuri Abarca, P. A., Tinizaray Romero, B. A., Florescu, L. I., Catană, R., & Kosakyan, A. (2022). Abiotic Factors from Different Ecuadorian Regions and Their

Contribution to Antioxidant, Metabolomic and Organoleptic Quality of Theobroma cacao L. Beans, Variety "Arriba Nacional". Plants (Basel, Switzerland), 11(7), 976. https://doi.org/10.3390/plants11070976

Oliva-Cruz, M., Goñas, M., Bobadilla, L. G., Rubio, K. B., Escobedo-Ocampo, P., García Rosero, L. M., Rojas Briceño, N. B., & Maicelo-Quintana, J. L. (2022). Genetic Groups of Fine-Aroma Native Cacao Based on Morphological and Sensory Descriptors in Northeast Peru. Frontiers in plant science, 13, 896332. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.896332

Oracz, J., Nebesny, E., Zyzelewicz, D., Budryn, G., & Luzak, B. (2020). Bioavailability and metabolism of selected cocoa bioactive compounds: A comprehensive review. Critical reviews in food science and nutrition, 60(12), 1947–1985. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1619160

Santos, É. d. S., Ferrarezi, A. A., dos Santos Filho, J. R., Thomazini, C. M., Gonçalves, J. E., Ueda-Nakamura, T., de Oliveira, A. J. B., & Gonçalves, R. A. C. (2024). Effects of elicitation on fatty acid bioproduction and cytotoxicity evaluation of callus cultures from *Cereus hildmannianus*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 156, 48. https://doi.org/10.1007/s11240-023-02676-3

Woch, N., Laha, S. & Gudipalli, P. (2023). Salicylic acid and jasmonic acid induced enhanced production of total phenolics, flavonoids, and antioxidant metabolism in callus cultures of *Givotia moluccana* (L.) Sreem. In https://doi.org/10.1007/s11627-023-10335-7

Residuos agroindustriales como fuente de ácidos grasos volátiles: estado del arte y potenciadores innovadores

Agro-industrial residues as a source of volatile fatty acids: state of the art and innovative enhancers

Joshua Pazmiño[1], Jaime Martí-Herrero[2], Rocio Cecibel Jiménez Paute[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0005-3588-1850

2 CIMNE, UNED-CIEMAT, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Universidad de La Laguna. https://orcid.org/0000-0001-5020-1896

3 Biomass to Resources, Universidad Internacional de La Rioja, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0001-5335-8987

Autor de correspondencia: joshua.pazmino@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e4

Resumen

La síntesis de ácidos grasos volátiles (AGV) a partir de residuos agroindustriales representa una estrategia sostenible para la producción de productos de mayor valor agregado en comparación con los métodos tradicionales. Este trabajo tiene como objetivo destacar los avances científicos recientes en la síntesis de AGV utilizando tecnologías de bajo costo. Se realizó un análisis bibliográfico exhaustivo para identificar los parámetros operativos, fisicoquímicos y biológicos que influyen en la generación de AGV tanto desde las fuentes de inóculo como desde la biomasa destinada a su valorización. La literatura revisada enfatiza el uso de biocarbón (biochar) como agente catalítico y estabilizante durante los procesos de hidrólisis y acidogénesis. Además, se señala el uso de fluido ruminal como consorcio microbiano, enriquecido con enzimas hidrolíticas capaces de degradar polisacáridos. Los resultados sugieren que la aplicación combinada de estos componentes tiene un potencial significativo para mejorar tanto la rentabilidad como la productividad de la producción de AGV, contribuyendo así al impulso de una economía circular diversificada.

Palabras clave: Ácidos grasos volátiles; Biocarbón (biochar); Economía circular; Residuos agroindustriales.

Abstract

The synthesis of volatile fatty acids (VFAs) from agro-industrial residues represents a sustainable strategy for producing higher value-added products compared to traditional methods. This work aims to highlight recent scientific advancements in VFA synthesis utilizing low-cost technologies. A comprehensive bibliographic analysis was conducted to identify the operational, physicochemical, and biological parameters influencing VFA generation from both inoculum sources and the biomass scheduled for valorization. The reviewed literature emphasized the application of biochar as a catalytic and stabilizing agent during the hydrolysis and acidogenesis processes. Additionally, the use of ruminal fluid as a microbial consortium, enriched with hydrolytic enzymes capable of degrading polysaccharides, was noted. The findings suggest that the combined application of these components has significant potential to enhance both the profitability and productivity of VFA production, thereby contributing to the advancement of a diversified circular economy.

Keywords: Volatile fatty acids; Biochar; Circular economy; Agro-industrial residues.

Introducción

Los ácidos grasos volátiles (AGV, VFAs por sus siglas en inglés) son compuestos hidrocarbonados intermedios generados durante la digestión anaerobia, con un potencial significativo en la producción de bioplásticos, biohidrógeno y en biorrefinerías. La síntesis de AGV está fuertemente influenciada por la composición de la biomasa de entrada, dado que carbohidratos, lípidos y proteínas actúan como sustratos para estos ácidos grasos de cadena corta en proporciones variables. Además, parámetros operativos clave como el pH, la temperatura, la tasa de carga orgánica (OLR), el tiempo de retención hidráulica (HRT), los sólidos volátiles (SV), la demanda química de oxígeno (DQO) y la relación carbono/nitrógeno/fósforo (C/N/P), junto con la relación sustrato/microorganismo (S/M), son críticos para optimizar la acumulación de AGV.

Investigaciones recientes han destacado el papel del biocarbón (biochar) como agente catalítico y estabilizante en la digestión anaerobia, lo que conduce a una mayor producción de AGV. De igual forma, la inclusión de fluido ruminal en digestores anaerobios in vitro ha demostrado promover de manera significativa la hidrólisis y la acidogénesis, gracias a consorcios microbianos capaces de hidrolizar eficientemente polisacáridos y convertirlos en AGV. A pesar de los resultados prometedores de estas tecnologías de bajo costo, existe una carencia de estudios que exploren sus efectos combinados, lo que representa una oportunidad única para integrar enfoques innovadores.

En Ecuador, particularmente en la región amazónica, la alta tasa de producción de yuca genera cantidades importantes de residuos agroindustriales sólidos y líquidos. Este subproducto plantea un desafío ambiental debido al elevado contenido de sólidos disueltos que se liberan a los ecosistemas tras la extracción de almidón. Datos del SIPA (MAG, 2024) evidencian la extensa superficie cosechada y los volúmenes de producción de yuca en 2024, subrayando la magnitud de este problema. Además, estudios como el realizado por Jaramillo Intriago et al. (2023) señalan que los efluentes de plantas de producción de almidón suelen superar una DQO de 30 000 mg/L. Aprovechar estos residuos para la producción de AGV no solo podría mitigar el impacto ambiental, sino también impulsar una economía circular. Este estudio tiene como objetivo consolidar información sobre tecnologías emergentes y de bajo costo que presentan aplicaciones promisorias en sectores rurales y agro productivos.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo mediante una revisión bibliográfica exhaustiva con un diseño descriptivo-comparativo. Se incluyó la recopilación y análisis de artículos científicos publicados entre 2020 y 2025 en bases de datos indexadas de reconocida calidad, como ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, Taylor & Francis y Google Scholar. Además, se incorporaron datos oficiales sobre las tasas de producción de yuca en el Ecuador y la caracterización de las aguas residuales de la industria del almidón, con el fin de enfatizar el papel crítico de los ácidos grasos volátiles (AGV o VFAs) en el impulso de una economía circular.

La búsqueda bibliográfica siguió lineamientos específicos que priorizaron el uso de palabras clave en inglés tales como “volatile fatty acids (VFAs)”, “biochar”, “anaerobic digestion”, “cassava wastewater”, “hydrolysis”, “acidogenesis”, “inhibition of methanogenesis”, “food waste valorization” y “low-cost technologies”. Estas palabras clave fueron fundamentales para establecer tanto los aspectos técnicos como prácticos de la valorización de residuos orgánicos. Se prestó especial atención al manejo de parámetros operativos y fisicoquímicos, entre ellos pH, temperatura, tiempo de fermentación, sólidos volátiles (SV) y demanda química de oxígeno (DQO), los cuales constituyeron la base del manejo eficaz de biomasa agroindustrial.

Los criterios de selección se centraron en estudios que exploraran la optimización de la generación de AGV a partir de residuos agroindustriales, con énfasis particular en el uso de biocarbón (biochar) como material soporte o catalítico y de fluido ruminal como inóculo microbiano. Asimismo, la revisión incorporó estudios que utilizaron diversas técnicas analíticas, como cromatografía de gases con detectores de ionización de llama (FID) o de conductividad térmica (TCD), espectrofotometría, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (ATR-FTIR) y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). También se incluyeron

métodos de biología molecular basados en la secuenciación del gen 16S rARN, junto con plataformas bioinformáticas como QIIME2 y DADA2.

Las variables identificadas en la revisión se organizaron en tres dimensiones clave: (1) eficiencia del proceso (rendimiento de AGV), (2) componentes fisicoquímicos y microbiológicos (incluyendo soportes orgánicos microbianos e identificación de comunidades bacterianas) y (3) valorización (aplicaciones industriales de los AGV). Esta organización consideró su potencial aplicación como precursores de bioplásticos tipo PHA/PHB, así como su papel en la optimización del manejo de la desnitrificación, la producción de biofertilizantes, el desarrollo de solventes verdes y su función como intermediarios en el contexto de una economía circular.

Resultados y discusión

Los estudios analizados indican que el tipo de biomasa impacta de manera significativa tanto en la composición como en la cantidad de ácidos grasos volátiles (AGV) producidos. Por ejemplo, residuos ricos en polisacáridos y almidón, como la yuca, generaron las mayores cantidades de AGV (Sanchez-Ledesma et al., 2025). En contraste, materiales lignocelulósicos, como los lodos de pulpa y la paja de maíz, requirieron inóculos especializados para mejorar el proceso de digestión (Yu et al., 2025; Liang et al., 2024). En general, los AGV predominantes identificados fueron los ácidos acético, propiónico y butírico, en concordancia con revisiones globales (Agnihotri et al., 2022).

Los principales parámetros operativos que influyen en la producción de AGV incluyen el pH, la temperatura y la tasa de carga orgánica. Presti et al. (2021) demostraron que un pH inicial alcalino cercano a 10 favoreció la acumulación de AGV utilizando lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales. Además, Liang et al. (2024) encontraron que mantener un pH neutro incrementó la diversidad microbiana de comunidades productoras de acetato y propionato cuando se utilizó inóculo ruminal. Esta estrategia inhibió de manera efectiva la metanogénesis, al tiempo que mejoró las tasas de hidrólisis y acidogénesis.

El biocarbón (biochar) surgió como una tecnología de bajo costo promisoria, actuando como agente catalítico que facilita la transferencia de electrones entre microorganismos y estabiliza el medio (Morón Kola et al., 2025; Zheng et al., 2025). La aplicación de biocarbón activado química o físicamente incrementó el área superficial y el número de grupos funcionales, promoviendo así una hidrólisis superior de la celulosa (Wei et al., 2020). Cuando se combina con fluido ruminal, esta tecnología puede mejorar de forma significativa la degradación de materia orgánica de manera práctica (Yu et al., 2025; Liang et al., 2024).

En la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales de yuca, la DQO y los sólidos volátiles (SV) resultaron parámetros operativos clave para evaluar su potencial como sustrato (Jaramillo Intriago et al., 2023). El análisis de AGV se realizó mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID) y, en menor medida, cromatografía líquida de alta resolución con detección ultravioleta (HPLC-UV) (Presti et al., 2021; Zhang et al., 2025). La producción de gases (H_2 y CH_4) se monitoreó mediante cromatografía de gases con detector de conductividad térmica (GC-TCD) durante estudios de fermentación en lote (Kakar et al., 2025). La identificación microbiana se basó en la secuenciación de la región 16S rARN y análisis bioinformáticos mediante métodos como NGS, QIIME y PICRUSt2, que identificaron géneros como Clostridium, Prevotella y Succiniclasticum como actores clave en la acidogénesis (Yu et al., 2025; Liang et al., 2024).

De acuerdo con SIPA (MAG, 2024), la provincia de Napo en Ecuador cuenta con más de 600 hectáreas cosechadas de yuca, con una tasa de producción de 8,52 toneladas por hectárea en 2024. Además, el ganado bovino representa más de tres cuartas partes de la población ganadera del país, lo que indica una fuente fácilmente disponible de rumen para inóculos. Esta caracterización de biomasa rica en polisacáridos, junto con el inóculo ruminal, subraya su potencial como opciones sostenibles para la generación y valorización de AGV.

La revisión de Agnihotri et al. (2022) reafirma el papel de los AGV en procesos de biorrefinería y generación de energía, promoviendo una economía circular sostenible y diversificada. AGV como los ácidos acético y propiónico son altamente demandados en las industrias química y alimentaria, mientras que los ácidos butírico y caproico encuentran aplicaciones en la producción de biocombustibles. En consecuencia, la valorización de residuos agroindustriales mediante acidogénesis constituye una estrategia crucial para impulsar una economía diversificada basada en bioproductos de valor agregado.

Conclusiones

En conjunto, los estudios revisados demuestran que la naturaleza de la biomasa, junto con el control fino de parámetros operativos (pH, temperatura, carga orgánica) y el uso de tecnologías de apoyo como el biocarbón y el fluido ruminal, determina de manera decisiva el rendimiento y perfil de los AGV. La disponibilidad de residuos ricos en polisacáridos, como las aguas residuales de yuca en Napo, y de fuentes locales de inóculo ruminal posiciona a estos sustratos como alternativas sostenibles para la producción de AGV en Ecuador. Dado el creciente interés industrial por ácidos como el acético, propiónico, butírico y caproico, la valorización de residuos agroindustriales mediante acidogénesis se configura como una vía estratégica para fortalecer una economía circular diversificada basada en bioproductos de alto valor agregado.

Referencias Bibliográficas

Agnihotri, S., Yin, D. M., Mahboubi, A., Sapmaz, T., Varjani, S., Qiao, W., Koseoglu-Imer, D. Y., & Taherzadeh, M. J. (2022). A glimpse of the world of volatile fatty acids production and application: A review. Bioengineered, 13(1), 1249–1275. https://doi.org/10.1080/21655979.2021.1996044

Jaramillo Intriago, V. C., López Ponce, K. P., Guanoluiza Carreño, J., Briones Ponce, G. E., & Moreira-Mendoza, C. A. (2023). Physicochemical characterization of industrial wastewater generated by cassava starch production using the wet method. Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios, 10(2). Universidad de Panamá. http://portal.amelica.org/ameli/journal/215/2154400007/

Kakar, F. L., Aqeel, H., Okoye, F., Elbeshbishy, E., & Liss, S. N. (2025). Microbial shifts and VFA production in the optimization of anaerobic digestion by thermal hydrolysis coupled with vacuum fermentation. Bioresource Technology, 429, 132481. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2025.132481

Liang, J., Zhang, P., Zhang, R., Chang, J., Chen, L., Wang, G., Tian, Y., & Zhang, G. (2024). Response of rumen microorganisms to pH during anaerobic hydrolysis and acidogenesis of lignocellulose biomass. Waste Management, 174, 476–486. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.035

Moronkola, A. A., Oyedeko, K. F. K., Patinvoh, R. J., et al. (2025). Optimization of volatile fatty acids from food waste for the synthesis of polyhydroxyalkanoates. Biomass Conversion and Biorefinery. https://doi.org/10.1007/s13399-025-06548-y

Presti, D., Cosenza, A., Capri, F. C., Gallo, G., Alduina, R., & Mannina, G. (2021). Influence of volatile solids and pH for the production of volatile fatty acids: Batch fermentation tests using sewage sludge. Bioresource Technology, 342, 125853. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125853

Sanchez-Ledesma, L. M., Rodríguez-Victoria, J. A., & Ramírez-Malule, H. (2025). Kinetic modeling of volatile fatty acids production using cassava wastewater as low-cost substrate. Water, 17(7), 991. https://doi.org/10.3390/w17070991

Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2024). Agricultural production figures: Cassava production in Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). https://sipa.

agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

Wei, Y., Shen, C., Xie, J., & Bu, Q. (2020). Study on reaction mechanism of superior bamboo biochar catalyst production by molten alkali carbonates pyrolysis and its application for cellulose hydrolysis. Science of the Total Environment, 712, 136435. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136435

Yu, F., Li, N., Li, H., Zhang, Y., Chen, L., Wang, B., Sheng, X., Zhang, J., Ping, Q., & Xiao, H. (2025). Boosting volatile fatty acids (VFAs) production during anaerobic digestion of lignocellulose-rich pulp mill excess sludge by inoculating rumen fluid and studying microbial community structures and functions. International Journal of Biological Macromolecules, 303, 140718. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.140718

Zhang, Z., Zhang, R., Ma, Y., & Sun, Y. (2025). Improved volatile fatty acid production in anaerobic digestion via simultaneous temperature regulation and persulfate activation by biochar: Chemical and biological response mechanisms. Environmental Research, 264(Part 1), 120271. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120271

Zheng, X., Zhao, Z., Zhu, Z., Wu, Y., Long, M., & Chen, Y. (2025). Harnessing conductive materials for sustainable food waste treatment: Comparative evaluation of biochar and magnetite in volatile fatty acid production. Journal of Environmental Management, 387, 125887. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125887

Dynamics of carotenoids and total phenolic compounds in commercial chilli pepper varieties across ripening stages

Evolución de los carotenoides y los compuestos fenólicos totales en variedades comerciales de pimiento picante a lo largo de las etapas de maduración

Kevin Campaña[1], Elena Coyago-Cruz[2], Andrea Hidalgo-Dávila[3], Lizbeth Alpusig-Guanoluisa[4]

1 Universidad Politécnica Salesiana. https://orcid.org/0009-0000-5239-5137

2 Universidad Politécnica Salesiana. https://orcid.org/0000-0003-4495-3500

3 Universidad Politécnica Salesiana.

4 Universidad Politécnica Salesiana. https://orcid.org/0009-0007-2385-4016

Autor de correspondencia: ecoyagoc@ups.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e5

Abstract

Chilli peppers (*Capsicum* spp.) are valued for their flavour, colour, and bioactive compounds. Their global production has increased due to gastronomic and functional importance. This study aimed to quantify the total carotenoids and phenolic compounds in six chilli varieties cultivated in Ecuador, including giant yellow (*Capsicum baccatum*), chile (*Capsicum chinense*), criollo (*Capsicum annuum*), gallinazo (*Capsicum frutescens*), habanero manzano (*Capsicum chinense*), and jalapeño (*Capsicum annuum*). These are at different stages of ripeness, represented by the change in colour of the peel (M10%, M50%, M80%). Bioactive compounds were extracted by ultrasound-assisted microextraction and quantified by spectrophotometry and microplate reader, with phenols determined using the Folin–Ciocalteu reagent. Results revealed species- and ripening-dependent trends. 'gallinazo' and 'habanero manzano' showed the highest phenolic content at 80%. Carotenoids increased progressively during ripening, with 'habanero manzano' and 'gallinazo' reaching maximum levels at M80%. These findings highlight the influence of genotype and maturity on the accumulation of bioactive compounds, which is relevant for food and nutraceutical applications.

Keywords: Bioactive compounds; Functional foods; Microextraction; Microplates

Introduction

The development of fruit is a complex process comprising three main stages, such as growth, development, and ripening, followed by softening and senescence. During the initial phase, cells divide and then increase in size due to the expansion of vacuoles. During ripening, the fruit reaches its maximum size and undergoes physiological and biochemical transformations, including changes in colour, texture, and chemical composition (e.g., pigments, sugars, and secondary metabolites). Genetic and environmental factors regulate these transformations, and some external interventions can delay softening (Martínez-González et al., 2017).

In this context, chillies or hot peppers (*Capsicum* spp.) are an important group of fruits, with commercially significant species including *C. annuum, C. chinense, C. frutescens, C. baccatum* and *C. pubescens* (Osorio et al., 2021). This genus is native to South America, but thanks to improved agricultural practices and growing demand for its fruits, its cultivation has expanded globally. It is currently the second most economically important vegetable in the world (Holguín-Burgos et al., 2022).

The attractive colour, aroma and spiciness of chillies make them popular natural seasonings and colourings in the food industry. They are also notable for their nutritional value and phytochemical content, including vitamins, phenolic compounds, and carotenoids. These compounds have been associated with health benefits, including the prevention of cardiovascular disease, relief from arthritis pain, and modulation of the immune system (Liu et al., 2024).

A distinctive feature of the *Capsicum* genus is its ability to synthesise capsaicinoids, which give the fruit its spicy flavour. To date, around 23 capsaicinoid compounds have been identified, with capsaicin and dihydrocapsaicin accounting for approximately 95% of these. In particular, capsaicin has been extensively studied for its analgesic, antioxidant and anti-inflammatory properties (Guevara et al., 2021). Within this framework, the focus of this research was to evaluate the dynamics of bioactive compounds, such as total phenols and carotenoids, in chillies of various varieties, sizes and colours at different stages of ripeness. The results of the study demonstrate the functional value and potential applications of chillies in the food and nutraceutical industries.

Materials and methods

For the study, six varieties of peppers were collected at three stages of ripeness, defined by changes in peel colour, thus 10% (10% of the final colour), 50% (50% of the final colour),

and 80% (80% of the final colour) (Figure 1). Additionally, plant material was collected for botanical identification. This was carried out in Nayón, Quito, Ecuador. Fruits were selected at random in accordance with the sampling protocol established by Agrocalidad-INT/CPA/01 (INEN, 2014) and the NTE-INEN-1750 standard (INEN, 2012).

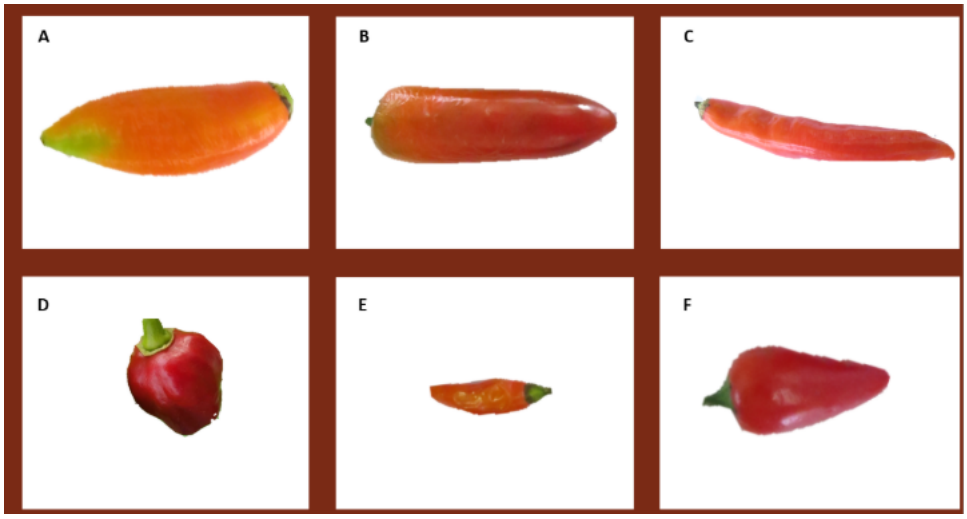


Figure 1. Photograph of different species of pipper at 80% maturity.

Note: A) Giant yellow pepper (*Capsicum baccatum*); B) Jalapeño pepper (*Capsicum annuum*); C) Criollo pepper (*Capsicum annuum*); D) Habanero manzano pepper (*Capsicum chinense*); E) Gallinazo pepper (*Capsicum frutescens*); F) Chile pepper (*Capsicum chinense*).

The collected samples were washed, and the seeds were removed before being cut into small pieces. To prevent the degradation of bioactive compounds, they were frozen at –80 °C and then freeze-dried in a Christ Alpha 1-4 LDplus freeze dryer (Martin Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz, Germany).

Carotenoids were determined using the methodology described by Coyago-Cruz et al. (2023), with slight modifications. Twenty milligrams of freeze-dried sample powder were weighed and then 250 µL of methanol, 500 µL of trichloromethane and 250 µL of water were added to this.

The mixture was homogenised and subjected to ultrasonic agitation using a Fisher Scientific FS60 (Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) for two minutes. The supernatant was recovered, and the solid residue was re-extracted with 500 µL of trichloromethane. This process was repeated as many times as necessary until all the pigments had been obtained. The combined extracts were evaporated to dryness in a Buchi R-100 rotary evaporator (Buchi Labortechnik AG, Flawil, Switzerland) at a temperature below 40 °C and in the dark to prevent degradation

of the compounds. The dry residue was redissolved in 200 µL of HPLC-grade ethanol, and the absorbance was measured using a BioTek Epoch microplate reader spectrophotometer (BioTek Instruments Inc., Winooski, VT, USA) at 450 nm. A calibration curve was prepared using β-carotene as a standard, and the results were expressed in milligrams of β-carotene per 100 g of dry weight.

Total phenolic compounds were determined following the methodology described by Coyago-Cruz et al. (2024), with slight modifications. Twenty milligrams of lyophilised powder were weighed and extracted with 1 ml of methanol acidified with 0.1% HCl. The mixture was homogenised and subjected to ultrasound for three minutes. The supernatant was recovered, and the solid residue was re-extracted twice more with 500 µL of acidified methanol. The extracts obtained were combined. To quantify the compounds, 20 µL of the extract, 100 µL of Folin–Ciocalteu reagent (diluted 1:4) and 75 µL of 100 g/L sodium carbonate were placed in each well of a 96-well plate. The reaction was kept in the dark for two hours, after which the absorbance was measured at 750 nm using a spectrophotometer with a microplate reader. A calibration curve was prepared using gallic acid as a standard, and the results were expressed as milligrams of gallic acid equivalents per 100 g of dry weight (mg GAE/100 g DW).

Finally, the results obtained were analysed by one-way analysis of variance (ANOVA) using STATGRAPHICS Centurion XVII. Tukey´s test was used to compare means, with a significance level of $p < 0.05$. Graphs of results were generated using SigmaPlot version 14.0 software.

Results and discussion

Figure 2 shows the average carotenoid concentration for different varieties of chilli pepper at various stages of ripeness. In all cases, the highest concentration was recorded at the most advanced stage of ripeness (80%). The highest concentrations were found in Capsicum chinense (habanero) and C. chinense (chilli) varieties. These variations are related to the biosynthesis and progressive accumulation of carotenoids during ripening, a process that is regulated by physiological factors and the genetics of each variety (Ionica et al., 2017).

The total carotenoid concentrations obtained in this study far exceeded those reported in previous studies. For instance, a range of 184.4 to 675.8 mg/100 g dry weight has been reported for Capsicum annuum 'Paprika' (*Capsicum annuum*) (Yang et al., 2024). By contrast, a study of the 'Z1' variety (*C. annuum*) under different photoperiod conditions recorded much lower concentrations of between 0.1 and 2.4 mg/L (Ma et al., 2024). A literature review also compiled a narrower range of 1.0–1.3 mg/100 g dry weight for total carotenoids in various

Capsicum accessions (Mengistu & Beri, 2024).

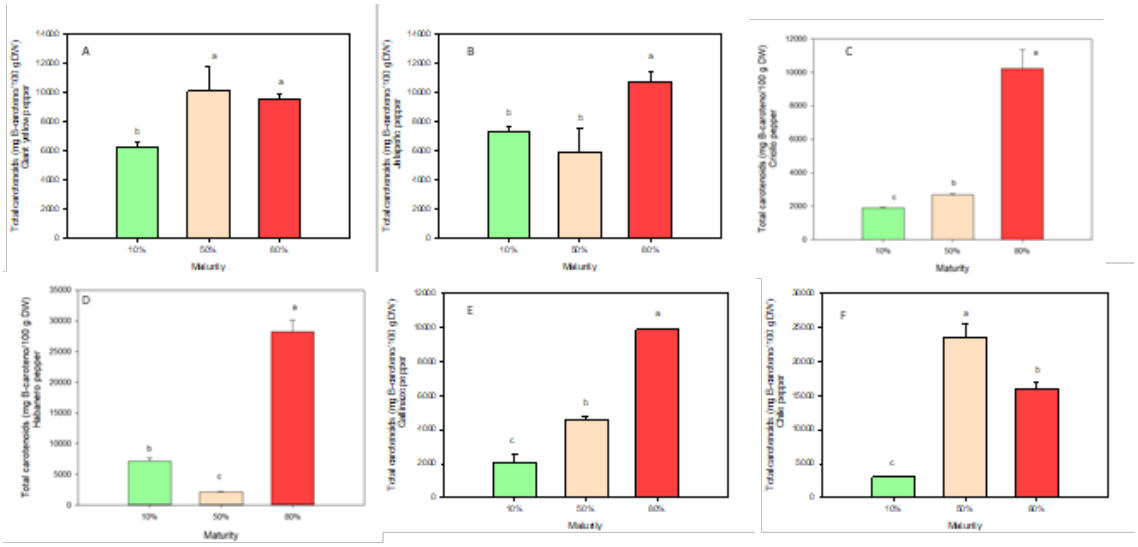


Figure 2. Average total carotenoid concentration values of pipper at different degrees of ripeness.

Note: A) Giant yellow pepper (*Capsicum baccatum*); B) Jalapeño pepper (*Capsicum annuum*); C) Criollo pepper (*Capsicum annuum*); D) Habanero manzano pepper (*Capsicum chinense*); E) Gallinazo pepper (*Capsicum frutescens*); F) Chile pepper (*Capsicum chinense*). The vertical bars indicate the standard deviation, and the capital letters above the bars indicate homogeneous groups with Tukey's *p*-value < 0.05.

Figure 3 shows the average carotenoid concentration for different varieties of chilli pepper at various stages of ripeness. In all cases, the highest concentration was recorded at the most advanced stage of ripeness (80%). In terms of total phenols, the concentrations determined in this study exceeded those reported in previous studies. For instance, a range of 3.6–4.2 mg EAG/g dry weight was reported for *Capsicum annuum* 'Paprika' (Yang et al., 2024), while values between 3.1–3.8 mg EAG/g dry weight were observed in three Korean varieties ('Dokbulwang', 'Subicho' and 'Eumseong')(Jang et al., 2024). A literature review, meanwhile, documented a much wider range: 720.5–852.0 mg EAG/100 g dry weight in various *C. annuum* varieties (Mengistu & Beri, 2024). These discrepancies can be attributed to methodological factors in phenol quantification, the type of analysed tissue, the geographical origin of the samples, and the harvest season, as suggested by other authors (Coyago-Cruz, Méndez, et al., 2023).

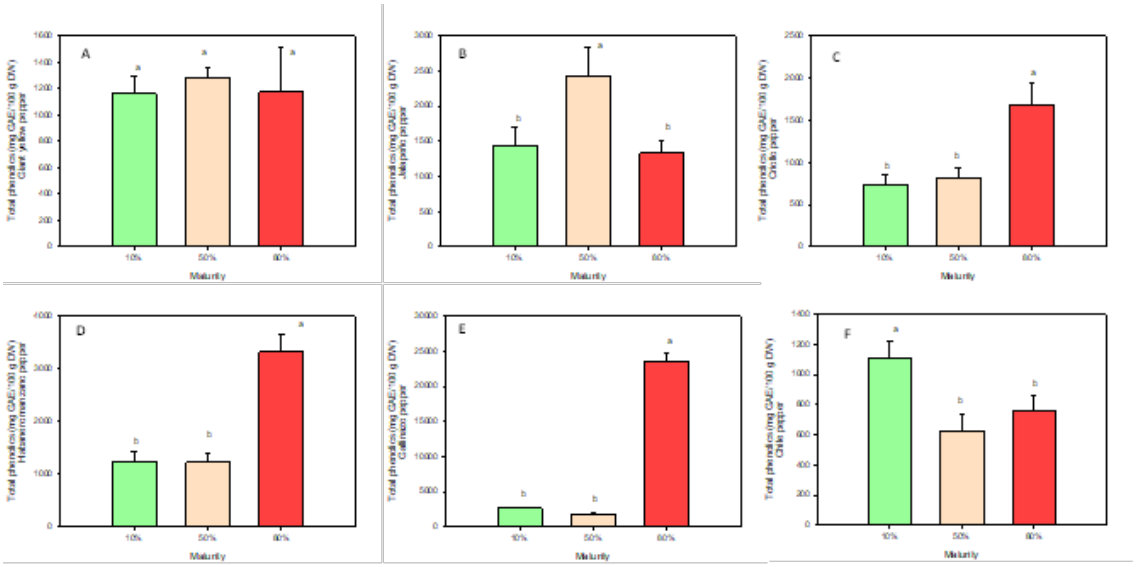


Figure 3. Average total phenolic concentration values of pipper at different degrees of ripeness.

Note: A) Giant yellow pepper (*Capsicum baccatum*); B) Jalapeño pepper (*Capsicum annuum*); C) Criollo pepper (*Capsicum annuum*); D) Habanero manzano pepper (*Capsicum chinense*); E) Gallinazo pepper (*Capsicum frutescens*); F) Chile pepper (*Capsicum chinense*). The vertical bars indicate the standard deviation, and the capital letters above the bars indicate homogeneous groups with Tukey's *p*-value < 0.05.

Conclusions

This study demonstrated that the concentrations of total carotenoids and phenols in commercially grown chilli peppers in Ecuador vary according to the ripeness stage and genetics of each species. The highest carotenoid content was consistently observed in the advanced stage of ripeness (80%), with habanero and chile (*Capsicum chinense*) varieties emerging as the highest levels. Similarly, total phenol content varied, with higher levels observed in *C. frutescens* (gallinazo) at advanced stages, while *C. chinense* (chile) exhibited higher concentrations at the early stage (10%). These findings underscore the importance of considering variety and the degree of maturity in the accumulation of bioactive compounds. This information is valuable for selecting raw materials in the food and nutraceutical industries.

Acknowledgements: The authors thank the Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) through the IBERBIOAL Network (325RT0170).

References

Coyago-Cruz, E., Barrigas, A., Guachamin, A., Heredia-Moya, J., Zuñiga-Miranda, J., & Vera, E. (2024). Bioactive Composition of Tropical Flowers and Their Antioxidant and Antimicrobial Properties. *Foods*, *13*(23), 3766. https://doi.org/10.3390/foods13233766

Coyago-Cruz, E., Guachamin, A., Villacís, M., Rivera, J., Neto, M., Méndez, G., Heredia-Moya, J., & Vera, E. (2023). Evaluation of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in 51 Minor Tropical Fruits of Ecuador. *Foods*, *12*(24). https://doi.org/10.3390/foods12244439

Coyago-Cruz, E., Méndez, G., & Acurio, D. (2023). Assessment of the microbiological quality and heavy metal risk in vegetable species marketed in outdoor fairs. *Bionatura*, *8*(4), 1–10. https://doi.org/10.21931/rb/2023.08.04.18

Guevara, L., Domínguez-Anaya, M., Ortigosa, A., González-Gordo, S., Díaz, C., Vicente, F., Corpas, F., Pérez, J., & Palma, J. (2021). Identification of compounds with potential therapeutic uses from sweet pepper (Capsicum annuum l.) fruits and their modulation by nitric oxide (no). *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(9). https://doi.org/10.3390/ijms22094476

Holguín-Burgos, B., Alvarado-Aguayo, A., Delgado-Delgado, D., & Munzón-Quintana, M. (2022). Análisis del comportamiento de tres híbridos de pimiento bajo 2 diferentes sistemas de riego. *Agronomía Costarricense*, *46*(2), 147–158. https://doi.org/10.15517/rac.v46i2.52054

INEN. (2012). Hortalizas y frutas frescas. Muestreo. In *NTE INEN 1750:1994* (Vol. 1, p. 19). Instituto Ecuatoriano de Normalización. http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/nte_inen_0980.pdf

INEN. (2014). Directrices generales sobre muestreo (CAC/GL 50-2004, IDT). In *CPE INEN-CODEX CAC/GL 50* (p. 78). Instituto Ecuatoriano de Normalización. https://www.fao.org/input/download/standards/10141/CXG_050s.pdf

Ionica, M., Nour, V., & Trandafr, I. (2017). Bioactive compounds and antioxidant activity of hot pepper fruits at different stages of growth and ripening. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *90*, 232–237. https://doi.org/10.5073/JABFQ.2017.090.029

Jang, H., Choi, M., & Jang, K.-S. (2024). Comprehensive phytochemical profiles and antioxidant activity of Korean local cultivars of red chili pepper (Capsicum annuum L.).

Frontiers in Plant Science, *15*, 1–12. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1333035

Liu, M., Hu, L., Deng, N., Cai, Y., Li, H., Zhang, B., & Wang, J. (2024). Effects of different hot-air drying methods on the dynamic changes in color, nutrient and aroma quality of three chili pepper (Capsicum annuum L.) varieties. *Food Chemistry: X*, *22*, 101262. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101262

Ma, X., Hou, Y., Yang, S., Zheng, X., Wang, X., & Cheng, G. (2024). Effect of different photoperiods on the period of maturity of hot peppers (Capsicum annuum L.) and their changes in color. *Scientia Horticulturae*, *334*, 2–11. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113337

Martínez-González, E., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, A., Palomino-Hermosillo, A., & López-Gúzman, G. (2017). Postharvest fruits: maturationand biochemical changes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* , *19*, 4075–4087.

Mengistu, H. K., & Beri, G. B. (2024). Cooking effect on bioactive compounds and antioxidant capacity of red pepper (Capsicum annuum L.). *Heliyon*, *17*, 2–19. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35418

Osorio, L., Manzur, S., Zafra, Q., Delgado, L., Calderón, Z., & Cruz, N. (2021). Composición y aplicaciones clínicas de especies de chiles (Capsicum spp.) domesticados. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, *10*(19), 249–257. https://doi.org/10.29057/icsa.v10i19.7183

Yang, X., Bai, J., Yongkang, X., Geng, Z., Zhang, Q., & Wang, J. (2024). Evaluation of electron beam irradiation on the microbiological, phytochemicals, and aromatic profiles of three paprika (Capsicum annuum L.) varieties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *September*, 103869. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103869

Influence of ripening stages on carotenoid and total phenolic accumulation in multicoloured cherry tomato varieties

Influencia de los estadios de maduración sobre la acumulación de carotenoides y compuestos fenólicos totales en variedades multicolores de tomate cherry

Elena Coyago-Cruz[1], Belén Apolo[2], Felipe Rivera-Rueda[3], Yerovi Sánchez-Arias[4]

1 Universidad Politécnica Salesiana. https://orcid.org/0000-0003-4495-3500

2 Universidad Politécnica Salesiana. https://orcid.org/0000-0003-2075-4064

3 Universidad Politécnica Salesiana. https://orcid.org/0009-0001-5479-2969

4 Universidad Politécnica Salesiana. https://orcid.org/0009-0006-3606-3566

Autor de correspondencia: ecoyagoc@ups.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e6

Abstract

Tomatoes (*Solanum lycopersicum*) are widely consumed worldwide, with cherry tomato varieties gaining interest for their nutritional and sensory attributes. Nevertheless, little is known in Ecuador about their bioactive properties. This study aimed to quantify carotenoids and total phenols in coloured cherry tomato varieties (yellow, green, black, oval red, and elongated red) at three ripening stages (M0%, M50%, M100%) defined by skin colour. Bioactive compounds were extracted using microextraction, and their quantification was performed using a spectrophotometer with a microplate reader. Total phenols were determined using the Folin-Ciocalteu method. Results showed that black, oval red, and red spotted tomatoes reached the highest carotenoid levels at full maturity (1172.06, 959.31, and 845.01 mg/100 g DW). In contrast, total phenols decreased during ripening in most varieties, with yellow tomatoes showing the highest initial value (5.69 mg GAE/100 g DW). These findings highlight the influence of colour and ripeness on bioactive compound profiles, supporting their nutritional and functional potential.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; Microextraction; Bioactive compounds; Folin.

Resumen

Los tomates (*Solanum lycopersicum*) son ampliamente consumidos a nivel mundial, y las variedades de tomate cherry han despertado interés debido a sus atributos nutricionales y sensoriales. Sin embargo, en Ecuador existe escasa información sobre sus propiedades bioactivas. El objetivo de este estudio fue cuantificar carotenoides y fenoles totales en variedades coloreadas de tomate cherry (amarillo, verde, negro, rojo ovalado y rojo alargado) en tres estadios de maduración (M0 %, M50 % y M100 %), definidos según el color de la epidermis. Los compuestos bioactivos fueron extraídos mediante microextracción y cuantificados utilizando un espectrofotómetro con lector de microplacas. Los fenoles totales se determinaron mediante el método de Folin-Ciocalteu. Los resultados mostraron que los tomates negros, rojos ovalados y rojos moteados alcanzaron los niveles más altos de carotenoides en madurez completa (1172,06; 959,31 y 845,01 mg/100 g de peso seco, respectivamente). En contraste, los fenoles totales disminuyeron durante la maduración en la mayoría de las variedades, siendo los tomates amarillos los que presentaron el valor inicial más alto (5,69 mg EAG/100 g de peso seco). Estos hallazgos evidencian la influencia del color y del grado de madurez sobre los perfiles de compuestos bioactivos, respaldando su potencial nutricional y funcional.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*; microextracción; compuestos bioactivos; Folin.

Introduction

The tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most important horticultural crops worldwide, valued not only for its economic relevance and high consumer demand but also for its nutritional properties and versatility in the human diet (Allende, 2018). Among the available varieties, cherry tomatoes stand out for their diversity of colours, shapes, and flavours. Particularly, dark-coloured genotypes have recently attracted attention due to their potential nutraceutical properties, as they are rich in bioactive compounds such as flavonoids, anthocyanins, phenolic acids, and carotenoids, in addition to essential nutrients including sugars, vitamins, and minerals (Guzmán et al., 2021; Raza et al., 2022). The wild form *S. lycopersicum*, considered the ancestor of modern cultivated tomatoes, is distributed naturally in South America (Peru, Ecuador, Chile, and the Galápagos Islands) and represents a valuable genetic reservoir contributing to the current diversity (Coyago-Cruz et al., 2017; Délices et al., 2019).

Carotenoids are lipophilic pigments widely distributed in fruits and vegetables, responsible for colours ranging from yellow to deep red. In tomato, they accumulate in plastids (chloroplasts and chromoplasts) and include carotenes, such as β-carotene and lycopene, and xanthophylls,

such as lutein and zeaxanthin (Osamede et al., 2024). Their biosynthesis starts from geranylgeranyl pyrophosphate (GGPP), leading to the sequential formation of phytoene, ζ-carotene, and tetra-cis-lycopene, which is isomerised to trans-lycopene, the main pigment responsible for the red colour of ripe tomatoes (Meléndez, 2017). Lycopene, β-carotene, lutein, and zeaxanthin not only determine fruit colour but also exert multiple health benefits, including antioxidant, anticancer, cardioprotective, and ocular protective effects (Daphnee et al., 2022).

Phenolic compounds represent another major group of secondary metabolites in tomatoes, including phenolic acids, flavonoids, and tannins. They are synthesised mainly through the shikimate pathway, with phenylalanine acting as a precursor for multiple phenolic derivatives (Herrera et al., 2016). Tomato fruits contain relevant phenolics such as chlorogenic acid, caffeic acid, ferulic acid, and p-coumaric acid, all associated with antioxidant and protective effects against oxidative stress (Cizmarova et al., 2020; Li et al., 2021; Santana et al., 2017). Overall, these compounds are of nutritional and functional importance, as their regular intake has been linked to a lower risk of chronic diseases such as cardiovascular disorders, diabetes, and cancer (Cereceres et al., 2019).

Recent studies have demonstrated that the colour diversity of cherry tomatoes reflects differences in their phytochemical composition, particularly in carotenoids and phenolics, which directly influence both sensory and functional properties. However, there is still limited information on how these compounds vary among different coloured cherry tomato varieties and across ripening stages. Thus, the objective of this study was to investigate the concentration of carotenoids and total phenols in cherry tomato varieties of different colours at different degrees of ripeness grown in Ecuador.

Materials and methods

For the study, five varieties of cherry tomatoes were collected at three stages of ripeness, defined by changes in peel colour, thus 0% (green), 50% (halfway to the final colour), and 100% (fully ripe) (Figure 1). Additionally, plant material was collected for botanical identification. This was carried out in Checa, Quito, Ecuador. Fruits were selected at random in accordance with the sampling protocol established by Agrocalidad-INT/CPA/01 (INEN, 2014) and the NTE-INEN-1750 standard (INEN, 2012).

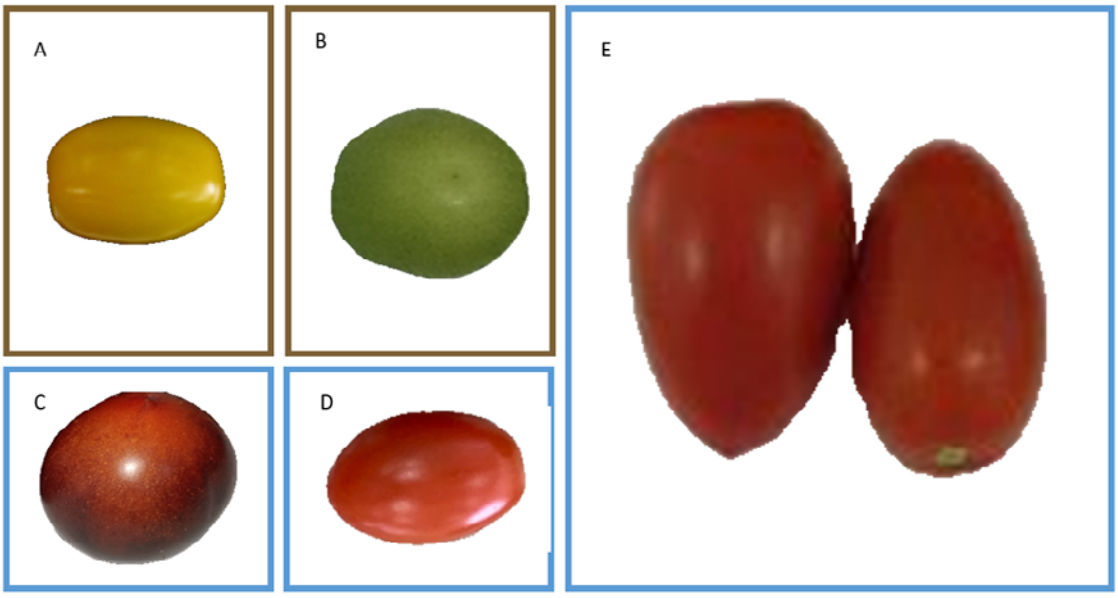


Figure 1. Photograph of different species of cherry tomatoes at 100% maturity.

Note: A) Yellow cherry tomatoes; B) Green cherry tomatoes; C) Black cherry tomatoes; D) Oval red cherry tomatoes; E) Elongated red cherry tomatoes.

The collected samples were washed and cut into small pieces. They were frozen at –80 °C and then freeze-dried in a Christ Alpha 1-4 LDplus freeze dryer (Martin Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz, Germany).

Carotenoids were determined using the methodology described by Coyago-Cruz et al. (2023), with slight modifications. Twenty milligrams of freeze-dried sample powder were weighed, and then 250 µL of methanol, 500 µL of trichloromethane and 250 µL of water were added to this. The mixture was homogenised and subjected to ultrasonic agitation using a Fisher Scientific FS60 (Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) for two minutes. The supernatant was recovered, and the solid residue was re-extracted with 500 µL of trichloromethane. This process was repeated as many times as necessary until all the pigments had been obtained. The combined extracts were evaporated to dryness in a Buchi R-100 rotary evaporator (Buchi Labortechnik AG, Flawil, Switzerland) at a temperature below 40 °C and in the dark to prevent degradation of the compounds. The dry residue was redissolved in 200 µL of HPLC-grade ethanol, and the absorbance was measured using a BioTek Epoch microplate reader spectrophotometer (BioTek Instruments Inc., Winooski, VT, USA) at 450 nm. A calibration curve was prepared using β-carotene as a standard, and the results were expressed

in milligrams of β-carotene per 100 g of dry weight.

Total phenolic compounds were determined following the methodology described by Coyago-Cruz et al. (2024), with slight modifications. Twenty milligrams of lyophilised powder were weighed and extracted with 1 ml of methanol acidified with 0.1% HCl. The mixture was homogenised and subjected to ultrasound for three minutes. The supernatant was recovered, and the solid residue was re-extracted twice more with 500 µL of acidified methanol. The extracts obtained were combined. To quantify the compounds, 20 µL of the extract, 100 µL of Folin–Ciocalteu reagent (diluted 1:4) and 75 µL of 100 g/L sodium carbonate were placed in each well of a 96-well plate. The reaction was kept in the dark for two hours, after which the absorbance was measured at 750 nm using a spectrophotometer with a microplate reader. A calibration curve was prepared using gallic acid as a standard, and the results were expressed as milligrams of gallic acid equivalents per 100 g of dry weight (mg GAE/100 g DW).

Finally, the results obtained were analysed by one-way analysis of variance (ANOVA) using STATGRAPHICS Centurion XVII. Tukey´s test was used to compare means, with a significance level of $p < 0.05$. Graphs of results were generated using SigmaPlot version 14.0 software.

Results and discussion

Figure 2 shows the average carotenoid concentrations in the different cherry tomato varieties evaluated throughout the different stages of ripeness. The results showed that the red varieties exhibited a progressive increase in total carotenoid concentration as ripeness progressed. In contrast, the yellow and green varieties exhibited a decrease in yield that was correlated with the degree of ripeness. This behaviour can be explained by the dynamics of carotenoid biosynthesis, in which the accumulation of these pigments predominates during the ripening process, particularly in red-coloured fruits (Coyago-Cruz et al., 2018; Meléndez, 2017).

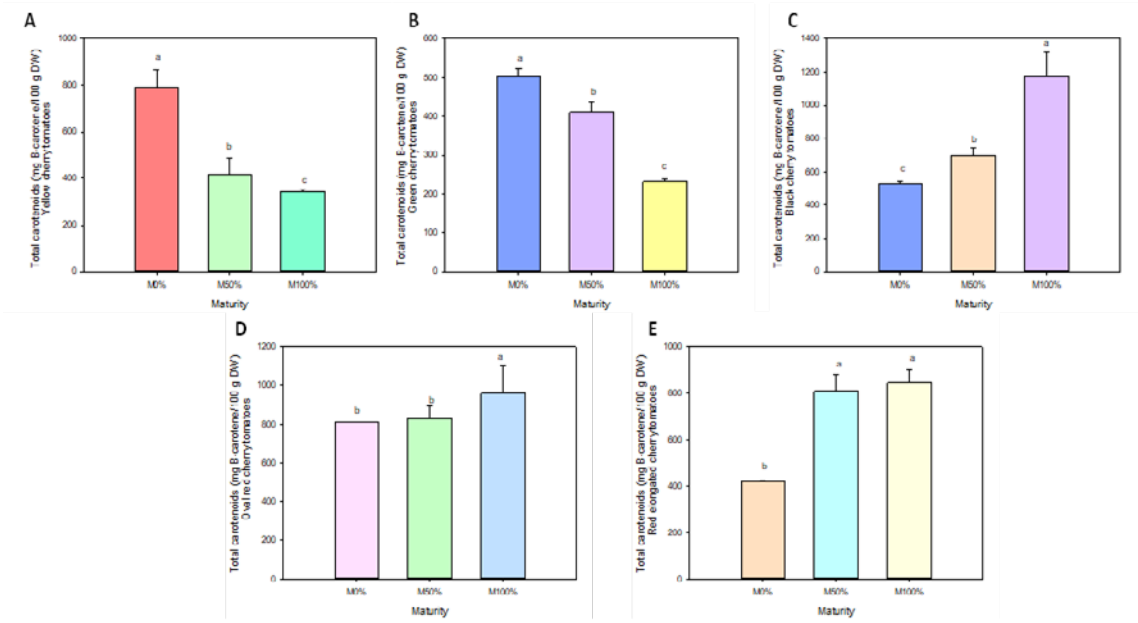


Figure 2. Average total carotenoid concentration of cherry varieties at different degrees of ripeness.

Note: A) Yellow cherry tomatoes; B) Green cherry tomatoes; C) Black cherry tomatoes; D) Oval red cherry tomatoes; E) Red elongated cherry tomatoes. The vertical bars indicate the standard deviation, and the capital letters above the bars indicate homogeneous groups with Tukey's *p*-value < 0.05.

Figure 2 shows the average concentrations of total phenols in five cherry tomato varieties evaluated at three stages of ripeness. In the yellow cherry tomato variety (Figure 2-A), a progressive decrease in total phenols was observed from 0% to 100% ripeness, indicating a significant loss of phenolic compounds during advanced ripening. In the green cherry tomato variety (Figure 2-B), the highest values were found in unripe fruits (M0%), with a reduction at M100%. In contrast, the black cherry tomato variety (Figure 2-C) showed the opposite behaviour, with a significant increase from M0% to M50% and M100%.

In the oval red cherry tomato variety (Figure 2-D), values remained stable between M0% and M50%, but with a marked decrease at M100%. Finally, the red, elongated cherry tomato variety (Figure 2-E) exhibited a consistent reduction in concentration, depending on the degree of ripeness, with significantly higher concentrations at M0% and lower concentrations at M100%. These results show that the dynamics of total phenols depend not only on the state of ripeness, but also on the colour and genetics of each cherry tomato variety. In general, unripe fruits tend to have higher concentrations of phenols, which is consistent with what has been reported in the literature, where the synthesis of these compounds is associated

with defence mechanisms against environmental and oxidative stress in the early stages of development (Coyago-Cruz et al., 2018; Guzmán et al., 2021; Raza et al., 2022) As ripening progresses, some of the phenols may be transformed into other secondary metabolites, such as anthocyanins and flavonoids, which would explain the reduction in some cases and the increase in dark-coloured varieties.

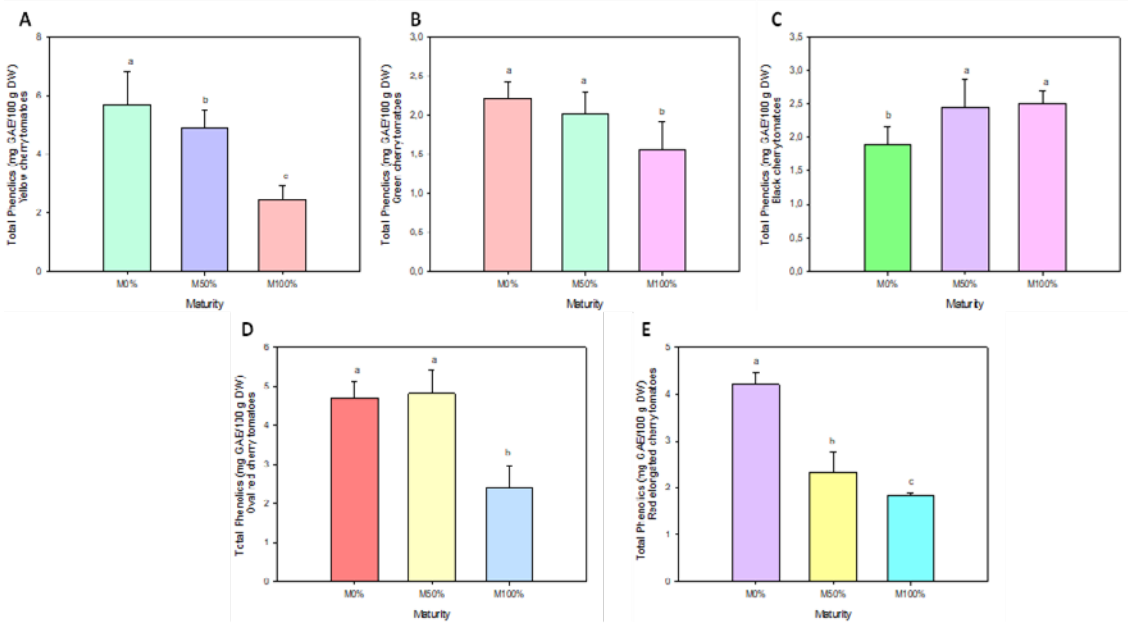


Figure 3. Average total phenolic concentration of cherry varieties at different degrees of ripeness.

Note: A) Yellow cherry tomatoes; B) Green cherry tomatoes; C) Black cherry tomatoes; D) Oval red cherry tomatoes; E) Red elongated cherry tomatoes. The vertical bars indicate the standard deviation, and the capital letters above the bars indicate homogeneous groups with Tukey's p-value < 0.05.

Conclusions

The study revealed that phenolic compounds were predominant in immature cherry tomatoes, decreasing with ripening in most varieties, while carotenoids tended to accumulate at later stages, especially in red and dark-coloured types. These contrasting dynamics highlight genotype-dependent regulation of bioactive compounds and suggest that both immature and ripe fruits represent valuable sources of antioxidants with potential applications in functional foods and nutraceuticals.

Acknowledgements: The authors thank the Programa Iberoamericano de Ciencia y

Tecnología para el Desarrollo (CYTED) through the IBERBIOAL Network (325RT0170).

References

Allende, M. (2018). *Importancia y consideraciones del cultivo de tomate*. En Manual de cultivo del tomate al aire libre (pp. 11–18). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/7f576cd1-3ef7-4e0c-be63-e2ebf74acef1/content

Cereceres, A., Rodrigo, J., Álvarez, E., & Rodríguez, A. (2019). Consumption of phenolic compounds in the elderly population. *Nutricion Hospitalaria*, *36*(2), 470–478. https://doi.org/10.20960/nh.2171

Cizmarova, B., Hubkova, B., Bolerazska, B., Marekova, M., & Birkova, A. (2020). Caffeic acid: a brief overview of its presence, metabolism, and bioactivity. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, *3*(4), 74–81. https://doi.org/10.31989/bchd.v3i4.692

Coyago-Cruz, E., Barrigas, A., Guachamin, A., Heredia-Moya, J., Zuñiga-Miranda, J., & Vera, E. (2024). Bioactive Composition of Tropical Flowers and Their Antioxidant and Antimicrobial Properties. *Foods*, *13*(23), 3766. https://doi.org/10.3390/foods13233766

Coyago-Cruz, E., Corell-González, M., & Meléndez-Martínez, A. (2017). *Estudio sobre el contenido en carotenoides y compuestos fenólicos de tomates y flores en el contexto de la alimentación funcional* (Vol. 1) [Universidad de Sevilla, Departamento de Ciencias Agroforestales]. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=150384

Coyago-Cruz, E., Corell, M., Moriana, A., Hernanz, D., Benítez-González, A. M., Stinco, C. M., & Meléndez-Martínez, A. J. (2018). Antioxidants (carotenoids and phenolics) profile of cherry tomatoes as influenced by deficit irrigation, ripening and cluster. *Food Chemistry*, *240*, 870–884. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.028

Coyago-Cruz, E., Guachamin, A., Villacís, M., Rivera, J., Neto, M., Méndez, G., Heredia-Moya, J., & Vera, E. (2023). Evaluation of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in 51 Minor Tropical Fruits of Ecuador. *Foods*, *12*(24). https://doi.org/10.3390/foods12244439

Ngameni Tchonkouang, R. D., Antunes, M. D. C., & Vieira, M. M. C. (2022). Potential of carotenoids from fresh tomatoes and their availability in processed tomato-based products. En R. M. Martínez-Espinosa (Ed.), Carotenoids - New perspectives and application. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.103933

Délices, G., Leyva, O., Mota, C., Pastrana, R., Meza, P., & Serna, R. (2019). Biogeografía del tomate solanum lycopersicum var. cerasiforme (solanaceae) en su centro de origen (sur de américa) y de domesticación (México). *Biologia Tropical*, *67*, 1023–1036. https://www.mendeley.com/catalogue/cddfa825-d71a-3b4e-8866-4c445a5ce8fe/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.2&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Bb8569263-eb31-3c64-b042-3b012727b345%7D

Guzmán Cruz, R., Hernández Vega, J. D., & Parola Contreras, I. (2021). Propiedades y ventajas del tomate cherry negro. *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología, 4*(7), 59–76. https://revistas.uaq.mx/index.php/perspectivas/article/view/273

Herrera, M., Reveles-Torres, L., & Velásquez-Valle, R. (2016). Cambios en el metabolismo de los fenilpropanoides en plantas de chile tipo mirasol infectadas por fitoplasma. In *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias* (Issue 79). https://isbnmexico.indautor.cerlalc.org/catalogo.php?mode=detalle&nt=219566

INEN. (2012). Hortalizas y frutas frescas. Muestreo. In *NTE INEN 1750:1994* (Vol. 1, p. 19). Instituto Ecuatoriano de Normalización. http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/nte_inen_0980.pdf

INEN. (2014). Directrices generales sobre muestreo (CAC/GL 50-2004, IDT). In *CPE INEN-CODEX CAC/GL 50* (p. 78). Instituto Ecuatoriano de Normalización. https://www.fao.org/input/download/standards/10141/CXG_050s.pdf

Li, Y., Zhou, Y., Wang, Z., Cai, R., Yue, T., & Cui, L. (2021). Preparation and characterization of chitosan–nano-zno composite films for preservation of cherry tomatoes. *Foods*, *10*(12). https://doi.org/10.3390/foods10123135

Meléndez-Martínez, A. J. (Ed.). (2017). *Carotenoides en agroalimentación y salud.* Editorial Terracota. http://carotenoides.us.es

Osamede, J., Sivapragasam, N., Redha, A., & Maqsood, S. (2024). Sustainable green extraction of anthocyanins and carotenoids using deep eutectic solvents: a review of recent developments. In *Food Chemistry* (Vol. 448). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139061

Raza, B., Hameed, A., & Saleem, M. (2022). Fruit nutritional composition, antioxidant and biochemical profiling of diverse tomato (solanum lycopersicum L.) genetic resource. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 1–35. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1035163

Santana, J., Cisneros, L., & Jacobo, D. (2017). Chlorogenic acid: recent advances on its dual role as a food additive and a nutraceutical against metabolic syndrome. *Molecules* 22(3), 358. https://doi.org/10.3390/molecules22030358

Caracterización molecular y bioquímica de *Auricularia nigricans* y *Muscodor* sp. recolectados en Pueblo Bello, Cesar, Colombia

Molecular and biochemical characterization of Auricularia nigricans *and* Muscodor *sp. collected in Pueblo Bello, Cesar, Colombia*

Karen Marcella García[1], Rubianith Suárez[2], Harol Smith Daza[3], Geovanna Tafurt[4], Duverney de Jesús Chaverra[5]

1 Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz. https://orcid.org/0009-0003-9610-1905

2 Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz. https://orcid.org/0009-0000-9915-7769

3 Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz. https://orcid.org/0009-0005-1688-4036

4 Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz. https://orcid.org/0000-0002-3486-3088

5 Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz. https://orcid.org/0000-0001-8068-7436

Autor de correspondencia: gtafurg@unal.edu.co

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e7

Resumen

La exploración de la diversidad fúngica en Cesar, Colombia, representa una prioridad estratégica debido a la necesidad de identificar compuestos bioactivos que respalden el desarrollo de un biocomercio sostenible en los sectores farmacéutico, nutracéutico y agroquímico, así como de proveer recursos para la conservación y restauración de ecosistemas en el contexto del cambio climático. En este marco, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar de manera preliminar el potencial biotecnológico de *Auricularia nigricans* y *Muscodor* sp., recolectados en Pueblo Bello, Cesar, Colombia. La caracterización taxonómica de ambas especies se realizó mediante análisis macroscópicos, microscópicos y moleculares. Para *A. nigricans*, se cuantificaron azúcares reductores, carbohidratos totales y contenido fenólico total con el fin de establecer un perfil bioquímico inicial. En *Muscodor* sp., se llevaron a cabo fermentaciones en estado líquido y sólido utilizando micelio, con el propósito de evaluar la concentración de proteínas extracelulares y la actividad enzimática. Adicionalmente, se determinó la capacidad de biorremediación del micelio en soluciones acuosas de azul de metileno. Los resultados mostraron que *A. nigricans* presentó un alto contenido de carbohidratos totales y niveles moderados de compuestos fenólicos, lo que sugiere aplicaciones potenciales en el ámbito nutracéutico. Los extractos enzimáticos crudos de *Muscodor* sp. evidenciaron una baja concentración proteica y limitada actividad enzimática; sin embargo, el micelio

alcanzó hasta un 77% de degradación del azul de metileno, demostrando un potencial de biorremediación frente a contaminantes de tipo colorante. Este estudio constituye el primer reporte de caracterización taxonómica y bioquímica de *A. nigricans* y *Muscodor* sp. en el Cesar, Colombia, aportando información valiosa para la bioprospección regional y sentando las bases para futuras investigaciones orientadas a la identificación de metabolitos con potencial biotecnológico.

Palabras clave: Ascomiceto. Basidiomiceto. Biorremediación. Colorantes. Contaminantes.

Abstract

The exploration of fungal diversity in Cesar, Colombia, represents a strategic priority due to the need to identify bioactive compounds that support the development of sustainable biocommerce in the pharmaceutical, nutraceutical, and agrochemical sectors, as well as to provide resources for ecosystem conservation and restoration in the context of climate change. Within this framework, the present study aimed to preliminarily evaluate the biotechnological potential of *Auricularia nigricans* and *Muscodor* sp. collected in Pueblo Bello, Cesar, Colombia. The taxonomic characterization of both species was conducted through macroscopic, microscopic, and molecular analyses. For *A. nigricans,* reducing sugars, total carbohydrates, and total phenolic content were quantified in order to establish an initial biochemical profile. In *Muscodor* sp., liquid-state and solid-state fermentations using mycelium were performed to evaluate extracellular protein concentration and enzymatic activity. Additionally, the bioremediation capacity of the mycelium was assessed in aqueous methylene blue solutions. The results showed that *A. nigricans* exhibited a high total carbohydrate content and moderate levels of phenolic compounds, suggesting potential applications in the nutraceutical field. Crude enzymatic extracts from *Muscodor* sp. demonstrated low protein concentration and limited enzymatic activity; however, the mycelium achieved up to 77% degradation of methylene blue, indicating bioremediation potential against dye-type contaminants. This study constitutes the first report on the taxonomic and biochemical characterization of *A. nigricans* and *Muscodor* sp. in Cesar, Colombia, providing valuable information for regional bioprospecting and establishing a basis for future research focused on the identification of metabolites with biotechnological potential.

Keywords: Ascomycete; Basidiomycete; Bioremediation; Dyes; Contaminants

Introducción

El género *Auricularia*, perteneciente a los basidiomicetos, se ha convertido en un referente de interés científico por su relevancia biotecnológica. Las especies de este género se distribuyen

ampliamente en regiones tropicales y subtropicales de Asia, Europa, América, África y Oceanía. China y Malasia reportan el mayor número de investigaciones, Wu et al. (2021). En Colombia, *Auricularia* se ha registrado en múltiples departamentos, evidenciando su diversidad y potencial de aprovechamiento, Gómez-Montoya et al. (2022).

Diferentes estudios han resaltado las propiedades de *Auricularia* en aplicaciones como producción de hidrogeles, suplementos alimenticios, compuestos antioxidantes, antitumorales e inmunomoduladores. De forma particular, especies como *A. auricula*, *A. polytricha* y *A. auricula-judae* se reconocen por la presencia de polisacáridos bioactivos de importancia en salud y nutrición, Miao et al. (2020) y Kong et al. (2020). En paralelo, los hongos endofíticos del género *Muscodor* han cobrado relevancia debido a la producción de metabolitos volátiles y enzimas con potencial en procesos de biorremediación y degradación de contaminantes, Kusari et al. (2012).

En este contexto, la presente investigación planteó dos objetivos centrales: (i) caracterizar molecular y bioquímicamente a un espécimen de *Auricularia sp.* recolectado en el departamento del Cesar, Colombia, y (ii) evaluar el potencial del hongo endófito *Muscodor sp.* como agente biorremediador frente al colorante azul de metileno.

Metodología

La recolección de *Auricularia* sp. se efectuó en Pueblo Bello (Cesar), sobre madera en descomposición en ambientes húmedos. La identificación se realizó mediante análisis morfológico complementado con técnicas moleculares basadas en la secuenciación del espaciador transcrito interno (ITS). Adicionalmente, se procesaron extractos acuosos de los cuerpos fructíferos para determinar su contenido de carbohidratos reductores, carbohidratos totales y compuestos fenólicos, parámetros clave en la caracterización bioquímica, Tafurt-García et al. (2015) y Díaz (2020).

Por otra parte, *Muscodor sp.* fue aislado a partir de tejidos de *Auricularia* y cultivado en medio PDA, Niño et al. (2017). La identificación molecular se llevó a cabo igualmente mediante análisis del ADN ribosomal. Se implementaron fermentaciones en estado sólido y líquido para evaluar la producción de proteínas extracelulares y enzimas (particularmente lacasas), además de su capacidad para degradar azul de metileno en condiciones controladas, Chegwin Angarita et al. (2023).

Resultados y discusión

La caracterización morfológica y molecular permitió identificar la especie recolectada como *Auricularia nigricans*, previamente reportada en la región Caribe colombiana. Los basidiomas presentaron morfología orejiforme, textura gelatinosa y coloraciones que coincidieron con descripciones previas de la especie, Alvarenga (2015). El análisis molecular corroboró esta identificación con una similitud superior al 98% frente a secuencias de referencia.

Los análisis bioquímicos de *A. nigricans* revelaron altos contenidos de carbohidratos totales y reductores, además de concentraciones relevantes de polifenoles. Estos valores resultaron superiores a los registrados en otras especies del mismo género, confirmando su potencial como fuente de compuestos bioactivos útiles en la industria alimentaria y farmacéutica, Islam et al. (2022).

En cuanto a *Muscodor sp.*, el micelio mostró características compatibles con especies endofíticas estériles, sin estructuras reproductivas. La secuenciación reveló una identidad parcial con *Muscodor yucatanensis*, lo que sugiere variabilidad genética respecto a especies previamente descritas. Los ensayos de fermentación sólida evidenciaron producción de lacasas y proteínas extracelulares, aunque en niveles inferiores a los reportados en otros miembros del orden Xylariales. Sin embargo, la capacidad de degradación de azul de metileno alcanzó un 77% ± 6,2%, demostrando eficiencia significativa en procesos de biorremediación. La dinámica observada mostró una fase inicial de adaptación y posteriormente una fase activa de degradación, asociada con la secreción de enzimas oxidativas.

Estos hallazgos reafirman que *Muscodor sp.* puede ser empleado como agente biotecnológico para la eliminación de colorantes sintéticos en aguas residuales, representando una alternativa ecológica a los métodos convencionales de tratamiento.

Conclusiones

El estudio permitió identificar de manera precisa a *Auricularia nigricans* mediante un abordaje integral que combinó técnicas morfológicas y moleculares. Los análisis bioquímicos destacaron el valor nutricional y funcional de sus metabolitos, especialmente polisacáridos y polifenoles, que pueden ser aprovechados en diferentes industrias.

En paralelo, la identificación de *Muscodor sp.* y la evaluación de sus capacidades metabólicas

resaltaron su potencial como agente biorremediador. La producción de enzimas extracelulares y su efectividad en la degradación de azul de metileno lo convierten en un candidato prometedor para procesos de tratamiento de aguas contaminadas.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian la importancia de explorar la biodiversidad fúngica colombiana no solo desde una perspectiva ecológica, sino también aplicada, contribuyendo al desarrollo de alternativas biotecnológicas sostenibles para la industria, la salud y el medio ambiente.

Referencias bibliográficas

Wu, F., Tohtirjap, A., Fan, L.-F., Zhou, L.-W., Alvarenga, R. L. M., Gibertoni, T. B., & Dai, Y.-C. (2021). Global diversity and updated phylogeny of *Auricularia* (Auriculariales, Basidiomycota). *Journal of Fungi, 7*(11), 933. https://doi.org/10.3390/jof7110933

Gómez-Montoya, N., Sarmiento, C. R., Zora-Vergara, B., Benjumea-Aristizabal, C., Santa-Santa, D. J., Zuluaga-Moreno, M., & Franco-Molano, A. E. (2022). Diversidad de macrohongos (Basidiomycota) de Colombia: Listado de especies. *Deleted Journal, 44*(116). https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v44n116a07

Miao, J., Regenstein, J. M., Qiu, J., Zhang, J., Zhang, X., Li, H., Zhang, H., & Wang, Z. (2020). Isolation, structural characterization and bioactivities of polysaccharides and its derivatives from *Auricularia*: A review. *International Journal of Biological Macromolecules, 150,* 102–113. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.054

Zeng, W. C., Zhang, Z., Gao, H., Jia, L. R., & Chen, W. Y. (2012). Characterization of antioxidant polysaccharides from *Auricularia auricular* using microwave-assisted extraction. *Carbohydrate Polymers, 89*(2), 694–700. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.03.078

Kong, X., Duan, W., Li, D., Tang, X., & Duan, Z. (2020). Effects of polysaccharides from *Auricularia auricula* on the immuno-stimulatory activity and gut microbiota in immunosuppressed mice induced by cyclophosphamide. *Frontiers in Immunology, 11,* 595700. https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.595700

Kusari, S., Hertweck, C., & Spiteller, M. (2012). Chemical ecology of endophytic fungi: Origins of secondary metabolites. *Chemistry & Biology, 19*(7), 792–798. https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2012.06.004

Tafurt-García, G., Jiménez Vidal, L., & Calvo Salamanca, A. (2015). Antioxidant capacity

and total phenol content of *Hyptis spp.*, *P. heptaphyllum*, *T. panamensis*, *T. rhoifolia*, and *Ocotea sp.* *Revista Colombiana de Química, 44*(2), 28–33.

Canseco Grellet, M. A., Aráoz Martínez, J. L., Gusils, C., & Zossi, S. (2015). Validación de metodología para determinación de azúcares reductores totales en vinos fermentados. *Revista industrial y agrícola de Tucumán, 92*(2), 33–38.

Díaz, M. (2020). *Determinación del contenido de azúcares, proteínas y nitrógeno presentes en medios de cultivos modificados para el crecimiento in vitro del hongo Colletotrichum sp. fitopatógeno del ñame (Dioscórea alata) en Montería-Córdoba* [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Universidad de Córdoba. https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5616

Niño, Y. M., Peña, E. R. C., & Eñao, L. G. (2017). Aislamiento y producción de semilla de *Auricularia fuscosuccinea* (Mont.) Henn. y *Crepidotus palmarum* Sing. usados tradicionalmente en Pauna (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 11*(1), 151–158.

Chegwin Angarita, C., Mancera-Martínez, D. N., & Serrato Bermúdez, J. C. (2023). Producción de biomasa y caracterización química de *Lentinula edodes* cultivado en biorreactor bajo diferentes condiciones. *Revista Colombiana de Biotecnología, 25*(1), 46–56. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n1.96477

Alvarenga, R. (2015). The genus *Auricularia* Bull. ex Juss. (Basidiomycota) in Cerrado (Brazilian Savanna) areas of Goiás state and the Federal District, Brazil. *Mycosphere, 6*(5), 532–541. https://doi.org/10.5943/mycosphere/6/5/3

Islam, T., Yao, F., Kang, W., Lu, L., & Xu, B. (2022). A systematic study on mycochemical profiles, antioxidant, and anti-inflammatory activities of 30 varieties of Jew's ear (*Auricularia auricula-judae*). *Food Science and Human Wellness, 11*(4), 781–794. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.03.005

Cambios en los rasgos funcionales de *Paraponera clavata* a lo largo de un gradiente urbano – rural en la provincia de Napo

Changes in the functional traits of Paraponera clavata *along an urban–rural gradient in Napo province*

Mishel Calero[1], Jonathan Liria[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0006-1066-3221

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0003-1611-8364

Autor de correspondencia: yessica.calero@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e8

Resumen

La fragmentación del hábitat causada por la urbanización ejerce presiones selectivas sobre la fauna. Este estudio analizó los posibles cambios morfológicos en la hormiga *Paraponera clavata* a lo largo de un gradiente urbano-rural, con el objetivo general de identificar adaptaciones en rasgos funcionales vinculados a la obtención de alimento. La metodología consistió en un muestreo en dos ambientes contrastantes (urbano en Tena y rural en Ahuano), utilizando morfometría geométrica para cuantificar la variación en la cápsula cefálica y la mandíbula izquierda de 144 especímenes. Los resultados mostraron diferencias significativas en la forma de la cápsula cefálica entre los ambientes urbano y rural, mientras que la mandíbula presentó variaciones significativas en todas las comparaciones. Se concluyó que la urbanización induce adaptaciones morfológicas diferenciales en estructuras clave para el forrajeo, demostrando la plasticidad de esta especie para responder a las nuevas condiciones de recursos en paisajes transformados.

Palabras clave: Urbanización; Rasgos funcionales; Morfometría geométrica; Paraponera clavata

Abstract

Habitat fragmentation driven by urbanization exerts selective pressures on fauna. This study analyzed potential morphological changes in the ant *Paraponera clavata* along an urban–rural gradient, with the overarching goal of identifying adaptations in functional traits linked

to foraging. The methodology involved sampling in two contrasting environments (urban in Tena and rural in Ahuano) and using geometric morphometrics to quantify variation in the head capsule and left mandible of 144 specimens. The results revealed significant differences in head capsule shape between urban and rural environments, while the mandible exhibited significant variation across all comparisons. We conclude that urbanization induces differential morphological adaptations in structures critical for foraging, demonstrating this species' plasticity in responding to novel resource conditions in transformed landscapes.

Keywords: Urbanisation; Functional traits; Geometric morphometrics; Paraponera clavata.

Introducción

La urbanización es uno de los procesos de transformación ambiental más intensos de la actualidad, provocando fragmentación del hábitat, reducción de la conectividad ecológica y alteraciones en procesos esenciales como el flujo génico y la dispersión (Fahrig, 2017). Estas modificaciones afectan especialmente a especies con rasgos ecológicos especializados, mientras que aquellas con mayor plasticidad fenotípica suelen prosperar en entornos urbanos (Johnson & Munshi-South, 2017). En insectos, y particularmente en hormigas, los rasgos funcionales como el tamaño corporal y la morfología de las mandíbulas están estrechamente vinculados con la ecología trófica y las estrategias de forrajeo (Booher et al., 2021). Estudios previos muestran que en ambientes urbanos predominan especies generalistas con mandíbulas robustas y dietas amplias, mientras que los especialistas tienden a perder diversidad funcional (Merckx et al., 2018). En este contexto, resulta relevante analizar el caso de Paraponera clavata, una hormiga neotropical de gran tamaño y rol ecológico dominante en los bosques húmedos de América Central y del Sur (Delsinne et al., 2019). A pesar de su importancia, se desconoce cómo la urbanización influye en su morfología funcional. Por ello, este estudio evalúa las variaciones en conformación y tamaño en cabeza y mandíbulas de obreras de P. clavata, recolectadas en colonias de ambientes urbanos y rurales de la provincia de Napo, mediante morfometría geométrica. Planteamos la hipótesis de que existirán diferencias morfométricas entre ambos entornos, como producto de la adaptación a las variaciones en la dieta y el entorno. Estos resultados servirán como evidencia sobre la plasticidad adaptativa de esta especie y su respuesta a las condiciones impuestas por el paisaje urbano.

Metodología

El estudio se desarrolló en dos fases. La primera consistió en un muestreo en un área urbana (ciudad de Tena) y un área rural (Comunidad Campo Cocha). En la segunda fase, se implementó un enfoque de morfometría geométrica para medir rasgos funcionales de la cápsula cefálica y la mandíbula izquierda de las obreras, estructuras cuya morfología se asocia

al nivel trófico y al tamaño del recurso alimenticio que la especie puede manipular. Las obreras recolectadas fueron fotografiadas con un estereoscopio AmScope SM-1TSZ-V203 acoplado a una cámara digital RELIFE M-12, utilizando aumentos de 1X para la cápsula cefálica y 1.5X para las mandíbulas, de acuerdo con la metodología de Samung et al. (2022).Para el análisis de la cápsula cefálica, se utilizó el software MakeFan8 para generar una plantilla en "abanico" con 12 líneas. Sobre esta, se digitalizaron 4 landmarks tipo I y 8 semilandmarks, siguiendo metodologías validadas por Tatsuta et al. (2018) y la selección de puntos de Casadei-Ferreira et al. (2020), que correlacionan el contorno cefálico con la biomecánica mandibular. Para la mandíbula izquierda, se empleó una plantilla tipo "peine" y se registraron 2 landmarks tipo I y 16 semilandmarks, siguiendo protocolos estandarizados de digitalización mandibular (Casadei-Ferreira et al., 2021). Todas las imágenes se transformaron a formato TPS usando el software tpsUtil64 . La digitalización final de landmarks y semilandmarks se llevó a cabo en tpsDig2 64 .La variable principal fue la forma, definida por las coordenadas (x, y) de los puntos digitalizados. Las configuraciones de puntos se estandarizaron mediante Superposición de Procrustes (GPA) para eliminar los efectos de tamaño, traslación y rotación. Las variaciones en forma se analizaron en un espacio morfológico bidimensional y se visualizaron mediante mallas de deformación

Resultados y Discusión

Los análisis morfométricos revelaron que el grado de urbanización influye de manera diferenciada en las estructuras morfológicas de P. clavata. Para la conformación cefálica, se encontraron diferencias significativas entre los ambientes urbano y rural ($F: 16,43$; $p < 0,0025$), lo que sugiere un cambio morfológico asociado al alto grado de perturbación. En contraste, la comparación entre el ambiente rural y el de sendero no mostró una diferencia significativa ($F: 1,82$; $p < 0,1275$), indicando una similaridad morfológica entre estos dos hábitats menos intervenidos. Por otro lado, la estructura mandibular mostró una respuesta más sensible y específica. Las diferencias fueron significativas tanto en la comparación urbano-rural ($F: 11,75$; $p < 0,0250$) como en la rural-sendero ($F: 4,44$; $p < 0,0025$). Esto indica que la conformación de la mandíbula responde de manera más fina a la disponibilidad de recursos alimenticios y a las distintas estrategias de forrajeo que exige cada entorno, siendo una estructura con una alta capacidad de adaptación local. Estos hallazgos confirman que la urbanización actúa como un filtro ambiental que moldea la morfología funcional de P. clavata. La variación cefálica asociada a la perturbación coincide con la teoría ecomorfológica, que postula que la forma de las estructuras está ligada a su uso en el entorno (Ospina-Garcés y Baena, 2025). La mayor plasticidad de la mandíbula es consistente con estudios que demuestran su alta especialización, como las mandíbulas "trap-jaw" del género Strumigenys, que evolucionan para optimizar la captura de presas (Booher et al., 2021). Nuestros resultados se alinean con el fenómeno de

homogeneización biótica en ciudades, donde se filtran especialistas y se favorecen generalistas con plasticidad fenotípica (Johnson & Munshi-South, 2017). Las hormigas urbanas suelen desarrollar combinaciones de rasgos para maximizar su eficiencia, como P. megacephala, que combina patas largas para termorregulación con un cuerpo pequeño para explotar desechos (Penick et al., 2015).

Conclusiones

Este estudio demostró que la urbanización actúa como un filtro ambiental que moldea diferencialmente la morfología de las P clavata. La estructura mandibular mostró ser altamente sensible, adaptándose localmente incluso entre hábitats con distinta perturbación, lo que refleja su respuesta directa a los recursos alimenticios. En contraste, la conformación cefálica solo varió significativamente entre los ambientes más extremos, indicando que responde principalmente al grado de perturbación general. Estos hallazgos aportan evidencia morfométrica de la adaptación local en gradientes urbanos y respaldan el uso de la morfometría geométrica como herramienta de bioindicación. Futuras investigaciones deberían integrar el análisis de la dieta y comportamiento para evaluar la plasticidad fenotípica para comprender integralmente cómo la urbanización remodela las comunidades de insectos.

Referencias Bibliográficas

Bregman, T., Lees, A., MacGregor, H., Darski, B., Moura, N., Aleixo, A., Barlow, J., & Tobias, J. (2016). Using avian functional traits to assess the impact of land-cover change on ecosystem processes linked to resilience in tropical forests. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 283(1832), 20161289. https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1289

Casadei-Ferreira, A., & Feitosa, R. M., & Pie, M. R. (2022). Size and shape in the evolution of the worker head in *Pheidole* ants (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Zoology, 317. https://doi.org/10.1111/jzo.12978

Casadei-Ferreira, A., Friedman, N. R., Economo, E. P., Pie, M. R., & Feitosa, R. M. (2021). Head and mandible shapes are highly integrated yet represent two distinct modules within and among worker subcastes of the ant genus *Pheidole*. Ecology and Evolution, 11(9), 6104–6118. https://doi.org/10.1002/ece3.7422

Delsinne, T., Sonet, G., & Arias-Penna, T. (2019). Subfamilia Paraponerinae. En Hormigas de Colombia (Cap. 21). Universidad Nacional de Colombia.

Fahrig, L. (2017). Ecological responses to habitat fragmentation per se. Annual Review

of Ecology, Evolution, and Systematics, 48, 1–23. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022612

Johnson, M. T. J., & Munshi-South, J. (2017). Evolution of life in urban environments. Science, 358(6363), eaam8327. https://doi.org/10.1126/science.aam8327

Merckx, T., Souffreau, C., Kaiser, A., Baardsen, L. F., Backeljau, T., Bonte, D., Brans, K. I., Cours, M., Dahirel, M., Debortoli, N., De Wolf, K., Van Dyck, H. (2018). Body-size shifts in aquatic and terrestrial urban communities. Nature, 558(7708), 113–116. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0140-0

Peng, M.-H., Liu, K.-L., Tsai, C.-Y., Shiodera, S., Haraguchi, T. F., Itoh, M.B. (2023). Urbanization influences the trophic position, morphology, and colony structure of invasive African big-headed ants (Hymenoptera: Formicidae) in Taiwan. Myrmecological News, 33, 197-209. https://doi.org/10.25849/myrmecol.news_033:197

Samung, Y., Chaiphongpachara, T., Ruangsittichai, J., Sriwichai, P., Phayakkaphon, A., Jaitrong, W., Dujardin, J.-P., & Sumruayphol, S. (2022). Species discrimination of three *Odontomachus* (Formicidae: Ponerinae) species in Thailand using outline morphometrics. Insects, 13(3), 287. https://doi.org/10.3390/insects13030287

Tatsuta, H., Takahashi, K. H., & Sakamaki, Y. (2018). Geometric morphometrics in entomology: Basics and applications. Entomological Science, 21(2), 164–184. https://doi.org/10.1111/ens.12293

Reducción de la demanda química de oxígeno de aguas residuales domésticas mediante bioaumentación

Reduction of chemical oxygen demand in domestic wastewater through bioaugmentation

Andrés Sebastian Calderón Velasco[1], Jaime Martí-Herrero[2], Roque Rivas-Párraga[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-4183-5157

2 CIMNE, UNED-CIEMAT, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Universidad de La Laguna. https://orcid.org/0000-0001-5020-1896

3 Escuela Politécnica Nacional; Universidad Estatal Amazónica; Universidad Regional Amazónica Ikiam; Universidad de Cuenca; Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; University of Oklahoma Health Sciences Center. https://orcid.org/0000-0002-1586-8852

Autor de correspondencia: andres.calderon@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e9

Resumen

La alta carga orgánica en aguas residuales domésticas dificulta su tratamiento. La bioaumentación, mediante el uso de microorganismos, puede mejorar la degradación de materia orgánica. Esta investigación evaluó la capacidad de distintos consorcios microbianos para reducir la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales tratadas en laboratorio. Se probaron consorcios obtenidos de lodos de biodigestores (BDG), humedales artificiales (H), lixiviados de compost (COMP), intestinos de *Hermetia illucens* (BSF) y microorganismos de montaña (MM), comparados con un control sin inoculación. Los ensayos se realizaron por triplicado midiendo la DQO durante 10 días. MM logró la mayor reducción (42 %), seguido de BDG (35 %), mientras que H, COMP y BSF no superaron al control. La identificación molecular reveló géneros como *Clostridium*, *Pseudomonas* y *Klebsiella*. Los resultados sugieren que el origen ecológico influye en la eficiencia degradadora y destacan a los biodigestores y preparados fermentativos como fuentes prometedoras para bioaumentación descentralizada.

Palabras clave: Bioaumentación; Demanda Química de Oxígeno; Consorcios microbianos; Aguas residuales domésticas.

Abstract

The high organic load in domestic wastewater hinders its treatment. Bioaugmentation, through the use of microorganisms, can enhance the degradation of organic matter. This study evaluated the ability of different microbial consortia to reduce Chemical Oxygen Demand (COD) in wastewater treated under laboratory conditions. Consortia obtained from biodigester sludge (BDG), constructed wetlands (H), compost leachate (COMP), intestines of *Hermetia illucens* (BSF), and mountain microorganisms (MM) were tested and compared against an uninoculated control. Trials were performed in triplicate, measuring COD over 10 days. MM achieved the greatest reduction (42%), followed by BDG (35%), whereas H, COMP, and BSF did not outperform the control. Molecular identification revealed genera such as *Clostridium*, *Pseudomonas*, and *Klebsiella*. The results suggest that ecological origin influences degradative efficiency and highlight biodigesters and fermentative preparations as promising sources for decentralized bioaugmentation.

Keywords: Bioaugmentation; COD; Microbial consortia; Domestic wastewater.

Introducción

El aumento del vertido de aguas residuales industriales y domésticas ha colapsado la capacidad del ambiente para asimilar altas cantidades de desechos (Zhang & Jin, 2015). Esto ha llevado al desarrollo de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de disminuir la contaminación hídrica (Nasrollahzadeh et al., 2021). En los últimos años se han impuesto normas de emisión más estrictas en varias plantas de tratamiento de aguas residuales de todo el mundo. Por ejemplo, disminuir la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO), principales indicadores de calidad de agua (Zhang et al., 2017).

Para lograr esta disminución de DQO se han utilizado métodos físicos y químicos, pero estas formas de tratamiento son caras y difíciles de conseguir (Dhall et al., 2012). Es así que el tratamiento biológico ha surgido como alternativa económica para eliminar la materia orgánica. El mecanismo de trabajo es mediante el metabolismo de microorganismos específicos con la capacidad de biodegradar los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales (Kim et al., 2019). La bioaumentación es uno de estos métodos biológicos que buscan solucionar la problemática de las aguas residuales. Se basa principalmente en la adición de microorganismos superiores seleccionados de varios entornos o cepas eficientes con la capacidad de metabolizar moléculas en un entorno contaminado (Dottorini et al., 2023). Thompson et al. (2005) sostienen que se debe expandir la búsqueda de consorcios bacterianos que ayuden a la bioaumentación y no solo centrarnos en plantas de tratamiento

y lodos anaerobios. Esto permitirá la construcción de consorcios sintéticos que sean eficaces en diferentes entornos.

Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo explorar consorcios microbiológicos con potencial de remoción de contaminantes orgánicos. Asimismo, se buscó evaluar la capacidad de reducción de DQO de estos consorcios microbianos en aguas residuales domésticas. Finalmente, una identificación molecular fue sometida a los consorcios con mejor rendimiento durante los ensayos de bioaumentación.

Metodología

Los consorcios microbianos fueron obtenidos de cinco fuentes diferentes: lodos de biodigestores anaerobios (BDG), humedales artificiales (H), lixiviados de pilas de compostaje (COMP), intestinos de larvas de Hermetia illucens (BSF) y preparados fermentativos de microorganismos de montaña (MM). Para el aislamiento y reproducción de microorganismos se diluyó cada una de las muestras a 1x10-6 mediante diluciones seriadas usando agua tipo II. Posteriormente, se inocularon 25 mL de caldo nutritivo (CN) con 1 mL de muestra y en cajas Petri con agar nutritivo (AN) se hizo una siembra masiva con asa Drigalsky. Este procedimiento se hizo por triplicado para cada una de las muestras y los medios de cultivo fueron incubados en un periodo de 16-18h a 37°C.

Las cajas de Petri inoculadas se usaron para realizar una identificación visual de las colonias que crecieron en el AN. Mientras tanto, los caldos inoculados se centrifugaron a 4200 rpm durante 20 min. El sobrenadante fue descartado y el pellet se resuspendió en agua tipo II y se centrifugó con los mismos parámetros de velocidad y tiempo. Este pellet fue usado para el ensayo de bioaumentación, para lo cual se recolectó 110 ml de agua residual, la cual fue inoculada con el pellet recuperado. Después, esta agua residual activada se distribuyó en 11 tubos de 10 mL; esto se repitió para cada una de las muestras. Finalmente, durante 10 días se midió el DQO de estos tubos según el Standard Methods of the American Public Health Association (2017), usando el método estándar 5220D. Finalmente, los consorcios con mejor rendimiento fueron identificados por el gen 16s. Para lo cual se utilizó el kit de extracción de ADN FASTDNA Spin Kit for Soil de MP Biomedicals y el ADN obtenido fue enviado a MR DNA LAB en Shallowater, Texas para su secuenciación.

Resultados y Discusión

Se probó el potencial de reducción de DQO mediante bioaumentación utilizando consorcios microbianos que de forma natural disminuyen cargas orgánicas. Los resultados de estos experimentos mostraron que, después de 2 días de experimentación, el consorcio BDG tiene

un porcentaje de degradación del 50% manteniendo esta tendencia de degradación hasta el día 10. La eficiencia promedio de eliminación de DQO con consorcios autóctonos es >50% (Dhall et al., 2012), lo que explicaría esta rápida degradación por parte de BDG. Por otro lado, el consorcio MM, a partir del día 8, presentó una degradación del 68% comparado con el control. Este retraso en degradación se debe al proceso de adaptación del consorcio, al ser un consorcio exógeno a las aguas residuales usadas, su proceso de adaptación es lento, pero es efectivo cuando el consorcio posee microorganismos adaptados a degradar desechos orgánicos (Shan et al., 2023) En la figura 1 se muestra cómo actuó cada consorcio con la reducción de DQO a lo largo de 10 días, donde se puede observar que los consorcios BSF, H y COMP, no presentaron un buen rendimiento. BSF y COMP no lograron reducir más que el control, obteniendo 224,415 mg/L y 278,459 mg/L, respectivamente. Finalmente, H tuvo un comportamiento similar al control a excepción del día 8 en adelante, donde empezó a disminuir más que el control, llegando a 137,476 mg/L.

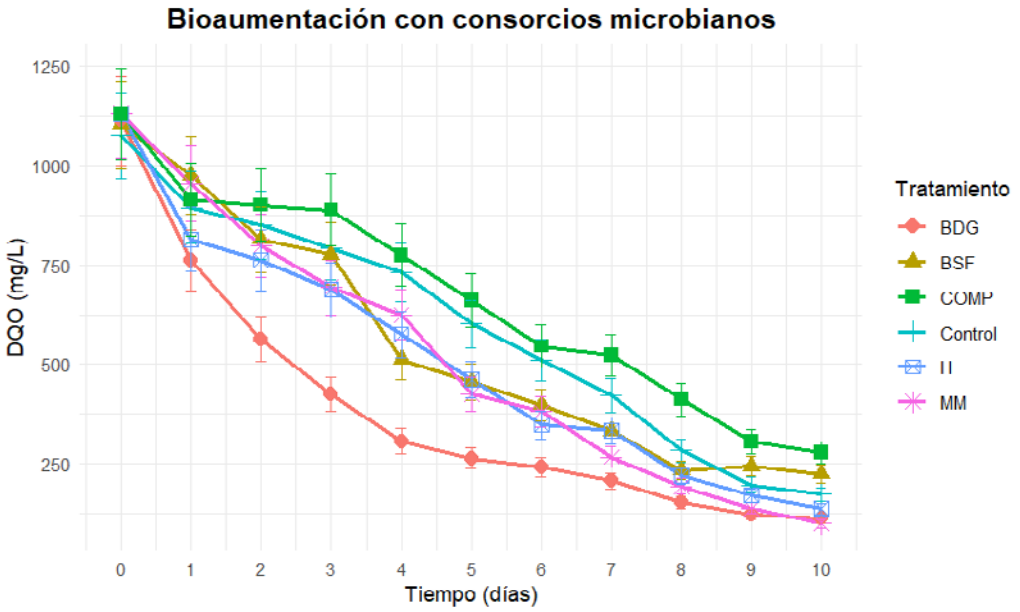


Figura 1. Disminución de la DQO en agua residual doméstica usando consorcios microbianos para tratar el agua mediante bioaumentación.

Las muestras BDG y MM tuvieron el mejor rendimiento; BDG tuvo un comportamiento acelerado, lo que permitió reducir el DQO más rápido que los demás consorcios. Mientras que MM fue el consorcio que más disminuyó el DQO en comparación con el control (57.77%). Entre estos dos consorcios se identificaron más de 40 especies microbiológicas, teniendo 25 especies compartidas entre ambas muestras (Figura 2). Géneros como Clostridium, Klebsiella, Pseudomonas y Paraclostridium son los más comunes y están relacionados con la degradación orgánica (Cheng et al., 2021; Cheng et al., 2017). Sin embargo, la presencia y cantidad de

ciertas especies altera el funcionamiento de cada consorcio, en el caso de BDG, existe una gran cantidad de P. aeruginosa, la cual tiene un alto potencial de degradación de desechos orgánicos y otros contaminantes, lo que permite una mayor y más rápida disminución de DQO (Ruan et al., 2020; Anekwe & Isa, 2024)

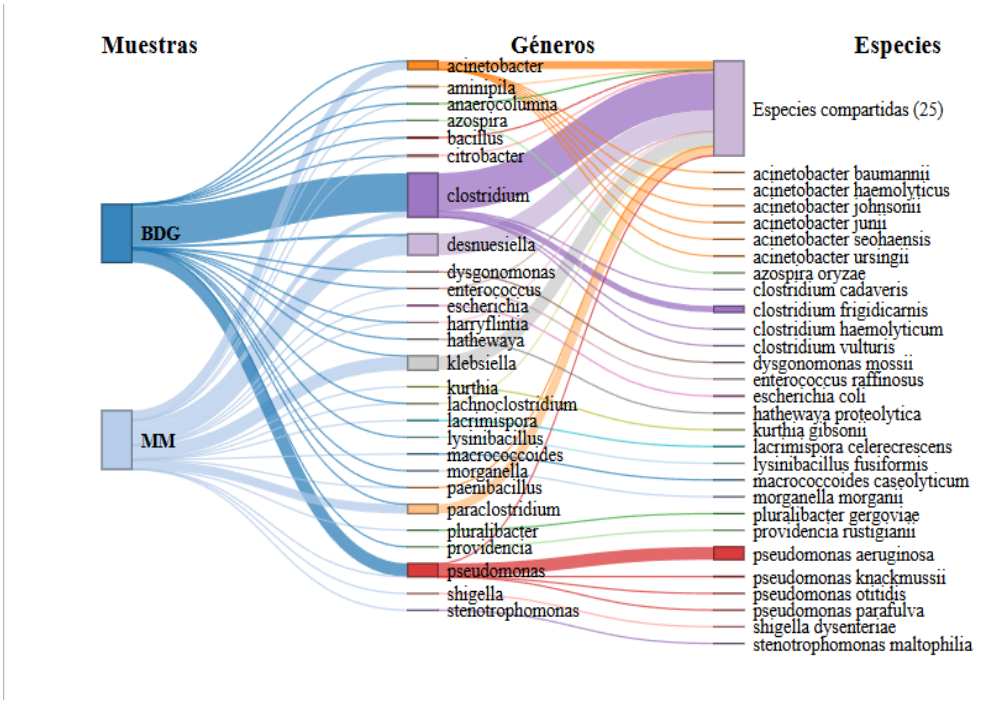


Figura 2. Diagrama Sankey que muestra los consorcios con mejor rendimiento. Asimismo, géneros y especies que constituyen a estos consorcios

Conclusiones

La bioaumentación como forma de tratamiento para las aguas residuales domésticas e industriales aún se encuentra en desarrollo; además, la estabilización del proceso es el factor más importante que se debe tener en cuenta. En este estudio se evidenció que aunque ciertos consorcios están adaptados a reducir la carga orgánica, no siempre tienen un buen funcionamiento cuando se exponen a otros entornos. Sin embargo, la presencia de ciertas especies en los consorcios microbianos mejora la reducción de DQO en las aguas residuales. Estas especies en específico están relacionadas con la remoción de componentes comunes en residuos orgánicos, por lo que su presencia permite mejorar el rendimiento de un consorcio. Para investigaciones futuras se sugiere que se aislen por separado las especies de cada consorcio y se arme un consorcio sintético que contenga especies que permitan reducir el DQO y este consorcio sintético debe ser expuesto a diferentes tipos de aguas residuales, con la finalidad de registrar su comportamiento.

Referencias bibliográficas

Anekwe, I. M. S., & Isa, Y. M. (2024). Sustainable remediation of acid mine drainage (AMD)- and crude oil-contaminated sites through wastewater-enhanced Pseudomonas aeruginosa ATCC 15442 treatment. Biotechnology for the Environment, 1(1), 12.

Cheng, C., Zhou, Z., Niu, T., An, Y., Shen, X., Pan, W., Chen, Z., & Liu, J. (2017). Effects of side-stream ratio on sludge reduction and microbial structures of anaerobic side-stream reactor coupled membrane bioreactors. Bioresource Technology, 234, 380–388.

Cheng, Y., Chon, K., Ren, X., Kou, Y., Hwang, M.-H., & Chae, K.-J. (2021). Bioaugmentation treatment of a novel microbial consortium for degradation of organic pollutants in tannery wastewater under a full-scale oxic process. Biochemical Engineering Journal, 175, 108131.

Dhall, P., Kumar, R., & Kumar, A. (2012). Biodegradation of sewage wastewater using autochthonous bacteria. The Scientific World Journal, 2012(1), 861903.

Kim, Y. K., Yoo, K., Kim, M. S., Han, I., Lee, M., Kang, B. R., Lee, T. K., & Park, J. (2019). The capacity of wastewater treatment plants drives bacterial community structure and its assembly. Scientific Reports, 9(1), 14809.

Nasrollahzadeh, M., Sajjadi, M., Iravani, S., & Varma, R. S. (2021). Starch, cellulose, pectin, gum, alginate, chitin and chitosan derived (nano) materials for sustainable water treatment: A review. Carbohydrate Polymers, 251, 116986.

Ruan, X., Yin, J., Cui, X., Li, N., & Shen, D. (2020). Bioaugmentation and quorum sensing disruption as solutions to increase nitrate removal in sequencing batch reactors treating nitrate-rich wastewater. Journal of Environmental Sciences, 98, 179–185.

Shan, X., Guo, H., Ma, F., & Shan, Z. (2023). Enhanced treatment of synthetic wastewater by bioaugmentation with a constructed consortium. Chemosphere, 338, 139520.

Standard Methods Committee of the American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. 5220 chemical oxygen demand (cod) In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press.

Thompson, I. P., van der Gast, C. J., Ciric, L., & Singer, A. C. (2005). Bioaugmentation for

bioremediation: the challenge of strain selection. Environmental Microbiology, 7(7), 909–915.

Zhang, Q.-Q., & Jin, R.-C. (2015). The application of low-intensity ultrasound irradiation in biological wastewater treatment: a review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 45(24), 2728–2761.

Zhang, Q.-Q., Yang, G.-F., Zhang, L., Zhang, Z.-Z., Tian, G.-M., & Jin, R.-C. (2017). Bioaugmentation as a useful strategy for performance enhancement in biological wastewater treatment undergoing different stresses: Application and mechanisms. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 47(19), 1877–1899.

Modelado *in silico* de la inhibición de la acetilcolinesterasa por derivados del ácido cafeico

In silico *modeling of acetylcholinesterase inhibition by caffeic acid derivatives*

Inti Llumiquinga[1], Ana Bravo[2], Julio Rea[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0005-4450-2218

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0003-4772-6098

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-9877-3279

Autor de correspondencia: inti.llumiquinga@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e10

Resumen

La enfermedad del Alzheimer (EA) se caracteriza por la progresiva neurodegeneración que afecta principalmente a adultos mayores a nivel global. Aunque aún no existe una cura, las terapias actuales se dirigen a enzimas clave involucradas en la fisiopatología de la EA, como la acetilcolinesterasa (AChE), cuya inhibición mejora la neurotransmisión colinérgica. Los fármacos disponibles actúan mediante este mecanismo, pero presentan importantes limitaciones en eficacia y efectos secundarios. Por tanto, este estudio tiene como objetivo evaluar la inhibición *in silico* entre los derivados del ácido cafeico (AC) y la enzima AChE. Para realizar esta investigación, se empleó el software AutoDock Vina para el acoplamiento molecular entre la enzima AChE (PDB: 4MOE) y AC obtenidos de la base de datos PubChem. Los resultados mostraron interacciones con aminoácidos clave para la inhibición de AChE. En conclusión, estos resultados proporcionan bases teóricas para estudios *in vitro* e *in vivo* orientados al diseno de inhibidores mixtos de AChE derivados de compuestos fenólicos.

Palabras clave: Alzheimer; Acetilcolinesterasa; Derivados de ácidos cafeicos; Docking Molecular.

Abstract

Alzheimer's disease (AD) is characterized by progressive neurodegeneration that primarily affects older adults worldwide. Although no cure currently exists, present therapies target key enzymes involved in AD pathophysiology, such as acetylcholinesterase (AChE), whose inhibition enhances cholinergic neurotransmission. Available drugs act via this mechanism

but exhibit important limitations in efficacy and adverse effects. Therefore, this study aims to evaluate, *in silico*, the inhibition between caffeic acid (CA) derivatives and the AChE enzyme. To conduct this research, AutoDock Vina was used for molecular docking between AChE (PDB: 4MOE) and CA derivatives obtained from the PubChem database. The results showed interactions with amino acid residues critical for AChE inhibition. In conclusion, these findings provide a theoretical basis for subsequent *in vitro* and *in vivo* studies aimed at the design of mixed AChE inhibitors derived from phenolic compounds.

Keywords: Alzheimer's disease; Acetylcholinesterase (AChE); Caffeic acid derivatives; Molecular docking.

Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2021 se registraron alrededor de 57 millones de personas con demencia a nivel mundial. La enfermedad de Alzheimer (EA) es la forma más común de demencia, representando entre el 60% y el 70% de los casos, y afecta principalmente a las mujeres, tanto de manera directa como indirecta. Actualmente, la EA constituye la séptima causa de defunción y una de las principales causas de discapacidad y dependencia en personas mayores.

En términos económicos, su costo global ascendió a 1,3 billones de dólares en 2019, y se estima que para 2050 el número de personas afectadas podría alcanzar los 139 millones, junto con un incremento significativo en los costos de atención y recursos humanos necesarios para su cuidado (OMS, 2021; OMS, 2025).

Desde su identificación en la década de 1970, la enfermedad de Alzheimer (EA) ha sido objeto de múltiples investigaciones orientadas a comprender su compleja fisiopatología. Inicialmente, se observó una pérdida prematura de neuronas en el prosencéfalo basal, asociada con la acumulación de placas de ß-amiloide (Aß) y la hiperfosforilación de la proteína tau. A pesar de los esfuerzos por desarrollar terapias dirigidas a estos mecanismos, los ensayos clínicos de fase avanzada no mostraron resultados satisfactorios, lo que llevó a la búsqueda de nuevos enfoques.

Por ello, actualmente su tratamiento se enfoca en la hipótesis colinérgica, la cual plantea que la EA se relaciona con una disminución en la neurotransmisión colinérgica, especialmente por la reducción de los niveles de acetilcolina (ACh). La inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) puede favorecer la comunicación sináptica al prolongar la acción de la ACh en los receptores postsinápticos (Marucci et al., 2021).

El tratamiento de la EA se centra en controlar los síntomas mediante una combinación de fármacos y cambios en el estilo de vida. Entre los medicamentos aprobados por la Food and Drug Administration (FDA), se encuentran inhibidores sintéticos, productos naturales, anticuerpos monoclonales. Entre los efectos adversos mas frecuentes se incluyen manifestaciones derivadas de la sobreactivación del sistema nervioso parasimpático, como hipersalivación, lagrimeo, micción excesiva, diarrea, hipotensión y vómitos (síndrome SLUDGE). En casos de sobredosificación o exposición prolongada, puede presentarse una crisis colinérgica, caracterizada por debilidad muscular, bradicardia y depresión respiratoria (Dominguez-Gortaire et al., 2025).

Desde una perspectiva bioquímica, la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) depende en gran medida de la afinidad del inhibidor por los dos sitios catalíticos presentes en su estructura: el sitio aniónico o aromático (A) y el sitio esterático (E). El sitio esterático, conformado por los residuos Ser203, His447 y Glu334, constituye la tríada catalítica responsable de la hidrólisis de la acetilcolina (ACh). Por su parte, el sitio aniónico, integrado por Trp86 y Tyr337, participa en la unión inicial del sustrato o del inhibidor mediante interacciones TT-catión. Además, la enzima cuenta con un sitio periférico aniónico (PAS), compuesto principalmente por Trp286 y Tyr72, el cual cumple un papel esencial en la guía y orientación del sustrato hacia el centro catalítico. Otros residuos como Phe295 y Phe297 contribuyen a la estabilización del complejo enzima-sustrato durante la unión de la ACh, optimizando su posicionamiento dentro de la cavidad catalítica (Soreq & Seidman, 2001).

Preguntas de investigación:

A) ¿Existirá un bloqueo estérico en el sitio PAS bloqueando el paso del ligando al sitio activo?

B) ¿Existirá una competencia de unión al sitio activo catalítico CAS entre el sustrato(ACh)-ligando(AC)?

Metodología

El acoplamiento molecular se realizó en el programa AutoDock Vina entre la enzima acetilcolinesterasa (AChE, PDB: 4MOE) y los compuestos activos (AC) obtenidos de la base de datos PubChem. Los ligandos se prepararon en Avogadro, aplicando el campo de fuerza UFF para su optimización geométrica. La enzima fue modelada en PyMOL y se definió la grilla de acoplamiento tanto en el sitio activo como en toda la superficie enzimática. Finalmente, los resultados se visualizaron y analizaron en Discovery Studio 2021.

Resultados y Discusión

El análisis de acoplamiento molecular permitió identificar interacciones relevantes entre los compuestos fenólicos evaluados y los residuos catalíticos de la enzima acetilcolinesterasa (AChE, PDB: 4MOE). El ácido 3,4-dicafeoilquínico presentó una energía de acoplamiento de -11.1 kcal/mol, mientras que el 6”-O-cafeoil-dihidrofaseoato glucósido mostró una afinidad de -10.2 kcal/mol, indicando una interacción favorable y potencial capacidad inhibitoria superior a los inhibidores convencionales como tacrina -9,3 kcal/mol (Martínez, 2024).

El ácido 3,4-dicafeoilquínico estableció múltiples enlaces de hidrógeno con los residuos SER293, ARG296, ASP74, TYR124 y TYR133, además de interacciones hidrofobicas con TRP86 y TRP286. Estos aminoácidos se localizan en los dominios aniónico (TRP86) y periférico PAS (TRP286), lo que sugiere una doble acción inhibitoria: por un lado, un posible bloqueo estérico en el sitio PAS que impide el ingreso del sustrato al centro catalítico, y por otro, una interferencia directa en el sitio activo (CAS) al interactuar con residuos clave del reconocimiento del sustrato (Bajda et al., 2013).

De manera similar, el 6”-O-cafeoil-dihidrofaseoato glucósido formó enlaces de hidrógeno con GLY120, SER293, TYR124, TYR133, TRP286 y GLU202, además de interacciones hidrofóbicas con TRP286 y LEU289. La presencia de TRP286 en ambas interacciones refuerza la hipótesis de que estos compuestos actúan principalmente a nivel del sitio periférico PAS, donde el residuo TRP286 juega un papel determinante en la unión y guía del sustrato hacia el centro catalítico (Martínez, 2024).

Tabla 1. Energía de acoplamiento e interacciones con aminoácidos clave en AChE.

Compuestos	Afinidad de acoplamiento (kcal/mol)	Interacción de puentes de hidrógeno	Integración hidrofóbica	Integración aromática	Integración electroestática
Ácido 3,4-cafeoilquínico	-11,1	SER 293, ARG 296, ASP 74, TYR 124, TYR 133	TRP 86, TRP 286	-	-
6”-O-cafeoil-di-hidrofaseoato glucósido	-10,2	GLY 120, SER 293, TYR 124, TYR 133, TRP 286, SER 293, GLU 202	TRP 286, LEU 289	-	-

Según la bibliografía, inhibidores clásicos como donepezilo interactúan tanto con el sitio catalítico (CAS) como con el sitio periférico (PAS), mientras que rivastigmina, galantamina y tacrina lo hacen principalmente en el CAS. En este sentido, los compuestos derivados de ácidos cafeicos han demostrado afinidad por residuos del sitio catalítico, como His447 y Trp86, modulando la actividad enzimática mediante interacciones TT-TT o de tipo hidrofóbico. Los resultados coinciden con estas observaciones, sugiriendo que los compuestos evaluados podrían comportarse como inhibidores mixtos o no competitivos, actuando simultáneamente sobre PAS y CAS (Hakeem, 2023).

La presencia de interacciones en sitios clave como TRP86 (CAS) y TRP286 (PAS) sugiere que ambos compuestos podrían impedir la unión del sustrato acetilcolina, ya sea bloqueando el acceso al canal activo o alterando la conformación del sitio catalítico. En conjunto, estos resultados respaldan el potencial de los derivados del ácido cafeico obtenidos en los extractos vegetales como moléculas con actividad anticolinesterásica de interés para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer (Hakeem, 2023).

Conclusiones

En este estudio se determinó de manera teórica que los compuestos derivados del ácido cafeico son prometedores en la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (AChE), dado que las interacciones con aminoácidos clave en los sitios PAS (Trp286) y CAS (Trp86, His447, Ser203) sugieren una posible acción dual sobre la enzima. Estas interacciones podrían impedir el ingreso del sustrato acetilcolina al centro catalítico o alterar su reconocimiento, contribuyendo a una disminución de la actividad enzimática.

Los resultados obtenidos respaldan el potencial de los derivados fenólicos como inhibidores mixtos o no competitivos, lo que los posiciona como candidatos atractivos para el desarrollo de nuevos agentes terapéuticos frente a enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. En este contexto, los hallazgos *in silico* constituyen una base sólida para futuras validaciones experimentales *in vitro* e *in vivo*, orientadas a confirmar su eficacia biológica y perfil farmacológico.

Referencias Bibliográficas

Bajda, M., Więckowska, A., Hebda, M., Guzior, N., Sotriffer, C., & Malawska, B. (2013). Structure-Based Search for New Inhibitors of Cholinesterases. International Journal of Molecular Sciences, 14(3), 5608-5632. https://doi.org/10.3390/ijms14035608

Dominguez-Gortaire, J., Ruiz, A., Porto-Pazos, A. B., Rodriguez-Yanez, S., & Cedron, F.

(2025). Alzheimer's Disease: Exploring Pathophysiological Hypotheses and the Role of Machine Learning in Drug Discovery. International Journal of Molecular Sciences, 26(3), 1004. https://doi.org/10.3390/ijms26031004

Hakeem, I. J. (2023). Molecular docking analysis of acetylcholinesterase inhibitors for Alzheimer's disease management. Bioinformation, 19(5), 565-564. https://doi.org/10.6026/97320630019565

Martínez, A. (2024). Synthesis, in vitro activity, and molecular docking of caffeic acid and resveratrol derivatives against Alzheimer's disease-related enzymes. Medicinal Chemistry Research, 33(9), 1681-1697. https://doi.org/10.1007/s00044-024-03278-0

Marucci, G., Buccioni, M., Ben, D. D., Lambertucci, C., Volpini, R., & Amenta, F. (2021). Efficacy of acetylcholinesterase inhibitors in Alzheimer's disease. Neuropharmacology, 190, 108352.

World Health Organization. (2021). Global status report on the public health response to dementia. World Health Organization.

World Health Organization. (2025). Dementia.

Soreq, H., & Seidman, S. (2001). Acetylcholinesterase-New roles for an old actor. Nature Reviews Neuroscience, 2(4), 294-302. https://doi.org/10.1038/35067589

Estudios de fructificación y germinación; y de multiplicación y enraizamiento *in vitro* de *Cinchona officinalis*, una especie medicinal

Studies on fruiting and germination, and on in vitro multiplication and rooting of Cinchona officinalis*, a medicinal species*

Máximo Moreira[1], Oscar Vivanco[2], Nicole Jara[3]

1 Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0002-1833-2674

2 Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0001-7799-6297

3 Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0009-0002-7591-7924

Autor de correspondencia: momoreira@utpl.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e11

Resumen

Cinchona officinalis, es una planta medicinal cuyos alcaloides curan la malaria. En 2020 se creyó erróneamente que controlaría el virus del COVID, y se hicieron colectas de esta especie que presenta relictos de pocos individuos. Dado que produce semillas durante todo el año se evaluó su germinación en función del mes de colecta, y posteriormente se evaluó el enraizamiento de las plántulas obtenidas. Se colectaron cápsulas con semillas durante 12 meses. Las semillas se desinfectaron, embebieron y sembraron en medio Murashige. Con las plántulas se indujo multiplicación con giberelinas; se aislaron brotes y en un biorreactor SIT-RITA se aplicó PBZ y AIB por 1 y 2 minutos cada 6 horas para evaluar enraizamiento. Existen variaciones del tamaño de las semillas según el mes de colecta y también de la germinación. También se observaron diferencias del enraizamiento. Se mejoró la adaptación *ex vitro* pensando en futuros proyectos de conservación y reforestación.

Palabras clave: *Cinchona officinalis*; Enraizamiento; Cultivo *in vitro*; Semillas.

Abstract

Cinchona officinalis is a medicinal plant whose alkaloids are used to treat malaria. In 2020, it was mistakenly believed to be effective against the COVID-19 virus, leading to the collection of individuals from its already scarce relict populations. Since the species produces seeds throughout the year, germination was evaluated according to the month of collection, and

subsequently, the rooting of the obtained seedlings was assessed. Seed capsules were collected monthly for 12 months. The seeds were disinfected, soaked, and sown in Murashige medium. Seedlings were induced to multiply using gibberellins; shoots were isolated, and in a SIT-RITA bioreactor, PBZ and IBA were applied for 1 and 2 minutes every 6 hours to evaluate rooting. Variations in seed size were observed depending on the collection month, as well as differences in germination and rooting. *Ex vitro* adaptation was improved, considering future conservation and reforestation projects.

Keywords: *Cinchona officinalis*; Rooting; *in vitro* culture; Seeds.

Introducción

El género *Cinchona*, originario de los valles Andinos y bosques montanos de Sudamérica cuenta con 23 especies distribuidas entre los 1500 a 3100 m s.n.m. La corteza de *C. officinalis* contiene alcaloides con propiedades antipiréticas, antipalúdicas y analgésicas (Peña, 2020), que la han convertido en una reconocida planta medicinal contra el paludismo. Además, erróneamente se creyó que podría combatir el SARS-CoV2 en 2019 (Pucha et al., 2020, Carrión, 2022), lo cual provocó nuevas colectas de la especie causando más alteraciones en sus pocos relictos (Eras et al., 2019; Romero, 2015). También, su regeneración natural es baja y el desarrollo de las plantas es lento, y la reintroducción de plantas obtenidas en vivero es poco exitosa (Cué et al., 2020). Todo esto sucede a pesar de que su floración y fructificación se produce continuamente a lo largo de todo el año (Díaz & Loján, 2004; Villar et al., 2018).

No se han encontrado reportes sobre el tamaño de las cápsulas y el número de semillas, pero se ha observado que son variables. Dada su constante producción anual, su germinación podría ser influenciada por factores meteorológicos como horas de brillo solar, humedad relativa, temperatura y precipitación. Además, la variabilidad de sus semillas, las dinámicas de germinación y el desarrollo de plántulas, podrían estar siendo influenciados por la temporalidad de producción de semillas. Otro factor que podría influir es el tamaño de las cápsulas y la cantidad de semillas que contienen. Por ello nos hemos planteado tres hipótesis: existe una influencia del mes de colecta sobre el tamaño de las cápsulas, existe influencia del tamaño de las cápsulas sobre el tamaño de las semillas, y; el tamaño de las semillas influye sobre la germinación. Conocer los ciclos de vida de una especie permiten manejarla y conservarla, y todo esto será de gran aporte al conocimiento sobre los mecanismos fisiológicos y ambientales, y la biología reproductiva de esta especie. Además, aportará al desarrollo de estrategias de propagación, manejo y conservación de *C. officinalis* y, de otros recursos vegetales.

Metodología

El relicto de *C. officinalis* se encuentra en la hacienda El Cristal, sector Tres Leguas-Rumishitana, provincia de Loja. La especie se encuentra en un rango altitudinal de 1800 a 2000 m s.n.m., en donde la temperatura promedio es de 14 °C y su precipitación anual oscila entre 1000 a 1500 mm (Ochoa, 2016).

Se colectaron cápsulas de *C. officinalis* desde diciembre del 2022 hasta diciembre del 2023. Las colectas se hicieron a mediados de cada mes en horas de la mañana, por periodos de alrededor de 40 minutos. Se colectaron cápsulas cerradas y maduras (color marrón chocolate) e inmediatamente fueron transportadas en fundas ziploc. Posteriormente, se tomaron medidas de largo, ancho, grosor (en mm) y peso (en g) de cada cápsula, con estos datos se calculó el volumen de las cápsulas aplicando la fórmula de la elipse: 4/3 x π x Largo x Ancho x Grosor. Las cápsulas se pusieron a secar a temperatura ambiente bajo sombra hasta su apertura. Luego se contó el número total de semillas por cápsula, y se clasificaron como buenas, inmaduras, vanas y depredadas por insectos u hongos. Para calcular el peso de las semillas se tomaron 100 semillas buenas al azar y se pesaron (en g), haciendo 10 repeticiones. Para calcular su tamaño se tomó un bloque de 100 semillas buenas al azar, y se midió el largo y ancho (en mm) sin considerar sus alas.

De cada colecta mensual se tomaron 50 semillas buenas para evaluar su germinación. Se hicieron tres repeticiones. Previo a la siembra, se desinfectaron las semillas con 1 min de alcohol al 70% , y 10 min de cloro al 1%. Posteriormente, se embebieron en agua destilada estéril por 24 h. Finalmente, se sembraron cinco semillas por frasco en medio MS (Murashige & Skoog, 1962). De cada semilla sembrada se tomaron datos de contaminación, germinación (aparecimiento de la radícula), formación de hojas cotiledonares, formación de hojas verdaderas y presencia o ausencia de raíces. Se tomaron datos durante 60 días. Se seleccionaron plántulas de 5 cm, vigorosas, es decir con hojas verdes, tallos erguidos y sin deficiencias. Se realizó la medición inicial de la longitud de las plántulas y raíces de 10 plántulas al azar. Se utilizaron 25 plantas *in vitro* en cada biorreactor.

En la fase de multiplicación se utilizó el sistema de inmersión temporal RITA. Los medios de cultivo utilizados se encontraban compuestos por: 1/2 MS 50% (2,16g/L), sacarosa (30g/L), y vitaminas Gamborg (10ml/L). Se evaluaron dos tiempos de inmersión (1 y 2 min), con una frecuencia de inmersión cada 6 horas y el efecto por separado de PBZ (0,5 y 1 mg/L) y de AIB (1 mg/L). Se realizó un recambio de medio cada 15 días. Cada uno de los recipientes contuvo 250ml de medio líquido. Todo el ensayo se mantuvo a 22°C, con fotoperíodos de 16 horas luz y 8 horas oscuridad. Transcurridos los 45 días, se evaluó la longitud de plántulas,

hiperhidricidad, longitud y número de raíces, tasa de multiplicación, total de plántulas, contaminación y oxidación.

La normalidad de los datos se evaluó con el test de Shapiro Wilk y la homogeneidad de las varianzas con el test de Levene. Luego se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para cada variable de respuesta. Para datos con distribución normal se usó el test de Tukey ($p<0,05$) y para datos que no presentaron normalidad se usó Kruskall Wallis. En los datos morfológicos de cápsulas se aplicó el test de correlación de Pearson. En cada caso se estableció el nivel de correlación fuerte, moderada, débil o nula (Hernández et al 2018). En semillas y en plántulas se compararon las medias con la prueba de Tukey o de Kruskal-Wallis para establecer las diferencias.

Resultados y discusión

En los bloques de cápsulas colectadas mensualmente durante 13 meses se observaron variaciones en el largo, ancho, grosor y peso, sin tener un patrón muy claro. Las cápsulas entre agosto y noviembre presentan el mayor largo, lo cual podría relacionarse con la mayor irradiación solar en esos meses (Gosgot et al 2024; Fischer 2009), la variación de los datos es mucho mayor que la encontrada en otro estudio (Romero, 2015).

El número de semillas por cápsula fue muy variable. En abril se observó el mayor número promedio de semillas por cápsula. También se denotó la variabilidad en el número de semillas presentes en cada cápsula, la cual varió de 0 a 73, y al parecer es común (Eras et al., 2021; Moreno-Serrano et al., 2018). Toda esta variabilidad también se corrobora con los valores de correlación entre los datos morfológicos y el número de semillas. La correlación más alta de las cápsulas y el número de semillas que contenían fue entre el volumen con el ancho (0,87) y con grosor (0,79), y del grosor con el ancho (0,81). Al correlacionar las variables medidas (largo, ancho, grosor, volumen) según el mes de colecta de las cápsulas y el número de semillas, la mayoría presentan un nivel de correlación entre fuerte, moderada y débil; y unos pocos nula.

La calidad de semillas fue mejor en junio (84,3%), en enero menor presencia de vanas (2,7%) y mayor presencia de inmaduras (74%); y, las más depredadas por hongos en diciembre (26,7%) y en abril por insectos (10,7%). A pesar de que se habla de la influencia de las condiciones ambientales sobre la madurez de los frutos (Quiroz et al., 2009) Orjuela et al 2024, en C. officinales no se aprecia este fenómeno lo cual también ha sido reportado con otras especies forestales (Revilla et al 2021). A pesar de colectar únicamente frutos maduros se observaron altos porcentajes de semillas inmaduras. Al comparar los datos de diciembre del 2022 y 2023 podemos darnos cuenta de la variación interanual presente en esta especie.

Las semillas más largas se encontraron en agosto (2,48mm), las más anchas en enero (1,67mm) y las de mayor peso en diciembre23 (81,93mg/100semillas). Se observaron diferencias significativas del largo y ancho en función de los meses en que fueron colectados. En los meses de enero, febrero y agosto, que presentaban semillas de mayor volumen, se encontraron correlaciones positivas entre el volumen de las semillas y el ataque por hongos o insectos, es decir que, a mayor volumen mayor depredación. El mayor peso de cápsulas correspondió a febrero y de semillas a diciembre23, esto se contrapone con lo mencionado por Eras, et al., (2019) que indican que el peso de las semillas está directamente relacionado con el tamaño y el número de semillas por fruto.

Se presentó germinación en todos los meses, siendo mayor en febrero (66%), seguido de las de septiembre (62%) y marzo (61%). Es interesante mencionar que, las semillas de febrero son anchas (1,64mm) y proceden de las cápsulas con mayor peso (321mg), ya que podrían ser factores que influyen sobre su germinación. La germinación inició a los 7 días y el mayor pico fue entre los 20 y 27 días. Luego de dos días de germinadas inició la formación de hojas cotiledonarias siendo más frecuente entre los 6 y 10 días. La formación de hojas cotiledonarias fue más rápida en las semillas provenientes del mes de abril, febrero, marzo y mayo, mientras que las semillas de diciembre y enero fueron las que más tardaron y con menor presencia. Así mismo, las semillas provenientes del mes de febrero, marzo y abril presentaron más raíces.

El mayor número de raíces en el sistema de inmersión temporal RITA fue con el tratamiento de 1mg/L AIB y con inmersión de 1 minuto, además presentó las raíces de mayor largo (2,65 a 2 cm). En este tratamiento se observó un total de 29 plántulas con una tasa de multiplicación de 1,16. En Cinchona officinalis, el uso de 0,5 mg/L de AIB generó raíces (Eras-Guamán et al., 2021) y también 2 mg/L (Eras-Guamán et al., 2019). También 3 mg/L de AIB más 5 mg/L de BAP ayudan al crecimiento de esta especie (Armijos-González & Pérez-Ruiz, 2016).

El conocimiento de las cápsulas y su relación con la calidad de las semillas, y por otra parte conocer procesos de multiplicación y enraizamiento de plántulas; son factores determinantes para pensar en proyectos de conservación y de aprovechamiento de esta especie.

Conclusiones

La media de semillas por cápsula fluctúa entre 30 y 40 y la variación del tamaño de las semillas según el mes de colecta es alta

La germinación es mayor en los meses de febrero, marzo y septiembre y podría estar relacionada con el ancho de las semillas o el peso de las cápsulas.

El AIB es un regulador que permite alta multiplicación y crecimiento generando plántulas con buenas raíces para su adaptación.

Referencias bibliográficas

Armijos-González, R., & Pérez-Ruiz, C. (2016). In vitro germination and shoot proliferation of the threatened species *Cinchona officinalis* L (Rubiaceae). Journal of Forestry Research, 27(6), 1229-1236.

Eras-Guamán, V., Moreno, J., Yaguana, M., Poma, R., & Paredes, D. (2019). Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento in vitro de explantes de *Cinchona Officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. Bosques Latitud Cero, 9(1).

Eras-Guamán, V., Serrano, J. A. M., Arévalo, M. Y., Angamarca, R. A. P., & Coronel, C. M. C. (2021). Inducción *in vitro* de raíces de Cinchona officinalis L., a partir de vitroplantas. Bosques Latitud Cero, 11(2), Article 2.

Experiencias alcanzadas en propagación *in vitro* de vainilla, una especie con potencial uso en la amazonía

Experiences in the in vitro *propagation of vanilla, a species with potential use in the amazon*

Máximo Moreira[1], Oscar Vivanco[2], Lilibeth Carrión[3], Stefanía Cevallos[4], Paulo Herrera[5]

1 Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0002-1833-2674

2 Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0001-7799-6297

3 Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0003-4435-7135

4 Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0001-5638-5112

5 Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0002-3802-4468

Autor de correspondencia: piherrera@utpl.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e12

Resumen

La vainilla es una orquídea de gran valor económico y cultural. En Ecuador se cultivan *Vanilla tahitensis* y *V. planifolia* como especies introducidas, mientras que *V. odorata* es nativa de la Amazonía. En varias zonas la producción depende de poblaciones silvestres, lo que amenaza los ecosistemas y la conservación del germoplasma. La propagación *in vitro* ofrece una alternativa sostenible. En este estudio se evaluó la introducción y propagación *in vitro* a partir de semillas de *V. odorata* (Tena) y *V. tahitensis* (Santo Domingo). *V. odorata* no respondió a los tratamientos de desinfección, mientras que *V. tahitensis* mostró alto porcentaje de germinación y desarrollo en medio MS al 50% con aditivos específicos y un protocolo de desinfección con agua, alcohol y cloro con Tween 20. Las plántulas se aclimataron en sustrato de musgo, agrolita y composta. El cultivo *in vitro* de *V. tahitensis* demuestra potencial para producción masiva, mientras que *V. odorata* requiere protocolos específicos de desinfección.

Palabras clave: semillas; cultivo *in vitro*; vainilla; desinfección.

Abstract

Vanilla is an orchid of great economic and cultural value. In Ecuador, *Vanilla tahitensis* and *V. planifolia* are cultivated as introduced species, while *V. odorata* is native to the Amazon.

In several areas, production depends on wild populations, which threatens ecosystems and the conservation of germplasm. In vitro propagation offers a sustainable alternative. This study evaluated the in vitro introduction and propagation of *V. odorata* (from Tena) and *V. tahitensis* (from Santo Domingo) from seeds. *V. odorata* did not respond to the disinfection treatments, whereas V. tahitensis showed high germination and development in 50% MS medium supplemented with specific additives and a disinfection protocol using water, alcohol, and chlorine with Tween 20. Seedlings were acclimatized in a substrate composed of moss, perlite, and compost. The *in vitro* culture of *V. tahitensis* demonstrates potential for mass production, while *V. odorata* requires specific disinfection protocols.

Keywords: seeds; *in vitro* culture; vanilla; disinfection.

Introducción

Dentro de las orquídeas, el género *Vanilla* es uno de los más reconocidos a nivel mundial por su sabor y fragancia y su alto valor económico. En Ecuador se han reportado cinco especies con amplia distribución (Flanagan et al., 2018; Landy, 2020; Soto & Cribb, 2010) y de ellas se menciona *V. odorata* como posible alternativa de producción, sin embargo, las más producidas en el mundo son *V. planifolia, V. pompona* y *V. tahitense* (Álvarez et al., 2013; Azofeifa-Bolaños & Paniagua-Vasquez, 2015; Bory et al., 2007). El género se caracteriza por presentar una enredadera la cual se forma desde semillas que germinan en el suelo y que durante su etapa inicial son terrestres, y sus raíces viven asociadas con micorrízas (Ordoñez et al., 2012). Para su cultivo no se requieren grandes extensiones de terreno (Ortega, 2018) y se polinizan artificialmente, y resulta una alternativa sustentable ya que se adapta en muchos sitios.

La principal forma de propagación es por segmentos cortados desde el tallo de la planta madre generando clones que producen pérdida de variación genética, y pueden ser susceptibles al ataque de plagas y enfermedades (Adame-García et al., 2015). Aunque se pueden propagar por semillas, no se han realizado muchas investigaciones sobre esto, pero es claro que es una opción para aumentar la variabilidad y por ende la resistencia ante enfermedades, y resistencia a nuevas condiciones ambientales (Castillo, 1991). Por lo antes mencionado, nos planteamos establecer semillas en condiciones in vitro, evaluar su germinación y obtener plántulas para aclimatarlas. Con ello a más de conocer procesos biológicos de la especie estamos aportando a una estrategia de desarrollo sustentable.

Metodología

Se colectó cápsulas de dos especies *V. tahitensis* y *V. odorata*. Las de *V. tahitensis* fueron colectadas

en Santo Domingo. *V. odorata* fue colectada en Morona Santiago y Tena. Se registraron datos de procedencia, edad, estado fitosanitario, largo, ancho, estado de la cápsula (cerrada, abierta). Todas las cápsulas fueron almacenadas en refrigeración hasta su procesamiento. De la colecta se tuvieron cápsulas abiertas y cerradas, todas fueron desinfectadas. En el caso de las abiertas se desinfectó sus semillas en agua y jabón por 5min, seguidos de alcohol 70% 5 min, hipoclorito de sodio 2% +3gotas Tween 20 por 15 min y se sembraron. Se dejó un bloque de semillas para exponerlas a UVA durante 12 y 24 horas, y luego sembrarlas. Las cápsulas cerradas se desinfectaron con agua destilada y 3 gotas de Tween 3 min, por 3 veces. Luego, en la cabina de flujo laminar se hizo un corte longitudinal y transversal y se las sumergió en frascos de 250 ml con hipoclorito de sodio al 2% + 3 gotas de Tween, por 5, 15 y 30 min; y también agua oxigenada de 10 vol por 3 y 10 min.; para evitar pérdida de semillas se esperó a que las semillas se asienten en la parte inferior del frasco y se retiró el agua con la ayuda de micropipetas de 100 *µ*l. Luego se sembraron en los medios.

Se utilizó medio MS (Murashige & Skoog 1962) al 50% de sus sales. Se usaron cuatro medios sólidos y dos semisólidos, con 7 y 4 g de agar/L, respectivamente. Se adicionaron vitaminas: 10 ml de myonositol, 10 ml piridoxina, 10 ml ácido nicotínico,10 ml tiamina; y, 100 ml de agua de coco y 0,4 g de glicina. El pH se ajustó a 5,80 con NaOH y HCl. Se esterilizó el medio de cultivo en autoclave a 121 °C por 20 minutos. En los medios sólidos se usaron varias hormonas 1ml GA3; 1 ml Kin; 0,5ml Kin+0,5 ml ANA; 0,5 ml ANA, control sin hormonas. En los medios semisólidos se usó 0,5 ml Kin+0,5 ml ANA; control sin hormonas.

Los protocormos de 6 meses fueron transferidos para su enraizamiento a medio MS +0,5 ml Kin+ 0,5 ml ANA, y también, con 100 ml de agua de coco. Luego se aclimataron los brotes enraizados de entre 5-10 cm, para ello se enjuagaron con agua corriente y se sembraron en invernadero en charolas de 50 x 30 x 5 cm, que contenían sustrato estéril de musgo turba y agrolita (1:1). Se aplicaron riegos con agua corriente tres veces por semana y la humedad relativa se mantuvo entre el 70 y 80 %, y con sombra del 50 %. Cuando las plantas alcanzaron 30 cm de altura, éstas se transfirieron a contenedores individuales con tierra negra previamente autoclavada (1:1:1) como sustrato, y se aplicó fungicida (Tecto60®, 1 g L-1) y fertilización foliar (Fertiplus®) una vez por semana durante un mes.

Se tomaron datos cada 15 días de contaminación por bacterias; la formación de protocormos y su germinación; también el enraizamiento y crecimiento de los brotes, y su sobrevivencia en la aclimatación. Para analizar los datos se evaluó su normalidad y luego se establecieron diferencias entre los tratamientos usando el programa R.

Resultados y discusión

En las cápsulas cerradas de *V. tahitensis* se observaron tratamientos de desinfección que no presentaron contaminación, mientras que en las cápsulas abiertas ningún tratamiento controló la contaminación, tanto en medio sólido como semisólido. Por otra parte, todas las cápsulas de *V. odorata* se contaminaron, por tanto, no se pudo obtener semillas y plántulas libres de contaminación de esta especie. Los tratamientos efectivos fueron con Cloro al 2% con 3 gotas de Tween por 5 a 30 minutos aplicados a las cápsulas que se hizo el corte dentro de la cabina, resultados similares han sido observados (Chaipanich et al, 2020). También los tratamientos con agua oxigenada controlaron la contaminación de forma eficaz, anteriores trabajos mencionan su uso eficiente como desinfectante. Se estableció que el efecto de la desinfección influye positivamente en el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas.

Analizando desde los tratamientos de desinfección, se observó germinación en algunos de los tratamientos, tanto en medios sólidos como líquidos. Los tratamientos de desinfección en los que se observó mayor germinación fueron con Cloro al 2% durante 15min y 10min con un 27% y 18%, respectivamente. El hipoclorito de sodio a más de su acción como desinfectante tiene su acción escarificante (Calle y Pucha, 2023). También los tratamientos con agua oxigenada de 10vol por 10 y 3 minutos generaron germinación del 7% y 5 %, respectivamente. Es sabido que que el agua oxigenada debilita la testa de las semillas y favorece la germinación.

Por otra parte, se relacionó la germinación con los medios de cultivo y sus hormonas, encontrando que tanto el medio sólido como semisólido con 0,5ml Kin+ 0,5ml ANA mostraron los mayores porcentajes de germinación acumulada independientemente del tratamiento de desinfección. Esto denota que es la combinación de hormonas (Kin y ANA) las responsables de inducir germinación en *V. tahitensis*, lo cual concuerda con otro estudio (Pradeep et al. 2009). La adaptación de las plántulas a condiciones de invernadero es relativamente sencilla y no presenta problemas, siendo importante mantener alta humedad en el sustrato.

Los resultados de esta investigación son un aporte a la propagación de vainilla a través de semillas, lo cual sirve de pautas para producción y conservación de estas especies.

Conclusiones

El protocolo de introducción in vitro, requiere de una desinfección de la cápsula y luego de una nueva desinfección de las semillas, esta segunda parte se la debe realizar en la cabina de

flujo laminar.

Las semillas germinan en 45 días, luego de haberlas desinfectado y sembrado en medios de cultivo, y se debe usar 0,5ml Kin + 0,5ml ANA.

La germinación se da en medio sólido y líquido, pero mejores resultados se observaron en el sólido.

Las plántulas se adaptan bien en el proceso de aclimatación

Referencias bibliográficas

Chaipanich, V. V., Roberts, D. L., Yenchon, S., Sompong, T. C., & Divakaran, M. (2020). In vitro seed germination and plantlet regeneration of Vanilla siamensis: An endemic species in Thailand. ScienceAsia, 46(3), 315-322.

Pansarin, E. R. (2021). Unravelling the enigma of seed dispersal in Vanilla. Plant Biology, 23(6), 974-980.

Pradeep Kumar, T., Stephen, F., & Alex, S. (2009). Studies on in vitro seed culture in vanilla. Indian Journal of Horticulture, 66(4), 547-548.

Identificación molecular y caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de *Annona muricata* variedad guanábana gigante ecuatoriana

Molecular identification and morphological characterization of phytopathogenic fungi in the cultivation of Annona muricata *variety ecuadorian giant soursop*

Edita Valle[1], Silvia Llerena[2], Evelyn Oña[3]

[1] *Universidad Regional Amazónica Ikiam.* https://orcid.org/0009-0009-0343-019X

[2] *Universidad Regional Amazónica Ikiam.* https://orcid.org/0000-0002-0491-530X

[3] *Universidad Regional Amazónica Ikiam.* https://orcid.org/0009-0002-6003-9866

Autor de correspondencia: edita.valle@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e13

Resumen

Annona muricata L., conocida comúnmente como guanábana, está adaptada a condiciones subtropicales en Ecuador, permitiendo variedades productivas y de calidad. Sin embargo, sufre enfermedades fúngicas que se intensifican en épocas lluviosas. Esta investigación caracterizó morfológica y molecularmente los hongos fitopatógenos presentes en la guanábana. Se recolectaron hojas, flores, tallos, corteza y frutos infectados en la Finca Agroecológica Yolita, Napo, Ecuador. Los hongos se aislaron en agar rosa bengala (ARB) hasta obtener cultivos axénicos y se tiñeron con azul de metileno al 1%. La identificación molecular se realizó mediante PCR y secuenciación de los transcritos ITS1, ITS2 e ITS4. Los hongos fitopatógenos identificados fueron *Fusarium solani-melongenae* (P.I. 100%), *F. pseudensiforme* (P.I. 100%), *F. concolor* (P.I. 98,85%), *F. equiseti* (P.I. 100%), *Colletotrichum* sp. (P.I. 98,64%) y *Lasiodiplodia theobromae* (P.I. 100%). Estos resultados permitirán diagnósticos precisos y tempranos, beneficiando a agricultores locales y promoviendo agricultura sostenible y seguridad alimentaria en la región.

Palabras clave: caracterización morfo-cultural; enfermedades; fungi; secuenciación.

Abstract

Annona muricata L., commonly known as soursop, is adapted to subtropical conditions in

Ecuador, allowing for productive and high-quality varieties. However, it is affected by fungal diseases that intensify during the rainy season. This research characterized the phytopathogenic fungi associated with soursop both morphologically and molecularly. Infected leaves, flowers, stems, bark, and fruits were collected from the Yolita Agroecological Farm in Napo, Ecuador. Fungi were isolated on rose bengal agar (RBA) until axenic cultures were obtained and stained with 1% methylene blue. Molecular identification was carried out through PCR and sequencing of ITS1, ITS2, and ITS4 transcripts. The identified phytopathogenic fungi were *Fusarium solani-melongenae* (I.S. 100%), *F. pseudensiforme* (I.S. 100%), *F. concolor* (I.S. 98.85%), *F. equiseti* (I.S. 100%), *Colletotrichum* sp. (I.S. 98.64%), and *Lasiodiplodia theobromae* (I.S. 100%). These results will enable accurate and early diagnoses, benefiting local farmers and promoting sustainable agriculture and food security in the region.

Keywords**:** Morpho-cultural characterization; Diseases; Fungi; Sequencing.

Introducción

Annona muricata L., conocida comúnmente como guanábana, es originaria de regiones tropicales de América y cultivada en zonas tropicales de Ecuador; posee creciente relevancia económica y agrícola. Sin embargo, enfrenta limitaciones por plagas y enfermedades (Hernández et al., 2022). Según (Aranguré et al., 2024), una de las afectaciones por hongos es la muerte descendente en guanábana, causada principalmente por *Lasiodiplodia theobromae*. Este fitopatógeno causa marchitamiento, necrosis y muerte de ramas. Además, la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* afecta frutos y ramas, provocando lesiones y pérdidas económicas en cultivos de guanábana. Ambos representan amenazas fúngicas relevantes. En Ecuador, la producción de guanábana está en etapa inicial, con potencial de crecimiento debido a sus propiedades nutricionales, medicinales y a la demanda internacional (Rojas, 2022). Las técnicas moleculares como PCR permiten identificar con precisión especies de hongos mediante la amplificación de regiones altamente conservadas y variables del ADN ribosomal, constituyéndose en un método confiable y ampliamente usado para taxonomía y diferenciación de especies (Suárez y Peñaranda, 2022). Por lo que, el objetivo de esta investigación fue caracterizar morfológica y molecularmente fitopatógenos asociados al cultivo de guanábana variedad guanábana Gigante Ecuatoriana. La identificación molecular y caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en *Annona muricata* es fundamental para reconocer oportunamente patógenos emergentes debido a que en Ecuador hay ausencia de reporte de su incidencia y este estudio permitirá diseñar estrategias efectivas de control. Este enfoque mejora la sostenibilidad del cultivo y la producción de calidad del fruto (Cambero et al., 2024).

Metodología

Las muestras se obtuvieron en la Finca Agroecológica Yolita, Napo (Ecuador), con el permiso MAATE-CMARG-2024-0057 se recolectaron hojas, frutos, tallos y flores de guanábana variedad Gigante Ecuatoriana con síntomas fúngicos. Luego, se cortaron fragmentos de 1 cm^2, se desinfectaron con alcohol al 70% durante 30 segundos y luego con hipoclorito de sodio al 1% durante un minuto, con lavados posteriores en agua destilada estéril y secado en papel estéril. Los fragmentos se sembraron en Agar Rosa Bengala (ARB) para aislar patógenos, incubando a 28 °C durante 7–14 días en oscuridad (Mata & Salmones, 2021). Las colonias emergentes se subcultivaron hasta obtener cultivos axénicos y se evaluaron características macroscópicas y microscópicas. La caracterización macroscópica a evaluar fue su morfología en caja, el color, tamaño y contextura, y para la caracterización microscópica, se extrajo una impronta del micelio, se colocó en el portaobjetos, se tiñó con azul de metileno y se observó al microscopio óptico con aumento de 40X (Cervantes et al., 2020). Para identificación molecular, se extrajo ADN mediante el método de ebullición y se amplificó la región ITS por la técnica de reacción en cadena de polimerasa(PCR) utilizada comúnmente para identificación fúngica (Licona et al., 2019; Mbareche et al, 2020). Los amplicones se observaron en geles al 1,5% de agarosa por electroforesis. Los productos se secuenciaron (Macrogen), se compararon en GenBank y NCBI, considerando 90 al 100 % de identidad y cobertura para determinar la especie (Suárez & Peñaranda, 2022).

Resultados y discusión

De los cultivos axénicos identificados molecularmente se obtuvo a *Lasiodiplodia theobromae* que presentó micelio abundante, hifas septadas que inicialmente eran blancas y se tornaron negras con el tiempo, además de la presencia de picnidios con conidios, los cuales son ovoides a elipsoidales, hialinos en cultivos jóvenes y se vuelven oscuros a medida que envejecen. Esto coincide con la descripción del hongo por (Aranguré et al., 2024). En cuanto a *Fusarium sp.,* presentó micelio algodonoso con tonos blanquecinos. El micelio fue septado, delgado, conidióforos, con microconidios y macroconidios ligeramente curvados, en forma de canoa (Cambero et al., 2024). Por otro lado, *Colletotrichum* sp. presentó micelio blanquecino semiesponjoso con conidios ovalados, hialinos y no septados, coincidiendo con las características descritas para *Colletotrichum* sp. (Chavez et al., 2024).

Además, se identificaron hongos del género *Fusarium*, específicamente *Fusarium solani-melongenae (*Porcentaje de Identidad 100%) con la accesión PP422928.1, *Fusarium pseudensiforme (*P.I. 100%*)* con la accesión JF433037.1*, Fusarium concolor (*P.I. 98,85%) con la accesión MN19299.1 y *Fusarium equiseti* (P.I. 100%) con la accesión OR144011.1. Así mismo, se identificó el hongo

filamentoso de textura espesa blanquecina correspondiente a *Colletotrichum* sp. (P.I. 98,64%) con la accesión ON155128.1 y el hongo filamentoso con textura elevada de micelio grisáceo *Lasiodiplodia theobromae (*P.I.100%) con la accesión MW045414.1.

Conclusiones

La identificación morfológica y molecular de los hongos encontrados en la guanábana en Napo, Ecuador, reveló diversas especies, destacando *Lasiodiplodia theobromae, Fusarium solani-melongenae, F. pseudensiforme, F. concolor, F. equiseti* y *Colletotrichum sp.* como agentes patógenos relevantes. La presencia de estos hongos, relacionados con síntomas fúngicos en diferentes tejidos, pone en evidencia la amenaza que representan para la producción local. La caracterización por técnicas moleculares permitió confirmar su identidad con alta confianza, facilitando diagnósticos precisos y tempranos. Estos hallazgos son fundamentales para desarrollar estrategias de manejo y control eficientes, promoviendo la sostenibilidad, mejorando la salud de los cultivos y protegiendo la calidad del fruto en la región.

Referencias bibliográficas

Aranguré, A. B., Esquivel, G. L., Velasco, C. R., Guzmán, G. G. L., Campos, O. J. C., & Crespo, E. C. (2024). Lasiodiplodia theobromae agente causal de muerte descendente en guanábana (Annona muricata L.) en Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias, 11*. https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1594

Cambero, C., Rios, C., Luna, G., López, G., Estrada, M. O., & Cambero, O. (2024). Patógenos causantes de la pudrición de raíz en guanábana (*Annona muricata* L.), en Nayarit, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 11*(2), e3672. https://doi.org/10.19136/era.a11n2.3672

Cervantes, A., Lalangui, Y., Sánchez, A., Colmenares de Ortega, C. B., & Jaramillo, E. (2020). Evaluación del desarrollo de micelios de Mycosphaerella Fijiensis Morelet, recolectados en el centro y lindero en plantación de Musa sp. AAA. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 3*(3), 270-276.

Chávez, F., Núñez, J., Vargas, A., Amaro, L., & Colín, C. (2024). Efecto inhibitorio in vitro de aceites esenciales contra Colletotrichum gloeosporioides. *Acta Agrícola y Pecuaria, 10(1),* 5. https://doi.org/10.30973/aap/2024.10.0101008

Hernández, L., Velázquez, J., González, H., Illescas, C., & Manzanilla, M. (2022). Insectos y ácaros fitófagos asociados con la guanábana Annona muricata L.: Una revisión. Southwestern Entomologist, 47(3), 747–762. https://doi.org/10.3958/059.047.0325

Licona, K., Acosta, G., Ramírez, H., Huanca, W. & Guevara, L. (2019). Rapid and accurate PCR-based and boiling DNA isolation methodology for specific detection of Sclerotium cepivorum in garlic (Allium sativum) cloves. Interciencia, 44(2), 71-74. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33958304004

Mata, G. & D. Salmones (eds.), (2021). *Técnicas de aislamiento, cultivo y conservación de cepas de hongos en el laboratorio*. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México.

Mbareche H., Veillette M., Bilodeau G., Duchaine C. (2020). Comparación del rendimiento de ITS1 e ITS2 como códigos de barras en la secuenciación de bioaerosoles basada en amplicones . *PeerJ 8* : e8523. https://doi.org/10.7717/peerj.8523

Rojas, A. (2022). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la elaboración y exportación de néctar de guanábana en el cantón Machala, provincia del Oro, hacia el mercado chileno (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6835/1/TTUACE-2016-CI-CD00019.pdf

Suárez, L., & Peñaranda, F. (2022). Identificación molecular de hongos filamentosos y su potencial biotecnológico. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 20*(1), 194-206. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612022000100194&script=sci_arttext

De los insectos a los biopolímeros: hacia una nueva era en la producción sostenible de quitosano

From insects to biopolymers: a new era in sustainable chitosan production

Alexandra Vargas[1], Rocío Cecibel Jiménez-Paute[2], Roque Rivas Párraga [3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0003-5438-5831

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-5335-8987

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-1586-8852

Autor de correspondencia: alexandra.vargas@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e14

Resumen

El quitosano es un biopolímero derivado de la desacetilación de la quitina, con amplias aplicaciones en biomedicina, agricultura, tratamiento de aguas y la industria alimentaria gracias a sus propiedades antimicrobianas, quelantes y biodegradables. Tradicionalmente, la quitina se obtiene de exoesqueletos de crustáceos; sin embargo, esta fuente presenta limitaciones asociadas a la sobreexplotación, la estacionalidad y la concentración de la producción en zonas costeras. En este contexto, los insectos han surgido como alternativas sostenibles y prometedoras para la obtención de quitosano, al presentar un elevado contenido de quitina, rápidos ciclos de vida y la posibilidad de generar subproductos útiles en sistemas de economía circular. Analizar el potencial de insectos como *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* y *Blaptica dubia* como fuentes de quitosano, con énfasis en sus oportunidades de aplicación en la Amazonía ecuatoriana. Se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos científicas como Scopus, Google Scholar y ScienceDirect sobre procesos de extracción, caracterización y aplicaciones del quitosano derivado de insectos en los sectores biomédico, agrícola y ambiental. La literatura evidencia que el quitosano de insectos puede aplicarse en la clarificación y desinfección de aguas, el biocontrol agrícola y la conservación de alimentos, mostrando una eficacia comparable a la de fuentes convencionales. Además, su producción puede vincularse a esquemas locales de gestión de residuos orgánicos, generando valor agregado y reduciendo impactos ambientales. El quitosano derivado de insectos representa una alternativa innovadora y sostenible para la Amazonía, con potencial de aplicación en salud, agricultura y tratamiento de aguas. De materializarse estas investigaciones, se favorecería el aprovechamiento de biomateriales locales, el desarrollo de cadenas productivas circulares y la

consolidación de la bioeconomía como motor del desarrollo sostenible amazónico.

Palabras clave: quitosano de insectos; economía circular; bioeconomía amazónica.

Abstract

Chitosan is a biopolymer derived from the deacetylation of chitin, with broad applications in biomedicine, agriculture, water treatment, and the food industry due to its antimicrobial, chelating, and biodegradable properties. Traditionally, chitin is obtained from crustacean exoskeletons; however, this source presents limitations associated with overexploitation, seasonality, and the geographic concentration of production in coastal areas. In this context, insects have emerged as sustainable and promising alternatives for chitosan production, as they exhibit a high chitin content, rapid life cycles, and the potential to generate valuable by-products within circular economy systems. This study analyzes the potential of insects such as *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, and *Blaptica dubia* as sources of chitosan, with emphasis on their application opportunities in the Ecuadorian Amazon. A literature review was conducted using scientific databases such as Scopus, Google Scholar, and ScienceDirect, focusing on extraction processes, characterization, and applications of insect-derived chitosan in the biomedical, agricultural, and environmental sectors. The literature shows that insect chitosan can be applied in water clarification and disinfection, agricultural biocontrol, and food preservation, demonstrating effectiveness comparable to conventional sources. Additionally, its production can be integrated into local organic waste management systems, generating added value and reducing environmental impacts. Insect-derived chitosan represents an innovative and sustainable alternative for the Amazon region, with potential applications in health, agriculture, and water treatment. Advancing this research could promote the use of local biomaterials, the development of circular production chains, and the consolidation of bioeconomy as a driver of sustainable development in the Amazon.

Keywords: insect-derived chitosan; circular economy; amazonian bioeconomy.

Introducción

El quitosano es un biopolímero derivado de la desacetilación de la quitina, la cual se encuentra en los exoesqueletos de crustáceos, en las paredes celulares de los hongos y en las cutículas de los insectos (Triunfo et al., 2022). En los últimos años, este biopolímero ha despertado interés debido a sus propiedades antimicrobianas, antifúngicas, biodegradables, biocompatibles y no tóxicas, que lo hacen valioso en diversas aplicaciones, entre ellas la medicina, la agricultura, la industria alimentaria y el tratamiento de aguas (Hahn et al., 2021).

La producción industrial de quitosano se concentra principalmente en los desechos pesqueros, en particular en los exoesqueletos de crustáceos como camarones y cangrejos (Elkadaoui et al., 2024). Sin embargo, esta fuente presenta limitaciones debido a la estacionalidad, la concentración geográfica —principalmente en zonas costeras— y el impacto ambiental de la sobreexplotación, lo que dificulta su uso en regiones de interior como la Amazonía ecuatoriana (Triunfo et al., 2022).

En este contexto, los insectos han surgido como una alternativa sostenible para la producción de quitosano, ya que presentan ciclos de vida cortos, alto contenido de quitina y la capacidad de aprovechar residuos orgánicos para su cría (Machado et al., 2023). Entre estas especies destacan Hermetia illucens (mosca soldado negra), Tenebrio molitor (gusano de la harina), Zophobas morio y Blaptica dubia como candidatas debido a su adaptabilidad y su potencial dentro de esquemas de economía circular.

Materiales y métodos

La revisión de literatura se llevó a cabo en bases de datos como Scopus, ScienceDirect y Google Scholar, seleccionadas por su reconocimiento y alcance en publicaciones científicas. Se utilizaron palabras clave en inglés y español, incluyendo términos como insect chitosan, Hermetia illucens, insect chitin y biopolymer. Esta estrategia facilitó la identificación de información actualizada y relevante sobre el tema, priorizando artículos que abordaran fuentes y métodos de extracción sostenible de quitosano.

Solo se incluyeron artículos publicados entre 2020 y 2025 para garantizar la relevancia temporal de los datos recopilados. Además, se revisaron publicaciones que detallaran los métodos de extracción, caracterización y fuentes de quitosano obtenido a partir de insectos. Se descartaron aquellos trabajos que no presentaban datos experimentales o que no especificaban claramente el origen del quitosano utilizado.

Resultados y discusión

Los artículos revisados demuestran que los insectos son una fuente alternativa viable de quitina y quitosano. Tal es el caso de Tenebrio molitor, Zophobas morio y Blaptica dubia, en los que se reportaron rendimientos de quitina entre el 11 % y el 21 % y de quitosano entre el 6 % y el 7 % del peso seco. A su vez, el grado de desacetilación alcanzó valores entre el 76 % y el 89 %, lo que confirma la calidad del polímero para aplicaciones prácticas. Estos resultados son comparables a los obtenidos a partir de crustáceos, cuyo rango de desacetilación se sitúa entre el 80 % y el 90 % (Machado et al., 2023).

En el caso de Hermetia illucens, se observó que el estado de desarrollo influye directamente en la cantidad y calidad de la quitina (Hahn et al., 2021). En este sentido, el estudio de Triunfo et al. (2022) sugiere que las pupas y los adultos de esta especie presentan mayor cristalinidad y contenido de quitina en comparación con las larvas, aunque estas últimas se producen en mayor cantidad. Los estudios de caracterización confirmaron que la quitina presente en esta especie corresponde al tipo α-quitina, la misma que se encuentra en los crustáceos, lo que garantiza su compatibilidad a nivel estructural (Triunfo et al., 2022).

Los trabajos de Aranaz et al. (2021) y Triunfo et al. (2022) indican que el quitosano derivado de insectos posee actividad antimicrobiana y antifúngica, siendo efectivo frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas como E. coli y S. aureus. Además, presenta propiedades de adsorción de metales pesados, lo que amplía su potencial de aplicación en el tratamiento de aguas residuales (Kou et al., 2020). En el sector alimentario, se ha evaluado su uso como recubrimiento comestible que prolonga la vida útil de frutas y hortalizas; mientras que en agricultura se han reportado efectos positivos como biofertilizante y recubrimiento de semillas para el biocontrol de patógenos (Aranaz et al., 2021).

Table 1. Análisis de fuentes de quitosano

Recurso	Quitina (% peso seco)	Quitosano (% masa seca)	Grado de desace-tilación(%)	Aplicaciones reportadas
Tenebrio molitor	11 – 21	6 – 7	76 – 89	Biocontrolador agrícola, recubrimientos
Zophobas morio	14 – 21	6 – 7	78 – 88	Preservación de alimentos
Blaptica dubia	12 – 18	6 – 7	76 – 85	Tratamiento de agua, biomedicina
Hermetia illucens	8 – 14 (depending on stage)	5 – 8	75 – 80	Floculación, bioplásticos
Crustáceos (camarones, cangrejos, etc.)	15 – 25	10 – 15	80 – 90	Agricultura, alimentos, biomedicina

Estos resultados reflejan una tendencia clara: aunque los crustáceos siguen siendo una fuente consolidada de quitosano, los insectos ofrecen ventajas logísticas y ambientales, ya que pueden criarse en condiciones controladas, no dependen de la estacionalidad y contribuyen al aprovechamiento de residuos orgánicos. Esto los convierte en una opción especialmente atractiva para regiones como la Amazonía ecuatoriana, donde no existen grandes volúmenes de desechos marinos, pero sí abundan residuos orgánicos que podrían utilizarse para alimentar

sistemas de cría de insectos.

Conclusiones

La revisión de literatura muestra que los insectos son una fuente prometedora de quitosano, con rendimientos de extracción y propiedades fisicoquímicas comparables a las de los crustáceos. Aunque el rendimiento es menor en algunos casos, la calidad del polímero (en términos de grado de desacetilación y solubilidad) es suficiente para aplicaciones en biomedicina, agricultura, alimentos y tratamiento de aguas.

La principal ventaja de los insectos radica en su sostenibilidad, ya que pueden criarse sobre sustratos de bajo costo, aprovechar residuos orgánicos y producirse localmente sin depender de la estacionalidad ni de la industria pesquera. Estas características convierten al quitosano de insectos en una alternativa alineada con los principios de la economía circular, con alto potencial en la Amazonía ecuatoriana.

Se recomienda que futuras investigaciones se centren en optimizar las metodologías de extracción en insectos amazónicos, caracterizar con mayor profundidad las propiedades del quitosano obtenido y evaluar su viabilidad a escala piloto en comunidades locales.

Referencias bibliográficas

Aranaz, I., Alcántara, A. R., Civera, M. C., Arias, C., Elorza, B., Caballero, A. H., & Acosta, N. (2021). Chitosan: An overview of its properties and applications. Polymers, 13(19), 3256. https://doi.org/10.3390/polym13193256

Elkadaoui, S., Azzi, M., Desbrieres, J., Zim, J., Hachimi, Y. E., & Tolaimate, A. (2024). Valorization of Hermetia illucens breeding rejects by chitins and chitosans production. Influence of processes and life cycle on their physicochemical characteristics. International Journal of Biological Macromolecules, 266, 131314. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131314

Hahn, T., Tafi, E., Von Seggern, N., Falabella, P., Salvia, R., Thomä, J., Febel, E., Fijalkowska, M., Schmitt, É., Stegbauer, L., & Zibek, S. (2021). Purification of Chitin from Pupal Exuviae of the Black Soldier Fly. Waste and Biomass Valorization, 13(4), 1993–2008. https://doi.org/10.1007/s12649-021-01645-1

Kou, S., Peters, L. M., & Mucalo, M. R. (2020). Chitosan: A review of sources and preparation methods. International Journal of Biological Macromolecules, 169, 85–94. https://doi.

org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.005

Machado, S. S. N., Da Silva, J. B. A., Nascimento, R. Q., Lemos, P. V. F., De Jesus Assis, D., Marcelino, H. R., De Souza Ferreira, E., Cardoso, L. G., Pereira, J. D., Santana, J. S., Da Silva, M. L. A., & De Souza, C. O. (2023). Insect residues as an alternative and promising source for the extraction of chitin and chitosan. International Journal of Biological Macromolecules, 254, 127773. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127773

Triunfo, M., Tafi, E., Guarnieri, A., Salvia, R., Scieuzo, C., Hahn, T., Zibek, S., Gagliardini, A., Panariello, L., Coltelli, M., De Bonis, A., & Falabella, P. (2022). Characterization of chitin and chitosan derived from Hermetia illucens, a further step in a circular economy process. Scientific Reports, 12(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-10423-5

Support and adsorbent materials for anaerobic digestion: enhancing process stability and nutrient control

Liz Escandón[1], Rocío Jiménez-Paute[2], Jaime Martí-Herrero[3]

1 Faculty of Life Sciences, Biotechnology Engineering Program, Amazon Regional University Ikiam. https://orcid.org/0009-0000-0342-1925

2 Biomass Laboratory, Biomass to Resources Group, Amazon Regional University Ikiam. https://orcid.org/0000-0003-4230-526X

3 *Biomass Laboratory, Biomass to Resources Group, Amazon Regional University Ikiam.* https://orcid.org/0000-0001-5020-1896

Corresponding author: liz.escandon@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e15

Abstract

Anaerobic digestion is a technology applied to wastewater treatment and the production of biogas as a renewable energy source. However, it exhibits limitations in the removal of nutrients such as nitrogen and phosphorus, which can lead to eutrophication. Various support materials have been evaluated for their capacity to stabilize the process, enhance biogas production, and facilitate nutrient adsorption. This literature review analyzed the characteristics, mechanisms of action, efficiency, environmental impact, and economic feasibility of different materials applied in anaerobic digesters. The findings indicate that dual-function materials, those providing microbial support and adsorptive capacity, such as biochar and zeolite, achieve superior overall performance. In conclusion, material selection should consider technical efficiency, the target nutrient to be removed, and local availability, with biochar and zeolite emerging as promising options to optimize anaerobic digestion in sustainable contexts such as Ecuador.

Keywords: Nutrient adsorption. biochar. biogas production. zeolite.

Introduction

Anaerobic digestion is a technology used to treat organic wastes through the action of microorganisms under oxygen-free conditions, generating biogas, a methane-rich mixture with potential as a renewable energy source. Beyond reducing pollutant loads, this process enables waste valorization; however, it exhibits limitations in the removal of nutrients such as

nitrogen and phosphorus, which can cause environmental impacts if not retained. To address these limitations, numerous studies have evaluated support materials that function both as microbial substrates and as nutrient adsorbents. Among these, biochar, zeolite, modified bentonite, and combinations with nanoparticles or natural polymers stand out (Cuetos et al., 2016; Pilarska et al., 2025; Shen et al., 2022; Tariq et al., 2023; Zhang et al., 2023). From this perspective, the present study asked: which materials can simultaneously enhance biogas production and nutrient retention? We hypothesized that dual-function materials offer superior technical and environmental performance, particularly in contexts where low cost and sustainability, such as in Ecuador, are priority conditions.

Methodology

This work was conducted as a systematic literature review with a descriptive–comparative design. Scientific articles published between 2012 and 2025 were selected from indexed databases such as ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, and Google Scholar. The search included combinations of keywords such as "anaerobic digestion," "support materials," "nutrient adsorption," "biochar," "zeolite," "bentonite," "activated carbon," "perlite," "chitosan," and "nutrient recovery." Inclusion criteria encompassed studies evaluating support materials applied to anaerobic digesters with a focus on nitrogen and phosphorus removal, enhanced biogas production, or process stability. Data collection involved extracting technical, environmental, and economic information from each study, including material type, mechanism of action, adsorption capacity, impact on methanogenesis, and associated costs. Variables were grouped into three dimensions: technical efficiency (nutrient removal, biogas production), environmental impact (origin, reusability, residues generated), and economic feasibility (cost per ton, availability, scalability). Results were organized into comparative tables, and a qualitative analysis was conducted to identify behavioral patterns and materials with the greatest overall potential.

Results and discussion

The bibliographic analysis revealed a wide diversity of materials evaluated as supports in anaerobic digestion, each with distinctive characteristics regarding nutrient-removal efficiency, process stability, and operating cost. Although the literature generally favors multifunctional materials, a clear trend emerged toward hybrid approaches that combine physical, chemical, and biological properties to maximize system performance. For example, perlite doped with chitosan and biochar/zeolite/Fe_3O_4 blends exhibited synergistic effects by integrating adsorption, microbial support, and enhanced electron transfer, leading to significant increases in methane production (Pilarska et al., 2025; Zhang et al., 2023).

With respect to nutrient removal, magnesium-modified bentonite stood out for facilitating struvite precipitation, enabling the simultaneous recovery of nitrogen and phosphorus—an advantage over materials acting solely via adsorption (Shen et al., 2022). Laterite, though less studied, emerged as a promising low-cost option with high ammonium retention, particularly suitable for resource-limited rural settings (Tariq et al., 2023).

Compared with prior studies, conventional materials such as biochar, zeolite, and activated carbon remain relevant, yet their performance is surpassed in certain contexts by more targeted or combined solutions. This points to a shift in perspective: rather than seeking a "universal" material, selection should be guided by treatment objectives, substrate characteristics, and local availability. Table 1 synthesizes the main findings, enabling a comparative view of each material's strengths and limitations in terms of technical applicability, environmental performance, and cost.

Table 1. Comparison of support materials by removed nutrients, effect on biogas, cost, and applicability in anaerobic digestion.

Material	Nutrient removal	Nutriente removed	Biogas production	Relative cost	Reference
Biochar	High	NH_4^+, PO_4^3	15-30% increase	Low	Manga et al. (2023)
Zeolita	High	NH_4^+	5-10% increase	Low to medium	Fang et al. (2019)
Activated carbon	Moderate to high	NH_4^+, AGV	20-25% increase under inhibitory conditions	High	Hou et al. (2023)
Modified bentonite	High	NH_4^+, PO_4^{3-} (via struvite)	No negative impact reportes	Medium	Shen et al. (2022)
Perlite/Chitosan	Moderate	NH_4^+	23% increase	Low	Pilarska et al. (2025)
Laterite	High	NH_4^+	Not reported	Very low	Tariq et al. (2023)
Biochar/Zeolite/ Fe_3O_4	High	NH_4^+, PO_4^{3-}	35-40% increase	Medium	Zhang et al. (2023)

Practically, the results support flexible, context-specific strategies for digester design, where the support material is conceived not as passive packing but as an active lever for process

optimization. Theoretically, the findings reinforce the need to integrate multidisciplinary approaches (environmental chemistry, microbiology, and life-cycle analysis) in the development of sustainable waste-treatment technologies.

Conclusions

The literature review showed that support materials with adsorptive capacity play a key role in optimizing anaerobic digestion—not only by stabilizing the process and improving biogas production, but also by facilitating the retention of nutrients such as nitrogen and phosphorus. Among the materials analyzed, biochar, zeolite, and their combinations with additives such as Fe_3O_4 exhibited the greatest technical and environmental potential, while alternatives such as modified bentonite, laterite, and hybrid systems like perlite/chitosan emerged as promising options for low-budget contexts. This study provides an integrated comparative analysis that can guide the selection of supports in anaerobic systems, particularly in regions such as Ecuador where sustainability and cost are critical factors. Further experimental research is recommended to validate the performance of these materials under local conditions and to assess their integration with nutrient-recovery technologies and subsequent circular applications.

References

Cuetos, M. J., Martinez, E. J., Moreno, R., Gonzalez, R., Otero, M., & Gomez, X. (2016). Enhancing anaerobic digestion of poultry blood using activated carbon. *Journal of Advanced Research*, *8*(3), 297–307. https://doi.org/10.1016/j.jare.2016.12.004

Fang, C., Huang, R., Dykstra, C. M., Jiang, R., Pavlostathis, S. G., & Tang, Y. (2019). Energy and Nutrient Recovery from Sewage Sludge and Manure via Anaerobic Digestion with Hydrothermal Pretreatment. *Environmental Science & Technology*, *54*(2), 1147–1156. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03269

Hou, Y., He, M., Liu, Y., Wang, Q., Yang, A., Yang, F., Lei, Z., Yi, X., & Huang, W. (2023). Biological nitrogen removal mechanisms during anaerobic digestion of swine manure: Effects of biogas circulation and activated carbon addition. *Bioresource Technology*, *374*, 128766. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128766

Manga, M., Aragón-Briceño, C., Boutikos, P., Semiyaga, S., Olabinjo, O., & Muoghalu, C. C. (2023). Biochar and Its Potential Application for the Improvement of the Anaerobic Digestion Process: A Critical Review. *Energies*, *16*(10), 4051. https://doi.org/10.3390/en16104051

Pilarska, A. A., Marzec-Grządziel, A., Makowska, M., Kolasa-Więcek, A., Jambulingam, R., Kałuża, T., & Pilarski, K. (2025). The Use of Chitosan/Perlite Material for Microbial Support in Anaerobic Digestion of Food Waste. *Materials*, *18*(15), 3504. https://doi.org/10.3390/ma18153504

Shen, Q., Yuan, J., Luo, X., Qin, Y., Hu, S., Liu, J., Hu, H., & Xu, D. (2022). Simultaneous Recovery of Nitrogen and Phosphorus from Sewage by Magnesium Ammonium Phosphate Method with Magnesium-Loaded Bentonite. *Langmuir*, *39*(1), 83–91. https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c02043

Tariq, M., Mehmood, A., Abbas, Y., Rukh, S., Shah, F. A., Hassan, A., Gurmani, A. R., Ahmed, Z., & Yun, S. (2023). Digestate quality and biogas enhancement with laterite mineral and biochar: Performance and mechanism in anaerobic digestion. *Renewable Energy*, *220*, 119703. https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119703

Zhang, K., Deng, Y., Liu, Z., Feng, Y., Hu, C., & Wang, Z. (2023). Biochar Facilitated Direct Interspecies Electron Transfer in Anaerobic Digestion to Alleviate Antibiotics Inhibition and Enhance Methanogenesis: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(3), 2296. https://doi.org/10.3390/ijerph20032296

Influence of storage time and temperature on the methanogenic activity of anaerobic sludge from the ikiam biodigester plant

Diego Carranco-Avila [1], Rocío Jiménez-Paute[2], Jaime Martí-Herrero[2]

1 Faculty of Life Sciences, Biotechnology Engineering Program, Amazon Regional University Ikiam. https://orcid.org/0009-0007-4838-4903

2 Biomass Laboratory, Biomass to Resources Group, Amazon Regional University Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-5335-8987

3 Biomass Laboratory, Biomass to Resources Group, Amazon Regional University Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-5020-1896

Autor de correspondencia: diego.carranco@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e16

Abstract

Anaerobic digestion is widely used in wastewater treatment, generating biogas and a reusable effluent. These results depend on the quality of the inoculum, whose preservation outside the biodigester is critical, since improper storage affects its composition. This study evaluated the effect of storage time (7, 14, and 21 days) and temperature (4, 25, and 37 °C) on an inoculum from the tubular biodigester at Amazon Regional University Ikiam, which is fed with domestic wastewater. Physicochemical parameters and specific methanogenic activity were monitored. Results show that at 4 °C the inoculum remained stable for up to 21 days, whereas at 25 °C and 37 °C it lost biological capacity after the first week due to faster degradation. It was concluded that conservation at 4 °C is the most suitable strategy for preserving the inoculum.

Keywords: Specific Methanogenic Activity (SMA), anaerobic digestion, inoculum.

Introduction

Anaerobic digestion is a widely used technology for wastewater treatment, which biologically processes organic waste using specific systems. One model of such systems is the plastic tubular biodigester, which, due to its easy installation and low cost, is particularly suitable for developing countries and rural regions (Martí & Cipriano, 2012). The implementation of a biodigester provides an effective solution for managing organic waste, resulting in the production of biogas — primarily composed of methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2)

— and an effluent that can be utilized as fertilizer (Atem et al., 2008).

For efficient anaerobic digestion, several factors must be considered: the substrate, temperature, retention time, and especially the inoculum (Soto et al., 1993). The inoculum consists of aggregates of anaerobic microorganisms inside the biodigester. These microbial communities are responsible for degrading complex organic matter and transforming polluting waste into useful resources (biogas and fertilizer). Both products depend largely on inoculum quality, making it critical to know the storage conditions necessary to preserve their efficiency (Meegoda et al., 2018).

It is common to collect and store inoculum from operating biodigesters because they contain active microbial communities and are thus considered high-quality inocula. However, storing inoculum may affect its microbial activity, compromising its ability to convert substrate into methane. The impact of storage is evaluated through specific methanogenic activity (SMA) tests, which determine the inoculum's capacity to transform substrates into biogas (Astals et al., 2020).

In South America, particularly in the Amazon region, the variation of inoculum activity under different storage conditions has not been evaluated. This creates a limitation in designing effective strategies to preserve inoculum activity in pilot plants and rural projects (Martí et al., 2017).

Considering this limitation, the objective of this research is to evaluate the effect of storage time and temperature on the physicochemical parameters and specific methanogenic activity of the inoculum. To this end, the specific methanogenic activity of fresh inoculum and inoculum stored under different combinations of temperature and time was quantified to determine the condition that best preserves its physicochemical parameters and methanogenic activity.

Methodology

The inoculum used came from a tubular biodigester fed with domestic wastewater and part of the wastewater treatment plant at Amazon Regional University Ikiam, located in Tena, Ecuador. The biodigester operates at 25 ± 3°C, with a volume of 5 m^3 and a hydraulic retention time of approximately 12 hours. The inoculum was stored in 1 L amber bottles under anaerobic conditions at 4°C, 25°C, and 37°C for 7, 14, and 21 days. Characterization was carried out on the fresh inoculum and during the three-week storage period. The physicochemical parameters monitored included volatile solids by gravimetric methods and pH by potentiometric methods (APHA, AWWA, & WEF, 2017).

For the specific methanogenic activity (SMA) assays, serum bottles (120 mL) were prepared in triplicate, each containing 60 mL of inoculum and the amount of substrate (sodium acetate) required to achieve an inoculum-to-substrate ratio of 5 (based on volatile solids) (Astals et al., 2020). The bottles were incubated at 37 ± 1°C for three days, and biogas production was measured every 24 hours using the water displacement method with a 0.02 M NaOH solution (Astals et al., 2015; Yoo, Han & Wee, 2013). The experimental design used was a 3^2 factorial design, with storage temperature and time as independent factors and methane production as the dependent variable.

Results and Discussion

The results (Figure 1) show that at temperatures of 25 °C and 37 °C, degradation processes and acid accumulation accelerated, causing sharp pH drops and faster losses of volatile solids compared to the 4 °C condition, where changes occurred more slowly.

In the specific methanogenic activity (SMA) tests, a progressive decrease was observed, with a more pronounced decline at higher storage temperatures. At 4 °C, the reduction was mild (about 13%); at room temperature, it was greater (~27%); and at 37 °C, the loss was substantial (~50%) compared to the fresh inoculum (Astals et al., 2020).

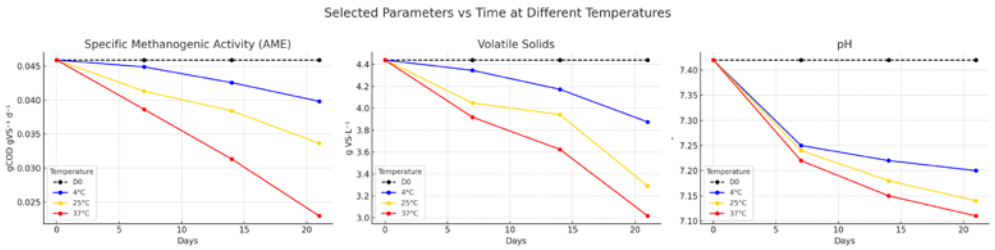


Figure 1. SMA and parameters as a function of storage time at different temperatures. Black: fresh inoculum; blue: 4 °C; yellow: 25 °C; red: 37 °C.

The reduction in volatile solids indicates degradation and partial solubilization of the biodegradable organic fraction of the sludge (Atem et al., 2008). The pH drop results from an imbalance caused by excessive acidogenesis and insufficient methanogenesis, leading to the accumulation of acidic compounds in the medium that may inhibit the activity of methanogenic archaea (Parra et al., 2014).

Conclusions

Overall, the results show that although the inoculum retains some activity during storage, it progressively loses stability and methanogenic capacity over time. Storage at 4°C yielded the

best results, preserving the inoculum's methanogenic viability and parameters. As storage time and temperature increased, biological activity was significantly compromised.

References

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federation (WEF). (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association.

Astals, S., Batstone, D. J., Tait, S., & Jensen, P. D. (2015). Development and validation of a rapid test for anaerobic inhibition and toxicity. Water Research. https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.05.063

Astals, S., Koch, K., Weinrich, S., Hafner, S. D., Tait, S., & Peces, M. (2020). Impact of storage conditions on the methanogenic activity of anaerobic digestion inocula. Water.

Atem, A., Indiveri, M. E., Llamas, S., & Fuentes Berazategui, J. N. (2008). Almacenamiento de energía en forma de biomasa para su posterior aprovechamiento mediante la producción de biogás. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente.

Martí H., J. E. & Cipriano, J. (2012). Design methodology for low cost tubular digesters. Obtenido de sciencedirec.com: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852411018979

Martí H., J. E., Burbano, M. A. P., Cuji, P., Ramírez, V., Rodríguez, L., Domínguez, D. L., & Cipriano, J. (2017). Actividad 1: Línea base y demanda potencial técnica de biodigestores en Ecuador: Análisis del contexto y tipologías de productores. Obtenido de www.ctc-n.org: https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/180114_e1.1_linea_base_ecuador_biogas.pdf

Meegoda, J., Li, B., Patel, K., & Wang, L. (octubre de 2018). A Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion. Obtenido de pmc.ncbi.nlm.nih.gov: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6210450/?utm_source=chatgpt.com

Parra, B. A., Torres, P., Marmolejo, L. F., Cárdenas, L. M., Vásquez, C., Torres, W. A., & Ordóñez, J. A. (diciembre de 2014). Influencia del pH sobre la digestión anaerobia de biorresiduos de origen municipal. Obtenido de scielo.org.co: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262014000200027&script=sci_arttext

Soto, M., Méndez, R., & Lema, J. M. (1993). Methanogenic and non-methanogenic activity tests. Theoretical basis and experimental set up. Water Research.

Yoo, M., Han, S. J., & Wee, J. H. (2013). Carbon dioxide capture capacity of sodium hydroxide aqueous solution. Journal of environmental management.

Desarrollo y aplicación de un biofertilizante a base de *Trichoderma longibrachiatum* en *Tradescantia spathacea:* evaluación de su efecto en el crecimiento vegetal

Development and application of a biofertilizer based on Trichoderma longibrachiatum in Tradescantia spathacea: Evaluation of its effect on plant growth

María Grefa[1], Raúl Bastidas[2], Escarleth Dávalos[3], Luz Girón[4], Leslie Vargas[5], Silvia Llerena[6]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0003-8683-9156

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam.

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam.

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0003-1257-4896

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0005-7948-5550

6 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-0491-530X

Autor de correspondencia: silvia.llerena@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e17

Resumen

El uso intensivo de fertilizantes químicos ha causado la degradación del suelo, eutrofización, pérdida de biodiversidad microbiana y riesgos para la salud humana. Ante esta problemática, los biofertilizantes microbianos surgen como una alternativa sostenible para el crecimiento vegetal y la eficiencia en la absorción de nutrientes sin efectos adversos. Este estudio evaluó un biofertilizante a base de *Trichoderma longibrachiatum* sobre el crecimiento vegetativo de *Tradescantia spathacea*. Por vía foliar, se aplicaron tres formulaciones (1:1, 1:10 y 1:100 v/v) bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones y controles: positivo (fertilizante químico) y negativo (agua). Se midieron la longitud y el ancho foliar, el número de hojas y el desarrollo radicular. La concentración 1:100 fue la más efectiva, superando significativamente ($p < 0.001$) a los controles. Estos efectos se atribuyen a metabolitos bioactivos por parte del hongo. Se concluye que *T. longibrachiatum* posee alto potencial como biofertilizante sostenible.

Palabras clave: Bioestimulación, hongos benéficos, crecimiento vegetal

Abstract

The intensive use of chemical fertilizers has caused soil degradation, eutrophication, loss of microbial biodiversity, and risks to human health. Faced with these problems, microbial biofertilizers emerge as a sustainable alternative for plant growth and efficient nutrient uptake without adverse effects. This study evaluated the effect of *Trichoderma longibrachiatum*-based biofertilizer on the vegetative growth of *Tradescantia spathacea*. Three formulations (1:1, 1:10, and 1:100 v/v) were applied foliarly under a completely randomized design with three replicates and controls: positive (chemical fertilizer) and negative (water). Leaf length and width, leaf number, and root development were measured. The 1:10 concentration was the most effective, significantly outperforming ($p < 0.001$) the controls. These effects are attributed to bioactive metabolites from the fungus. It is concluded that T. longibrachiatum has high potential as a sustainable biofertilizer.

Keywords: Biostimulation, beneficial fungi, plant growth

Introducción

El uso intensivo de fertilizantes químicos, que, si bien favorece la productividad a corto plazo, compromete la sostenibilidad agrícola al generar la degradación estructural del suelo, eutrofización, pérdida de biodiversidad microbiana y riesgos para la salud humana (Cortés-Hernández et al., 2023). Esto ha impulsado el desarrollo de estrategias sostenibles, como lo son los biofertilizantes microbianos, capaces de estimular el crecimiento vegetal y mejorar la absorción de nutrientes sin efectos adversos (Covacevich & Consolo, 2014).

Uno de los microorganismos más prometedores es *Trichoderma longibrachiatum*, un hongo filamentoso del suelo con múltiples efectos beneficiosos en plantas. Entre los cuales se encuentran la colonización eficientemente la rizosfera y promoción de crecimiento vegetal mediante la producción de ácido indolacético, solubilización de nutrientes, secreción de sideróforos, activación de enzimas antioxidantes y compuestos antimicrobianos que inhiben el desarrollo de fitopatógenos (Andrzejak & Janowska, 2022; Andrade-Hoyos et al., 2023; Zin & Badaluddin, 2020). Estudios han demostrado que el hongo en combinación con otros elementos y bajo condiciones controladas, mejoran parámetros de crecimiento vegetal como la altura, diámetro de tallo, número de hojas, peso seco de brotes y supresión de enfermedades vasculares. De igual manera, los compuestos volátiles producidos por especies del mismo género incrementan significativamente el contenido de clorofila y la biomasa sugiriendo un efecto positivo incluso a nivel del metabolismo fotosintético (Adebayo et al., 2020; Lee et al., 2016; Liu et al., 2023).

Pese a ello, son escasos los estudios en especies ornamentales como *Tradescantia spathacea*, conocida como maguey morado, planta perenne, originaria de Mesoamérica (Kushwaha et al., 2024). Posee valor ornamental, medicinal y biotecnológico, por su contenido de flavonoides, terpenoides y cumarinas, con actividad antioxidante, antiinflamatoria y antitumoral. Siendo empleada en procesos de síntesis verde de nanopartículas metálicas (Butnariu et al., 2022; Matussin et al., 2020). Por ello se va a evaluar el efecto de un biofertilizante formulado con *Trichoderma longibrachiatum* sobre el crecimiento vegetativo de *T. spathacea*, considerando variables como el número, longitud y ancho de hojas, así como el desarrollo radicular.

Materiales y métodos

El hongo *Trichoderma longibrachiatum,* con identificación molecular previa*,* fue donado por el proyecto "MicroImpacT: un microcosmos por descubrir. Impacto de microorganismos en procesos ambientales y en la salud de comunidades de Tena (Torres et al, 2024). El hongo fue reactivado y se corroboró con descripción morfológica y microscópica su identidad. Para la descripción microscópica se tomó una muestra de la colonia, se tiñó con azul de metileno y se observó bajo el microscopio hasta 40X. Para producir el biofertilizante, el hongo se cultivó en melaza y harina tras activarse en agar rosa de bengala y PDB, incubando cinco días. Los medios se lavaron con agua destilada en 3 concentraciones formuladas en volumen/volumen (1:1, 1:10 y 1:100 v/v). Las aplicaciones foliares se realizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento, incluyendo un control positivo (fertilizante químico) y uno negativo (agua destilada). Se evaluó la longitud, ancho foliar, número de hojas y desarrollo radicular de *Tradescantia spathacea* en el día X después de la aplicación.

Resultados y discusión

La identificación morfológica del hongo cultivado permitió confirmar características clásicas de *Trichoderma longibrachiatum* (Fig.1) con colonias de rápido crecimiento, inicialmente blancas y luego verde intenso por la abundante esporulación. La textura es aterciopelada a granulosa, con conidios que le dan el color característico, mientras que el reverso suele ser pálido o amarillento. Microscópicamente presenta hifas hialinas y septadas, con conidióforos ramificados, fiálides alargadas y conidios elipsoidales dispuestos en cadenas cortas (Druzhinina et al., 2006; Samuel et al., 2012).

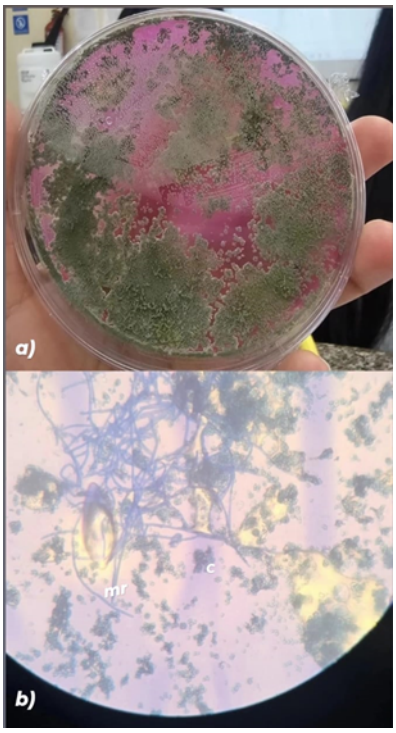


Figura 1. Características culturales de *T. longibrachiatum* en RB, color anverso de la colonia (a). Características morfológicas, hifas sin septos (mc) y conidiomas (c).

En los medios de cultivo, la combinación melaza-avena mostró crecimiento homogéneo, sin contaminación, lo cual se explica por el pH ácido de la melaza y el aporte nutricional de la avena (El-Katatny et al., 2001; López et al., 2022; Samuels, 2006) (Fig.1).

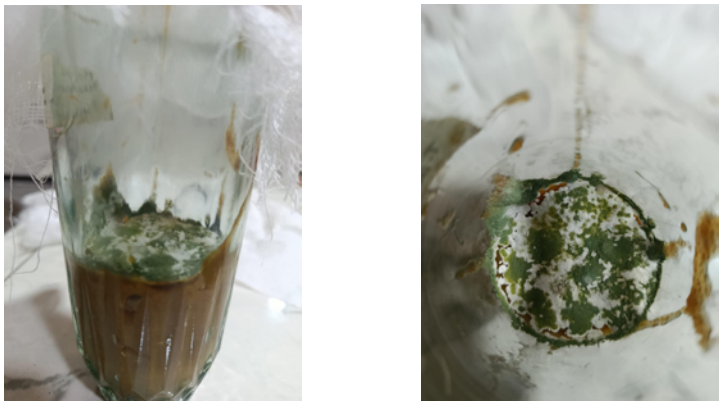


Figura 2. Medio de cultivo de melaza con harina de avena inoculado con *T. longibrachiatum*

En el análisis de datos, la dilución 1:100 del biofertilizante produjo mayor longitud y ancho foliar, así como un incremento significativo en el desarrollo radicular frente a otras concentraciones y controles (Fig. 3). Estos efectos se relacionan con la acción de compuestos bioactivos como auxinas, giberelinas y sideróforos (Abdullah et al., 2021; Hermosa et al., 2012; Samuels, 2006), además de la mejora en la disponibilidad de nutrientes y la activación

de enzimas antioxidantes (Guzmán-Guzmán et al., 2025; Contreras-Cornejo et al., 2024; López-Bucio et al., 2016). Aunque no se evidenciaron diferencias significativas en el número de hojas, posiblemente por el corto periodo de evaluación (Alfiky & Weisskopf, 2021), la estimulación de la rizogénesis mediante ácido indolacético y 6-pentyl-α-pirona explica los resultados obtenidos (Contreras-Cornejo et al., 2009; Monfil & Casas-Flores, 2014). En conjunto, se confirma que el biofertilizante a base de *T. longibrachiatum*, en dilución 1:100, potencia el crecimiento de Tradescantia spathacea, coherente con estudios en otras especies ornamentales (Andrzejak & Janowska, 2022; Sharma et al., 2024).

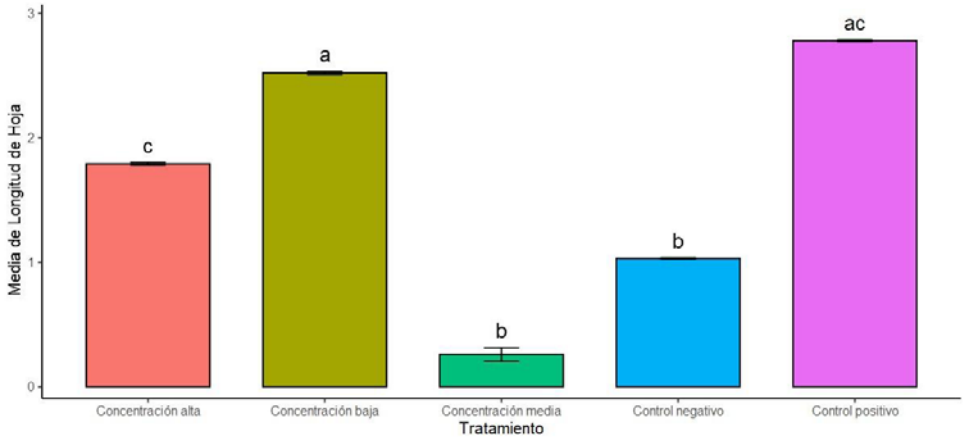


Figura 3. Longitud de raíz p value < 2e-16 (Si hay diferencias estadísticamente significativas)

Conclusiones

Los resultados demostraron que el biofertilizante *T. longibrachiatum* favoreció significativamente el crecimiento vegetativo de *T. spathacea*, destacando la dilución 1:1 por promover elongación foliar, ensanchamiento y desarrollo radicular. La identificación morfológica y molecular confirmó la cepa utilizada, respaldando su funcionalidad. Además, el medio de cultivo con melaza y avena resultó más eficiente que el de arroz, al evitar contaminación y potenciar el crecimiento fúngico, ofreciendo una opción práctica y sostenible. Los efectos se atribuyen a metabolitos bioactivos (AIA, sideróforos, enzimas y volátiles). Para futuras investigaciones se recomienda ajustar concentraciones y ampliar estudios en otras especies ornamentales.

Referencias Bibliográficas

Adebayo, A. G., Kareem, K. T., Olatunji, M. T., Shokalu, A. O., Akintoye, H. A., & James, I. E. (2020). Effects of Trichoderma longibrachiatum (NGJ167) and compost on early growth of Bougainvillea spectabilis. *Ornamental Horticulture*, *26*(4), 614-620.

Abdullah, N. S., Doni, F., Mispan, M. S., Saiman, M. Z., Yusuf, Y. M., Oke, M. A., & Suhaimi, N. S. (2021). Harnessing Trichoderma in Agriculture for Productivity and Sustainability. *Agronomy*, *11*(12), 2559. https://doi.org/10.3390/agronomy11122559

Alfiky, A., & Weisskopf, L. (2021). Deciphering *Trichoderma*-Plant-Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, *7*(1), 61. https://doi.org/10.3390/jof7010061

Andrade-Hoyos, P., Rivera-Jiménez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J., & Romero-Arenas, O. (2023). Ecological and biological benefits of the cosmopolitan fungus Trichoderma spp. in agriculture: A perspective in the Mexican countryside. *Revista Argentina de Microbiología*, S0325-7541.

Andrzejak, R., & Janowska, B. (2022). Trichoderma spp. improves flowering, quality, and nutritional status of ornamental plants. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(24), 15662.

Bennett, J. W., & Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clinical microbiology reviews*, *16*(3), 497–516. https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.497-516.2003

Butnariu, M., Fernández Ochoa, Á., Segura Carretero, A., & Cádiz Gurrea, M. D. L. L. (2022). A review on tradescantia: phytochemical constituents, biological activities and health-promoting effects.

Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Cortés-Penagos, C., & López-Bucio, J. (2009). Trichoderma virens, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. *Plant physiology*, *149*(3), 1579–1592. https://doi.org/10.1104/pp.108.130369

Contreras-Cornejo, H. A., Schmoll, M., Esquivel-Ayala, B. A., González-Esquivel, C. E., Rocha-Ramírez, V., & Larsen, J. (2024). Mechanisms for plant growth promotion activated by Trichoderma in natural and managed terrestrial ecosystems. *Microbiological research*, *281*, 127621.

Cortés-Hernández, F. D. C., Alvarado-Castillo, G., & Sánchez-Viveros, G. (2023). Trichoderma spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *25*(2), 73-87.

Covacevich, F., & Consolo, V. F. (2014). Manual de protocolos: Herramientas para el estudio y manipulación de Hongos Micorrícicos Arbusculares y Trichoderma. *Mar del plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.*

Evaluación del perfil metabólico inducido por ácido salicílico en microtubérculos in vitro de papa *(Solanum tuberosum L.)* bajo estrés por heladas

Evaluation of the metabolic profile induced by salicylic acid in in vitro potato (Solanum tuberosum L.) microtubers under frost stress

Amada Villarruel[1], Ana Bravo[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0008-0430-9730

2 Traslational Plant Research Group, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0006-9049-2206

Autor de correspondencia: ana.bravo@.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e18

Abstract

Potato (*Solanum tuberosum L.*) is an economically and nutritionally relevant crop in the Andean region of Ecuador, whose yield has been affected by the frequency and intensity of frosts that damage tissues and reduce productivity. In this work, the role of salicylic acid (SA) as a biostimulant in *in vitro* potato microtubers of the cultivar Diacol Capiro grown under cold conditions was evaluated. Microtubers were established in supplemented MS medium and subjected to four contrasting treatments of temperature and SA. Preliminary results showed successful *in vitro* culture establishment as well as successful microtuber formation. On the other hand, SA is expected to promote protective physiological responses against frost, and metabolomic analysis will complement these findings by identifying differential compounds associated with cold tolerance.

Keywords: Biostimulants. Frost. Potato. Salicylic acid.

Resumen

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo de gran relevancia económica y nutricional en la región andina del Ecuador, cuyo rendimiento se ha visto afectado por la frecuencia e intensidad de las heladas, las cuales ocasionan daños en los tejidos vegetales y reducen la productividad. En este trabajo se evaluó el papel del ácido salicílico (AS) como bioestimulante en microtubérculos de papa de la variedad Diacol Capiro cultivados *in vitro* bajo condiciones

de frío. Los microtubérculos fueron establecidos en medio de cultivo MS suplementado y sometidos a cuatro tratamientos contrastantes de temperatura y ácido salicílico. Los resultados preliminares evidenciaron el establecimiento exitoso del cultivo *in vitro*, así como una adecuada formación de microtubérculos. Por otra parte, se espera que el AS promueva respuestas fisiológicas protectoras frente al estrés por heladas, mientras que el análisis metabolómico complementará estos hallazgos mediante la identificación de compuestos diferenciales asociados con la tolerancia al frío.

Palabras clave: Bioestimulantes; heladas; papa; ácido salicílico.

Introduction

Potato (*Solanum tuberosum L.*) is the fourth most important food crop worldwide and plays a central role in food security and rural economy in the Andean region. In Ecuador, potato is cultivated on more than 80,000 hectares and represents the main source of income for small farmers, who are especially vulnerable to adverse climatic factors (Basantes, 2020). Among these, frost is one of the main constraints, causing leaf area reduction, tissue necrosis, and yield losses of up to 60%. Climate change has increased the frequency and intensity of this phenomenon, making it urgent to develop alternative and sustainable mitigation strategies (Basantes, 2020).

Salicylic acid (SA) is a phytohormone involved in growth, development, and stress responses, reported as an inducer of cold tolerance through activation of antioxidant pathways, hormonal regulation, and accumulation of phenolic and osmoprotective compounds (Hayat et al., 2010). In this context, the present research hypothesized that SA application increases cold tolerance in potato microtubers, which was evaluated through an *in vitro* system combined with metabolomic analysis (Khan et al., 2015).

Methodology

The study was conducted with the cultivar Diacol Capiro. Explants were established from axillary buds in MS medium supplemented with 20 g/L sucrose, 5.5 g/L agar, and 1 g/L activated charcoal. The obtained plantlets were multiplied and then transferred to a microtuberization medium enriched with 8% sucrose and 0.5 mg/L BAP, under controlled photoperiod conditions (16/8 h light/dark, 25 °C). Subsequently, four treatments were applied: T1 (4 °C + SA at 0.5 mM), T2 (25 °C + SA), T3 (4 °C without SA), and T4 (25 °C without SA).

SA was applied by direct addition to the culture medium during the microtuberization stage. Morphological variables such as number of microtubers, average size, fresh weight, and degree of tissue oxidation were evaluated. The collected microtubers were stored in liquid nitrogen for metabolomic analysis, which will be carried out using UHPLC-QTOF-MS in positive and negative modes. Statistical analysis includes ANOVA with multiple comparison tests and multivariate analysis: PCA, heatmaps.

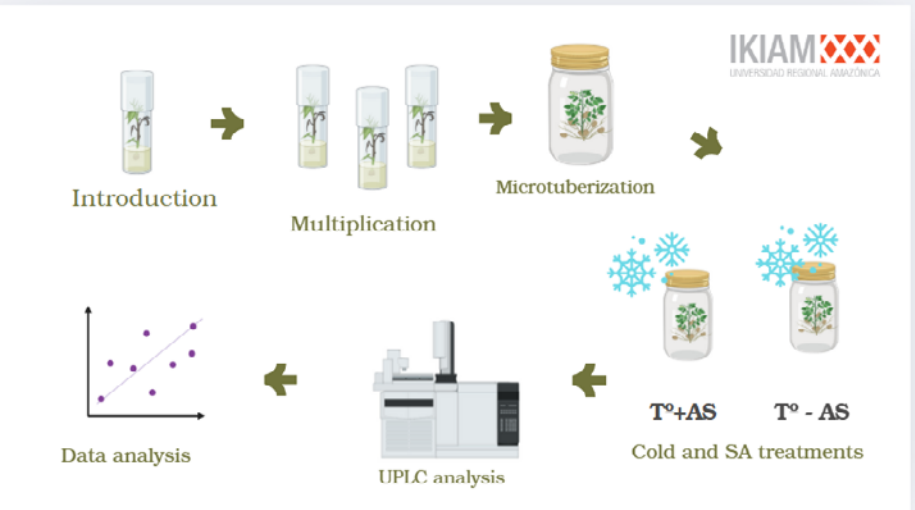


Figure 1. Methodology used

Results and discussion

In the initial phase of the experiment, an *in vitro* culture system was successfully established for the cultivar Diacol Capiro. With the established disinfection protocol, the 80% of contamination-free plantlets were obtained from axillary bud explants, with proper stem and leaf development. Later, plantlets were multiplied obtaining around 18 plantlets per bud explant and then they were transferred to microtuberization medium, where positive responses to the induction process were observed.

The obtained microtubers showed variations in size and number depending on the incubation time, displaying progressive growth throughout the weeks of culture. Likewise, the addition of high sucrose concentrations to the medium, together with the use of BAP, favored the induction of tuberous structures, which is consistent with previous reports in the literature (Rivas & Plasencia, 2011).

In the next phase of the study, SA treatments will be applied under controlled cold conditions and at room temperature, allowing evaluation of its isolated and combined effects on potato microtubers. Subsequently, the tissues will be analyzed using UHPLC-QTOF-MS to obtain

the differential metabolic profile between treatments, which will confirm these patterns by identifying differential metabolites related to soluble sugar pathways, amino acids, and antioxidant compounds (Zhang, 2025). This will strengthen the understanding of the biochemical mechanisms activated by SA .

Conclusions

The *in vitro* phase allowed the establishment of a reliable protocol for potato micropropagation and microtuberization, ensuring uniform material for the next stages of the study. This preliminary result represents an essential step for the implementation of salicylic acid treatments and subsequent metabolomic characterization, which will provide deeper insights into the biochemical mechanisms involved in potato tolerance to frost stress.

References

Basantes, F., Suárez, J. P. A., Illescas, L. M. A., & Hernández, L. del R. V. (2020). Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum L.*) en la Zona 1 del Ecuador. *e-Agronegocios*, *6*(2), Article 2. https://doi.org/10.18845/ea.v6i2.5103

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany, 68*(1), 14–25. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005

Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., & Khan, N. A. (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science, 6,* 462. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00462

Rivas-San Vicente, M., & Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany, 62*(10), 3321–3338. https://doi.org/10.1093/jxb/err031

Zhang, F., Shi, Q., Chen, K., Pan, X., Xie, S., Sun, J., & Wang, W. (2025). Uncovering metabolite changes of potato *Fusarium sambucinum* infection based on a UPLC-Q-TOF metabonomic approach. *Food Chemistry*, *470*, 142688. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142688

Potencial biorremediador preliminar in vitro del hongo *Favolus tenuiculus* en suelos con metales pesados

Preliminary in vitro bioremediation potential of the fungus Favolus tenuiculus in heavy metal-contaminated soils

Ivanka Carofilis[1], Viviam Ruiz [2], Ginger Cedeño[3], Luis Antonio Maldonado[4], Ronald Rivera[5], Evelyn Oña[6], Silvia Llerena[7]

1Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0007-3857-093X

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-6346-1499

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0003-2946-9232

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0001-3576-7282

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0001-4809-3504

6 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-6003-9866

7 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-0491-530X

Autor de correspondencia: silvia.llerena@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e19

Resumen

Napo, provincia amazónica ecuatoriana, es poseedor de suelos con contenido de metales pesados por sus condiciones geológicas. Estos en altas concentraciones son una amenaza para el ecosistema y la salud. En este estudio se evaluó el potencial del hongo *Favolus tenuiculus*, nativo de la Amazonía, para reducir la concentración de metales en muestras de suelos de la chakra amazónica. La muestra compuesta de suelo se recolectó de la chakra de la comunidad Atacapi. Los metales pesados se determinaron por espectrofotometría de fluorescencia de rayos X, antes y después de la micorremediación. El experimento constó de tres réplicas de la muestra de suelo con el inóculo del hongo y un control negativo. La cuantificación de esporas se realizó en cámara de neubauer y se utilizó una concentración de 5 x 10^6 esporas/ml en cada repetición. Para la interpretación de la reducción de concentración de metales pesados luego de 37 días. De las comparaciones realizadas se obtuvo una disminución de concentración mayor al 85% para los metales arsénico, plomo, bario, cromo, cobre, manganeso y vanadio. Estos resultados preliminares positivos incentivan a continuar investigando el uso de hongos ligninolíticos como una solución sostenible y efectiva para mitigar la contaminación por metales pesados en suelos amazónicos.

Palabras clave: Hongo ligninolítico, Biorremediación, Suelos, Metales pesados.

Abstract

Napo, an Ecuadorian Amazonian province, possesses soils containing heavy metals due to its geological conditions. At high concentrations, these metals pose a threat to ecosystems and human health. In this study, the potential of the fungus *Favolus tenuiculus*, native to the Amazon region, was evaluated for reducing metal concentrations in soil samples collected from an Amazonian chakra system. The composite soil sample was obtained from the chakra of the Atacapi community. Heavy metals were determined by X-ray fluorescence spectrophotometry before and after mycoremediation. The experiment consisted of three replicates of the soil sample inoculated with the fungus and one negative control. Spore quantification was performed using a Neubauer chamber, and a concentration of 5 × 10^6 spores/mL was used in each replicate. The reduction in heavy metal concentrations was evaluated after 37 days. Comparisons showed a reduction greater than 85% for arsenic, lead, barium, chromium, copper, manganese, and vanadium. These positive preliminary results encourage further investigation into the use of ligninolytic fungi as a sustainable and effective solution for mitigating heavy metal contamination in Amazonian soils.

Keywords: Ligninolytic fungus, Bioremediation, Soils, Heavy metals.

Introducción

La provincia de Napo, perteneciente a la Amazonía ecuatoriana, es poseedor de suelos con contenido de metales pesados propio de la geología del lugar (Caprini, 2024). Se necesita encontrar métodos efectivos y sostenibles para la remediación de suelos con alto contenido de metales pesados. La biorremediación, utilizando organismos como hongos, se presenta como una alternativa viable. En particular, el hongo *Favolus tenuiculus*, nativo de la región amazónica, tiene el potencial de inmovilizar o transformar metales en formas menos tóxicas, contribuyendo así a la recuperación de los suelos afectados (Ochoa, 2021), aportando una solución ecológica y sostenible para mitigar este problema. Este hongo pertenece a los basidiomicetos de la familia *Polyporaceae*, produce enzimas ligninolíticas que podrían contribuir a la inmovilización o transformación de metales en formas menos tóxicas (Sharma, (2020) y Ochoa, (2021). Esta investigación evaluó la capacidad de *Favolus tenuiculus* para biorremediar suelos con metales.

Metodología

Se realizó un diseño experimental aleatorizado con base a dos grupos, 1) control (sin hongo) y 2) tratamiento con *Favolus tenuiculus* (n=5 réplicas por grupo), ambos incubados 37 días

bajo condiciones controladas. El hongo, con identificación molecular previa, fue donado por la investigación de Palacios y Llerena (2025), Este hongo se reactivó y se corroboró de identificación morfo cultural y microscópica del hongo mediante descripción del crecimiento, tinción con azul de metileno y visualización microscópica.

Se colocó 10 µl de muestra de *Favolus tenuiculus* en la cámara bajo un cubreobjetos. Posteriormente, se observó en el microscopio óptico a 40x, se cuentan las esporas en los cuadrantes externos y el central. finalmente se calcula el número de esporas en metros cúbicos. (Oviedo, 2021)

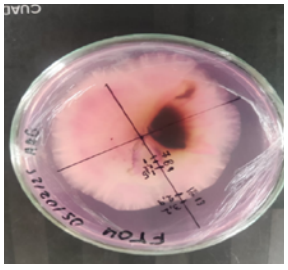
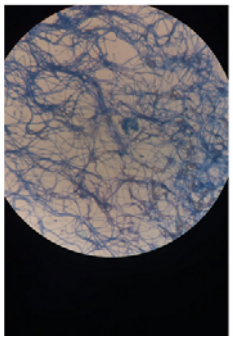
En la recolección de datos se incluyeron el muestreo de suelo previo y posterior a la incubación, la medición de concentraciones de As, Pb, Ba, Cr, Cu, Mn, V, Zn, Cd mediante XRF y el registro de variables como la humedad y temperatura de incubación.

El análisis se realizó en Python mediante estadística descriptiva, verificación de supuestos, y contraste entre grupos mediante ANOVA o Kruskal–Wallis según correspondiera (α=0,05). Se calcularon intervalos de confianza y tamaños de efecto para interpretar la magnitud de los cambios.

Resultados y discusión

La cepa se confirmó como *Favolus tenuiculus* por caracterización macroscópica y microscópica esta verificación respaldó su uso experimental (Zabin et al., 2024).

Tabla 1. Identificación macroscópica y microscópica del hongo *Favolus tenuiculus*

Caracterización macroscópica	**Caracterización microscópica** **Aumento: 40X**
A **B** 	C 
A. Crecimiento de *F, tenuiculus* en agar rosa bengala (anverso); **B**. Crecimiento de *F, tenuiculus* en agar rosa bengala (reverso).	**C.** Tinción de azul de metileno para visualización de estructuras microscópicas

En el análisis macroscópico se presenta una colonia blanca de textura algodonosa, que va cubriendo toda el área del medio de cultivo. El borde de cultivo tiene un contorno irregular, con ligeras hendiduras que parecen sugerir un crecimiento radial en distintas capas. El crecimiento

es plano en los contornos y más elevado en el centro; la coloración es blanca, sin cambios en el agar. De forma microscópica se aprecian hifas filamentosas, de grosor relativamente uniforme, de ramificación suave; casi todas las hifas presentan un patrón septado, formando una red bien definida, además el contraste con el azul de metileno indica un micelio incoloro o presenta un leve tono azul, característico de muchos hongos filamentosos. No se aprecian bien las estructuras esporangióforos y esporangios (Sánchez Escudero, L. 2016).

En el ensayo de 37 días con un control vs tratamiento y 5 repeticiones por grupo, *F. tenuiculus* redujo de forma considerable la carga metálica del suelo estudiado, cumpliendo el objetivo principal del estudio frente al control, La figura 1, muestra en escala logarítmica una disminución promedio cercana al 86% comparando un antes y un después para As, Pb, Ba, Cr, Cu, Mn y V. El Zn mostró una reducción más modesta (~64%), y el Cd permaneció próximo al límite de detección del equipo, aunque con tendencia descendente. La variabilidad entre réplicas fue baja, lo que sugiere un efecto sistemático del hongo sobre la matriz del suelo y respalda la robustez del hallazgo. La Tabla 2 resume los porcentajes de remoción por metal.

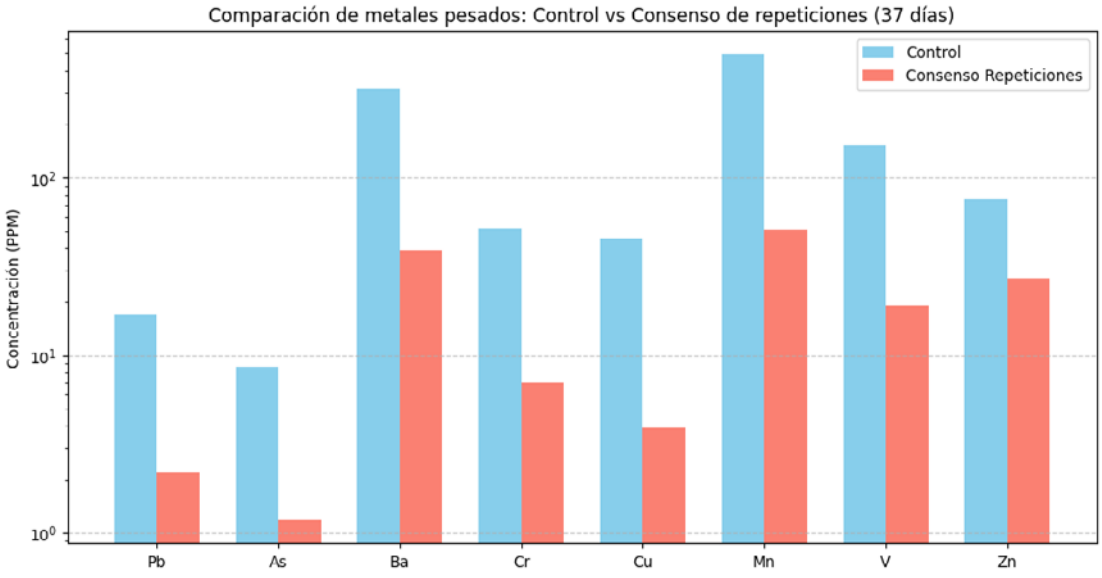


Figura 4: Comparación de las mediciones de los metales pesados de los 37 días contra el control en escala logarítmica para poder visualizar la remediación.

Tabla 2. Porcentajes de remediación obtenidos con los datos de PPM del control y del consenso de cada elemento contaminante.

Elemento	Control PPM	Consenso PPM	% Remediación
-As	8.6	0.1183	91.36
Pb	17.0	0.2200	89.60
-Ba	314.4	38.640	87.70
Cr	52.0	0.7060	87.42
Cu	45.6	0.3936	87.05
Mn	491.8	51.128	86.42
V	151.2	19.020	86.24
Zn	75.4	26.988	64.20

Las tendencias concuerdan con mecanismos esperados para macro hongos ligninolíticos: biosorción en pared celular (grupos carboxilo/amina/fosfato) y posibles transformaciones enzimáticas, particularmente notorias en Cr y Cu (Subbaiah et al., 2008,). Estudios previos reportan que poliporáceos como *trametes versicolor sp* remueven hasta ~99% de Cr(VI) vía biosorción y reducción a Cr(III) menos tóxico, y muestran altas eficiencias para Cu (Subbaiah et al., 2008; Singh & Singh, 2024); asimismo, *F. tenuiculus* figura entre macrohongos con buena tolerancia y bioacumulación de metales, incluido cromo (Zare et al., 2024). La magnitud alcanzada aquí se alinea con esos antecedentes, reforzando la pertinencia de *F. tenuiculus* para micorremediación.

La respuesta más modesta del Zn es coherente con su rol como micronutriente esencial y con fenómenos de competencia iónica, lo que puede limitar la acumulación fúngica relativa (Dursun,2006); aun así, la reducción observada es relevante. Respecto al Cd, su proximidad al LOD impide estimar con precisión el porcentaje, pero la dirección del cambio apoya una inmovilización parcial.

Conclusiones

Favolus tenuiculus indicó altos porcentajes de reducción siendo el promedio un 86% para As, Pb, Ba, Cr, Cu, Mn y V; y 64% para Zn. Aunque cabe denotar que el Cd presentó valores muy cercanos al límite bajo de detección del equipo XRF, la tendencia general de los datos sugiere que *F. tenuiculus* sí puede ayudar a la remoción o inmovilización de metales. Se recomienda escalar a mesocosmos y campo con balances de masa y seguimiento temporal, investigar mecanismos (biosorción/enzimas, transportadores)

Referencias bibliográficas

Altschul, S. F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. W., & Lipman, D. J. (1990). Basic local alignment search tool. Journal of Molecular Biology, 215(3), 403–410. https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2

Alloway, B. J. (2013). Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability (Vol. 22). Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7

Bayramoğlu, G., Bektaş, S., & Arica, M. Y. (2003). Biosorption of heavy metal ions on immobilized white-rot fungus Trametes versicolor. Journal of Hazardous Materials, 101(3), 285–300. https://doi.org/10.1016/S0304-3894(03)00178-X

Betancur-Corredor, B., Pino, N., Peñuela, G. A., & Cardona-Gallo, S. (2013). Biorremediación de suelo contaminado con pesticidas: caso DDT. Gestión y Ambiente, 16(3), 119–135.

Castañeda-Vera, A., Vergel-Tovar, C. E., & Torres-Lozada, P. (2019). Biosorption of manganese by residual biomass of Ganoderma lucidum. Journal of Environmental Management, 247, 743–751. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.103

Cevallos Paguay, T. C., & García Díaz, J. D. (2018). Evaluación de la biodegradación de suelos contaminados con hidrocarburos utilizando Aspergillus niger, Pleurotus ostreatus y Pseudomonas aeruginosa [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana.

Cipriani-Ávila, I. (2024, 23 abril). Micorremediación como herramienta efectiva para el tratamiento de suelos contaminados con petróleo. Siembra.

Coello, J. (2012). Aplicación del hongo Pleurotus ostreatus como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados [Tesis de grado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Desnos-Ollivier, M., Bretagne, S., Dromer, F., Lortholary, O., & Dannaoui, E. (2006). Molecular Identification of Black-Grain Mycetoma Agents. Journal of Clinical Microbiology, 44(10), 3517–3523. https://doi.org/10.1128/JCM.00862-06

Dimitrakopoulou, M. E., Stavrou, V., Kotsalou, C., & Vantarakis, A. (2020). Boiling extraction method vs commercial kits for bacterial DNA isolation from food samples.

Journal of Food Science and Nutrition Research, 3(4), 311–319. https://doi.org/10.26502/jfsnr.2642-11000057

Dursun, A. Y., Uslu, G., Tepe, O., & Cuci, Y. (2006). Bioaccumulation of copper(II), lead(II), and zinc(II) on dead Aspergillus niger and Rhizopus arrhizus: Application of statistical design for optimization. Process Biochemistry, 41(3), 570–580. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.07.012

Gadd, G. M. (2009). Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 84(1), 13–28. https://doi.org/10.1002/jctb.1999

Galliano, I., Daprà, V., Zaniol, E., Alliaudi, C., & Graziano, E. (2021). Comparison of methods for isolating fungal DNA. Practical Laboratory Medicine, 25, e00221. https://doi.org/10.1016/j.plabm.2021.e00221

Hernández-Baranda, Y., et al. (2019). Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. SciELO.

Khan, A. M., & Bhadauria, S. (2018). Molecular characterization of keratin degrading fungi isolated from semi-arid soil by PCR using ITS4 and ITS5 primers. Journal of King Saud University, 31(4), 1418–1423. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.04.014

Lopez, T., Páramo, L., & Delgado, S. (2022). Reproducción masiva de hongos trichodermas previamente identificados de suelos nicaragüenses en diferentes sustratos orgánicos. Nexo, 35(10).

López-Jácome, L. E., Hernández-Durán, M., Colín-Castro, C. A., Ortega-Peña, S., Cerón-González, G., & Franco-Cendejas, R. (2014). Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología. Investigación en Discapacidad, 3(1), 10–18.

Lucena-Aguilar, G., Sánchez-López, A. M., Barberán-Aceituno, A., Carrillo-Ávila, J. A., Cobo, M., & Garrido-Ramos, M. A. (2016). DNA source selection for downstream applications based on DNA quality indicators analysis. International Journal of Advanced Research, 4(3), 748–754.

Martínez, Á. T., Speranza, M., Ruiz-Dueñas, F. J., Ferreira, P., Camarero, S., Guillén, F., ... & Martínez, M. J. (2005). Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. International Microbiology, 8(3), 195–204.

Mejía Salas, M. F. (2016). Uso del hongo Pleurotus ostreatus para la remoción de Pb en los suelos de Carabayllo - Lima 2016 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015). Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados (Acuerdo Ministerial 097 A, Libro VI, Registro Oficial Suplemento 2).

Moreno-Piraján, J. C., & Giraldo, L. (2010). Biosorción de metales pesados sobre residuos agroindustriales y microorganismos. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 34(131), 313–329. https://doi.org/10.18257/raccefyn.91

Mudgil, D., Baskar, S., Baskar, R., Paul, D., & Shouche, Y. S. (2018). Biomineralization Potential of Bacillus subtilis, Rummeliibacillus stabekisii and Staphylococcus epidermidis Strains In Vitro Isolated from Speleothems, Khasi Hill Caves, Meghalaya, India. Geomicrobiology

Journal, 35(8), 675–694.

Ochoa, M. (2021). Estudios sobre degradación de hidrocarburos en la Amazonía ecuatoriana. Recuperado de https://repositorio.ikiam.edu.ec

Okonechnikov, K., Golosova, O., Fursov, M., & the UGENE team. (2012). UGENE: A unified bioinformatics toolkit. Bioinformatics, 28(8), 1166–1167. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts091

Oviedo, P. (2021). Viabilidad de esporas de Aspergillus awamori inmovilizado en criogeles. Torreón Universitario, 10(29).

Perrusquia, A. (2024). Comprender la composición de las rocas marcianas y otros meteoritos mediante la espectrometría XRF portátil. Thermo Fisher.

Queipo-Ortuño, M. I., Colmenero, J. D., Macias, M., Bravo, M. J., & Morata, P. (2008). Preparation of bacterial DNA template by boiling and effect of immunoglobulin G as an inhibitor in real-time PCR for serum samples from patients with brucellosis. Clinical and Vaccine Immunology, 15(2), 293–306. https://doi.org/10.1128/CVI.00270-07

Reátegui, K. (2018). Efecto de la dosificación de Pleurotus ostreatus en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Shahuindo Cajamarca [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo.

Sánchez Escudero, L. (2016). Identificación y caracterización de hongos de interés para su uso industrial y, en especial, en la industria alimentaria mediante el uso de métodos moleculares.

Sarma, H. (2011). Metal hyperaccumulation in plants: A review focusing on phytoremediation technology. Journal of Environmental Science and Technology, 4(2), 118–138. https://doi.org/10.3923/jest.2011.118.138

Sharma, K., Giri, R., & Sharma, R. (2020). Lead, cadmium and nickel removal efficiency of white-rot fungus Phlebia brevispora. Letters in Applied Microbiology, 71(6), 637–644. https://doi.org/10.1111/lam.13372

Singh, H., & Kumar, S. (2008). Bioremediation: a sustainable tool for environmental management. In Microbial Applications (pp. 263–292). Springer.

Singh, V. K., & Singh, R. (2024). Role of white rot fungi in sustainable remediation of heavy metals from the contaminated environment. Mycology, 15(4), 585–601. https://doi.org/10.1080/21501203.2024.2389290

Sotome, K., Akagi, Y., Lee, S. S., Ishikawa, N. K., & Hattori, T. (2013). Taxonomic study of Favolus and Neofavolus gen. nov. segregated from Polyporus (Basidiomycota, Polyporales). Fungal Diversity, 58(1), 245–266. https://doi.org/10.1007/s13225-012-0213-6

Tangthirasunun, N., & Poeaim, S. (2022). Studies on the rapid and simple DNA extraction method, antibacterial activity and enzyme activity involved in plant biomass conversion by Cookeina sulcipes and C. tricholoma (cup fungi). Journal of Pure and Applied Microbiology, 16(4), 2851–2863. https://doi.org/10.22207/JPAM.16.4.58

Thermo Fisher Scientific. (2023). NanoDrop One user guide (Rev. I).

Venkata Subbaiah, M., Kalyani, S., Sankara Reddy, G., Boddu, V. M., & Krishnaiah, A. (2008). Biosorption of Cr(VI) from aqueous solutions using Trametes versicolor polyporus fungi. Journal of Chemistry, 5(3), 499–510.

White, T., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. En M. Innis, D. Gelfand, J. Sninsky, & T. White (Eds.), PCR protocols: A guide to methods and applications (pp. 315–322). Academic Press.

Wilfinger, W. W., Mackey, K., & Chomczynski, P. (1997). Effect of pH and ionic strength on

the spectrophotometric assessment of nucleic acid purity. Biotechniques, 22(3), 474–481, 478–481. https://doi.org/10.2144/97223st01

Zabin, D. A., Spirin, V., Vlasák, J., Coelho-Nascimento, C., & Menolli, N. (2024). Taxonomic reinvestigation of Favolus in the Neotropics utilizing morphological and multigene phylogenetic analyses. Mycological Progress, 23(1), 44. https://doi.org/10.1007/s11557-024-01979-9

Zare, P., Giyahchi, M., & Moghimi, H. (2024). Mycosorption and mycoremediation: fungi as the tools for heavy metal removal. In Bioprospecting of Multi-tasking Fungi for a Sustainable Environment: Volume I (pp. 249–272). Springer Nature Singapore.

Simposio Ictiología y Acuicultura

Introducción

La importancia social, económica y ecológica de los recursos ictiológicos en Ecuador y, particularmente, en la región amazónica, se ha incrementado de manera sostenida durante la última década. Los peces constituyen una fuente esencial de proteína para comunidades rurales y urbanas, sostienen actividades de subsistencia y pesca comercial, y representan un motor económico mediante cadenas de valor cada vez más diversificadas, tanto en los sectores continental como marino. Paralelamente, la acuicultura se ha consolidado como una actividad estratégica para el desarrollo sostenible, generando empleo, promoviendo innovación y ofreciendo alternativas productivas frente al creciente deterioro de ecosistemas acuáticos.

Todo esfuerzo orientado al manejo sostenible debe sustentarse en un conocimiento sólido de la biodiversidad, su distribución, estado de conservación y dinámica ecológica. Sin embargo, la ictiofauna ecuatoriana —especialmente la de agua dulce— continúa siendo una de las menos estudiadas de la región neotropical. Mientras otros países neotropicales ya habían alcanzado descripciones exhaustivas de su diversidad a inicios del siglo XX, en Ecuador los primeros registros sistemáticos se remontan apenas a 1959, con el trabajo pionero de Gustavo Orcés sobre especies marinas. Décadas más tarde, las contribuciones de Sheyla Masay y Philippe Béarez ampliaron este conocimiento, y hoy se estima que el país podría albergar más de 800 especies de peces marinos. Para la ictiofauna continental, la referencia clásica de Barriga (2012) reporta 951 especies; sin embargo, una proporción importante de este listado requiere revisión debido a inconsistencias taxonómicas, nomenclaturales y filogenéticas. Esta realidad evidencia la urgencia de fortalecer líneas de investigación sobre diversidad, ecología, sistemática, conservación y manejo de peces continentales.

A nivel productivo, tanto la acuicultura como la pesquería continental enfrentan grandes desafíos. La información es limitada, dispersa o inédita; la presión antrópica sobre ríos y humedales es creciente; y prácticas productivas tradicionales requieren actualización frente a nuevas tecnologías, estándares sanitarios y estrategias de sostenibilidad. En este contexto, el diálogo entre investigadores, estudiantes, comunidades locales y productores constituye

un componente fundamental para avanzar hacia sistemas de manejo pesquero y acuícola resilientes, equitativos y ambientalmente responsables.

El Simposio de Ictiología y Acuicultura del CIBEN 2025 surge como un espacio para integrar estos esfuerzos, visibilizar investigaciones emergentes y promover el intercambio de saberes. En esta edición, se presentan trabajos que abarcan una notable diversidad temática: desde contaminación por mercurio, metales traza y microplásticos; etnoictiología y saberes ancestrales; filogenia, taxonomía y diversidad críptica; evaluaciones pesqueras y caracterización de ictiodiversidad; impactos de hidroeléctricas, discontinuidad del flujo y perturbaciones antrópicas; hasta innovación tecnológica como diafanización, uso de ADN ambiental, probióticos, dietas alternativas, bioaquafloc, sensores y herramientas digitales para monitoreo pesquero.

Asimismo, se incluyen estudios aplicados a la acuicultura amazónica y costera, explorando nutrición, productividad, salud animal, microbiota intestinal, estrategias sostenibles de manejo y evaluación de riesgos alimentarios. De manera complementaria, se presentan análisis biológicos fundamentales que aportan evidencia para la conservación, tales como ecología trófica, patrones de osificación, desempeño fisiológico y estrategias reproductivas.

El conjunto de investigaciones aquí reunidas refleja el compromiso multidisciplinario de estudiantes, investigadores, comunidades y profesionales que trabajan por comprender y proteger los ecosistemas acuáticos del Ecuador. Este libro de memorias busca no solo documentar sus aportes, sino también inspirar nuevas preguntas, fortalecer capacidades técnicas y promover la toma de decisiones basada en evidencia para garantizar el futuro de nuestros recursos ictiológicos.

Confiamos en que esta compilación contribuya a la construcción de una base científica sólida, orientada hacia la conservación, el manejo sostenible y el aprovechamiento responsable de la riqueza acuática de nuestro país y de la región neotropical.

Caracterización de la piscicultura amazónica ecuatoriana, un panorama de su desarrollo y perspectivas

Characterization of ecuadorian amazonian fish farming: an overview of its development and perspectives

Ricardo Ernesto Burgos Morán[1], Cristina Altamirano[2]

1 Universidad Estatal Amazónica

2 Subsecretaría de Acuacultura

Autor de correspondencia: rburgos@uea.edu.ec

Resumen

Esta investigación brinda una visión general de la cadena de producción de peces de agua dulce en la Amazonía ecuatoriana, destacando especies como la tilapia (*Oreochromis* spp.), paco o cachama (*Piaractus brachymopus*), paiche (*Arapaima aff. gigas*), sábalo (*Brycon amazonicus*), bocachico (*Prochilodus nigricans*) y bagres amazónicos o surubíes (*Pseudoplatystoma* spp.). La capacidad productiva de las unidades económicas piscícolas, se evaluó a través de los datos del registro acuícola oficial, complementados con 50 encuestas a productores y 28 entrevistas a actores clave. La tecnología utilizada en los sistemas de producción y procesamiento, los canales de comercialización, el soporte institucional, los recursos humanos y financieros, la investigación y desarrollo fueron caracterizados. Según los datos analizados, el sector involucra aproximadamente 2.800 productores con distintos niveles de producción, quienes movilizan un intercambio comercial entre 6 y 12 millones de USD. Los mayores componentes incluyen: i) Oferta regional de carne de pescado por acuicultura entre 1.600 y 3.200 t/año, 95% Tilapia. ii) Oferta mínima de Alevines de 12 millones/año, al menos 0,6 millones de USD/año, exportados fuera de la Amazonía. iii) Compras de ración artificial por 2 millones de USD/año, considerando a 0,95 USD/kg y una tasa de conversión alimenticia (TCA) de 2:1. Se identificaron cinco grupos de cuellos de botella: institucionales, administrativos, comerciales, tecnológicos y socio-ambientales. Se propone abordarlos mediante: armonización legal de los esquemas de regularización de cultivos; fortalecimiento de procesos administrativos; procesamiento de productos piscícolas con enfoque bioeconómico; fortalecimiento tecnológico de los sistemas productivos piscícolas en la Amazonía. Estas acciones que buscan optimizar su sostenibilidad y eficiencia.

Abstract

This research provides a comprehensive overview of the freshwater fish production chain in the Ecuadorian Amazon, highlighting species such as tilapia (*Oreochromis* spp.), paco or cachama (*Piaractus brachypomus*), paiche (*Arapaima aff. gigas*), sábalo (*Brycon amazonicus*), bocachico (*Prochilodus nigricans*), and Amazonian catfish or surubí (*Pseudoplatystoma* spp.). The productive capacity of aquaculture economic units was assessed using data from the official aquaculture registry, complemented by 50 surveys conducted with producers and 28 interviews with key stakeholders. The study characterized the technology employed in production and processing systems, marketing channels, institutional support, human and financial resources, as well as research and development components. According to the data obtained, approximately 2,800 producers with varying production levels participate in the sector, generating a commercial exchange estimated between USD 6 and 12 million. The main components identified include: i) Regional fish meat supply from aquaculture ranging between 1,600 and 3,200 tons per year, with tilapia representing 95% of production. ii) Minimum fry supply of 12 million per year, valued at approximately USD 0.6 million, with a portion exported outside the Amazon region. iii) Artificial feed purchases totaling USD 2 million per year, at an average price of USD 0.95/kg and a feed conversion ratio (FCR) of 2:1. Five major bottleneck categories were identified: institutional, administrative, commercial, technological, and socio-environmental. To address these challenges, the study proposes: legal harmonization of aquaculture regularization schemes; strengthening of administrative processes; bioeconomic-oriented processing of aquaculture products; and technological enhancement of Amazonian aquaculture production systems. These actions aim to optimize the sector's sustainability and efficiency, contributing to a more resilient and competitive Amazonian aquaculture industry.

Efectos e impactos de granjas camaroneras sobre el estado ecológico de estuarios con manglares

Effects and impacts of shrimp farms on the ecological status of mangrove estuaries

Eduardo Rebolledo Monsalve[1]

1 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Autor de correspondencia: edurebolledo@yahoo.com

Resumen

En Ecuador se inició la producción continua de *Penaeus vannamei*, camarón patiblanco en manglares de la provincia de El Oro en 1969. Actualmente el camarón patiblanco es el recurso acuícola más producido a nivel global y Ecuador, que produce prácticamente el 70% de los camarones americanos es el país que ostenta la mayor conversión de manglares a camaroneras del continente. El presente estudio analiza los efectos e impactos asociados a diferentes proporciones de cobertura de manglar y camaroneras en 4 sectores de estudio en las dos mayores reservas de manglares de Esmeraldas, REMACAM y MUISNE mediante el análisis de la calidad del agua, de sedimentos y describiendo ensambles bentónicos que fueron analizados mediante índices bentónicos de condición ecológica de uso internacional. Los resultados muestran incrementos de amonio, fosforo total, clorofila "a", nitrato, fosfato y oxigeno disuelto en aguas receptoras de efluentes camaroneros, además del incremento de amonio y pH en sedimentos, sedimentos que, además, presentaron pérdida de materia orgánica y contenido de nitrógeno total afectando los roles de sumidero de carbono y nitrógeno en remanentes de manglares. Los ensambles bentónicos muestran disminuciones de diversidad y detrimento de estado ecológico de acuerdo con los índices AMBI, M-AMBI, BENTIX y BOPA. Finalmente, se sugieren mejoras para la monitorización ambiental de estuarios con manglares.

Abstract

In Ecuador, the continuous production of *Penaeus vannamei* (whiteleg shrimp) began in the mangroves of El Oro province in 1969. Currently, the whiteleg shrimp is the most widely produced aquaculture species worldwide, and Ecuador, which produces nearly 70% of American shrimp, is the country with the highest rate of mangrove conversion to shrimp farms on the continent. This study presents the effects and impacts of different proportions of mangroves and shrimp farms in four study areas within the two largest mangrove reserves in Esmeraldas—REMACAM and MUISNE—by analyzing water and sediment quality, and describing benthic assemblages evaluated through internationally recognized benthic ecological condition indices. The results show increases in ammonia, total phosphorus, chlorophyll *a*, nitrate, phosphate, and dissolved oxygen in waters receiving shrimp farm effluents, as well as increases in ammonia and pH in sediments, which lose organic matter and total nitrogen content, thereby affecting the carbon and nitrogen sink roles of mangrove remnants. The benthic assemblages show decreases in diversity and deterioration of ecological status according to the AMBI, M-AMBI, BENTIX, and BOPA indices. Finally, improvements are suggested for the environmental monitoring of estuaries with mangroves.

Caracterización fisicoquímica y biológica de la Laguna La Mica, Ecuador: implicaciones para su estado trófico

Physicochemical and biological characterization of La Mica Lagoon, Ecuador: implications for its trophic state

Sheyla Marley Samaniego Huera[1], Ricardo Ernesto Burgos Morán[1]

1 Universidad Estatal Amazónica

Autor de correspondencia: marleysamaniego@gmail.com

Resumen

Los ecosistemas acuáticos continentales, como los lagos, desempeñan un papel crucial en la provisión de servicios ecosistémicos en Ecuador. Un ejemplo destacado es la laguna La Mica, cuyo embalse, construido en el año 2000, suministra aproximadamente 1200 L/s de agua potable al sur de Quito. Este estudio tuvo como objetivos: (i) determinar el estado trófico de la laguna La Mica; (ii) diagnosticar la calidad del agua mediante parámetros físicoquímicos; y (iii) evaluar los niveles de productividad primaria del ecosistema. La laguna La Mica se encuentra en el Parque Nacional Antisana, parroquia Cotundo, cantón Archidona, provincia de Napo. Es de origen glaciar y está situada a una altitud de 3 920 m s.n.m., en las cercanías del volcán Antisana, dentro de la cordillera Real del Ecuador, a unos 50 km al sureste de Quito. El muestreo se realizó durante la transición de la estación seca a la lluviosa (diciembre 2024 a febrero 2025) en dos fases: trabajo de campo y análisis de laboratorio. Se empleó un muestreo aleatorio estratificado considerando tres zonas (este, centro y oeste). Las muestras se recolectaron utilizando una red de plancton de 75 µm de malla y 0,3 m de diámetro, mediante arrastres manuales a 1 m de profundidad desde un bote, con velocidad inferior a 2 kt. Los organismos se almacenaron en frascos ámbar de 250 mL y fueron fijados con formol al 4 % para fitoplancton y al 40 % para zooplancton. Se identificaron siete géneros de fitoplancton (>75 µm) y dos especies de zooplancton pertenecientes a la clase *Maxillopoda*, familia *Cyclopidae*. En conclusión, la laguna La Mica presenta actualmente una buena calidad del agua y niveles de productividad primaria consistentes con una condición mesotrófica, aunque se evidencian variaciones espaciales que podrían estar influenciadas por la morfometría del cuerpo de agua.

Abstract

Continental aquatic ecosystems, such as lakes, play a crucial role in providing ecosystem services in Ecuador. A prominent example is La Mica Lagoon, whose reservoir, built in the year 2000, supplies approximately 1,200 L/s of drinking water to southern Quito. This study aimed to: (i) determine the trophic state of La Mica Lagoon; (ii) assess water quality through physicochemical parameters; and (iii) evaluate the ecosystem's primary productivity levels. La Mica Lagoon is located in Antisana National Park, Cotundo parish, Archidona canton, Napo province. It is of glacial origin and lies at an altitude of 3,920 m a.s.l., near the Antisana volcano, within the Eastern Cordillera of Ecuador, about 50 km southeast of Quito. Sampling was conducted during the transition from the dry to the rainy season (December 2024 to February 2025) in two phases: fieldwork and laboratory analysis. A stratified random sampling design was used, considering three zones (east, center, and west). Samples were collected using a plankton net with a 75 µm mesh and 0.3 m diameter, by manual tows at 1 m depth from a boat moving at less than 2 kt. Organisms were stored in 250 mL amber bottles and fixed with 4% formalin for phytoplankton and 40% for zooplankton. Seven genera of phytoplankton (>75 µm) and two species of zooplankton belonging to the class *Maxillopoda*, family *Cyclopidae*, were identified. In conclusion, La Mica Lagoon currently shows good water quality and primary productivity levels consistent with a mesotrophic trophic state, although spatial variations were observed, possibly influenced by the morphometry of the water body.

Contaminación por metales traza en peces comerciales de la Amazonía ecuatoriana: evaluación preliminar del riesgo para la salud en un mercado local

Trace metal contamination in commercial fish from the ecuadorian Amazon: preliminary health risk assessment in a local market

Fernando Sánchez Orellana[1], Gabriela Echevarría Díaz[1], Rafael Yunda Vega[2], Jonathan Valdiviezo-Rivera[3], Blanca Ríos-Touma[4]

1 Universidad de Las Américas

2 World Wide Fund for Nature

3 Instituto Nacional de Biodiversidad

4 Universidad San Francisco de Quito

Autor de correspondencia: fernandogeo1988@gmail.com

Resumen

La contaminación por metales traza en ecosistemas de agua dulce tropicales representa una creciente preocupación para la salud pública, especialmente en regiones donde la pesca constituye un componente esencial de la seguridad alimentaria. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar los niveles de metales traza en peces comercializados en la ciudad de Puerto Francisco de Orellana (El Coca), Ecuador, y estimar los posibles riesgos para la salud asociados a su consumo. Se muestrearon 17 especies de importancia comercial en el mercado principal de la ciudad, provenientes de los ríos Napo, Coca y Payamino, y se analizaron 11 metales mediante técnicas estandarizadas de laboratorio. Con base en estos datos, se calcularon siete índices de riesgo para la salud considerando dos escenarios de consumo y referencias internacionales de dosis tolerable. Los resultados mostraron que todas las especies excedieron los valores recomendados para arsénico, mercurio y plomo, y que una especie superó los límites establecidos para aluminio. La concentración de metales presentó variaciones según especie y río de origen: pequeños bagres del río Payamino presentaron niveles elevados de cadmio, cromo, cobre y manganeso, posiblemente asociados a actividades de minería aurífera aguas arriba, mientras que los bagres de mayor tamaño acumularon principalmente mercurio y arsénico. Las simulaciones de Monte Carlo sugirieron riesgos de enfermedades vinculadas a la exposición crónica, aunque la falta de datos demográficos locales limita la precisión de la evaluación en poblaciones vulnerables como niños y mujeres embarazadas. En conclusión, este estudio constituye una línea base inicial sobre exposición

a metales traza en peces de consumo en el norte de la Amazonía ecuatoriana y resalta la necesidad de implementar estrategias específicas de salud pública y monitoreo ambiental en una región poco estudiada, pero de alta importancia ecológica y social.

Abstract

Trace metal contamination in tropical freshwater ecosystems represents a growing concern for public health, especially in regions where fishing is a key component of food security. In this context, the objective of this study was to evaluate trace metal levels in fish sold in the city of Puerto Francisco de Orellana (El Coca), Ecuador, and to estimate potential health risks associated with their consumption. Seventeen commercially important species were sampled from the main city market, originating from the Napo, Coca, and Payamino rivers, and eleven metals were analyzed using standardized laboratory techniques. Based on these data, seven health risk indices were calculated considering two consumption scenarios and international reference doses. Results showed that all species exceeded recommended values for arsenic, mercury, and lead, and one species surpassed the limits established for aluminum. Metal concentrations varied according to species and river of origin: small catfish from the Payamino River showed elevated levels of cadmium, chromium, copper, and manganese, possibly linked to upstream gold-mining activities, while larger catfish mainly accumulated mercury and arsenic. Monte Carlo simulations suggested potential risks of diseases associated with chronic exposure, although the lack of local demographic data limits the accuracy of the assessment for vulnerable populations such as children and pregnant women. In conclusion, this study provides the first baseline data on trace metal exposure through fish consumption in northern Ecuadorian Amazonia and highlights the need to implement targeted public health and environmental monitoring strategies in a region that remains understudied but is of high ecological and social importance.

El grado de intervención antrópica en ríos de la cuenca del río Tena y el hábito alimenticio influyen fuertemente en la abundancia de microplásticos presentes en tejidos de peces

The degree of anthropogenic intervention in rivers of the Tena river basin and feeding habits strongly influence the abundance of microplastics in fish tissues

Francisco Villamarín[1], Joshua Carabajo[1], Marcela Cabrera[1]

1 *Universidad Regional Amazónica Ikiam*

Autor de correspondencia: francisco.villamarin@ikiam.edu.ec

Resumen

Durante el último siglo, el plástico se ha convertido en un componente omnipresente en los ecosistemas a nivel global. Las aguas residuales urbanas se consideran una de las principales vías de entrada de microplásticos (MPs) a la red hidrológica. Por lo general, la abundancia de microplásticos en el agua de ríos aumenta en la transición de zonas rurales a urbanas. Aunque la ingesta de microplásticos es generalizada en peces amazónicos y que la proximidad con zonas urbanas influye en la contaminación de microplásticos en peces de esta cuenca hidrográfica, poco se conoce sobre patrones de distribución de microplásticos en tejidos de peces de diferentes hábitos alimenticios en comunidades habitando riachuelos con marcados gradientes de intervención humana. El objetivo de este estudio fue cuantificar la abundancia de MPs en tracto gastrointestinal, branquias y músculo de comunidades de peces de riachuelos, en función de un gradiente de intervención antrópica (representado por parámetros físicoquímicos del agua y uso del suelo alrededor del punto de colecta) y el hábito alimenticio de los peces (herbívoros, omnívoros, piscívoros, insectívoros). Los modelos lineales generalizados evidenciaron una asociación positiva significativa ($p < 0.001$) entre el grado de intervención antrópica y la abundancia de MPs en los tres tejidos analizados. El hábito alimenticio influyó de manera dependiente del tejido, siendo los omnívoros los que más MPs acumularon en músculo y tracto gastrointestinal, mientras que los insectívoros lo hicieron en las branquias. Este estudio muestra claramente el efecto adverso de la urbanización sobre la acumulación de MPs en comunidades de peces con hábitos alimenticios diversos.

Abstract

During the last century, plastic has become a ubiquitous component of ecosystems worldwide. Urban wastewater is considered one of the main entry pathways of microplastics (MPs) into the hydrological network. In general, the abundance of microplastics in river water increases along the transition from rural to urban areas. Although the ingestion of microplastics is widespread among Amazonian fish and proximity to urban areas influences microplastic contamination in fish from this watershed, little is known about the distribution patterns of microplastics in fish tissues with different feeding habits inhabiting streams with marked gradients of human intervention. The objective of this study was to quantify the abundance of MPs in the gastrointestinal tract, gills, and muscle of fish communities from streams, as a function of a gradient of anthropic intervention (represented by physicochemical parameters of the water and land use around the sampling point) and the feeding habits of the fish (herbivores, omnivores, piscivores, insectivores). Generalized linear models showed a very strong positive correlation ($p < 0.001$) between the degree of anthropic intervention and the abundance of MPs in the three analyzed tissues. Feeding habits influenced the results in a tissue-specific manner, with omnivores accumulating more MPs in muscle and gastrointestinal tract, while insectivores showed higher accumulation in gills. This study clearly demonstrates the adverse effect of urbanization on MP accumulation in fish communities with diverse feeding habits.

La discontinuidad del flujo influencia la variabilidad de las comunidades de peces en una ecorregión neotropical

Flow discontinuity influences the variability of fish communities in a neotropical ecoregion

Daniel Escobar Camacho[1], Daniela Rosero López[1], Nuria Bonada[2], Thibault Datry[3], Jordan Karubian[4], José Daza[1], Giovanny Mosquera[5], Karla Barragán[1], Andrea Encalada[1]

1 Universidad San Francisco de Quito

2 Universidad de Barcelona

3 Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

4 Tulane University

5 Pontificia Universidad Católica de Perú

Autor de correspondencia: descobar@usfq.edu.ec

Resumen

Las redes fluviales que se secan albergan tramos intermitentes que dejan de fluir o se secan, y están volviéndose más frecuentes con el cambio climático. Sin embargo, su distribución, especies y procesos ecológicos permanecen poco estudiados en el Neotrópico, limitando nuestra capacidad de predecir escenarios futuros para la biodiversidad. La sequía actúa como un filtro ambiental que reduce la diversidad alfa, ya que se pierden especies que carecen de adaptaciones para resistir y recuperarse de la misma. Además, dado que la sequía genera un mosaico de hábitats que cambian en el tiempo, la diversidad beta puede ser alta en en tramos intermitentes. Para explorar estas dinámicas, analizamos la influencia de factores locales y regionales sobre la variabilidad espacio-temporal de una metacomunidad de peces en el Hotspot de Biodiversidad del Chocó, al noroeste de Ecuador. La diversidad alfa de peces fue menor en los tramos intermitentes tanto en la estación seca como en la lluviosa, mientras que la diversidad beta temporal fue mayor en los tramos perennes. Los ensamblajes de peces fueron distintos en tramos intermitentes y perennes, con composiciones comunitarias estables en los intermitentes, pero más variables en los perennes. Finalmente, el análisis de metacomunidades sugiere que el filtro ambiental fue el principal proceso de ensamblaje comunitario, y en menor grado, la distancia física, pero solo para peces con capacidad de dispersión limitada. Nuestros hallazgos sugieren que la variabilidad de las comunidades de peces resulta de la sequía estacional, las preferencias específicas de hábitat y las capacidades

de dispersión, confirmando parcialmente hipótesis previas sobre la diversidad de peces en redes fluviales que se secan.

Abstract

Drying river networks contain intermittent reaches that cease to flow or dry out completely, and these are becoming increasingly common with climate change. However, their distribution, species, and ecological processes remain poorly studied in the Neotropics, limiting our ability to predict future biodiversity scenarios. Drought acts as an environmental filter that reduces alpha diversity, as species lacking adaptations to withstand or recover from it are lost. Moreover, since drought creates a mosaic of habitats that change over time, beta diversity can be high in intermittent reaches. To explore these dynamics, we analyzed the influence of local and regional factors on the spatiotemporal variability of a fish metacommunity in the Chocó Biodiversity Hotspot, northwestern Ecuador. Fish alpha diversity was lower in intermittent reaches during both dry and wet seasons, while temporal beta diversity was higher in perennial reaches. Fish assemblages differed between intermittent and perennial reaches, with stable community compositions in intermittent sites but greater variability in perennial ones. Finally, metacommunity analysis suggested that environmental filtering was the main process shaping community assembly, and to a lesser extent, physical distance—but only for fish with limited dispersal capacity. Our findings indicate that fish community variability results from seasonal drought, specific habitat preferences, and dispersal abilities, partially supporting previous hypotheses about fish diversity in drying river networks.

Diversidad funcional de peces como respuesta a la integridad ecológica y calidad de agua en riachuelos del cantón Tena, Ecuador

Functional diversity of fish as a response to ecological integrity and water quality in streams of Tena, Ecuador

Diana Fernanda Heredia Quishpe[1], Francisco José Villamarín Jurado[1], Pedro Jiménez Prado[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: diana.heredia@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La diversidad funcional revela los roles ecológicos que desempeñan las especies en los ecosistemas y puede evaluarse mediante rasgos fenotípicos a nivel individual. Una herramienta importante para evaluar la diversidad funcional es la morfometría geométrica (MG), que permite analizar, de manera cuantitativa, la forma de los individuos. Este enfoque ofrece una visión precisa de cómo las comunidades de peces responden a diferentes condiciones ambientales. Este estudio tiene como objetivo evaluar cómo las variaciones morfológicas asociadas a la composición de comunidades de peces se correlacionan con la integridad ecológica y calidad del agua. Para ello, seleccionamos sitios de muestreo representativos a lo largo de un gradiente de perturbación antrópica en tres riachuelos: uno urbano en la ciudad de Tena, uno periurbano en la parte rural y uno de referencia, dentro de la Reserva Biológica Colonso Chalupas. Obtuvimos información de la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos in situ, integridad ecológica (Índice de Presión Antrópica), características físicas del lecho (Índice de Hábitat Fluvial) y de la vegetación riparia (Índice de Calidad de Ribera). Adicionalmente, utilizamos macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad (Índice AAMBI). Los peces fueron capturados mediante pesca eléctrica y redes tipo D-net, identificados al menor nivel taxonómico posible, fotografiados y posteriormente analizados. El estudio se encuentra en la fase de análisis de datos. Ya se han recopilado datos sobre la calidad del agua e integridad ecológica, los cuales muestran diferencias notables según el gradiente de perturbación. Actualmente, se están procesando los datos de morfometría geométrica de los peces, que complementarán los resultados sobre cómo las variaciones morfológicas se correlacionan con las condiciones ambientales. Se espera que este estudio genere evidencia sobre la relación entre la diversidad funcional de peces y la salud ecológica

de riachuelos amazónicos, aportando insumos para la conservación y manejo de los recursos acuáticos en el cantón Tena.

Abstract

Functional diversity reveals the ecological roles that species play within ecosystems and can be assessed through phenotypic traits at the individual level. An important tool for evaluating functional diversity is geometric morphometrics (GM), which allows for a quantitative analysis of individual shape. This approach provides a precise understanding of how fish communities respond to different environmental conditions. The objective of this study is to evaluate how morphological variations associated with fish community composition correlate with ecological integrity and water quality. To achieve this, representative sampling sites were selected along a gradient of anthropogenic disturbance across three streams: one urban (within the city of Tena), one peri-urban (in a rural area), and one reference site located within the Colonso Chalupas Biological Reserve. Water quality data were obtained through in situ physicochemical parameters, ecological integrity (Anthropic Pressure Index), physical characteristics of the streambed (Fluvial Habitat Index), and riparian vegetation (Riparian Quality Index). Additionally, aquatic macroinvertebrates were used as indicators of water quality (AAMBI Index). Fish were captured using electrofishing and D-nets, identified to the lowest possible taxonomic level, photographed, and subsequently analyzed. The study is currently in the data analysis phase. Water quality and ecological integrity data have already been collected, showing notable differences along the disturbance gradient. Geometric morphometric analyses of fish are ongoing and will complement the results on how morphological variation correlates with environmental conditions. This study will provide evidence on the relationship between fish functional diversity and the ecological health of Amazonian streams, contributing valuable insights for the conservation and management of aquatic resources in the Tena region.

Diseño e implementación temprana de Smart Ictio en la cuenca del río Napo, Amazonía ecuatoriana

Design and early implementation of Smart Ictio in the Napo river basin, ecuadorian Amazon

Belén Liger Cisneros[1]

1 Wildlife Conservation Society

Autor de correspondencia: mliger@wcs.org

Resumen

La limitada disponibilidad de información sobre pesquerías amazónicas y la necesidad de involucrar a pescadores locales en los procesos de manejo, motivaron la implementación de SMART-Ictio en la cuenca del río Napo, Ecuador. El objetivo de este estudio fué fortalecer el monitoreo pesquero mediante una herramienta digital adaptada al contexto sociocultural local complementada con la capacitación de pescadores artesanales e indígenas. Entre enero y junio de 2025, se diseñó y validó el modelo de datos con expertos de la Alianza Aguas Amazónicas. Posteriormente, se elaboró un manual de usuario y capacitamos a 29 pescadores artesanales, seis participantes Kichwa y funcionarios del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, y del Instituto Público de Investigación en Acuacultura y Pesca. Los participantes registraron sus faenas de pesca en mediante dispositivos móviles, generando información sistemática sobre capturas y peso por especie. Hasta agosto de 2025, se ha contabilizado 584 individuos correspondientes a 18 especies, con un peso acumulado de 625 libras, destacando *Prochilodus nigricans* (bocachico de río) como la especie más frecuente. En cuanto a los bagres, *Hypophthalmus marginatus* (cunshi) y *Brachyplatystoma vaillantii* (playa mota), éstos representaron un peso total de 67 libras, sobresaliendo esta última con 59 libras, lo que evidencia su importancia en la pesquería local. Entre las principales limitaciones se encontraron la omisión de bagres en la categoría "captura por especie", barreras tecnológicas asociadas a la edad de los usuarios y el uso de kilogramos como unidad de peso, dificultades que fueron superadas con la adopción de libras y formularios impresos. Los resultados demuestran que el conocimiento previo en ciencia ciudadana facilita la transición hacia herramientas digitales y confirma que la adaptación cultural y técnica, es indispensable en la gestión sostenible y participativa de las pesquerías amazónicas.

Abstract

The limited availability of information on Amazonian fisheries, together with the need to engage local fishers in management processes, motivated the implementation of SMART-Ictio in the Napo River basin (Ecuador). The objective of this study was to strengthen fisheries monitoring through a digital tool adapted to the local sociocultural context, complemented by training of artisanal and Indigenous fishers. Between January and June 2025, the data model was designed and validated in collaboration with experts from the Amazon Waters Alliance. Subsequently, a user manual was developed and 29 artisanal fishers, six Kichwa Indigenous fishers, and staff from the Ministry of Environment, Water and Ecological Transition and the Public Institute for Aquaculture and Fisheries Research were trained. Participants recorded their fishing activities using mobile devices, generating systematic data on catch composition and weight by species. By August 2025, a total of 584 individuals from 18 species had been recorded, with a cumulative biomass of 625 lb, with *Prochilodus nigricans* (bocachico) identified as the most frequent species. Regarding catfish, *Hypophthalmus marginatus* (cunshi) and *Brachyplatystoma vaillantii* (playa mota) accounted for a combined biomass of 67 lb, with the latter contributing 59 lb, highlighting its importance in the local fishery. The main limitations included the omission of catfish in the "catch by species" category, technology-related barriers associated with user age, and the use of kilograms as the standard unit of weight. These challenges were addressed through the adoption of pounds and the use of printed data collection forms. The results demonstrate that prior experience in citizen science facilitates the transition to digital tools and confirm that cultural and technical adaptation is essential for the sustainable and participatory management of Amazonian fisheries.

Ictiodiversidad y su relación con la pesquería en la Amazonía ecuatoriana. Perspectivas de gestión pesquera sustentable

Ichthyodiversity and its relationship with fisheries in the ecuadorian Amazon. Perspectives for sustainable fisheries management

Pedro Jorge Jiménez Prado[1]

1 The Nature Conservancy

Autor de correspondencia: pedro.jimenez@tnc.org

Resumen

El ecosistema neotropical, compuesto por ríos, lagos y arroyos, es el hogar de una gran diversidad de especies de peces, aproximadamente 2.500 especies de peces en la cuenca amazónica, mientras que solo en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) este valor se acerca a 800 especies. Los recursos pesqueros en la Amazonía ecuatoriana son considerados como recursos de acceso abierto, dado que cualquier persona puede ejercer el derecho a extraerlos, lo que representa para muchas personas acceso a recursos alimenticios e incluso económicos; sin embargo, esta condición puede derivar en sobrepesca, generando disminución en las biomasas, si no se incorpora algún tipo de manejo y regulación de la pesquería. Ante la ausencia de regulaciones y/o manejo de la pesquería se han empezado a desarrollar iniciativas donde participan los usuarios directos (pescadores) con el acompañamiento de actores técnicos (organizaciones no gubernamentales, institutos de investigación, academia, etc.) y el gobierno (administradores pesqueros), dando lugar a procesos de co-manejo pesquero. En la RAE, se han logrado establecer dos acuerdos comunitarios de pesca responsable, uno en la comunidad Cofán de Zábalo y comunidad Kichwa de Zancudococha dentro de la Reserva de Producción Faunística de Cuyabeno. Esta herramienta de gestión es construida mediante un proceso participativo e inclusivo, aprobada en asamblea comunitaria, y se sustenta en el principio de autorregulación, según su realidad, disponibilidad y necesidad.

Abstract

The Neotropical ecosystem, composed of rivers, lakes, and streams, is home to a great diversity of fish species—approximately 2,500 in the Amazon Basin, and nearly 800 species within the Ecuadorian Amazon Region (RAE). Fisheries resources in the Ecuadorian Amazon are considered open-access resources, as anyone may exercise the right to extract them. For many people, this represents an important source of food and income; however, this condition can lead to overfishing and declining biomass if management and regulatory measures are not implemented. In the absence of formal regulations or fishery management, initiatives have begun to emerge involving direct users (fishers) working together with technical actors (non-governmental organizations, research institutes, academia, etc.) and government agencies (fishery administrators), leading to the development of co-management processes. In the RAE, two community agreements for responsible fishing have been successfully established—one in the Cofán community of Zábalo and another in the Kichwa community of Zancudococha, located within the Cuyabeno Wildlife Production Reserve. This management tool is built through a participatory and inclusive process, approved in community assemblies, and based on the principle of self-regulation, according to each community's specific context, resource availability, and needs.

Filogenia de peces de agua dulce del occidente del Ecuador: un enfoque para la conservación de la biodiversidad

Phylogeny of freshwater fishes from western Ecuador: a conservation approach to biodiversity

Kevin P. Chugá-Puetate[1], Nathan K. Lujan[2], Julio C. Carrión[3], Francisco Flores[4], Pablo Argüello[4], Jonathan Valdiviezo[3]

1 Universidad Central del Ecuador

2 Royal Ontario Museum

3 Instituto Nacional de Biodiversidad

4 Escuela Politécnica Nacional

Autor de correspondencia: chuga.puetate.kevin@gmail.com

Resumen

La ictiofauna de agua dulce del occidente de Ecuador, en el hotspot Chocó-Tumbes, es altamente diversa y endémica y enfrenta fuertes amenazas antropogénicas; este estudio propone evaluar prioridades de conservación más allá de la mera riqueza de especies, incorporando métricas filogenéticas para identificar linajes con valor evolutivo único. Para el estudio se consideraron las principales cuencas del occidente ecuatoriano; se obtuvieron ochenta y un especies con secuencias del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa I y se construyó una filogenia mediante métodos de máxima verosimilitud y se calcularon métricas de riqueza, endemismo, diversidad filogenética y endemismo filogenético, además de un índice de endemismo filogenético impactado por la presión humana para localizar coincidencias entre historia evolutiva única y presión antropogénica; se aplicó asimismo un algoritmo de priorización espacial para valorar la urgencia de protección y se evaluó la cobertura del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Los resultados muestran alta correlación entre riqueza y diversidad filogenética, pero revelan cuencas donde la singularidad filogenética supera la riqueza taxonómica, destacando Esmeraldas y Santiago-Cayapas como focos de linajes irremplazables; la cuenca del Esmeraldas emergió como la prioridad máxima por la confluencia de singularidad evolutiva y elevada presión humana y la cobertura protegida en estas áreas es inferior al dos por ciento. Concluimos que integrar métricas filogenéticas y el índice propuesto es imprescindible para conservar no solo especies sino las ramas más singulares del árbol de la vida y así fortalecer la resiliencia ecosistémica.

Abstract

The freshwater ichthyofauna of western Ecuador, within the Chocó–Tumbes hotspot, is highly diverse and endemic, yet faces severe anthropogenic threats. This study aims to assess conservation priorities beyond mere species richness by incorporating phylogenetic metrics to identify lineages with unique evolutionary value. Major river basins of western Ecuador were analyzed, yielding eighty-one species with mitochondrial cytochrome oxidase I gene sequences. A phylogeny was reconstructed using maximum likelihood methods, and metrics of richness, endemism, phylogenetic diversity, and phylogenetic endemism were calculated. Additionally, a human-impacted phylogenetic endemism index was applied to identify overlaps between unique evolutionary history and anthropogenic pressure. A spatial prioritization algorithm was also used to assess the urgency of protection, and the coverage of Ecuador's National System of Protected Areas was evaluated. Results showed a strong correlation between species richness and phylogenetic diversity but revealed basins where phylogenetic uniqueness exceeded taxonomic richness—highlighting Esmeraldas and Santiago-Cayapas as hotspots of irreplaceable lineages. The Esmeraldas basin emerged as the top conservation priority due to its convergence of evolutionary uniqueness and high human pressure, with protected area coverage below two percent. We conclude that integrating phylogenetic metrics and the proposed index is essential to conserve not only species but also the most unique branches of the tree of life, thereby strengthening ecosystem resilience.

Delimitación de grupos geográficos en *Ancistrus* Kner mediante un meta-análisis morfométrico y modelación de nicho ecológico

Delimitation of geographic groups in Ancistrus *Kner through a morphometric meta-analysis and ecological niche modeling*

Christian Larenas Uría[1]

1 Universidad Politécnica Salesiana

Autor de correspondencia: crioscopo@gmail.com

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar patrones morfométricos en especies del género *Ancistrus*, con el fin de identificar diferencias relacionadas con su distribución geográfica y explorar la relación entre morfología y variables ambientales. Para ello se recopilaron y revisaron datos morfométricos publicados de aproximadamente 300 registros de Hypostominae, con un análisis detallado de 46 especies de *Ancistrus*. Se emplearon mediciones estándar de proporciones corporales y se aplicaron análisis estadísticos multivariados, incluyendo análisis de componentes principales (ACP) y análisis discriminante, además de un modelo de nicho ecológico desarrollado en modelo de nicho ecológico en MaxEnt, calibrado con variables bioclimáticas a partir de variables bioclimáticas de las áreas de distribución de las especies. Los resultados muestran un patrón diferenciado entre un grupo Norte, conformado por especies de Guyana, Venezuela, Colombia y Panamá, y un grupo Sur, que incluye especies de Brasil, Perú y Ecuador. El grupo Norte presenta mayores valores promedio en la relación distancia interorbital/longitud de la cabeza, longitud de la espina y base de la aleta dorsal, longitud abdominal y longitud de la cabeza. El análisis discriminante confirma la separación estadísticamente significativa de los grupos y el modelo ecológico evidencia que las diferencias morfológicas se correlacionan con la distribución de variables ambientales. Como conclusión, se propone un factor morfométrico basado en la distancia interorbital, el diámetro del ojo, la longitud predorsal y el ancho de la base de la aleta dorsal, que permite una clasificación rápida de las especies en macrozonas biogeográficas definidas bajo el criterio norte-sur, aportando un método práctico para estudios taxonómicos y biogeográficos del género.

Abstract

This study aimed to analyze morphometric patterns in species of the genus *Ancistrus* to identify differences related to their geographic distribution and to explore the relationship between morphology and environmental variables. Morphometric data published for approximately 300 species of Hypostominae were compiled and reviewed, with a detailed analysis of 46 *Ancistrus* species. Standard measurements of body proportions were used, and multivariate statistical analyses were applied, including principal component and discriminant analyses, along with an ecological niche model developed in Maxent based on bioclimatic variables from the species' distribution areas. The results revealed a clear differentiation between a Northern group—comprising species from Guyana, Venezuela, Colombia, and Panama—and a Southern group that includes species from Brazil, Peru, and Ecuador. The Northern group exhibited higher mean values for interorbital distance/head length ratio, spine and dorsal fin base length, abdominal length, and head length. Discriminant analysis confirmed the statistically significant separation of these groups, while the ecological model showed that morphological differences correlate with the distribution of environmental variables. As a conclusion, a morphometric factor based on interorbital distance, eye diameter, predorsal length, and dorsal fin base width is proposed, allowing for rapid classification of species into macro-zones defined under a north–south criterion, providing a practical tool for taxonomic and biogeographic studies of the genus.

Efecto de dietas alternativas basadas en *Hermetia illucens* sobre la microbiota intestinal y parámetros productivos de alevines de *Piaractus brachypomus*

Effect of alternative diets based on Hermetia illucens *on the intestinal microbiota and productive performance of* Piaractus brachypomus *fry*

Adriana Yaguana[1], Roque Rivas -Párraga [1], Francisco Villamarín[1], Ricardo Ernesto Burgos Morán[2]

[1] *Universidad Regional Amazónica Ikiam*

[2] *Universidad Estatal Amazónica*

Autor de correspondencia: adriana.yaguana@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La cachama roja (*Piaractus brachypomus*), especie nativa y de gran valor comercial en la Amazonía ecuatoriana, como muchas especies cultivadas en la piscicultura, depende de dietas basadas en harina de pescado, cuya producción es costosa y poco sostenible ecológicamente. Por esta razón, hemos buscado evaluar su sustitución por fuentes alternativas de proteína más sostenibles y de fácil acceso. Una alternativa es la harina de larvas de mosca soldado negra (LMSN - *Hermetia illucens*), obtenida a partir de la bioconversión de residuos orgánicos en biomasa nutritiva. El objetivo del estudio es comparar el efecto de dietas basadas en diferentes proporciones de proteína de LMSN sobre parámetros zootécnicos y microbiota intestinal en alevines de *Piaractus brachypomus*. Nuestro diseño experimental incluyó una dieta control (0% de harina de LMSN), y tres dietas con el 35%, 70% y 100% de sustitución con harina de LMSN. Todas las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas. Evaluamos parámetros morfométricos e índice hepatosomático de los peces. Analizamos muestras de heces para evaluación de la microbiota intestinal mediante la extracción de ADN, amplificación del gen *16S rRNA* (región V4) y secuenciación por Illumina. Con los datos moleculares analizamos la diversidad de la microbiota intestinal. Adicionalmente, realizamos un análisis proximal (% proteína, grasa, ceniza y fibra) para completar la caracterización de las dietas, heces y carne de los peces. Con los resultados obtenidos, esperamos cuantificar en qué medida la inclusión progresiva de harina de LMSN como sustituto de la harina de pescado, influye en el crecimiento, la microbiota intestinal y la composición proximal de los alevines de *Piaractus brachypomus*. Esperamos observar cambios en la composición y diversidad de la microbiota intestinal, con posibles efectos positivos en la salud intestinal de los peces. Los parámetros de

composición proximal permitirán confirmar la viabilidad nutricional de las dietas formuladas.

Abstract

The red-bellied pacu (*Piaractus brachypomus*), a native species of high commercial value in the Ecuadorian Amazon, as well as all fish species cultivated in aquaculture, depends on diets based on fishmeal, whose production is costly and ecologically unsustainable. For this reason, we sought to evaluate its replacement with more sustainable and accessible alternative protein sources. One promising alternative is black soldier fly larvae meal (BSFL – *Hermetia illucens*), obtained through the bioconversion of organic waste into nutrient-rich biomass. The objective of this study is to compare the effect of diets containing different proportions of BSFL protein on zootechnical parameters and intestinal microbiota in *Piaractus brachypomus* fry. Our experimental design included a control diet (0% BSFL meal) and three diets with 35%, 70%, and 100% substitution levels using BSFL meal. All diets were isoproteic and isoenergetic. We evaluated morphometric parameters and the hepatosomatic index of the fish. Fecal samples were analyzed to assess intestinal microbiota through DNA extraction, amplification of the 16S rRNA gene (V4 region), and Illumina sequencing. The molecular data were used to analyze intestinal microbiota diversity. Additionally, we conducted a proximate analysis (% protein, fat, ash, and fiber) to complete the characterization of the diets, feces, and fish muscle. With the obtained results, we aim to quantify the extent to which the progressive inclusion of BSFL meal as a substitute for fishmeal influences growth, intestinal microbiota, and proximate composition of *Piaractus brachypomus* fry. We expect to observe changes in the composition and diversity of the intestinal microbiota, with potential positive effects on fish gut health. The proximate composition parameters will help confirm the nutritional feasibility of the formulated diets.

Patrones etológicos de *Arapaima* aff. *gigas* en cautiverio, una revisión documental

Ethological patterns of Arapaima *aff. gigas in captivity: a literature review*

Aldás Carrasco Carlos Andrés[1], Villalta Gordillo Annette Milena[2], Ricardo Ernesto Burgos Morán[3]

1 GSF

2 Autor Independiente

3 Universidad Estatal Amazónica

Resumen

Arapaima aff. gigas ha sido una especie estudiada durante más de 70 años, sin embargo, carece de protocolos y cuidados en beneficio de la misma, por lo que el presente trabajo evaluó por más de 6 meses los patrones de comportamiento y sus inductores químicos, físicos y biológicos, en diferentes etapas de vida en condiciones silvestre y de cautividad. Se realizó una revisión de diversas fuentes de información como buscadores científicos de acceso libre, bases de datos y tesis de grado. El proceso se desarrolló en dos fases, que comprendieron la utilización de palabras clave en diferentes idiomas y la definición de descriptores en criterios de exclusión de información, para una selección de datos de alta relevancia, fiabilidad y validez metodológica. Durante este estudio, se encontraron 52 comportamientos. En etapas tempranas no se evidenciaron diferencias conductuales, en cambio en la etapa de madurez sexual existe disparidad. Arapaima aff. gigas es un pez con hábitos de alimentación crepuscular-nocturna en estado salvaje, que cambia a diurna en cautividad llegando a ser condicionado al aprendizaje de autoalimentadores. Con características innatas como la respiración aérea, dependiente de la estacionalidad climática de la región para muchos de sus comportamientos, con una no clara determinación de régimen monógamo o de poligamia. Presenta un fuerte cuidado parental, en la que los machos se perfilan como los custodios de la progenie, incluso de otros machos y con la capacidad de secreción de feromonas cefálicas para la nutrición de sus crías, proceso influenciado por hormonas como prolactina y isotocina.

Abstract

Arapaima aff. gigas has been studied for more than 70 years; however, there are still no standardized protocols or welfare guidelines for its management. This study evaluated behavioral patterns and their chemical, physical, and biological inducers across different life stages under both wild and captive conditions over a six-month period. A comprehensive review was conducted using open-access scientific search engines, databases, and academic theses. The review process consisted of two phases: the use of multilingual keywords and the definition of exclusion criteria to ensure the selection of data with high significance, reliability, and methodological validity. A total of 52 behavioral patterns were identified. In early life stages, no notable behavioral differences were observed, whereas in sexually mature individuals, significant variations were found. In the wild, *A. aff. gigas* exhibits crepuscular–nocturnal feeding habits, which shift to diurnal activity in captivity, where the species can adapt to automatic feeding systems through conditioning. This fish displays innate traits such as aerial respiration and behaviors strongly influenced by regional climatic seasonality. Its mating system remains unclear, with no definitive evidence of monogamy or polygamy. The species demonstrates strong parental care, with males acting as primary guardians of offspring — sometimes even of unrelated progeny — and exhibiting the ability to secrete cephalic pheromones that serve as a nutritional source for fry, a process influenced by hormones such as prolactin and isotocin.

Desarrollo de dos métodos: uno químico y uno biotecnológico para la reducción de la contaminación por metales pesados en peces de consumo de dos provincias del norte de la Amazonía ecuatoriana

Development of two methods: a chemical and a biotechnological approach for reducing heavy metal contamination in edible fish from two northern provinces of the ecuadorian Amazon

Valeria Moncayo[1], Gabriela Echevarría[1]

1 Universidad de Las Américas

Resumen

La contaminación por metales pesados en los ecosistemas amazónicos representa una amenaza para la seguridad alimentaria de las comunidades ribereñas que dependen del pescado como principal fuente de proteína. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de dos métodos poscaptura para reducir las concentraciones de cadmio, plomo, arsénico y mercurio en peces de consumo humano procedentes de las provincias de Sucumbíos y Orellana en la Amazonía ecuatoriana. Se aplicó un tratamiento químico basado en una solución de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 4 % ajustada a pH neutro durante 30 minutos bajo agitación suave, y un tratamiento biotecnológico mediante una solución de *Lactobacillus fermentum* en medio líquido de MRS con una concentración final de $1x10^6$ UFC/mL incubada durante 24 horas. Se analizaron las especies *Cichla monoculus, Serrasalmus rhombeus, Pimelodus jivaro* y *Platynematichthys notatus*, representativas de la dieta local. Posteriormente las muestras fueron liofilizadas, sometidas a digestión ácida y analizadas mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente. Los resultados mostraron una mayor bioacumulación en *Platynematichthys notatu*s, mientras que *Cichla monoculus* mostró los valores más bajos. Aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre especies y tratamientos, se observaron tendencias de reducción para cadmio y arsénico. El tratamiento con EDTA mostró mayor afinidad por plomo y arsénico, aunque en algunos casos incrementó la biodisponibilidad del cadmio. Por su parte, *Lactobacillus fermentum* logró reducciones más notorias de mercurio en *Pimelodus jivaro y Platynematichthys notatus*. Se concluye que la respuesta de los tratamientos depende de la fisiología de cada especie y que el uso de bacterias probióticas representa una alternativa potencialmente segura, siempre que se valide microbiológica, sensorial y toxicológicamente sostenible para contribuir a la seguridad alimentaria de las comunidades amazónicas.

Abstract

Heavy metal contamination in Amazonian ecosystems poses a threat to the food security of riparian communities that rely on fish as their main source of protein. The objective of this study was to evaluate the efficiency of two post-capture methods to reduce cadmium, lead, arsenic, and mercury concentrations in edible fish from the provinces of Sucumbíos and Orellana in the Ecuadorian Amazon. A chemical treatment was applied using a 4% ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) solution at neutral pH for 30 minutes under gentle agitation, and a biotechnological treatment was performed using a *Lactobacillus fermentum* solution in MRS liquid medium with a final concentration of 1×10^6 CFU/mL, incubated for 24 hours. The analyzed species were *Cichla monoculus*, *Serrasalmus rhombeus*, *Pimelodus jivaro*, and *Platynematichthys notatus*, representative of the local diet. Samples were subsequently lyophilized, subjected to acid digestion, and analyzed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Results showed higher bioaccumulation in *Platynematichthys notatus*, while *Cichla monoculus* exhibited the lowest values. Although no statistically significant differences were detected among species and treatments, reduction trends were observed for cadmium and arsenic. The EDTA treatment showed greater affinity for lead and arsenic, although in some cases it increased cadmium bioavailability. Meanwhile, *Lactobacillus fermentum* achieved more noticeable mercury reductions in *Pimelodus jivaro* and *Platynematichthys notatus*. It is concluded that treatment response depends on species physiology, and that the use of probiotic bacteria represents a safe, replicable, and sustainable alternative to contribute to the food security of Amazonian communities.

Diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al corredor al corredor Llanganates-Sangay y su papel como bioindicadores de calidad de agua

Diversity of aquatic macroinvertebrates associated with the Llanganates–Sangay corridor and their role as bioindicators of water quality

Martín Ernesto Morales Salazar[1], Nataly Maite Tamayo Vanegas[1]

[1] *Universidad Estatal Amazónica*

Resumen

El Corredor Ecológico Llanganates-Sangay (CELLS), una región de alta biodiversidad en los Andes orientales ecuatorianos, fue objeto de estudio para evaluar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua. Se muestrearon los ríos Pastaza, Zuñac y Topo durante la temporada lluviosa de junio de 2022 utilizando redes Surber y técnicas estandarizadas de colecta. Se analizó la distribución de macroinvertebrados. En los cuáles se identificaron 275 individuos distribuidos en 11 órdenes y 23 familias. El río Zuñac presentó la mayor diversidad y equitatividad, con predominancia de Baetidae y presencia de órdenes sensibles como Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera. Por otra parte las variables fisicoquímicas (pH, O_2, NO_3^-, NO_2^-, Cl_2) se encontraron dentro de los rangos permisibles según la normativa ecuatoriana. Se aplicaron los índices biológicos AAMBI, ASPT y EPT, revelando calidades de agua desde aceptable (Zuñac), hasta dudosa (Topo), con discrepancias frente a los parámetros fisicoquímicos, evidenciando la alta sensibilidad ecológica de los macroinvertebrados. El río Pastaza, a pesar de recibir descargas de los otros dos, mostró resultados mixtos posiblemente por influencia antrópica y presencia de una represa. Los resultados destacan la importancia de los macroinvertebrados como herramientas efectivas para monitoreos ecológicos. Se recomienda incrementar el esfuerzo de muestreo en épocas de estiaje y zonas poco accesibles, para consolidar una línea base de biodiversidad acuática en este corredor clave para la conservación.

Abstract

The Llanganates–Sangay Ecological Corridor (CELLS), a region of high biodiversity in the eastern Ecuadorian Andes, was studied to evaluate the diversity of aquatic macroinvertebrates as biological indicators of water quality. Sampling was conducted in the Pastaza, Zuñac, and Topo rivers during the rainy season of June 2022 using Surber nets and standardized collection techniques. The distribution of macroinvertebrates was analyzed, identifying 275 individuals distributed among 11 orders and 23 families.

The Zuñac River showed the highest diversity and evenness, with the predominance of *Baetidae* and the presence of sensitive orders such as Ephemeroptera, Trichoptera, and Plecoptera. Meanwhile, physicochemical variables (pH, O_2, NO_3^-, NO_2^-, Cl_2) remained within the permissible ranges established by Ecuadorian regulations. Biological indices AAMBI, ASPT, and EPT were applied, revealing water quality levels ranging from *acceptable* (Zuñac) to doubtful (Topo), showing discrepancies compared to physicochemical parameters and demonstrating the high ecological sensitivity of macroinvertebrates.

The Pastaza River, despite receiving discharges from the other two, showed mixed results, possibly due to anthropogenic influence and the presence of a dam. The results highlight the importance of macroinvertebrates as effective tools for ecological monitoring. It is recommended to increase sampling efforts during dry seasons and in less accessible areas to establish a solid baseline of aquatic biodiversity in this key conservation corridor.

Acumulación de metales pesados a través de distintos grupos tróficos de peces de la Amazonía ecuatoriana y análisis de riesgos para la salud humana

Accumulation of heavy metals across different trophic groups of fish from the ecuadorian Amazon and human health risk assessment

Gabriela Echevarría Díaz[1], Fernando Sánchez Orellana[1]

[1] *Universidad de Las Américas*

Autor de correspondencia: gabriela.echevarria@udla.edu.ec

Resumen

En la cuenca del río Amazonas, la expansión de las actividades petroleras, mineras, agrícolas y urbanas se ha vinculado con la degradación de los ecosistemas acuáticos. Entre los efectos de estas actividades, destaca la contaminación de los peces con metales pesados, tales como el mercurio, el arsénico, el cadmio, el cromo o el plomo. En Ecuador, se ha reportado la presencia de estos metales pesados en las cuencas de los ríos Napo, Aguarico y Pastaza. Se ha descrito la biomagnificación del mercurio a través de las redes tróficas, resultando en mayores concentraciones en los peces piscívoros más grandes. Por ello, para este trabajo se planteó caracterizar la bioacumulación de metales pesados en los grupos tróficos de peces de los ríos Napo, Aguarico y Conambo, así como evaluar los riesgos potenciales para la salud humana debido al consumo de pescado contaminado con metales pesados. Los muestreos de peces se realizaron con redes de ahorque y anzuelos durante las fases hidrológicas de ascenso y retirada de aguas, en marzo y octubre de 2023 en los ríos Napo y Aguarico, y de 2024 en el Conambo. Los tejidos musculares de los peces se analizaron en un espectrofotómetro de masas acoplado. Las concentraciones determinadas se transformaron a peso húmedo para calcular los índices de riesgo no carcinogénico y carcinogénico considerando los pesos promedio para cuatro intervalos de edades y dos tasas de consumo de pescado reportadas para la Amazonía: 49 g y 176 g diarios. En conclusión, los grupos tróficos de peces carnívoros mostró los mayores índices de riesgo, lo cual se asoció con el mercurio y el arsénico principalmente. Los factores más importantes en determinar los índices de riesgo fueron el grupo trófico de los peces y la edad de las personas.

Abstract

In the Amazon River basin, the expansion of oil, mining, agricultural, and urban activities has been linked to the degradation of aquatic ecosystems. Among the effects of these activities, fish contamination with heavy metals—such as mercury, arsenic, cadmium, chromium, and lead—stands out. In Ecuador, the presence of these heavy metals has been reported in the Napo, Aguarico, and Pastaza river basins. Mercury biomagnification has been described throughout trophic networks, resulting in higher concentrations in larger piscivorous fish. Therefore, this study aimed to characterize the bioaccumulation of heavy metals across trophic groups of fish from the Napo, Aguarico, and Conambo rivers, and to assess potential human health risks associated with the consumption of fish contaminated with heavy metals. Fish samples were collected using gill nets and hooks during the hydrological phases of rising and receding waters—March and October 2023 for the Napo and Aguarico rivers, and 2024 for the Conambo River. Fish muscle tissues were analyzed using an inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS). The determined concentrations were converted to wet weight to calculate non-carcinogenic and carcinogenic risk indices, considering average body weights for four age intervals and two fish consumption rates reported for the Amazon region: 49 g and 176 g per day. In conclusion, carnivorous fish trophic groups showed the highest risk indices, mainly associated with mercury and arsenic. The most important factors determining risk indices were the trophic group of the fish and the age of the individuals.

Ecología trófica de peces de fondo *Paralabrax* spp. (Perela), *Caulolatilus affinis* (Cabezudo) y *Leopophidium negropina* (Congrio) de importancia económica en el Puerto de Santa Rosa, Santa Elena, Ecuador

Trophic ecology of demersal fish Paralabrax *spp. (Perela),* Caulolatilus affinis *(Cabezudo), and* Leptophidium negropina *(Conger eel) of economic importance in the Port of Santa Rosa, Santa Elena, Ecuador*

David Tomalá Tomalá[1], Jodie Jéssica Darquea[1]

1 Universidad Estatal Península de Santa Elena

Resumen

El conocimiento de los hábitos alimenticios es un aspecto importante de la biología de los peces, particularmente en los peces demersales, quienes viven en o cerca del fondo de las zonas litoral, eulitoral y plataforma continental. Para ello, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la ecología trófica de *Paralabrax* spp., *Caulolatilus affinis* y *Leopophidium negropina*, colectados en el puerto pesquero de Santa Rosa, mediante el análisis cuantitativo de las muestras del contenido estomacal, determinando la abundancia y composición sobre las preferencias alimentarias. Se adquirieron 90 ejemplares de cada especie en tres meses de estudio (abril, mayo y junio), analizándose un total de 270 peces donde se registró en la primera fase: la talla (LT), sexo (proporción) y pesos (g). En la segunda fase: se identificaron los diversos ítems presa que componen la dieta. Se calcularon índices tróficos (gravimétrico, numérico, ocurrencia), e índices ecológicos (Índice de Levin). De esta manera, la amplitud de la dieta (Bi´) mostró que la Perela (0,344) y el Cabezudo (0,209) presentaban una marcada preferencia por ciertas especies, por lo que se clasificaron como depredadores especialistas y el Congrio (0,649) como un depredador generalista. El valor de TROPH obtenido para *Paralabrax* ssp. (Troph = 3,3) y *Caulolatilus affinis* (Troph = 3), se catalogaron como depredadores carnívoros de nivel secundario y terciario y para *Leopophidium negropina* (Troph = 4,1) como un consumidor terciario, alimentándose de presas en el segundo nivel de la cadena trófica. Reflejando así, que las especies evaluadas cumplen diferentes roles dentro de la red alimentaria marina bentónica. Donde la Perela y el Cabezudo dependen de recursos alimenticios más restringidos y, por lo tanto, pueden ser más vulnerables a cambios en la disponibilidad de sus presas mientras que el Congrio, al ser generalista, muestra mayor flexibilidad y resiliencia ecológica frente a variaciones en la oferta trófica.

Abstract

Knowledge of feeding habits is an important aspect of fish biology, particularly for demersal species that inhabit or dwell near the bottom of littoral, eulittoral, and continental shelf zones. This study aimed to determine the trophic ecology of *Paralabrax* spp., *Caulolatilus affinis*, and *Leptophidium negropina* collected at the Santa Rosa fishing port through quantitative analysis of stomach contents, assessing abundance and composition to identify dietary preferences. A total of 90 specimens of each species were collected over three months (April, May, and June), for a total of 270 fish analyzed. In the first phase, total length (TL), sex ratio, and weight (g) were recorded. In the second phase, prey items composing the diet were identified. Trophic indices (gravimetric, numerical, and frequency of occurrence) and ecological indices (Levin's Index) were calculated. The dietary breadth (Bi´) indicated that Perela (*Paralabrax* spp., 0.344) and Cabezudo (*Caulolatilus affinis*, 0.209) exhibited a marked preference for certain prey species and were therefore classified as specialist predators, while Conger Eel (*Leptophidium negropina*, 0.649) was identified as a generalist predator. The TROPH values obtained were 3.3 for *Paralabrax* spp. and 3.0 for *C. affinis*, classifying them as secondary and tertiary-level carnivorous predators, respectively, and 4.1 for *L. negropina*, identifying it as a tertiary consumer feeding on prey from the second trophic level. These results indicate that the evaluated species play different roles within the benthic marine food web. Perela and Cabezudo depend on more restricted food resources and may therefore be more vulnerable to changes in prey availability, whereas Conger Eel, being a generalist, exhibits greater ecological flexibility and resilience to variations in trophic resource availability.

Análisis preliminar de la calidad del agua y desempeño productivo de *Piaractus brachypomus* en sistemas acuícolas tradicionales y tecnología bioaquafloc en el piedemonte amazónico ecuatoriano

*Preliminary analysis of water quality and productive performance of P*iaractus brachypomus *in traditional aquaculture systems and bioaquafloc technology in the ecuadorian Amazon piedmont*

Luis Antonio Maldonado Chiriboga[1], Francisco Villamarín[1], Darwin Omar Yánez Avalos[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: luis.maldonado@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La acuicultura sostenible se ha convertido en una alternativa clave para la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos en la Amazonía ecuatoriana. La cachama (*Piaractus brachypomus*), especie nativa de gran importancia productiva por su rápido crecimiento y resistencia, requiere de sistemas de cultivo que aseguren un adecuado desempeño productivo y sanitario. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento y la eficiencia alimenticia de *P. brachypomus* bajo dos sistemas acuícolas: tradicional y bioaquafloc, comparando parámetros fisicoquímicos del agua, biometrías de peso y talla, y la alimentación diaria. La investigación se desarrolló en seis estanques circulares de geomembrana de aproximadamente 7 m3 en el área rural de la ciudad de Tena. Dos estanques fueron manejados bajo sistema tradicional de recambio de agua y cuatro con tecnología bioaquafloc, que incorpora fermentos elaborados a base de levadura con melaza y salvado de arroz como probióticos. Registramos periódicamente parámetros de calidad del agua (oxígeno disuelto, pH, temperatura, amonio total, amoniaco, nitritos y nitratos). Realizamos biometrías de los peces y calculamos el factor de conversión alimenticia (FCA) a partir de los registros de alimentación. Los resultados evidenciaron que el sistema bioaquafloc presentó mayor estabilidad en la calidad del agua, con mejores concentraciones de oxígeno disuelto y menor acumulación de compuestos nitrogenados en comparación con los estanques tradicionales. Asimismo, los peces cultivados en bioaquafloc alcanzaron mayores promedios de peso y talla, y aunque los datos del FCA no presentaron distribución normal, se evidenció una diferencia positiva en los estanques con bioaquafloc frente al sistema tradicional. En conjunto, estos resultados preliminares sugieren que el

sistema bioaquafloc constituye una alternativa prometedora para optimizar la productividad y sostenibilidad del cultivo de cachama en la región amazónica, al mejorar tanto las condiciones ambientales como el aprovechamiento del alimento.

Abstract

Sustainable aquaculture has become a key alternative for food security and resource conservation in the Ecuadorian Amazon. The cachama (*Piaractus brachypomus*), a native species of great productive importance due to its fast growth and resilience, requires culture systems that ensure adequate productive and sanitary performance. The objective of this study was to evaluate the growth and feeding efficiency of *P. brachypomus* under two aquaculture systems: traditional and bioaquafloc, comparing physicochemical water parameters, weight and length biometrics, and daily feeding. The research was carried out in six circular geomembrane ponds of approximately 7 m³ in the rural area of the city of Tena. Two ponds were managed under a traditional water exchange system and four with bioaquafloc technology, which incorporates ferments made from yeast with molasses and rice bran as probiotics. We periodically recorded water quality parameters (dissolved oxygen, pH, temperature, ammonium, ammonia, nitrites, and nitrates). We conducted biometrics of the fish and calculated the feed conversion ratio (FCR) from the feeding records. The results showed that the bioaquafloc system presented greater stability in water quality, with better concentrations of dissolved oxygen and lower accumulation of nitrogenous compounds compared to the traditional ponds. Likewise, the fish cultivated in bioaquafloc reached higher averages of weight and length, and although the FCR data did not present a normal distribution, a positive difference was observed in the ponds with bioaquafloc compared to the traditional system. Overall, these preliminary results suggest that the bioaquafloc system constitutes a promising alternative to optimize the productivity and sustainability of cachama farming in the Amazon region, by improving both environmental conditions and feed utilization.

Diversidad de peces utilizando ADN ambiental y métodos directos de captura en la cuenca del Río Tena, Ecuador

Fish diversity using environmental DNA (eDNA) and direct capture methods in the Tena River basin, Ecuador

Areliz Maila-Pallasco[1], Francisco Villamarín-Jurado[1], Mauricio Ortega-Andrade[1]

[1] *Universidad Regional Amazónica Ikiam*

Autor de correspondencia: areliz.maila@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Los peces de agua dulce representan una cuarta parte del total de vertebrados en el planeta. En los últimos años, la diversidad de peces ha sido afectada fuertemente por presiones antrópicas. De esta forma, comprender la diversidad de peces y su distribución en los ecosistemas acuáticos es de vital importancia para la gestión sostenible y la conservación. El uso de la técnica de ADN ambiental (eDNA) en contraste con los métodos directos de captura (pesca eléctrica y trampas) muestra ser una alternativa no invasiva y eficiente para la identificación de peces. Sin embargo, poco se conoce en qué medida ambas metodologías convergen en su capacidad de detección de especies. En la cuenca alta del Río Tena, se realizaron dos aproximaciones para el estudio de la diversidad íctica. La primera, se enfocó en caracterizar y comparar la diversidad de peces en charcas y ríos utilizando únicamente la técnica de eDNA. Así, se identificó 34 especies de peces y se encontró mayor diversidad alfa en los ríos. La diversidad beta mostró que existe gran disimilitud en la composición de peces entre charcas y ríos, a pesar de existir algunas especies compartidas. En la segunda aproximación, se comparó la técnica eDNA frente a métodos directos de captura de peces en arroyos para evaluar cuál método es más eficiente en la detección de especies. Se registraron 31 especies con eDNA de las cuales únicamente 12 fueron detectadas utilizando métodos directos de captura. De esta forma, la técnica de ADN ambienteal (eDNA) mostró ser casi tres veces más efectiva para la detección de especies de peces. Sin embargo, es posible que exista una sobreestimación de especies que no necesariamente se encuentren establecidas en los ríos, pero que su ADN se encuentre presente proveniente de piscinas de acuicultura, como es el caso de especies invasoras como *Oreochromis niloticus*. Este estudio destaca el potencial del ADN ambiental (eDNA) como una herramienta complementaria a los métodos tradicionales de muestreo

para evaluar la diversidad de peces de agua dulce, proporcionando información valiosa para el monitoreo de la biodiversidad y la planificación de la conservación en sistemas acuáticos amazónicos.

Abstract

Freshwater fish represent one-quarter of all vertebrate species on the planet. In recent years, fish diversity has been severely affected by anthropogenic pressures. Understanding fish diversity and distribution within aquatic ecosystems is therefore essential for sustainable management and conservation. The use of environmental DNA (eDNA) techniques, compared to direct capture methods (electrofishing and trapping), has proven to be a non-invasive and efficient alternative for fish identification. However, little is known about the degree to which both methodologies converge in their species detection capabilities. In the upper Tena River Basin, two complementary approaches were implemented to study fish diversity. The first focused on characterizing and comparing fish diversity in ponds and rivers using only eDNA. A total of 34 fish species were identified, with higher alpha diversity observed in rivers. Beta diversity revealed considerable dissimilarity in species composition between ponds and rivers, despite some shared species. In the second approach, the eDNA technique was compared to direct capture methods in streams to evaluate which method was more efficient for species detection. A total of 31 species were recorded using eDNA, of which only 12 were detected through direct capture methods. Thus, the eDNA technique proved to be nearly three times more effective in detecting fish species. However, it is possible that eDNA may overestimate the number of species actually established in the rivers, since DNA traces may originate from aquaculture ponds—such as in the case of the invasive species *Oreochromis niloticus*. This study highlights the potential of eDNA as a complementary tool to traditional survey methods for assessing freshwater fish diversity, providing valuable insights for biodiversity monitoring and conservation planning in Amazonian aquatic systems.

Efecto de la restricción de alimento en cachama (*Piaractus brachypomus*) con la adición de *Bacillus subtilis* en la dieta

Effect of feed restriction and dietary supplementation with Bacillus subtilis *on cachama (*Piaractus brachypomus*)*

Bryan Esteban Erazo Patiño[1], Diego Riera Riera[1], Ricardo Burgos Morán[1]

1 Universidad Estatal Amazónica

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de la restricción alimentaria en juveniles de *Piaractus brachypomus*, incorporando *Bacillus subtilis* en la dieta. Se aplicaron esquemas de restricción durante 28 días, alternando periodos de ayuno y realimentación, con una tasa de alimentación del 3%. Se utilizaron 144 ejemplares juveniles (peso promedio: 222,29 ± 38,26 g; longitud: 18,33 ± 1,18 cm), distribuidos en cuatro tratamientos con tres réplicas cada uno: T1 (6 días de alimentación, 1 de ayuno), T2 (4 días de alimentación, 3 de ayuno), T3 (2 días de alimentación, 5 de ayuno) y TC (alimentación continua), bajo un diseño factorial 4 x 2: cuatro esquemas de alimentación, con y sin suplementación de *B. subtilis*. Se realizaron mediciones zootécnicas en los días 1, 15 y 30 para evaluar parámetros productivos como ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA), coeficiente de condición (K) y supervivencia (S). Al finalizar, se tomaron muestras sanguíneas para determinar hematocrito, hemoglobina y perfil leucocitario, además de analizar hígado y músculo para calcular el índice hepatosomático y los contenidos de proteína y lípidos. Los peces del tratamiento T1 con *B. subtilis* mostraron mejores resultados en GP y K, mientras que los del T3 sin probiótico destacaron en CA y EA. El análisis del músculo reveló mayor contenido proteico y lipídico en T1, y menor en T3 sin B. subtilis. En cuanto al perfil hematológico, el T3 sin probiótico presentó los valores más altos de hematocrito y hemoglobina, mientras que el T1 con *B. subtilis* mostró los más bajos. El conteo leucocitario aumentó con la inclusión del probiótico, aunque debe precisarse la significancia estadística. Se concluye que el tratamiento T2 (4 días de alimentación y 3 de ayuno) presentó resultados estadísticamente similares al control, siendo una estrategia viable para la alimentación de *P. brachypomus*.

Abstract

This study aimed to evaluate the impact of feed restriction on juveniles of *Piaractus brachypomus* by incorporating *Bacillus subtilis* into the diet. Feeding restriction schemes were applied for 28 days, alternating fasting and refeeding periods, with a feeding rate of 3%. A total of 144 juvenile specimens (average weight: 222.29 ± 38.26 g; length: 18.33 ± 1.18 cm) were distributed into four treatments with three replicates each: T1 (6 days feeding, 1 fasting), T2 (4 feeding, 3 fasting), T3 (2 feeding, 5 fasting), and TC (continuous feeding), under a 4 × 2 factorial design: four feeding schemes, with and without supplementation *B. subtilis* supplementation. Zootechnical measurements were taken on days 1, 15, and 30 to assess productive parameters such as weight gain (WG), feed conversion ratio (FCR), feed efficiency (FE), condition factor (K), and survival rate (S). At the end of the trial, blood samples were collected to determine hematocrit, hemoglobin, and leukocyte profile, while liver and muscle tissues were analyzed to calculate the hepatosomatic index and protein and lipid contents. Fish from treatment T1 with *B. subtilis* supplementation showed the best results for WG and K, whereas those from T3 without the probiotic exhibited superior FCR and FE. Muscle analysis revealed higher protein and lipid content in T1, and the lowest in T3 without *B. subtilis*. Regarding hematological parameters, T3 without probiotic presented the highest hematocrit and hemoglobin values, while T1 with *B. subtilis* showed the lowest. Leukocyte count increased with the inclusion of the probiotic, although the statistical significance should be clarified. In conclusion, treatment T2 (4 days feeding and 3 days fasting) showed statistically similar results to the control, suggesting it as a viable feeding strategy for *P. brachypomus*, optimizing feed use without compromising growth performance or health.

Hábitos alimentarios de 10 especies de peces de la cuenca media y baja del río Santiago-Cayapas, Noroeste del Ecuador

Feeding habits of 10 fish species from the middle and lower Santiago-Cayapas river basin, Northwestern Ecuador

Pablo Arguello[1]

1 Escuela Politécnica Nacional

Resumen

Se evaluó los hábitos alimenticios de peces de la cuenca media y baja del río Santiago-Cayapas, noroeste del Ecuador. Los peces fueron colectados en 23 estaciones de muestreo entre Agosto y octubre de 1984 y 1985. Se examinaron 300 especímenes de 10 especies, encontrando contenido estomacal en 267 de ellos. Los resultados se expresaron utilizando el Índice de Importancia Relativa (% IIR), basado en los métodos gravimétricos, numéricos y de frecuencia de ocurrencia. Identificamos 95 ítems alimenticios contenidos en 10 categorías, siendo los recursos bentónicos y autóctonos ampliamente consumidos por la comunidad de peces, probablemente debido a la ecología y morfología de la cuenca del río Santiago-Cayapas. Se identificaron cuatro grupos tróficos según los análisis de ordenamiento DCA y similitud siendo los omnívoros (*Andinoacara sapayensis, Mesoheros ornatum, Rhamdia cinerascens, Pimelodella grisea, Eretmobrycon dahli*) los más representativos, con tendencia a dietas solapadas y generalistas, mientras que *Lebiasina astrigata* muestra preferencia por insectos terrestres. El resto de las especies presentaron valores bajos de solapamiento y dietas especializadas en insectos acuáticos (*Hemeliotris. latifasciata*), algas y detritus (*Pseudocurimata lineopunctata, Awaous transandeanus*) o invertebrados bentónicos (*Gobiomorus. maculatus*). Los valores moderados de amplitud de nicho en la mayoría de las especies revelan una tendencia hacia hábitos oportunistas y amplia plasticidad alimenticia.

Abstract

The feeding habits of fish from the middle and lower Santiago-Cayapas River basin, northwestern Ecuador, were evaluated. Fish were collected from 23 sampling stations between August and October of 1984 and 1985. A total of 300 specimens from 10 species were examined, of which 267 contained stomach contents. The results were expressed using the Index of Relative Importance (%IRI), based on gravimetric, numerical, and frequency of occurrence methods. A total of 95 food items were identified and classified into 10 categories, with benthic and autochthonous resources being widely consumed by the fish community, likely due to the ecology and morphology of the Santiago-Cayapas River basin. Four trophic groups were identified through DCA ordination and similarity analyses, with omnivores (*Andinoacara sapayensis*, *Mesoheros ornatum*, *Rhamdia cinerascens*, *Pimelodella grisea*, *Eretmobrycon dahli*) being the most representative, showing a tendency toward overlapping and generalist diets, while *Lebiasina astrigata* showed a preference for terrestrial insects. The remaining species exhibited low dietary overlap and specialized diets focused on aquatic insects (*Hemeliotris latifasciata*), algae and detritus (*Pseudocurimata lineopunctata*, *Awaous transandeanus*), or benthic invertebrates (*Gobiomorus maculatus*). Moderate niche breadth values in most species indicate a tendency toward opportunistic habits and broad feeding plasticity.

Ikiam Anglers: ciencia, educación y conservación en la Amazonía Sur del Ecuador

Ikiam Anglers: science, education, and conservation in the Southern Amazon of Ecuador

Fredy Iván Nugra Salazar[1]

1 Universidad del Azuay

Autor de correspondencia: fredynugra@yahoo.com

Resumen

En la Amazonía sur del Ecuador, la conservación de los ecosistemas acuáticos y la educación ambiental enfrentan retos crecientes debido a la presión antrópica, la deforestación y el uso no sostenible de los recursos hídricos. En este contexto surge Ikiam Anglers, una iniciativa innovadora que combina ciencia ciudadana, investigación biológica y turismo sostenible mediante la práctica de la pesca deportiva con devolución ("catch and release"). El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia de Ikiam Anglers como un modelo educativo y de conservación que vincula a comunidades locales, estudiantes y visitantes con la biodiversidad íctica y la importancia de los ríos amazónicos. La metodología se basa en muestreos participativos de peces con protocolos científicos, registros fotográficos, talleres comunitarios y recorridos interpretativos, integrando herramientas tecnológicas como cámaras de agua, sonares, drones y material didáctico digital. Entre los principales resultados se destaca la generación de un catálogo fotográfico de especies de peces nativos, la sensibilización a estudiantes, pescadores, territorios ancestrales y guías locales en prácticas de manejo responsable de la fauna acuática, así como la consolidación de un espacio denominado Anglers Home que funciona como laboratorio vivo para la enseñanza y la divulgación científica. Se concluye que Ikiam Anglers aporta a la educación biológica al fomentar un aprendizaje participativo, fortalece la conservación al promover la valoración de la ictiofauna amazónica y abre nuevas oportunidades de desarrollo comunitario mediante un turismo de bajo impacto. Esta experiencia demuestra que la integración de ciencia, educación y recreación puede convertirse en una herramienta eficaz para la protección de la biodiversidad y la formación de nuevas generaciones comprometidas con el cuidado de los ecosistemas.

Abstract

In the southern Ecuadorian Amazon, the conservation of aquatic ecosystems and environmental education face growing challenges due to anthropogenic pressure, deforestation, and the unsustainable use of water resources. In this context, *Ikiam Anglers* emerges as an innovative initiative that combines citizen science, biological research, and sustainable tourism through the practice of catch-and-release sport fishing. The objective of this work is to present the experience of *Ikiam Anglers* as an educational and conservation model that connects local communities, students, and visitors with fish biodiversity and the importance of Amazonian rivers. The methodology is based on participatory fish sampling using scientific protocols, photographic records, community workshops, and interpretive tours, integrating technological tools such as underwater cameras, sonars, drones, and digital educational materials. Among the main results are the creation of a photographic catalog of native fish species, the sensitization of students, fishermen, ancestral territories, and local guides toward responsible management of aquatic fauna, as well as the establishment of a space known as *Anglers Home*, which functions as a living laboratory for teaching and scientific outreach. *Ikiam Anglers* contributes to biological education by fostering participatory learning, strengthens conservation by promoting appreciation of Amazonian ichthyofauna, and opens new opportunities for community development through low-impact tourism. This experience demonstrates that the integration of science, education, and recreation can become an effective tool for biodiversity protection and for shaping new generations committed to the care of ecosystems.

Diversidad críptica en *Astroblepus* (Siluriformes: Astroblepidae): la taxonomía integrativa revela complejidad en la cuenca del río Esmeraldas, Ecuador

Cryptic diversity in Astroblepus *(Siluriformes: Astroblepidae): integrative taxonomy reveals complexity in the Esmeraldas river basin, Ecuador*

Kevin P. Chugá-Puetate[1], María Peñaranda Valla[2], Daniel Escobar-Camacho[3], Jonathan Valdiviezo[4], Juan F. Rivadeneira[2]

1 Fundación Cóndor Andino; Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Central del Ecuador

2 Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Central del Ecuador

3 Laboratorio de Ecología Acuática, Global Research & Solution Center, Universidad San Francisco de Quito

4 Instituto Nacional de Biodiversidad

Autor de correspondencia: chuga.puetate.kevin@gmail.com

Resumen

El género *Astroblepus* es un grupo de peces emblemático de los Andes tropicales. Su capacidad para escalar superficies verticales, junto con su aislamiento en cuencas hidrográficas independientes, ha favorecido un alto nivel de endemismo a escalas microgeográficas. En Ecuador se reconocen 24 especies, distribuidas en regiones subtropicales, templadas y altoandinas, con 14 presentes en la vertiente occidental, de las cuales 9 son endémicas y presentan desafíos para su conservación. Históricamente, la investigación ha sido limitada por la dificultad de establecer criterios confiables para delimitar especies, debido a descripciones ambiguas, diversidad críptica y plasticidad morfológica del grupo. Este estudio aplicó un enfoque taxonómico integrador mediante técnicas de morfometría geométrica, análisis moleculares y caracteres morfológicos tradicionales para evaluar la diversidad de especies dentro del género *Astroblepus* en la cuenca del río Esmeraldas, donde actualmente se reconocen cinco especies. Los análisis individuales y combinados identificaron seis especies, superando la estimación previa. Se confirmó la validez de *A. eigenmmani* y *A. fissidens* como especies formales, mientras que *A. mindoensis* y *A. theresiae* se recuperaron como posibles sinónimos. Dentro de *A. cyclopus* identificamos dos linajes crípticos y se descubrieron *A. aff. mindoensis* y *A. sp* como dos posibles especies nuevas, caracterizadas por autopomorfias moleculares y morfológicas. Estos resultados revelan la complejidad evolutiva en la cuenca y como la distribución altitudinal y el aislamiento entre subcuencas han sido claves para la

divergencia. Asimismo, este estudio demuestra la importancia de usar múltiples metodologías para comprender la diversidad taxonómica de este grupo.

Abstract

The genus *Astroblepus* is an emblematic group of fishes from the tropical Andes. Its ability to climb vertical surfaces, together with isolation across independent drainage basins, has fostered a high level of endemism at microgeographic scales. In Ecuador, 24 species are recognized, distributed across subtropical, temperate, and high Andean regions; 14 occur on the western slope, of which 9 are endemic and present conservation challenges. Historically, research has been limited by the difficulty of establishing reliable criteria for species delimitation, due to ambiguous descriptions, cryptic diversity, and morphological plasticity within the group. This study applied an integrative taxonomic approach combining geometric morphometrics, molecular analyses, and traditional morphological characters to assess species diversity within *Astroblepus* in the Esmeraldas River basin, where five species are currently recognized. Individual and combined analyses identified six species, exceeding prior estimates. The validity of *A. eigenmanni* and *A. fissidens* as formal species was confirmed, whereas *A. mindoensis* and *A. theresiae* were recovered as potential synonyms. Within *A. cyclopus*, we identified two cryptic lineages, and *A. aff. mindoensis* and *A. sp.* were discovered as two possible new species, characterized by molecular and morphological autapomorphies. These results reveal evolutionary complexity within the basin and show how altitudinal distribution and isolation among sub-basins have been key drivers of divergence. Likewise, the study underscores the importance of employing multiple methodologies to understand the taxonomic diversity of this group.

Hacia una pesca sostenible en la Amazonía: diagnóstico y aprendizajes en el sitio Ramsar Cuyabeno Lagartococha Yasuní

Toward sustainable fisheries in the Amazon: diagnosis and lessons learned at the Cuyabeno–Lagartococha–Yasuní Ramsar site

Jorge Celi[1], Bryan Rosero[1], Karina Quizhpi[1], Christofer Mena[1], Gonzalo Villa Cox[2], Sebastián Vega[3], Cecilia Rodríguez[4]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad de Gante

3 Escuela Superior Politécnica del Litoral

4 Autora independiente

Autor de correspondencia: jorge.celi@ikiam.edu.ec

Resumen

El sitio Ramsar Cuyabeno–Lagartococha–Yasuní (CLY), en la Amazonía ecuatoriana, constituye uno de los paisajes de mayor diversidad biológica y cultural del planeta. En esta región, diversos pueblos indígenas (Kichwa, Cofán, Secoya, Siona, Shuar y Waorani) mantienen una estrecha relación con los ecosistemas acuáticos, donde la pesca es un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, la economía familiar y la identidad cultural. Sin embargo, a través de un análisis situacional encontramos múltiples amenazas y desafíos para la sostenibilidad de este recurso estratégico. Entre los principales hallazgos se identifican la sobrepesca, la captura indiscriminada de especies clave como el paiche, la contaminación por actividades extractivas, la deforestación y la débil aplicación de la normativa pesquera, que en el Ecuador se centra históricamente en la pesca marina. Adicionalmente, existe una marcada carencia de información sistemática sobre capturas, esfuerzo de pesca, dinámica poblacional y aspectos económicos de la actividad, que limita la toma de decisiones. La ausencia de una línea base confiable y de mecanismos de monitoreo constituye un vacío crítico en la gestión pesquera. Por otro lado, la fuerte dependencia local del recurso resalta la importancia de promover prácticas sostenibles, autorregulación comunitaria y medidas de conservación que integren el conocimiento tradicional. Asimismo, el desarrollo de la acuicultura de especies nativas —como paiche, bocachico o cachama— se vislumbra como una alternativa para reducir la presión sobre las poblaciones silvestres, siempre que se aborde con criterios ambientales y socioeconómicos sólidos. Las lecciones aprendidas subrayan la necesidad de

un plan integral de manejo pesquero que articule a comunidades, Estado, academia y sector privado, incorporando tecnologías modernas, conocimiento tradicional, educación continua y gobernanza efectiva. Solo mediante un enfoque participativo, intercultural y regional será posible garantizar la sostenibilidad de las pesquerías y la resiliencia de las comunidades amazónicas frente a crecientes presiones ambientales y económicas.

Abstract

The Cuyabeno Lagartococha Yasuní (CLY) Ramsar site, in the Ecuadorian Amazon, is one of the most biologically and culturally diverse landscapes on the planet. In this region, several Indigenous peoples (Kichwa, Cofán, Secoya, Siona, Shuar, and Waorani) maintain a close relationship with aquatic ecosystems, where fishing is a cornerstone of food security, household economies, and cultural identity. However, a situational analysis reveals multiple threats and challenges to the sustainability of this strategic resource. Key findings include overfishing, indiscriminate harvest of keystone species such as paiche (*Arapaima*), pollution from extractive activities, deforestation, and weak enforcement of fisheries regulations which in Ecuador have historically focused on marine fisheries. Additionally, there is a marked shortage of systematic information on catches, fishing effort, population dynamics, and the economic dimensions of the activity, which constrains decision-making. The absence of a reliable baseline and of monitoring mechanisms constitutes a critical gap in fisheries management. At the same time, the strong local dependence on the resource underscores the importance of promoting sustainable practices, community self-regulation, and conservation measures that integrate traditional knowledge. Likewise, the development of aquaculture with native species such as paiche, bocachico, or cachama emerges as an alternative to reduce pressure on wild stocks, provided it is pursued with robust environmental and socioeconomic criteria. The lessons learned highlight the need for a comprehensive fisheries management plan that brings together communities, the State, academia, and the private sector, incorporating modern technologies, traditional knowledge, continuous education, and effective governance. Only through a participatory, intercultural, and regional approach will it be possible to ensure the sustainability of fisheries and the resilience of Amazonian communities in the face of mounting environmental and economic pressures.

Estandarización del protocolo de diafanización y tinción diferencial para la caracterización del patrón de osificación en el desarrollo de "Capaz" (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879)

Standardization of the clearing and differential staining protocol for characterizing the ossification pattern during the development of "Capaz" (Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879)*

Diego José Gasca Garzón[1], Beatriz Elena Zapata Berruecos[1], Rubén Darío Valbuena Villarreal[1]

1 Universidad Surcolombiana

Resumen

El Capaz (*Pimelodus grosskopfii*) bagre endémico y de alto valor pesquero en la cuenca media-alta del río Magdalena (Colombia), se encuentra en peligro de extinción por la presión antrópica sobre sus poblaciones. Existen pocos estudios para conocer las dinámicas de este pez, como el desarrollo larvario, del cual no hay registro, ni de sus estructuras morfológicas internas, como el esqueleto, cuyo patrón de osificación carece de descripción. Realizar estudios sobre estos temas permitiría desarrollar planes de conservación y desentrañar el complejo taxonómico de este género. Estandarizando el protocolo de diafanización se pretende hacer seguimiento al desarrollo larvario y al patrón de osificación. Teniendo en cuenta procesos claves de la diafanización como la tinción cartilaginosa, maceración, tinción ósea, aclaración y preservación, se planteó un protocolo base. A través de reproducción inducida se obtuvo dos lotes de larvas en la estación experimental de la universidad Surcolombiana, Neiva-Huila, Colombia. Las muestras tomadas durante 30 días fueron fijadas en formol, posteriormente preservadas en alcohol para ser pasadas a digestión enzimática con pancreatina y así llevarlas a tinción con azul de Alcián, para continuamente transferirse a una solución de hidróxido de potasio, con la solución de rojo de alizarina se dio la tinción ósea y con solución de Mall la aclaración, finalmente fueron dispuestas en preservación. En esta primera fase de estandarización y replanteamiento del protocolo base se ha encontrado el tiempo y la concentración optima de reactivos para los diferentes días post-eclosión, lo que permitió visualizar matrices cartilaginosas en transición a tejido óseo y la osificación intramembranosa o directa de las vértebras alrededor de los 6 días de eclosión. Dado que el proceso de estandarización no ha culminado, se espera seguir avanzando para poder plantear un protocolo base de diafanización y tinción diferencial en bagres.

Abstract

The "capaz" (*Pimelodus grosskopfii*), an endemic catfish of high fishery value in the middle–upper Magdalena River basin (Colombia), is endangered due to anthropogenic pressure on its populations. Few studies address the species' dynamics such as larval development, for which no records exist or its internal morphological structures, including the skeleton, whose ossification pattern remains undescribed. Research on these topics would enable the development of conservation plans and help unravel the taxonomic complexity of this genus. By standardizing a clearing (diaphanization) protocol, we aim to track larval development and the ossification pattern. Considering key steps in the clearing process cartilage staining, maceration, bone staining, clearing, and preservation we proposed a base protocol. Through induced reproduction, two batches of larvae were obtained at the experimental station of Universidad Surcolombiana, Neiva–Huila, Colombia. Samples collected over 30 days were fixed in formalin, then preserved in alcohol, subjected to enzymatic digestion with pancreatin, and stained with Alcian blue; they were subsequently transferred to a potassium hydroxide solution, stained for bone with alizarin red, cleared with Mall's solution, and finally preserved. In this initial phase of standardization and refinement of the base protocol, we determined the optimal times and reagent concentrations for different days post-hatching, which allowed visualization of cartilaginous matrices transitioning to bone tissue and intramembranous (direct) ossification of the vertebrae at around six days post-hatching. As the standardization process is ongoing, further progress is expected to establish a baseline clearing and differential staining protocol for catfishes.

Impactos de hidroeléctricas de pasada sobre las comunidades de peces andinos: el caso del río Dulcepamba (Ecuador)

Impacts of run-of-river hydropower on andean fish communities: the case of the Dulcepamba river (Ecuador)

Ibon Tobes[1], Jordi Rivera-Albuja[1], Blanca Ríos-Touma[2], Rafael Miranda[3], Emily Conrad[4]

1 Universidad Tecnológica Indoamérica

2 Universidad San Francisco de Quito

3 Universidad de Navarra

4 Proyecto Socioambiental Dulcepamba

Autor de correspondencia: ibontobes@uti.edu.ec

Resumen

La expansión de la energía hidroeléctrica en regiones de alta biodiversidad, como los Andes ecuatorianos, plantea preocupaciones significativas sobre sus efectos ecológicos. Este estudio analiza la composición de las comunidades de peces y las condiciones del hábitat en los ríos Cristal y Dulcepamba, en la provincia de Bolivar (Ecuador), centrándose en los impactos del Proyecto Hidroeléctrico San José del Tambo sobre el río Dulcepamba. Durante la estación seca (noviembre–diciembre de 2023) se realizaron muestreos en 15 sitios, evaluando la fauna íctica, el entorno físico y la calidad ambiental. Se observó una notable reducción en la abundancia y diversidad de peces en los tramos del río Dulcepamba afectados por la derivación de caudales, con solo tres especies registradas en el sitio más impactado. En contraste, el río Cristal, con un régimen hidrológico poco alterado, presentó hasta 12 especies en un solo sitio. Los índices AAMBI, BMWP, QBR-And e IHF confirmaron mejores condiciones ecológicas en el río Cristal. En el Dulcepamba, la disminución del caudal ecológico, por debajo de los umbrales mínimos, provocó el secado de ciertos tramos y una grave interrupción en la conectividad fluvial y las rutas de migración de peces. Este trabajo aporta evidencia valiosa sobre ecosistemas tropicales andinos poco estudiados, subrayando la urgencia de equilibrar los proyectos energéticos con la conservación de estos ambientes vulnerables.

Abstract

The expansion of hydropower in regions of high biodiversity, such as the Ecuadorian Andes, raises significant concerns about ecological effects. This study analyzes fish community composition and habitat conditions in the Cristal and Dulcepamba rivers, in Bolívar Province (Ecuador), focusing on the impacts of the San José del Tambo Hydroelectric Project on the Dulcepamba River. During the dry season (November–December 2023), surveys were conducted at 15 sites, assessing ichthyofauna, the physical environment, and environmental quality. A notable reduction in fish abundance and diversity was observed in reaches of the Dulcepamba affected by flow diversion, with only three species recorded at the most impacted site. In contrast, the Cristal River, with a minimally altered hydrological regime, presented up to 12 species at a single site. The AAMBI, BMWP, QBR-And, and IHF indices confirmed better ecological conditions in the Cristal River. In the Dulcepamba, the reduction of ecological flow below minimum thresholds caused drying in certain reaches and severe disruption of river connectivity and fish migration routes. This work provides valuable evidence from understudied tropical Andean ecosystems, underscoring the urgency of balancing energy projects with the conservation of these vulnerable environments.

Etnoictiología y taxonomía tradicional shuar: los peces de San Luís de Inimkis en la Amazonía ecuatoriana

Ethnoichthyology and shuar traditional taxonomy: the fishes of San Luis de Inimkis in the ecuadorian Amazon

Ibon Tobes[1], Nantu Narankas[2], Jordi Rivera-Albuja[1], Iván Jácome-Negrete[3]

1 Universidad Tecnológica Indoamérica

2 Universidad Intercultural de las Nacionalidades y Pueblos Indígenas Amawtay Wasi

3 Universidad Central del Ecuador

Autor de correspondencia: ibontobes@uti.edu.ec

Resumen

Las comunidades indígenas amazónicas mantienen una estrecha relación con los ríos y sus peces, que constituyen una fuente fundamental de alimento y de conocimiento cultural. Presentamos un estudio etnoictiológico y de etnoclasificación realizado con la comunidad shuar de San Luís de Iñimkis, en la Amazonía ecuatoriana (Macas, Morona Santiago). El objetivo fue documentar la diversidad de peces presentes en sus ríos y registrar el conocimiento tradicional asociado. Se combinaron muestreos de pesca eléctrica con técnicas locales (anzuelos, atarrayas, pesca con visor y arpón y barbasco). Paralelamente, se llevaron a cabo talleres participativos con miembros de la comunidad, utilizando ejemplares vivos y material fotográfico de especies que podrían encontrarse en la zona. Estos espacios permitieron recopilar la terminología shuar, su sistema de clasificación y los criterios morfológicos y ecológicos utilizados para reconocer y agrupar a los peces. Mediante las diferentes artes de pesca se obtuvieron 21 especies pertenecientes a 9 familias. En contraste, durante los talleres y las pescas comunitarias, la población local reconoció 42 etnoespecies, las cuales corresponderían potencialmente a 57 especies linneanas. Dichas etnoespecies fueron organizadas en cinco categorías principales o etnofamilias: nayumbi (loricáridos, "peces que se adhieren y arrastran en las piedras"), yuwi (curundas, "delgados, con escamas gruesas, habitantes de riachuelos"), sardinas (sin denominación en shuar, "pequeños, de aguas rápidas y cardúmenes"), kantash (viejas, "grandes, con espinas fuertes y escamas duras, presentes en pozos y lagunas") y kumpa (bagres, "sin escamas, alargados, con barbas y asociados a cuevas"). Los resultados reflejan no solo la alta diversidad de peces en la zona, sino también la profundidad del conocimiento shuar sobre ellos. Este patrimonio biocultural constituye

un recurso valioso para la conservación y será devuelto a la comunidad mediante materiales divulgativos diseñados en conjunto.

Abstract

Indigenous Amazonian communities maintain a close relationship with rivers and their fishes, which constitute a fundamental source of food and cultural knowledge. We present an ethnoichthyological and ethnotaxonomic study with the Shuar community of San Luis de Iñimkis, in the Ecuadorian Amazon (Macas, Morona Santiago). The objective was to document the fish diversity present in their rivers and to record associated traditional knowledge. Electrofishing surveys were combined with local techniques (hooks, cast nets, spearfishing with goggles, and barbasco, a plant-based ichthyotoxin). In parallel, participatory workshops were held with community members, using live specimens and photographic material of species that might occur in the area. These activities made it possible to compile Shuar terminology, their classification system, and the morphological and ecological criteria used to recognize and group fishes. Using the different fishing gears, 21 species belonging to 9 families were obtained. In contrast, during the workshops and community fishing, local people recognized 42 ethnospecies, which would potentially correspond to 57 Linnaean species. These ethnospecies were organized into five principal categories or ethnofamilies: nayumbi (loricariids, "fishes that adhere to and drag along the rocks"), yuwi (curundas, "slender, with thick scales, inhabitants of small streams"), sardinas (no Shuar term, "small, rapid-water schooling fishes"), kantash (viejas, "large, with strong spines and hard scales, present in pools and lagoons"), and kumpa (catfishes, "scaleless, elongate, with barbels and associated with caves"). The results reflect not only the high fish diversity of the area but also the depth of Shuar knowledge about it. This biocultural heritage constitutes a valuable resource for conservation and will be returned to the community through outreach materials co-designed with them.

Biología pesquera *Chinchaysuyoa ortegai* "bagre del Chira"

Fisheries Biology of Chinchaysuyoa ortegai "Chira catfish"

Luis Gustavo Mogollón Otero[1], José Marchena Dioses[2]

1 Universidad Nacional de Piura

2 Autor independiente

Autor de correspondencia: lmogollonotero@gmail.com

Resumen

El Perú es uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo esto debido a la gran variedad de ecosistemas que allí se encuentran. Los ecosistemas acuáticos continentales poseen una gran complejidad y diversidad de especies, así lo demuestra su ictiofauna. A pesar de todo ello, son pocos los esfuerzos realizados por conocer la biología de *Chinchaysuyoa ortegai* «bagre del Chira», especie endémica del Perú. En el reservorio Poechos esta ubicado en la provincia de Sullana, pertenece a la cuenta del río Chira, el recurso pesquero es utilizado por la población de los centros poblados aledaño al reservorio, está extracción es de subsistencia. El objetivo de este estudio fue conocer parte de la biología pesquera de *Chinchaysuyoa ortegai*. Se capturaron 221 individuos donde se realizó el estudio de su relación longitud - peso. Los resultados mostraron que aunque los coeficientes de a y b resultaron diferentes para cada sexo, las pruebas t realizadas indicaron que no existe una diferencia significativa entre ellas ($t \approx -0{,}58$, $p = 0{,}562$ [$p > 0{,}05$]; $t \approx -1{,}36$, $p = 0{,}178$ [$p > 0{,}05$]) por lo que se propuso usar una única ecuación de crecimiento para esta especie W=0,0023LT^3,43. El factor de condición relativo (Krel) resultó ser estadísticamente diferente entre los meses de estudio ($F=29{,}56$;$p<0{,}0001$), siendo el deseado para los meses de agosto (1,07), septiembre (1,07) y noviembre (1,01). Para los meses de diciembre (0,98), enero (0.89) y febrero (0,97) el krel se encontraba por debajo del valor esperado (Krel < 1,00). Este estudio es un aporte para conocer más sobre *Chinchaysoyoa ortegai* y generar datos que puedan ser utilizados para la toma de decisiones para el manejo pesquero sostenido de esta especie.

Abstract

Peru is one of the countries with the greatest biological diversity in the world, owing to the wide variety of ecosystems found there. Continental aquatic ecosystems possess great complexity and species diversity, as evidenced by their ichthyofauna. Despite this, few efforts have been made to understand the biology of *Chinchaysuyoa ortegai* ("Chira catfish"), a species endemic to Peru. In the Poechos Reservoir, located in Sullana Province and belonging to the Chira River basin, the fishery resource is used by populations from nearby towns, and this extraction is subsistence-based. The objective of this study was to describe part of the fisheries biology of *Chinchaysuyoa ortegai*. A total of 221 individuals were captured, on which the length–weight relationship was studied. The results showed that although the coefficients a and b differed for each sex, t-tests indicated no significant difference between them ($t \approx -0.58$, $p = 0.562$ [$p > 0.05$]; $t \approx -1.36$, $p = 0.178$ [$p > 0.05$]), and therefore a single growth equation was proposed for this species: W = 0.0023 LT^3.43. The relative condition factor (Krel) was statistically different among the months studied ($F = 29.56$; $p < 0.0001$), with the desired values observed in August (1.07), September (1.07), and November (1.01). In December (0.98), January (0.89), and February (0.97), Krel was below the expected value (Krel < 1.00). This study contributes to improving knowledge of *Chinchaysuyoa ortegai* and generating data that can be used for decision-making toward the sustainable fisheries management of this species.

Estructura de tallas, relación talla-masa total y factor de condición de nueve especies de peces en los ríos de Zamora Chinchipe, Amazonía sur ecuatoriana

Size structure, length–weight relationship, and condition factor of nine fish species in the rivers of Zamora Chinchipe, southern ecuadorian Amazon

Marcos Douglas Calle Morán[1], Henrry A. Gaona Garrido[1], Jhenner A. Guanuche Zhicay[1], E. Noemí Luzuriaga Rodríguez[1]

1 Universidad Estatal Amazónica

Autor de correspondencia: md.callem@uea.edu.ec

Resumen

Los objetivos de esta investigación fueron cuatro: (1) realizar un listado de las especies de peces, que comúnmente habitan en los ríos Quimi y Chuchumbletza, cantón El Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. Asimismo, (2) analizar la estructura de tallas de los peces, (3) determinar la relación talla-masa total y, (4) establecer el factor de condición de dichas especies. Durante el periodo febrero–julio de 2024, se realizaron muestreos quincenales en los rífernando castroos Quimi y Chuchumbletza, con atarrayas y trampas tipo sombrillas. Los peces fueron identificados y se les registró la longitud total, LT (cm), la masa total, MT (g) y el sexo fue determinado de forma macroscópica. Estos datos se emplearon para analizar la distribución de frecuencias de tallas y masas totales, así como la obtención de la relación talla–masa total y el factor de condición relativo. Las nueve especies analizadas en este estudio fueron: los blancos, *Brycon amazonicus* y *B. behreae*; el plateado, *B. coxeyi*; blancos, *Bryconamericus* sp. y *Ceratobranchia elatior*; amarillo, *Knodus gamma*; la anguilla, *Trichomycterus knerii*; corroncho, *Chaetostoma breve* y vieja, *Andinoacara rivulatus*. Con base en estructuras de tallas, las especies de mayor tamaño eran: *T. knerii* (x^- = 18,1; ± 4,7 cm de LT); *C. breve* (x^- = 12,7; ± 5,7 cm de LT) y *B. coxeyi* (x^- = 11,4; ± 6,5 cm de LT). Basados en la relación longitud-masa total, siete de las nueve especies presentaron un tipo de crecimiento hiperalométrico (b = 3,16–3,53) y dos de forma hipoalométrica (b = 2,58–2,78). El factor de condición relativo demostró que todas las especies tuvieron una condición nutricional saludable ya que los valores promedios estaban cercanos y por encima de la unidad, así como dentro de ésta (Kr = 0,93–1,48).

Abstract

The objectives of this research were fourfold: (1) to compile a list of fish species that commonly inhabit the Quimi and Chuchumbletza rivers, El Pangui Canton, Zamora Chinchipe Province, Ecuador; (2) to analyze fish size structure; (3) to determine the length–total mass relationship; and (4) to establish the condition factor of these species. From February to July 2024, biweekly samplings were conducted in the Quimi and Chuchumbletza rivers using cast nets and umbrella traps. Fishes were identified, and total length, TL (cm), total mass, TM (g), and sex (determined macroscopically) were recorded. These data were used to analyze the distribution of total length and mass frequencies, as well as to obtain the length–total mass relationship and the relative condition factor. The nine species analyzed in this study were: "blancos," *Brycon amazonicus* and *B. behreae*; "plateado," *B. coxeyi*; "blancos," *Bryconamericus* sp. and *Ceratobranchia elatior*; "amarillo," *Knodus gamma*; "anguilla," *Trichomycterus knerii*; "corroncho," *Chaetostoma breve*; and "vieja," *Andinoacara rivulatus*. Based on size structure, the largest species were *T. knerii* ($\bar{x}$ = 18.1 ± 4.7 cm TL), *C. breve* ($\bar{x}$ = 12.7 ± 5.7 cm TL), and *B. coxeyi* ($\bar{x}$ = 11.4 ± 6.5 cm TL). Based on the length–total mass relationship, seven of the nine species exhibited hyperallometric growth (b = 3.16–3.53) and two exhibited hypoallometric growth (b = 2.58–2.78). The relative condition factor showed that all species had a healthy nutritional condition, as mean values were near and above unity, as well as within it (Kr = 0.93–1.48).

Evaluación del contenido total de mercurio en el tejido muscular de peces de la cuenca media del río Pastaza, Ecuador

Assessment of total mercury in the muscle tissue of fish from the middle Pastaza river basin, Ecuador

Ricardo Ernesto Burgos Morán[1], Fernanda Paz-Suconota[2], Lenys Fernández[3], Natalia Carpintero-Salvador[4], Melany Ruiz-Urigüen[4], Stefan Alexander Brück[2], Fidel Ernesto Rodríguez-Galarza[2], Patricio J. Espinoza-Montero[3]

1 Universidad Estatal Amazónica

2 Universidad Central del Ecuador

3 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

4 Universidad San Francisco de Quito

Autor de correspondencia: rburgos@uea.edu.ec

Resumen

El mercurio es uno de los metales más tóxicos conocidos, capaz de generar efectos adversos incluso tras exposiciones breves. Este estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de mercurio total (THg) en el tejido muscular de diversas especies de peces capturadas en dos localidades de la cuenca media del río Pastaza, en Ecuador, donde forman parte habitual de la dieta semanal de las comunidades locales. Las especies analizadas pertenecen a familias como *Loricariidae, Cetopsidae, Heptapteridae, Cichlidae, Parodontidae, Characidae, Prochilodontidae, Curimatidae, Siluriformes, Cichliformes, Characiformes* y *Erythrinidae*. Las especies carnívoras *Charax* sp. y *Cetopsis plumbea* presentaron concentraciones de THg de 0.241 ± 0.018 mg/kg y 0.116 ± 0.045 mg/kg, respectivamente. En contraste, especies herbívoras como *Hypostomus* sp. mostraron niveles más bajos. *Hoplias malabaricus*, también carnívora, registró 0.160 ± 0.033 mg/kg, mientras que la especie omnívora *Creagrutus* sp. presentó 0.020 ± 0.007 mg/kg. Los resultados confirman que las especies carnívoras tienden a acumular mayores niveles de mercurio, en línea con los procesos de bioacumulación y biomagnificación. No obstante, todas las concentraciones medidas estuvieron por debajo de los límites máximos establecidos por organismos reguladores como el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), la FAO/OMS y la Comisión Europea. Además, el índice de riesgo (cociente de riesgo) fue inferior a 1, lo que indica que el consumo de estos peces no representa un riesgo significativo

para la salud humana. Considerando las concentraciones promedio de metilmercurio, se estimó que las tasas seguras de consumo diario oscilan entre 6 y 199 gramos para niños, y entre 29 y 928 gramos para adultos, dependiendo de la especie analizada.

Abstract

Mercury is one of the most toxic known metals, capable of causing adverse effects even after brief exposures. This study aimed to determine total mercury (THg) concentrations in the muscle tissue of various fish species captured at two localities in the middle Pastaza River basin in Ecuador, where they form a regular part of the weekly diet of local communities. The species analyzed belong to families such as *Loricariidae, Cetopsidae, Heptapteridae, Cichlidae, Parodontidae, Characidae, Prochilodontidae, Curimatidae*, and to the orders *Siluriformes, Cichliformes, Characiformes*, and *Erythrinidae*. Carnivorous species such as *Charax* sp. and *Cetopsis plumbea* exhibited THg concentrations of 0.241 ± 0.018 mg/kg and 0.116 ± 0.045 mg/kg, respectively. In contrast, herbivorous species like *Hypostomus* sp. showed lower levels. *Hoplias malabaricus*, also carnivorous, registered 0.160 ± 0.033 mg/kg, while the omnivorous *Creagrutus* sp. presented 0.020 ± 0.007 mg/kg. The results confirm that carnivorous species tend to accumulate higher mercury levels, consistent with bioaccumulation and biomagnification processes. Nonetheless, all measured concentrations were below the maximum limits established by regulatory bodies such as the Ecuadorian Institute for Standardization (INEN), FAO/WHO, and the European Commission. Moreover, the risk index (hazard quotient) was below 1, indicating that consumption of these fish does not pose a significant risk to human health. Considering average methylmercury concentrations, safe daily consumption rates were estimated to range from 6 to 199 grams for children and from 29 to 928 grams for adults, depending on the species analyzed.

La piscicultura nativa como estrategia para la conservación del jaguar y el desarrollo sostenible en la Amazonía ecuatoriana

Native aquaculture as a strategy for jaguar conservation and sustainable development in the ecuadorian Amazon

Gabriel Rubio Gallardo[1]

1 Wildlife Conservation Society - WCS Ecuador

Autor de correspondencia: gabrielrubiox1@gmail.com

Resumen

En la Amazonía ecuatoriana, la caza de fauna silvestre ha sido la principal fuente de proteína animal para comunidades indígenas, pero la sobreexplotación ha reducido poblaciones de especies de caza y afectado a depredadores tope como el jaguar. Para mejorar la seguridad alimentaria y reducir la presión de caza, implementamos un proyecto comunitario de piscicultura nativa en el Centro Shuar Kaputna, provincia de Morona Santiago. Se construyeron estanques en áreas de uso sostenible y se sembraron alevines de cachama roja (*Piaractus brachypomus*), sábalo cola roja (*Brycon amazonicus*) y bocachico (*Prochilodus nigricans*). El proyecto incluyó talleres participativos, socialización comunitaria, construcción de estanques, siembra de alevines y un sistema de monitoreo técnico y comunitario para registrar producción, consumo y ventas. Entre 2021 y 2024, se produjeron 9.144,5 kg de pescado en cuatro ciclos productivos, destinando entre el 45% y 66% al consumo familiar y el resto a la venta en mercados locales, generando ingresos acumulados de 19.351,6 dólares. El consumo promedio fue de 7,1 kg de pescado por persona al año, lo que redujo en un 72,6% la dependencia de carne de monte. De manera complementaria, se promovió la crianza de aves criollas como fuente secundaria de proteína; en 2023 se produjo 330,9 libras de carne y 957 dólares de ingresos, mientras que en 2025 aumentó la producción con menores ingresos (794 dólares) por mayor consumo familiar. Estos resultados indican que la piscicultura de especies nativas es una estrategia eficaz para garantizar seguridad alimentaria, fortalecer la economía comunitaria y apoyar la conservación de la biodiversidad, mientras que la diversificación con aves criollas amplía la disponibilidad de proteína animal y la resiliencia de las familias indígenas.

Abstract

In the Ecuadorian Amazon, hunting of wildlife has long been the primary source of animal protein for Indigenous communities, but overexploitation has reduced populations of game species and affected apex predators such as the jaguar. To improve food security and reduce hunting pressure, we implemented a community native aquaculture project at the Shuar Center Kaputna, Morona Santiago Province. Ponds were built in areas designated for sustainable use and stocked with fingerlings of red pacu (*Piaractus brachypomus*), red-tailed sabalo (*Brycon amazonicus*), and bocachico (*Prochilodus nigricans*). The project included participatory workshops, community outreach, pond construction, stocking of fingerlings, and a combined technical and community monitoring system to record production, consumption, and sales. Between 2021 and 2024, 9,144.5 kg of fish were produced over four production cycles, with 45% to 66% destined for household consumption and the remainder sold in local markets, generating cumulative income of $19,351.6. Average consumption was 7.1 kg of fish per person per year, reducing dependence on bushmeat by 72.6%. Complementarily, the raising of native chickens was promoted as a secondary protein source; in 2023, 330.9 lb of meat were produced and $957 in income generated, while in 2025 production increased with lower income ($794) due to higher household consumption. These results indicate that native-species aquaculture is an effective strategy to ensure food security, strengthen the community economy, and support biodiversity conservation, while diversification with native chickens broadens the availability of animal protein and the resilience of Indigenous families.

Patrones de la pesca comercial en la cuenca del Río Napo, Amazonía ecuatoriana

Patterns of commercial fishing in the Napo River basin, Ecuadorian Amazonia

Ricardo Burgos Moran[1], Jenifer Inlago Bautista[1], Kely Tanguila[1]

1 Universidad Estatal Amazónica

Autor de correspondencia: jen08inlago@gmail.com

Resumen

La cuenca del Amazonas constituye el principal sistema de drenaje tropical de agua dulce a nivel mundial y alberga la mayor diversidad de peces, representando aproximadamente el 15% de todas las especies válidamente descritas. Muchas de estas son capturadas con fines alimenticios y ornamentales, generando ingresos económicos esenciales para las comunidades. Este estudio tuvo como objetivo determinar los patrones de pesca comercial en la cuenca media del río Napo, enfocándose en la identificación de especies clave extraídas, su biomasa anual, el cumplimiento de tallas mínimas de captura (TMC) y la temporalidad de los desembarques. Para ello, se realizó un seguimiento semanal a nueve pescadores voluntarios y sus respectivos puertos de desembarque comercial, de mayo a abril 2022. Durante este periodo se identificaron al menos 100 pescadores, categorizados según sus unidades económicas pesqueras (UEP) en tres grupos: subsistencia I, subsistencia II y comerciales. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio en pescadores comerciales fue de aproximadamente 5 toneladas/año, equivalente a 7.700 USD/año ($p \leq 0,05$). La pesca observada fue multiespecífica, con un total de 33 especies identificadas, de las cuales el 95% se concentró en solo 10 especies. Los Characiformes dominaron en número de individuos, mientras que los Siluriformes lo hicieron en biomasa, en concordancia con los patrones migratorios. Se evidenció que especies como *Prochilodus nigricans*, *Zungaro zungaro*, *Pseudoplatystoma punctifer* y *Learius marmoratus* incumplen las TMC en al menos el 50% de los casos, lo que representa un riesgo significativo para la sostenibilidad de sus poblaciones. Se concluye que no existen instrumentos normativos generales que regulen la gestión pesquera en la Amazonía. Por tanto, se recomienda supervisar el cumplimiento de las TMC en especies clave, regular los artes de pesca, fomentar prácticas de devolución y establecer períodos de veda diferenciados.

Abstract

The Amazon Basin constitutes the world's largest tropical freshwater drainage system and harbors the greatest diversity of fish species, representing approximately 15% of all validly described species. Many of these species are harvested for food and ornamental purposes, generating essential economic income for local communities. This study aimed to determine the patterns of commercial fishing in the middle basin of the Napo River, focusing on the identification of key extracted species, their annual biomass, compliance with minimum catch sizes (MCS), and the seasonality of landings. To achieve this, weekly monitoring was conducted with nine volunteer fishers and their respective commercial landing ports from May 2021 to April 2022. During this period, at least 100 fishers were identified and categorized according to their fishing economic units (FEU) into three groups: subsistence I, subsistence II, and commercial fishers. The average catch per unit effort (CPUE) among commercial fishers was approximately 5 tons/year, equivalent to 7,700 USD/year ($p \leq 0.05$). The observed fishery was multispecific, with a total of 33 identified species, of which 95% of the catch was concentrated in only 10 species. Characiformes dominated in number of individuals, whereas Siluriformes dominated in biomass, consistent with migratory patterns. Species such as *Prochilodus nigricans*, *Zungaro zungaro*, *Pseudoplatystoma punctifer*, and *Learius marmoratus* failed to meet the minimum catch sizes in at least 50% of the recorded cases, representing a significant risk to the sustainability of their populations. It is concluded that there are no general regulatory instruments governing fisheries management in the Amazon region. Therefore, it is recommended to strengthen the monitoring of compliance with minimum catch sizes for key species, regulate fishing gear, promote catch-and-release practices, and establish differentiated closed fishing seasons.

Evaluación de la población de camarón pomada (*Protrachypene precipua*) del Golfo de Guayaquil, Ecuador

Evaluation of the white shrimp (Protrachypene precipua) population in the Gulf of Guayaquil, Ecuador

Viviana Jurado Maldonado[1], David Chicaiza Veloz[1], Cristian Canales Ramírez[2]

1 Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP)

2 Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Resumen

Se realizó la evaluación de la población de camarón pomada (*Protrachypene precipua*) del Golfo de Guayaquil. Se consideraron los parámetros biológicos citados en la literatura y estimaciones de desembarques generadas a partir de la información proveniente del monitoreo de la pesca de este recurso, realizado por el Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP). Los análisis fueron abordados sobre la base de dos tipos de modelos alternativos: uno para datos limitados en condiciones de equilibrio (LBPA), para los datos correspondientes a la pesquería artesanal de bolsos periodo septiembre 2016 a septiembre 2017 y otro, un modelo estadístico de captura a la edad, ajustado a las composiciones de tallas de las capturas, series de CPUE y desembarques (MESTOCKL) trimestrales entre 2005 y 2024, para la fracción poblacional capturada por las embarcaciones industriales, considerando el supuesto de que se trataría de una meta población con dos unidades poblacionales. Las perspectivas de la población pasan por la reducción del esfuerzo de pesca en al menos un 60% y del aprovechamiento estacional de los reclutamientos. Al respecto se recomienda fortalecer el seguimiento de las pesquerías (industrial y artesanal) y cautelar el período del reclutamiento por medio de una veda extractiva durante el segundo trimestre del año. Del mismo modo y con el fin de evaluar alternativas para su recuperación, se recomienda realizar evaluación de estrategias de manejo. Las estrategias de manejo deberían estar sustentadas en objetivos alcanzables, medibles (puntos de referencia) y acordadas con pescadores y partes interesadas

Abstract

An evaluation of the white shrimp (*Protrachypene precipua*) population in the Gulf of Guayaquil was conducted. Biological parameters reported in the literature and landing estimates generated from monitoring information of this fishery resource, carried out by the Public Institute for Aquaculture and Fisheries Research (IPIAP), were considered. The analyses were approached using two types of alternative models: one for limited data under equilibrium conditions (LBPA), applied to data from the artisanal "bolsos" fishery during the period from September 2016 to September 2017; and a second, a statistical catch-at-age model fitted to catch size compositions, CPUE series, and quarterly landings (MESTOCKL) from 2005 to 2024, for the population fraction captured by industrial vessels, assuming the existence of a metapopulation with two population units. The population outlook indicates the need to reduce fishing effort by at least 60% and to implement seasonal exploitation of recruitment events. In this regard, it is recommended to strengthen the monitoring of both industrial and artisanal fisheries and to protect the recruitment period through a fishing closure during the second quarter of the year. Likewise, in order to evaluate alternatives for population recovery, it is recommended to conduct management strategy evaluations. Management strategies should be based on achievable and measurable objectives (reference points) agreed upon with fishers and stakeholders.

Rendimiento productivo de juveniles de *Oreochromis* sp. alimentados con dietas a base de hidrolizado de pescado y papaína de papaya

Productive performance of juvenile Oreochromis sp. fed diets based on fish hydrolysate and papaya papain

Calderón Michael[1], Tomalá Solano Dennis[1]

1 Universidad Estatal Península de Santa Elena

Autor de correspondencia: calderonmichael54@gmail.com

Resumen

Oreochromis sp., conocida como tilapia roja, una especie ampliamente cultivada en la acuicultura por su rápido crecimiento, fuente de proteína y valor comercial. Sin embargo, la asimilación y digestibilidad del alimento balanceado constituye uno de los principales desafíos en el cultivo, que impulsa a la búsqueda de alternativas nutricionales sostenibles y funcionales. En este estudio, se analizó el uso de un hidrolizado de pescado con la incorporación de papaína de papaya determinando el rendimiento productivo de *Oreochromis sp*. El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de acuicultura, utilizando un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y 3 réplicas: un grupo control (T0) y dos grupos experimentales con alimento balanceado y la inclusión del hidrolizado al 4% (T1) y 6% (T2). El experimento se desarrolló durante 12 semanas evaluando parámetros como ganancia de peso, longitud final, eficiencia alimentaria, factor de conversión y supervivencia. Los resultados obtenidos mostraron que el T2 presentó el mejor rendimiento productivo, alcanzó un peso promedio de 213,12 g y una talla de 23,4 cm, superando al grupo control (198,42 g y 22,4 cm) y a T1 (205,79 g y 22,8 cm). En supervivencia, T2 mantuvo una tasa superior al T1 y al grupo control. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas en eficiencia alimentaria entre T2 y el Control ($p = 0,000093$), así como en el factor de conversión alimenticia ($p = 0,00027$). El análisis de proteínas del T0 fue de 32,1 %; mientras que, el T1 y T2 fue de 36.3% y 41,1%, respectivamente; respaldando el uso del hidrolizado como un suplemento eficiente y sostenible. Estos hallazgos sugieren que el hidrolizado de pescado con papaína mejora significativamente el rendimiento productivo y digestibilidad del alimento en tilapia roja, promoviendo una gestión más ecológica de los residuos pesqueros.

Abstract

Oreochromis sp., commonly known as red tilapia, is a species widely cultivated in aquaculture due to its rapid growth, protein value, and commercial importance. However, the assimilation and digestibility of formulated feed remain among the main challenges in fish farming, driving the search for sustainable and functional nutritional alternatives. In this study, the use of fish hydrolysate supplemented with papaya papain was analyzed to determine the productive performance of *Oreochromis* sp. The study was conducted in the aquaculture laboratory using a completely randomized design with three treatments and three replicates: a control group (T0) and two experimental groups receiving formulated feed supplemented with 4% hydrolysate (T1) and 6% hydrolysate (T2). The experiment lasted 12 weeks, during which parameters such as weight gain, final length, feed efficiency, feed conversion ratio, and survival were evaluated. The results showed that T2 achieved the best productive performance, reaching an average weight of 213.12 g and a length of 23.4 cm, surpassing the control group (198.42 g and 22.4 cm) and T1 (205.79 g and 22.8 cm). In terms of survival, T2 maintained a higher rate compared to T1 and the control group. Statistical analyses revealed significant differences in feed efficiency between T2 and the control group ($p = 0.000093$), as well as in feed conversion ratio ($p = 0.00027$). Protein analysis showed values of 32.1% for T0, 36.3% for T1, and 41.1% for T2, supporting the use of hydrolysate as an efficient and sustainable supplement. These findings suggest that fish hydrolysate supplemented with papain significantly improves productive performance and feed digestibility in red tilapia, promoting a more ecological management of fishery waste.

Toxicidad inducida por concentraciones de sucralosa, acesulfame K y sus mezclas sobre *Poecilia reticulata*

Toxicity induced by concentrations of sucralose, acesulfame K, and their mixtures on Poecilia reticulata

David Sánchez[1], Negover Briñez[2]

1 Universidad Surcolombiana. https://orcid.org/0009-0002-4402-2036

2 Universidad del Tolima. https://orcid.org/0000-0002-5967-8057

Autor de correspondencia: dasaco1995@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e1

Resumen

El incremento del consumo de edulcorantes artificiales como la sucralosa (SUC), el acesulfame-K (ACE-K) generó preocupación por presencia en cuerpos de agua y potenciales efectos ecotoxicológicos, representando un desafío para los ODS 6 y 12. Este estudio tuvo como objetivo estimar la tasa de mortalidad y los efectos tóxicos inducidos por concentraciones ambietnalmente relevantes de SUC, ACE-K y mezclas en *Poecilia reticulata*. Siguiendo las directrices de la OCDE #203, se expusieron los organismos durante 96 horas a distintos tratamientos, monitoreando los comportamientos. Los resultados revelaron patrones temporales significativos de toxicidad, que incluyeron hiperactividad, hipoactividad, comportamientos anómalos en superficie y fondo, una alta incidencia de heces anormales, siendo el tiempo de exposición un factor crítico. Se concluyó que estos edulcorantes indujeron alteraciones conductuales complejas en P. reticulata, evidenciando su potencial riesgo como contaminantes emergentes y subrayando la necesidad de incluir evaluaciones de toxicidad a diferentes niveles (celular, tisular, embriológico) en futuros estudios.

Palabras clave: Acesulfame-K, ecotoxicidad, *Poecilia reticulata*, sucralosa.

Abstract

The increased consumption of artificial sweeteners such as sucralose (SUC) and acesulfame-K (ACE-K) has raised concerns due to their presence in aquatic environments and potential ecotoxicological effects, posing a challenge to SDGs 6 and 12. This study aimed to estimate mortality rates and toxic effects induced by environmentally relevant concentrations of

SUC, ACE-K, and their mixtures on *Poecilia reticulata*. Following OECD guideline #203, organisms were exposed for 96 hours to different treatments while behavioral responses were monitored. The results revealed significant temporal toxicity patterns, including hyperactivity, hypoactivity, abnormal surface and bottom behaviors, and a high incidence of abnormal feces, with exposure time being a critical factor. It was concluded that these sweeteners induced complex behavioral alterations in *P. reticulata*, highlighting their potential risk as emerging contaminants and emphasizing the need for multi-level toxicity assessments (cellular, tissue, embryological) in future studies.

Keywords: Acesulfame-K, ecotoxicity, *Poecilia reticulata*, sucralose.

Introducción

El aumento en el consumo de edulcorantes como la sucralosa (SUC) y el acesulfame-K (ACE-K) preocupa por su persistencia ambiental y posibles efectos ecotoxicológicos (Lange *et al.*, 2012). Son contaminantes emergentes que llegan a los cuerpos de agua a través de efluentes de plantas depuradoras, donde su eliminación es limitada (Scheurer *et al.*, 2009). Aunque son seguros para humanos, se desconoce su impacto en organismos acuáticos, lo que plantea la pregunta de investigación: ¿Cuál es la toxicidad inducida por concentraciones de sucralosa, acesulfame-K y sus mezclas en Poecilia reticulata?

La revisión del estado del arte evidenció que la SUC induce estrés oxidativo, genotoxicidad y alteraciones del desarrollo embrionario en especies como *Danio rerio* y *Cyprinus carpio* (Colín-García *et al.*, 2022; Heredia, 2019). Por su parte, el ACE-K puede formar subproductos de degradación más tóxicos que el compuesto original bajo irradiación UV, generando productos de transformación (TP) identificados por espectrometría de masas (TP 137, TP 154, TP 168, TP 193 y TP 230a/b) (Li *et al.*, 2016; Ren *et al.*, 2016). Además, se sugiere que las mezclas de estos edulcorantes y sus TP podrían tener efectos sinérgicos (Colín-García, 2024). Sin embargo, son escasos los estudios que evalúen de manera integral la toxicidad de estos compuestos en peces vivíparos como *P. reticulata*. La justificación de esta investigación se sustentó en que la presencia de estos compuestos representa un desafío ambiental en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), impactando directamente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y el ODS 12 (Producción y consumo responsables). Aunque se consideran sustancias seguras para el consumo humano, su persistencia y potencial toxicidad en los ecosistemas acuáticos exigen una evaluación más profunda (Naik *et al.,* 2021). Por ello, esta investigación pretende estimar la tasa de mortalidad y efectos tóxicos en *Poecilia reticulata* inducidos por concentraciones ambientalmente relevantes de sucralosa, acesulfame-K y sus mezclas y así generar evidencia científica para contribuir a la conservación de la biodiversidad acuática.

Metodología

El estudio empleó un diseño experimental in vivo, siguiendo el protocolo estandarizado de la directriz OCDE #203 (2019) para pruebas de toxicidad aguda en peces. Se utilizó como modelo biológico a *Poecilia reticulata* (guppy), exponiendo los organismos de manera controlada durante 96 horas a quince tratamientos con concentraciones específicas de: sucralosa (50, 75, 125 µg/L), acesulfame K (50, 75, 125 µg/L) y sus mezclas binarias (50/50, 50/75, 50/125, 75/50, 75/75, 75/125, 125/50, 125/75, 125/125 µg/L).

La mortalidad se registró de forma periódica entre 2,5 y 96 h de exposición y de alteraciones comportamentales mediante protocolos OCDE. De un amplio espectro de signos clínicos evaluados, cinco mostraron presencia consistente: hiperactividad, hipoactividad, comportamiento anormal en superficie, en fondo y heces anormales. Adicionalmente, se monitorearon y mantuvieron constantes los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto) para asegurar que las alteraciones observadas fueran atribuibles exclusivamente a los tratamientos. Se aplicó un análisis de distribuciones de frecuencia porcentual para datos binarios agrupados por categoría de tratamiento y tiempo. Los datos se agruparon en cuatro categorías de tratamiento (control, sucralosa, acesulfame K y mezclas), y para cada categoría se calculó la proporción de intervalos temporales con presencia de cada comportamiento. Dado el carácter antagónico de ciertas conductas, los resultados se presentaron como pares excluyentes: hiperactividad/hipoactividad y comportamiento superficial/fondo. Los porcentajes resultantes se organizaron en tablas descriptivas de frecuencias relativas para facilitar la comparación visual entre tratamientos. Se realizó una prueba de Q de Cochran para evaluar el efecto del tiempo sobre la presencia de cada comportamiento.

Resultados y discusión

Las figuras 1 y 2 mostraron la progresión temporal de los comportamientos alterados. A las 2.5 h, se observaron las mayores frecuencias de hiperactividad con ACE-K (100%) y mezclas (77,8%), mientras la sucralosa mostró el 100% de comportamiento superficial anormal. Todos los tratamientos evolucionaron hacia hipoactividad y comportamiento de fondo anormal después de 48 h, siendo el ACE-K el más severo (100% de hipoactividad a las 96 h). Las mezclas mostraron afectación simultánea en múltiples parámetros, con incrementos progresivos en hipoactividad (de 55,6% a 66,7%) y comportamiento de fondo (de 22,2% a 66,7%). Se registraron reactivaciones de hiperactividad entre 72-78 h en todos los tratamientos. El control no presentó alteraciones de natación, aunque mostró registros intermitentes de heces anormales, lo que sugiere que este indicador debe interpretarse con cautela.

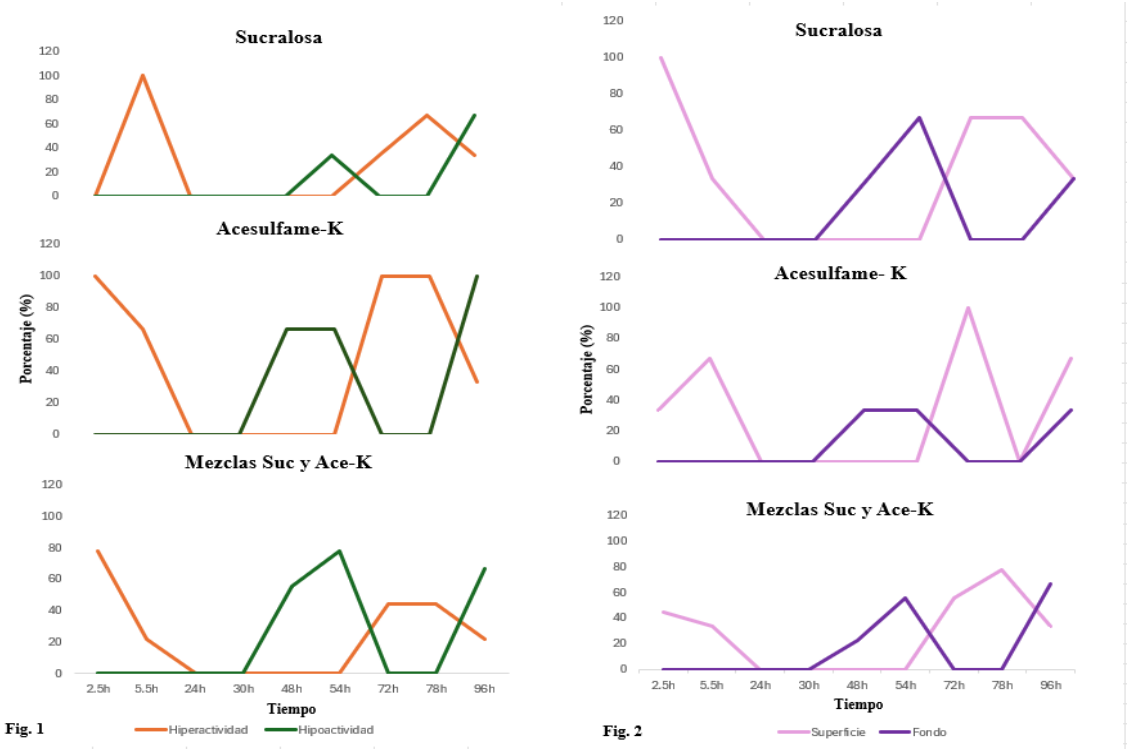


Figura 1 y 2. Frecuencia relativa de comportamientos antagónicos de natación en *Poecilia reticulata* expuesta a edulcorantes artificiales / Distribución anormal de *Poecilia reticulata* en la columna de agua durante la exposición a sucralosa, acesulfame-K y sus mezclas

La figura 3 muestra la frecuencia de heces anormales. Las mezclas presentaron 100% a las 2,5 h, manteniéndose por encima del 55% en 7 de 9 intervalos, con picos de 77,8% a las 72 h. La sucralosa mostró 33,3% en las primeras 5,5 h, aumentando a 100% a las 30 h y 78 h, y manteniendo 66,7% en la mayoría de tiempos restantes. El ACE- K registró 100% a las 2.5 h, disminuyendo a 0% a las 30 h, con valores de 33,3% entre 48-96 h. El control mostró un patrón intermitente con 100% a las 5,5 h, 48 h y 96 h, y 0% en los demás intervalos.

El análisis estadístico mediante la prueba de Cochran's Q mostró que el tiempo de exposición afectó significativamente todos los comportamientos (hiperactividad: $Q=48,000$, $p<0,0001$; hipoactividad: $Q=46,909$, $p<0,0001$; comportamiento superficial: $Q=52,800$, $p<0,0001$; comportamiento de fondo: $Q=43,636$, $p<0,0001$; heces: $Q=25,636$, $p=0,001$). Estos resultados confirman que el tiempo es un factor crítico en la respuesta conductual de *Poecilia reticulata*, coincidiendo con lo sugerido por Bettina L. (2008) sobre la asociación entre alteraciones comportamentales y ecotoxicidad acuática.

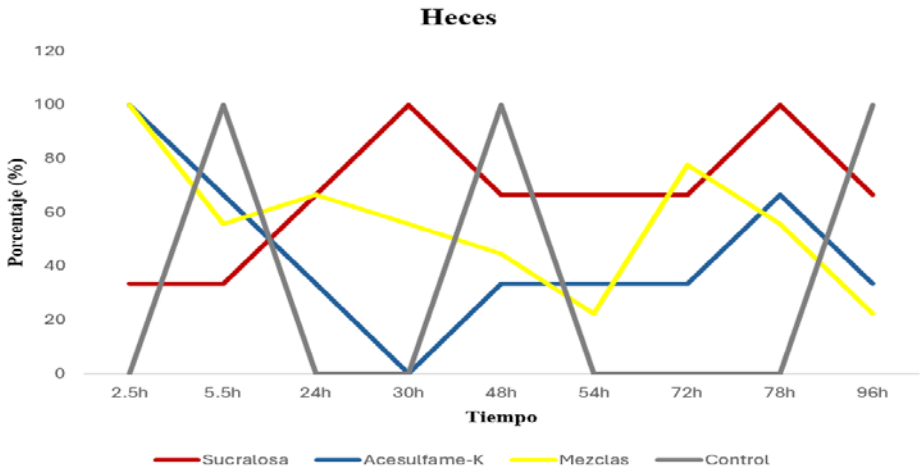


Figura 3. Presencia de heces anormales en *Poecilia reticulata* expuesta a diferentes categorías de tratamiento durante 96 horas

Estos patrones temporales caracterizados por respuestas conductuales pueden explicarse a través de mecanismos de estrés oxidativo cerebral, como señala Chandravanshi *et al.* (2018). De manera similar a lo reportado por Colín (2024) en pez cebra expuesto a edulcorantes, donde se observaron comportamientos ansiosos y alteraciones en la natación, *P. reticulata mostró* un cambio temporal diferencial en sus respuestas conductuales. Esta progresión coincide con los hallazgos de Elizalde-Velázquez *et al.* (2022), quienes documentaron que la exposición crónica a contaminantes emergentes induce neurotoxicidad a través de mecanismos oxidativos. La posible inhibición de la acetilcolinesterasa (AChE) reportada por estos autores consecuencia de la oxidación de residuos de cisteína por EROS ofrece un mecanismo plausible para explicar las variaciones temporales en la respuesta conductual descrita en esta investigación. No se registró mortalidad durante el periodo de exposición evaluado lolo cual podría relacionarse con la tolerancia fisiológica de la especie (Futuyma, D. J., 2018), sin embargo, esta hipótesis requiere evaluación experimental.

Conclusiones

Se concluye que la exposición a concentraciones ambientalmente relevantes de sucralosa, acesulfame-K y sus mezclas indujo un perfil toxicológico complejo en *P. reticulata*, caracterizado por alteraciones conductuales significativas y temporalmente específicas. Estos hallazgos aportan evidencia crucial para la evaluación de riesgo ambiental de contaminantes emergentes y subrayan la necesidad de futuras investigaciones que exploren los mecanismos de toxicidad subyacentes y los efectos en exposiciones crónicas.

Referencias bibliográficas

Chandravanshi, S., Sarma, S. Sen and Akhtar, M.J. (2018) 'Design of Triple Band Differential Rectenna for RF Energy Harvesting', IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 66(6), pp. 2716–2726. Available at: https://doi.org/10.1109/TAP.2018.2819699

Colin G (2024). "Efectos tóxicos inducidos por concentraciones ambientalmente relevantes de sucralosa, acesulfame- k y sus mezclas en Danio rerio". Toluca estado de México. Universidad autónoma del estado de méxico

Colín-García, K., Elizalde-Velázquez, G. A., Gómez-Oliván, L. M., Islas-Flores, H., García-Medina, S., & Galar-Martínez, M. (2022). Acute exposure to environmentally relevant concentrations of sucralose disrupts embryonic development and leads to an oxidative stress response in Danio rerio. Science of the Total Environment, 829, 154689.

Futuyma, D. J. (2018). *Evolución* (4.ª ed.). Editorial Reverté.

Elizalde-Velázquez, G.A. *et al.* (2022) 'Chronic exposure to realistic concentrations of metformin prompts a neurotoxic response in *Danio rerio* adults', Science of The Total Environment, 849, p. 157888. Available at: https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.157888

Heredia García, G. (2019). Genotoxicidad y citotoxicidad inducida por sucralosa y su influencia sobre la calidad alimentaria de Cyprinus carpio. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México].

Lange, F. T., Scheurer, M., & Brauch, H.-J. (2012). Artificial sweeteners—A recently recognized class of emerging environmental contaminants: A review. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 403(10), 2503–2518. https://doi.org/10.1007/s00216-012-5892-z

Li, A. J., Schmitz, O. J., Stephan, S., Lenzen, C., Ying-Yue, P., Li, K., Li, H., & Leung, S.-Y. (2016). Photocatalytic transformation of acesulfame: Transformation products identification and embryotoxicity study. Water Research, 89, 68–75.

Loos, R., Gawlik, B. M., Boettcher, K., Locoro, G., Contini, S., & Bidoglio, G. (2009). Sucralose screening in European surface waters using a solid-phase extraction-liquid chromatography–triple quadrupole mass spectrometry method. Journal of Chromatography A, 1216(7), 1126–1131. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.12.048

Naik, A. Q., Zafar, T., & Shrivastava, V. K. (2021). Environmental Impact of the Presence, Distribution, and Use of Artificial Sweeteners as Emerging Sources of Pollution. Journal of Environmental and Public Health, 2021, 6624569. https://doi.org/10.1155/2021/6624569

Ren, Y., Geng, J., Li, F., Ren, H., Ding, L., & Xu, K. (2016). The oxidative stress in the liver of Carassius auratus exposed to acesulfame and its UV irradiance products. Science of The Total Environment, 571, 755–762. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.047

Scheurer, M., Brauch, H. J., & Lange, F. T. (2009). Analysis and occurrence of seven artificial sweeteners in German waste water and surface water and in soil aquifer treatment (SAT). Analytical and Bioanalytical Chemistry, 394(6), 1585–1594. https://doi.org/10.1007/s00216-009-2881-y

Eficacia de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo alimenticio en la nutrición de alevines de *Oreochromis niloticus*

Efficacy of Saccharomyces cerevisiae *cell wall as a feed additive in the nutrition of* Oreochromis niloticus *fingerlings*

Byron García[1], Dennis Tomalá[2]

1 Universidad Estatal Península de Santa Elena. https://orcid.org/0009-0003-2972-2808

2 Universidad Estatal Península de Santa Elena. https://orcid.org/0000-0002-8501-7885

Autor de correspondencia: byron.garciachoez@upse.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e2

Resumen

Oreochromis niloticus es un organismo altamente adaptable; sin embargo, su cría enfrenta desafíos constantes, como limitaciones nutricionales que afectan su crecimiento. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo en el desarrollo de alevines de tilapia. Se realizó un ensayo experimental de 70 semanas. Se utilizaron tres tratamientos: control (T0) y dosis del aditivo (T1 = 5% y T2 = 10%), evaluando variables biométricas, histológicas y bioquímicas. Los resultados mostraron que la inclusión del aditivo promovió mejoras en ciertos indicadores de rendimiento, como la relación peso/longitud. Se registraron cambios en la morfometría de la pared celular. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los tratamientos T1 y T2 ($p > 0,05$). Sin embargo, ambos resultados fueron estadísticamente significativos en comparación con T0 ($p < 0,05$), lo que demuestra que la adición del aditivo a base de pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* mejora la productividad en el cultivo de tilapia.

Palabras clave: Aditivo; Alimento; *Saccharomyces cerevisiae*; Tilapia.

Abstract

Oreochromis niloticus is a highly adaptable organism; however, its breeding faces constant challenges, such as nutritional limitations that affect growth. The objective of this study was to evaluate the influence of the cell wall of Saccharomyces cerevisiae as an additive on the development of tilapia fry. A 70-week experimental trial was conducted. Three treatments

were used: control (T0) and additive doses (T1 = 5% and T2 = 10%), evaluating biometric, histological, and biochemical variables. The results showed that the inclusion of the additive promoted improvements in certain performance indicators, such as the weight-to-length ratio. Changes in cell wall morphometry were recorded. No statistically significant differences were found when comparing treatments T1 and T2 (≥0.05); however, both were statistically significant compared to T0 (<0.05), demonstrating that the addition of the *S. cerevisiae* cell wall-based additive improves productivity in tilapia farming.

Keywords: Additive; Feed; *Saccharomyces cerevisiae*; Tilapia.

Introducción

La tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) ha demostrado ser una de las especies acuícolas con mayor potencial debido a su alta adaptabilidad. Sin embargo, existe la necesidad de explorar alternativas sostenibles que mejoren la nutrición de la especie y aumenten el rendimiento en biomasa. La hipótesis plantea que la incorporación de paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo alimenticio puede mejorar el crecimiento, fortalecer la salud intestinal y aumentar la eficiencia en la utilización de nutrientes en alevines. En este contexto, *S. cerevisiae* ha sido ampliamente estudiada por sus propiedades probióticas y su potencial para mejorar la salud digestiva e inmunológica de diferentes especies acuícolas. Diversos estudios indican que los componentes de la pared celular, como los mananos y los beta-glucanos, favorecen la adherencia a la mucosa intestinal, facilitando la colonización microbiana benéfica, aumentando la absorción de nutrientes y promoviendo un crecimiento más eficiente. No obstante, la mayoría de las investigaciones se han centrado en su uso como probiótico en organismos adultos o en dietas con concentraciones menores a las utilizadas en este estudio, dejando de lado aspectos relacionados con los efectos específicos sobre las estructuras celulares y la eficiencia de conversión alimenticia en etapas tempranas del desarrollo de la tilapia.

La justificación de este estudio radica en aportar información crítica para la producción de tilapia, que permita tomar decisiones informadas respecto a la implementación de aditivos alimenticios como parte de las prácticas de manejo y nutrición, con el objetivo de optimizar el desempeño del cultivo y garantizar la viabilidad a largo plazo de la industria acuícola.

Metodología

El diseño experimental del estudio consistió en dos fases: la primera fue de adaptación, en la que los organismos fueron sometidos a condiciones de aclimatación durante dos semanas previas a la fase experimental; la segunda correspondió a la fase experimental. Se empleó un

diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento tanto para la distribución de los organismos como para los tratamientos. Se establecieron tres tratamientos: Control (T0, alimento comercial sin aditivos), Tratamiento 1 (T1, alimento comercial con aditivo al 5%) y Tratamiento 2 (T2, alimento comercial con aditivo al 10%), con tres repeticiones cada uno. La población total consistió en 225 alevines de tilapia gris, distribuidos en 9 unidades de cultivo, con una densidad de siembra de 0,125 alevines/L, un tamaño inicial de 3,6 cm y un peso promedio de 0,86 g. Los organismos fueron alimentados cuatro veces al día, equivalente al 9% de la biomasa durante las tres primeras semanas del experimento, reduciéndose progresivamente en las semanas posteriores.

La recolección de datos se realizó mediante la medición periódica del crecimiento de los peces, registrando variables como peso y talla cada dos semanas con una balanza digital y un ictiómetro. Además, al final del periodo experimental se efectuó un análisis histológico del tracto intestinal para observar la presencia de estructuras asociadas con la colonización de las paredes celulares por *Saccharomyces cerevisiae* y los cambios morfológicos en las paredes intestinales. La identificación histológica del tejido intestinal y la morfometría celular se realizaron mediante tinción con hematoxilina y eosina, y se efectuó un análisis digital de imágenes para determinar áreas e integridad estructural. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis bromatológico de las dietas utilizadas para evidenciar diferencias en los parámetros bioquímicos del alimento con y sin aditivo.

Se registraron los parámetros de desempeño (ganancia de peso, eficiencia alimenticia, ACT y supervivencia) para cada tratamiento dentro del cultivo. Para el análisis estadístico, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar la distribución de los datos, y pruebas como el Análisis de Varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre tratamientos, seguidas por la prueba de Dunn para comparaciones múltiples y detección de diferencias estadísticamente significativas.

Resultados y discusión

Las tendencias observadas muestran que la adición del aditivo influye positivamente en la productividad y la digestibilidad, además de la interacción con las paredes intestinales, las cuales presentan una disminución significativa en su área total, indicando degradación y avance en la digestión. El aumento en la concentración del aditivo incrementó el porcentaje de carbohidratos presentes en el alimento.

Se evidenció que la adición del aditivo generó una mejora en la relación peso-longitud, alcanzando un peso final de 6,68 g y una longitud de 7,12 cm en T2. En cuanto al desempeño productivo, T2 obtuvo los mejores resultados en ganancia de peso (38%) y eficiencia

alimenticia (19%), seguido de T1 (30%, 15%) y el control (24%, 12%), respectivamente. El FCA fue superior a 3 en los tratamientos experimentales. Estadísticamente, no se registraron diferencias significativas entre T1 y T2 ($p>0,05$); sin embargo, sí se observaron diferencias con respecto a T0 ($p<0,05$). Los tratamientos con aditivo mostraron efectos benéficos similares sobre la absorción de nutrientes y la digestibilidad del alimento en *O. niloticus*, contribuyendo a una mayor productividad del cultivo. La tasa de supervivencia fue más alta en el tratamiento T2, alcanzando el 95%, frente al control, que registró aproximadamente el 90%.

Al comparar con estudios previos, como el de Pineda et al. (2020), que reportaron tasas de supervivencia del 50,5% para T0 y valores similares en tratamientos con paredes celulares de levadura, se observa que los resultados del presente estudio fueron más favorables, posiblemente debido a las diferentes concentraciones y condiciones experimentales. De igual forma, Fernández (2021) destacó que la incorporación de aditivos en alevines de tilapia mejora significativamente la ganancia de peso, en concordancia con los hallazgos de este estudio.

Las implicaciones prácticas de estos resultados sugieren que la inclusión de paredes celulares de *S. cerevisiae* en dietas de tilapia puede ser una estrategia eficaz para mejorar la productividad, la tasa de supervivencia y la digestibilidad, además de promover cambios positivos en los procesos digestivos. Desde una perspectiva teórica, esto refuerza la idea de que los aditivos bioactivos pueden interactuar favorablemente con la fisiología del organismo, potenciando los procesos de digestión y absorción y demostrando un impacto sobre los parámetros bioquímicos y el desarrollo de los peces.

Conclusiones

Los hallazgos histológicos demostraron que el aditivo alimenticio a base de paredes celulares de *S. cerevisiae* tiene la capacidad de colonizar los tejidos internos del intestino delgado, evidenciado por la presencia de estructuras ovaladas o circulares dispersas en el epitelio intestinal, lo que demuestra una interacción entre los componentes del aditivo y el entorno intestinal.

La incorporación de este aditivo de *S. cerevisiae* diversifica la composición proximal del alimento, contribuyendo a una mayor asimilación de nutrientes y a mejoras significativas en el crecimiento de los peces, con mayores tasas de supervivencia y parámetros productivos, especialmente en el tratamiento T2. Asimismo, se observó una mejora significativa en el crecimiento y la eficiencia alimenticia con la adición del aditivo, alcanzando pesos y tallas superiores a los grupos sin paredes celulares.

Este estudio proporciona evidencia del efecto positivo de las paredes celulares de *S. cerevisiae*

sobre la digestión, el crecimiento y la supervivencia de la tilapia, demostrando que este aditivo puede ser una alternativa viable para mejorar la producción acuícola y contribuir a la comprensión de las interacciones estructurales y bioquímicas en el proceso digestivo de los peces.

Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar los niveles de inclusión del aditivo para determinar la dosis óptima, realizar análisis histológicos de las microvellosidades intestinales y parámetros bioquímicos, y explorar los efectos a largo plazo sobre el desarrollo y la salud de los organismos, considerando también diferentes especies de peces.

Referencias bibliográficas

Akhila, S., Varghese, T., Sahu, N. P., Gupta, S., Dasgupta, S., Deo, A. D., Mannur, V. S., Nathaniel T, P., & Chandan, N. K. (2025). Hyperthermal stress potentiates enhanced lipid utilisation in genetically improved farmed Tilapia, Oreochromis niloticus juveniles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, *275*, 111033. https://doi.org/10.1016/J.CBPB.2024.111033

Bai, J., Li, C., Tang, Z., Wu, C., & Wei, Z. (2023). Comparative study of carbohydrate levels on growth, oxidative stress and glucolipid metabolism of hybrid fish between Megalobrama amblycephala (♀) × Culter alburnus (♂) and Culter alburnus. *Reproduction and Breeding*, *3*(3), 131–142. https://doi.org/10.1016/J.REPBRE.2023.07.002

FAO. (2017). Alimentación Optimizada Para Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) De Senegal. *Ctaqua*.

Meurer, F., Novodworski, J., & Bombardelli, R. A. (2024b). Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases. *Aquaculture and Fisheries*. https://doi.org/10.1016/J.AAF.2024.03.004

Pai, M., Verma, A. K., Krishnani, K. K., Varghese, T., Hittinahalli, C. M., & Verma, M. K. (2024). Stocking density optimization and its impact on growth and physiological responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in hybrid biofloc-RAS culture system. *Aquaculture*, *588*, 740920. https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2024.740920

Rohani, M. F., Tarin, T., Hasan, J., Islam, S. M. M., & Shahjahan, M. (2023). Vitamin E supplementation in diet ameliorates growth of Nile tilapia by upgrading muscle health. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *30*(2), 103558. https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2023.103558

Roveda, M., de Menezes, C. C. A., Bolívar-Ramírez, N. C., Owatari, M. S., & Jatobá, A. (2024). Acidifying remediation and microbial bioremediation decrease ammoniacal nitrogen, orthophosphates, and total suspended solids levels in intensive Nile tilapia farming under biofloc conditions. *Aquaculture*, *580*, 740292. https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.740292

Expresión de Peneidinas en camarones *Penaeus vannamei* tratados con probióticos

Expression of Penaeidins in shrimp Penaeus vannamei *treated with probiotics*

Mery Ramírez[1], Jenny Rodríguez[2]

1 Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), Ecuador. https://orcid.org/0000-0002-2717-0208

2 Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Centro Nacional de Investigaciones Marinas (CENAIM). https://orcid.org/0000-0002-4773-0700

Autor de correspondencia: mramirez@upse.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e3

Resumen

Las peneidinas son péptidos antimicrobianos (AMPs), que actúan como componente esencial del sistema inmunitario de los camarones, participando en la defensa del huésped contra bacterias y virus. En este estudio se evaluó el efecto del consorcio de probióticos compuesto por *Vibrio diabolicus* (Ili), *Vibrios hepatarius* (P62) y *Bacillus cereus* ss (P64) sobre la respuesta inmunitaria y la supervivencia de camarones juveniles *Penaeus vannamei* desafiados con *Vibrio parahaemolyticus* patógeno. Los camarones juveniles se cultivaron por 50 días, aplicando el consorcio de bacterias con frecuencia 2 veces/día. Posteriormente los camarones fueron desafiados con el *Vibrio Parahaemolyticus* (Pir A/Pir B) por 48 horas. La expresión de las peneidinas se realizó mediante Hibridación in situ (HIS) posterior al desafío, con respuesta de hemocitos infiltrados positivos en el tejido conectivo de distintos órganos, en particular de los apéndices bucales, estómago, órgano linfoide, y hepatopáncreas. La supervivencia de los camarones juveniles fue de 88,9%, en comparación al control de 22,1%, demostrando la influencia positiva de las bacterias probióticas. En conclusión, el consorcio de bacterias probióticas mostró un efecto protector significativo contra la vibriosis en el cultivo de camarón *Penaeus vannamei*, cuando fueron desafiados con *Vibrio parahaemolyticus*.

Palabras clave: Camarón; Peneidinas; Probióticos; *Vibrio parahaemolyticus*.

Abstract

Penaeidins are one of the antimicrobial peptides (AMPs) that act as essential components of the shrimp immune system, playing a key role in host defense against bacteria and viruses. This

study evaluated the effect of a probiotic consortium composed of *Vibrio diabolicus* (Ili), *Vibrio hepatarius* (P62), and *Bacillus cereus* ss (P64) on the immune response and survival of juvenile Penaeus vannamei challenged with pathogenic *Vibrio parahaemolyticus*. Juvenile shrimp were cultured for 50 days, applying the bacterial consortium twice daily. Subsequently, shrimp were challenged with *Vibrio parahaemolyticus* (PirA/PirB) for 48 hours. Penaeidin expression was analyzed through in situ hybridization (ISH) after the challenge, revealing positive infiltrated hemocytes in the connective tissue of various organs, particularly in the buccal appendages, stomach, lymphoid organ, and hepatopancreas. The survival rate of juvenile shrimp was 88.9%, compared to 22.1% in the control group, demonstrating the positive influence of probiotic bacteria. In conclusion, the probiotic bacterial consortium exhibited a significant protective effect against vibriosis in *Penaeus vannamei* culture when challenged with *Vibrio parahaemolyticus*.

Keywords: Shrimp; Penaeidins; Probiotics; *Vibrio parahaemolyticus*.

Introducción

"La aplicación del consorcio de probióticos mejora la expresión de peneidinas y la supervivencia de camarones *Penaeus vannamei* desafiados con *Vibrio parahaemolyticus*".

El camarón blanco (*Penaeus vannamei*), originario de la costa del Pacífico tropical de América, se cultiva ampliamente en algunas partes del mundo y constituye una de las especies acuícolas más importantes para el consumo humano (Yue et al., 2022). Sin embargo, la producción presenta desafíos causados por patógenos bacterianos de especies de vibrio, los cuales causan enfermedades recurrentes y emergentes (Flegel, 2012; Tran et al., 2013). Las cepas de *Vibrio parahaemolyticus* y otras especies del género *Vibrio* portadoras de la toxina pirA y pirB, como *Vibrio owensii* y *Vibrio campbellii*, son altamente virulentas para los camarones peneidos (Lai et al., 2015; Xiao et al., 2017). Estos vibrios son los agentes causantes de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND) (Kumar et al., 2021)que ha causado grandes pérdidas en la supervivencia de camarones, lo que permite buscar estrategias biológicas para su control.

La aplicación de probióticos en la acuicultura y sus grandes beneficios en la salud de los organismos es considerada uno de las estrategias más estudiadas (Hai, 2015; Knipe et al., 2021; Ramirez et al., 2022). Con el uso de probióticos, se han reportado mejoras significativas en la salud intestinal (Yarahmadi et al., 2022), procesos inmunitarios innatos de los camarones como la fagocitosis, formación de nódulos, incrementos en componentes humorales incluyendo proteínas, sistema profenoloxidasa (proPO) (Lakshmi et al., 2013; Song & Li, 2014) y generación de péptidos antimicrobianos (AMPs por sus siglas en inglés) (Balcázar & Rojas-Luna, 2007). Los AMPs son proteínas catiónicas o aniónicas que atacan microorganismos

invasores (Tassanakajon et al., 2018). Las peneidinas son unos de los péptidos antimicrobianos más abundantes y tienen afinidad por la quitina del camarón, detectándose en la cutícula luego de un desafío microbiano (Destoumieux et al., 2000; Muñoz et al., 2003). Los ARN mensajeros (ARNm) de peneidina están presentes en todos los estadios larvarios, pero varían en los niveles de traducción (Muñoz et al., 2003).

Metodología

Diseño experimental y tratamientos aplicados a camarones juveniles *Penaeus vannamei*

Los camarones juveniles de *Penaeus vannamei* (3,17 ± 0,39 g) fueron aclimatados a temperatura ambiente y a salinidad de 35% con aireación continua en tanques de 500 L durante 48 horas. Previamente, el agua fue filtrada y tratada con UV. Luego, los camarones fueron transferidos aleatoriamente a 10 acuarios, conteniendo 40 L de agua de mar, 15 camarones/unidad experimental y cinco réplicas por tratamiento con el consorcio de probióticos y 5 réplicas de control.

Los camarones fueron alimentados con una dieta comercial (5% de su biomasa) dos veces al día durante todo el bioensayo (50 días). El pienso se mezcló con el consorcio de probióticos P62 y P64 (1 x 108 UFC/mL). El probiótico Ili se añadió en el agua a una concentración de 105 UFC/mL. Para evitar la lixiviación, el pienso se revistió con aceite de pescado a razón de 30 mL/kg.

Histopatología

Se tomaron muestras de camarones antes de la prueba de desafío. Las muestras para histología se conservaron utilizando el fijador de Davidson (330 mL de alcohol etílico al 95%, 220 mL de formol al 37%, 115 mL de ácido acético y 335 mL de agua destilada). El protocolo utilizado para el análisis histológico se basó en la metodología descrita por (T.A. Bell, 1989) con ligeras modificaciones.

Se utilizó una sonda de ARN marcada con Digoxigenina con expresión positiva de peneidinas Se hizo énfasis en las lesiones de AHPND, presencia de hemocitos infiltrantes, presencia de esferoides en órgano linfoide, tejido conectivo, glándula antenal, hepatopáncreas, intestino, tejido hematopoyético, músculo, tejido nervioso y corazón. Los grados de severidad de las lesiones se registraron según el procedimiento de Panchana et al. (comunicación personal), que da un valor numérico cualitativo de 1 a 4 según el grado de gravedad de las lesiones.

Desafío con *Vibrio Parahaemolyticus* en los camarones tratados con probióticos

A los camarones tratados durante 50 días se infectó con *V. parahaemolyticus* (cepa BA94C2), siguiendo la metodología descrita por (Domínguez-Borbor et al., 2019).

Se realizó una selección al azar de 5 camarones tratados de cada réplica y se colocó en acuarios de 20 Litros controlando la temperatura de 30°C, se agregó la suspensión bacteriana a una concentración de 106 UFC ml^{-1}. Se agregaron 20 mL del inóculo bacteriano a todos los acuarios. El recambio de agua (50%) se realizó 24 horas después de la infección y se determinó la supervivencia cada 2 horas durante 48 horas. Se tomaron muestras para histopatología e HIS de camarones moribundos y supervivientes.

Resultados y discusión

Supervivencia de los camarones juveniles tratados con el consorcio de probióticos

Los camarones juveniles tratados con el consorcio de probióticos Ili, P62 y P64 obtuvieron una supervivencia de 88,9% en comparación al control 22,1% sin tratamiento de probióticos (Figura 1) determinado a los 31 horas después de la infección con el *Vibrio parahaemolyticus*.

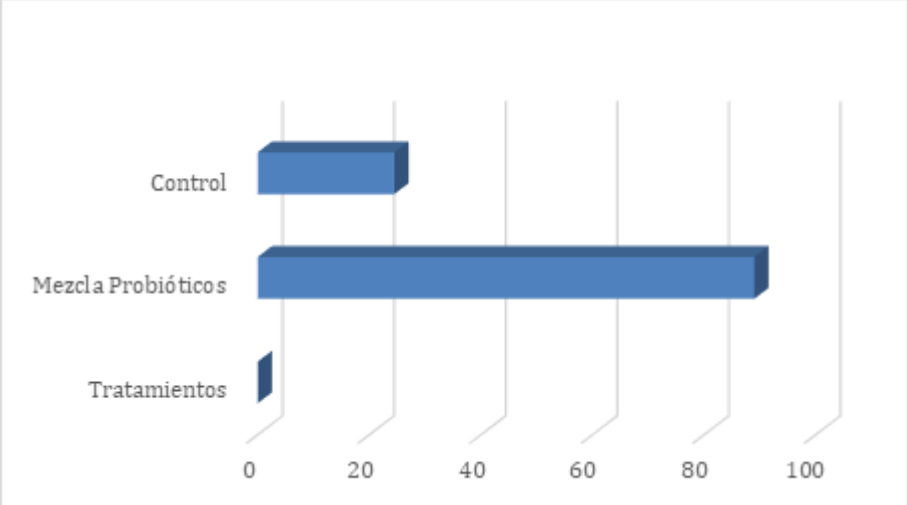


Figura 1. Supervivencia de camarones tratados con probióticos después del desafío

Estudios similares de (Gullian et al., 2004) reportó que las cepas probióticas *V. hepatarius* (P62) y *Bacillus cereus*. (P64), usadas en este estudio poseen un efecto inhibitorio contra el patógeno *Vibrio harveyi*. Balcázar et al. (2007) indicaron que la administración del probiótico *Vibrio diabolicus* (conocido en ese entonces como *Vibrio alginolyticus*) mejora la tasa de conversión alimenticia, y podría reducir la tasa de enfermedad causada por vibrios.

Resultados de Hibridación in situ (HIS)

Se aplicó la técnica de HIS a los camarones juveniles de los diferentes tratamientos, con el fin de observar la expresión del AMP peneidina en los diferentes tejidos por histopatología. En términos generales, se observaron hemocitos infiltrados positivos para peneidinas en el tejido conectivo de distintos órganos, en particular de los apéndices bucales, estómago y tejido conectivo bajo el epitelio del cefalotórax.

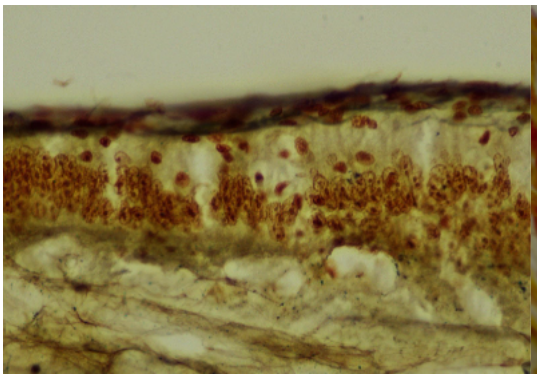


Figura 2. Cutícula y el epitelio del intestino

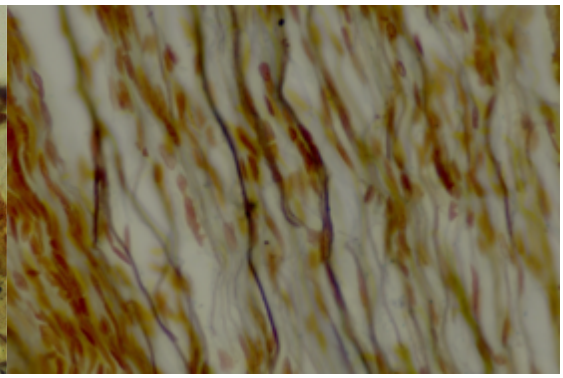


Figura 3. Zona bucal

Los resultados obtenidos en los tratamientos de los camarones juveniles, se complementaron con las observaciones de signos histopatológicos y la expresión del péptido antimicrobiano peneidina in situ. La expresión de la peneidina en los diferentes órganos es semejante a lo observado por (Muñoz et al., 2002) quienes detectaron las peneidinas en los hemocitos circulantes en el sistema vascular del camarón y en diferentes órganos, también utilizando otros métodos de identificación de la expresión de peneidinas, esta ha sido identificada en diferentes tejidos del cuerpo de los camarones (Destoumieux et al., 2000). La señal de peneidina se detectó así mismo en los esferoides en el LO, los esferoides representan un mecanismo importante para secuestrar patógenos en camarones peneidos (Anggraeni & Owens, 2000; Muñoz et al., 2003).

El estudio argumenta un desarrollo teórico científico significativo contribuyendo a la comprensión de los mecanismos celulares y humorales del sistema inmune de los camarones que a través de la expresión de uno las peneidinas, categorizados como antimicrobianos claves en la respuesta de defensa contra los patógenos, pueden potenciar su respuesta inmune. Desde la perspectiva práctica la adición de probióticos en la dieta de los camarones puede potenciar la acción la defenza del sistema inmune repercutiendo en la salud y aumento de la supervivencia del cultivo. La estrategia de cultivo sigue siendo sostenible en la producción y con reducción del impacto ambiental haciendo posible ser incorporada como parte de

los protocolos de producción, considerando que la expresión de las peneidinas puede ser considerado como un biomarcador útil en el manejo de la salud de los organismos cultivados.

Conclusiones

El tratamiento de la aplicación de probióticos en el cultivo de camarones tiene un impacto significativo en la expresión de las peneidinas consideradas como uno de los péptidos antimicrobianos AMPs en el cultivo de camarón *Penaeus vannamei*. Se observó una expresión significativa en la cutícula y la boca, epitelio del intestino de los tejidos del camarón existiendo una posible relación con la supervivencia expresada en la prueba de desafío con el patógeno *V. parahaemolitycus*.

Se sugiere ampliar el presente estudio a través de la inmunomodulación y el uso de otros probióticos excluyentes de vibrios patógenos.

Validar los ensayos del tratamiento aplicado en este estudio en sistemas de cultivo de camarón (larviculturas y piscinas) a fin de incrementar la confiabilidad en la investigación que permitan fortalecer la vinculación entre la academia y la industria acuícola.

Profundizar la comprensión de los mecanismos inmunitarios del camarón a fin de seguir explorando estrategias de inmunomodulación.

Referencias bibliográficas

Anggraeni, M. S., & Owens, L. (2000). The haemocytic origin of lymphoid organ spheroid cells in the penaeid prawn Penaeus monodon. Diseases of Aquatic Organisms, 40(2), 85–92. https://doi.org/10.3354/dao040085

Balcázar, J. L., & Rojas-Luna, T. (2007). Inhibitory activity of probiotic Bacillus subtilis UTM 126 against Vibrio species confers protection against vibriosis in juvenile shrimp (Litopenaeus vannamei). Current Microbiology, 55(5), 409–412. https://doi.org/10.1007/s00284-007-9000-0

Destoumieux, D., Muñoz, M., Cosseau, C., Rodriguez, J., Bulet, P., Comps, M., & Bachère, E. (2000). Penaeidins, antimicrobial peptides with chitin-binding activity, are produced and stored in shrimp granulocytes and released after microbial challenge. Journal of Cell Science, 113(3), 461–469. https://doi.org/10.1242/jcs.113.3.461

Domínguez-Borbor, C., Ardiles, V., Bermeo, M., Bolívar-Alvarado, C., Tomalá, C.,

Sonnenholzner, S., & Rodríguez, J. A. (2019). The marine symbiont Pseudovibrio denitrificans, is effective to control pathogenic Vibrio spp. in shrimp aquaculture. Aquaculture, 508(April), 127–136. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.077

Flegel, T. W. (2012). Historic emergence, impact and current status of shrimp pathogens in Asia. Journal of Invertebrate Pathology, 110(2), 166–173. https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.03.004

Gullian, M., Thompson, F., & Rodriguez, J. (2004). Selection of probiotic bacteria and study of their immunostimulatory effect in Penaeus vannamei. Aquaculture, 233(1–4), 1–14. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.09.013

Hai, N. V. (2015). The use of probiotics in aquaculture. Journal of Applied Microbiology, 119(4), 917–935. https://doi.org/10.1111/jam.12886

Knipe, H., Temperton, B., Lange, A., Bass, D., & Tyler, C. R. (2021). Probiotics and competitive exclusion of pathogens in shrimp aquaculture. Reviews in Aquaculture, 13(1), 324–352. https://doi.org/10.1111/raq.12477

Kumar, V., Roy, S., Behera, B. K., Bossier, P., & Das, B. K. (2021). Acute hepatopancreatic necrosis disease (Ahpnd): Virulence, pathogenesis and mitigation strategies in Shrimp aquaculture. Toxins, 13(8), 1–28. https://doi.org/10.3390/toxins13080524

Lai, H. C., Ng, T. H., Ando, M., Lee, C. Te, Chen, I. T., Chuang, J. C., Mavichak, R., Chang, S. H., Yeh, M. De, Chiang, Y. A., Takeyama, H., Hamaguchi, H. o., Lo, C. F., Aoki, T., & Wang, H. C. (2015). Pathogenesis of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in shrimp. Fish and Shellfish Immunology, 47(2), 1006–1014. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.11.008

Lakshmi, B., Viswanath, B., & Sai Gopal, D. V. R. (2013). Probiotics as Antiviral Agents in Shrimp Aquaculture. Journal of Pathogens, 2013, 1–13. https://doi.org/10.1155/2013/424123

Muñoz, M., Vandenbulcke, F., Gueguen, Y., & Bachère, E. (2003). Expression of penaeidin antimicrobial peptides in early larval stages of the shrimp Penaeus vannamei. Developmental and Comparative Immunology, 27(4), 283–289. https://doi.org/10.1016/S0145-305X(02)00102-7

Muñoz, M., Vandenbulcke, F., Saulnier, D., & Bachère, E. (2002). Expression and distribution of penaeidin antimicrobial peptides are regulated by haemocyte reactions in microbial challenged shrimp. European Journal of Biochemistry, 269(11), 2678–2689. https://doi.

org/10.1046/j.1432-1033.2002.02934.x

Ramirez, M., Domínguez-Borbor, C., Salazar, L., Debut, A., Vizuete, K., Sonnenholzner, S., Alexis, F., & Rodríguez, J. (2022). The probiotics Vibrio diabolicus (Ili), Vibrio hepatarius (P62), and Bacillus cereus sensu stricto (P64) colonize internal and external surfaces of Penaeus vannamei shrimp larvae and protect it against Vibrio parahaemolyticus. Aquaculture, 549(December 2021). https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737826

Song, Y. L., & Li, C. Y. (2014). Shrimp immune system - Special focus on penaeidin. Journal of Marine Science and Technology (Taiwan), 22(1), 1–8. https://doi.org/10.6119/JMST-013-0813-1

Tassanakajon, A., Rimphanitchayakit, V., Visetnan, S., Amparyup, P., Somboonwiwat, K., Charoensapsri, W., & Tang, S. (2018). Shrimp humoral responses against pathogens: antimicrobial peptides and melanization. Developmental and Comparative Immunology, 80, 81–93. https://doi.org/10.1016/j.dci.2017.05.009

Tran, L., Nunan, L., Redman, R. M., Mohney, L. L., Pantoja, C. R., Fitzsimmons, K., & Lightner, D. V. (2013). Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. Diseases of Aquatic Organisms, 105(1), 45–55. https://doi.org/10.3354/dao02621

Xiao, J., Liu, L., Ke, Y., Li, X., Liu, Y., Pan, Y., Yan, S., & Wang, Y. (2017). Shrimp AHPND-causing plasmids encoding the PirAB toxins as mediated by pirAB-Tn903 are prevalent in various Vibrio species. Scientific Reports, 7(January), 1–11. https://doi.org/10.1038/srep42177

Yarahmadi, P., Mirghaed, A. T., & Shekarabi, S. P. H. (2022). Zootechnical performance, immune response, and resistance to hypoxia stress and Vibrio harveyi infection in Pacific white shrimp (Litopeneaus vannamei) fed different fishmeal diets with and without addition of sodium butyrate. Aquaculture Reports, 26(October 2022), 101319. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101319

Yue, S., How, H., Dong, D., Jiasong, Z., Xiaohan, Y., Xian, L., & Xiefa, S. (2022). Comparative Life Cycle Assessment of Whiteleg Shrimp (Penaeus 2 vannamei) Cultured in Recirculating Aquaculture Systems (RAS), 3 Biofloc Technology (BFT) and Higher-Place Ponds (HPP) Farming 4 Systems in China.

El uso de la electropesca en el estudio de peces de agua dulce: herramienta clave para la investigación y conservación de ecosistemas acuáticos

Electrofishing in freshwater fish studies: a key tool for aquatic research and conservation

Paúl Tufiño Mateus[1]

1 FAUNAETUS. https://orcid.org/0000-0002-1502-6954

Autor de correspondencia: gerencia@faunaetus.com

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e4

Resumen

En este trabajo se presentó una síntesis crítica de la electropesca como técnica central para el estudio de comunidades de peces de agua dulce y su utilidad para evaluar la salud ecosistémica, orientar planes de manejo, conservar la biodiversidad y sustentar la determinación de caudales ecológicos. Se describe el principio operativo la aplicación de un campo eléctrico controlado entre ánodo y cátodo que induce el acercamiento y una narcosis temporal que posibilita la captura, el registro y la liberación de individuos con baja mortalidad. Se exponen los fundamentos fisiológicos de la respuesta al estímulo eléctrico, los parámetros de operación y los componentes del equipo, junto con los requerimientos de seguridad. Se muestra su aplicación en inventarios de biodiversidad, monitoreo poblacional, estudios de migración y comportamiento, evaluación de impactos antrópicos y seguimiento de especies amenazadas. Se subrayan sus ventajas como la alta eficiencia en sistemas pequeños o de difícil acceso, el bajo impacto sobre hábitats y organismos, y la generación de información ecológica integral; y reconocemos limitaciones vinculadas a la conductividad y profundidad del medio, a respuestas diferenciales por especie y talla, y a la necesidad de capacitación, protocolos éticos y equipamiento especializado. Además, se ofrece recomendaciones operativas y se sistematizan estudios de caso en Ecuador (p. ej., trucha arcoíris andina, validación de *Astroblepus ubidiai* y determinación de caudal ecológico mediante IFIM–PHABSIM). Por último, se resalta la integración de tecnologías de telemetría, genética y sensores ambientales que consolidan a la electropesca como una herramienta segura, eficiente e intrínsecamente interdisciplinaria para la investigación y la conservación de ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: Agua dulce; ecosistemas acuáticos; electropesca; peces.

Abstract

In this study, we presented a critical synthesis of electrofishing as a central technique for studying freshwater fish communities and its utility for assessing ecosystem health, informing management plans, conserving biodiversity, and supporting the determination of ecological flows. The operating principle is described as the application of a controlled electric field between anode and cathode that induces approach and temporary narcosis thereby enabling the capture, recording, and release of individuals with low mortality. The physiological foundations of the response to electrical stimuli, the operational parameters, and the equipment components are set out, together with safety requirements. Its application is illustrated in biodiversity inventories, population monitoring, studies of migration and behavior, evaluations of anthropogenic impacts, and the monitoring of threatened species. The advantages are underscored high efficiency in small or hard-to-access systems, low impact on habitats and organisms, and the generation of integrative ecological information and limitations are acknowledged, including sensitivity to water conductivity and depth, species and size-specific responses, and the need for training, ethical protocols, and specialized equipment. Operational recommendations are also offered, and case studies from Ecuador are synthesized (e.g., Andean rainbow trout, validation of *Astroblepus ubidiai*, and the determination of ecological flow using IFIM–PHABSIM [Instream Flow Incremental Methodology/Physical Habitat Simulation System]). Finally, the integration of telemetry, genetics, and environmental sensors is highlighted, consolidating electrofishing as a safe, efficient, and intrinsically interdisciplinary tool for the research and conservation of aquatic ecosystems.

Keywords: Freshwater; aquatic ecosystems; electrofishing; fishes.

Introducción

La comprensión de las comunidades de peces en ambientes de agua dulce es fundamental para evaluar la salud de los ecosistemas, desarrollar planes de manejo, conservar la biodiversidad y la estimación de caudales ecológicos bajo criterios biológicos y de hábitat (Wu et al., 2020).

Entre las diversas técnicas disponibles para el muestreo y estudio de peces, la electropesca se ha consolidado como una herramienta eficaz, versátil y relativamente segura, que permite la captura de individuos vivos sin poner en riesgo permanente la integridad de las poblaciones ni el ambiente (Mazzoni et al., 2000; Pearce et al., 2026).

Principios generales de la electropesca

La electropesca, también conocida como pesca eléctrica, es un método científico utilizado para capturar peces mediante la aplicación controlada de corriente eléctrica en el agua. El principio básico consiste en sumergir electrodos (ánodo y cátodo) en el cuerpo de agua y generar un campo eléctrico que estimula a los peces, provocando su acercamiento al ánodo y facilitando su captura momentánea (Boute et al., 2024).

- La electropesca se utiliza principalmente para estudios ecológicos, inventarios poblacionales, programas de monitoreo y proyectos de conservación.

- Permite la captura selectiva y la posterior liberación de los peces estudiados, minimizando la mortalidad y el estrés en los organismos.

Principios científicos y funcionamiento

La electropesca se fundamenta en la respuesta fisiológica de los peces a la corriente eléctrica. Cuando los peces entran en el campo eléctrico, experimentan una serie de reacciones que pueden ir desde la estimulación nerviosa leve (que puede atraerlos) hasta la narcosis eléctrica temporal, que inmoviliza a los individuos y facilita su recolección con redes (Li et al., 2026).

Parámetros eléctricos

- Tipo de corriente: Corriente continua (CC), alterna (CA) o pulsada.

- Voltaje y amperaje: Se ajustan de acuerdo con las características del agua (conductividad, temperatura, etc.) y de las especies objetivo.

- Duración de la exposición: Es crucial para evitar daños fisiológicos irreversibles.

- Componentes del equipo de electropesca

- Generador eléctrico portátil: Suministra la corriente para los electrodos.

- Electrodos: El ánodo suele estar conectado a una pértiga y el cátodo a una línea sumergida.

- Redes de mano: Para capturar a los peces estimulados por el campo eléctrico.

- Equipos de protección: Como guantes y botas dieléctricas para la seguridad de quienes

manipulan los equipos.

Aplicaciones de la electropesca en el estudio de peces de agua dulce

La electropesca es de gran utilidad para los estudios de peces en ríos, arroyos, lagos y embalses (Kajee et al., 2023).

Algunas de sus aplicaciones más significativas incluyen:

- Inventarios de biodiversidad: permite registrar la presencia y abundancia de las distintas especies presentes en un cuerpo de agua.
- Monitoreo de poblaciones: es útil para estimar la densidad, estructura por tallas y salud de las poblaciones de peces a lo largo del tiempo.
- Estudios de migración y comportamiento: facilita la captura de especímenes para el marcado y posterior seguimiento.
- Evaluación de impactos ambientales: ayuda a detectar los efectos de actividades humanas (represas, contaminación, introducción de especies exóticas) sobre las comunidades ícticas.
- Conservación de especies amenazadas: permite detectar y monitorear poblaciones de especies en peligro sin causarles daños graves.

Ventajas de la electropesca

- Alta eficiencia en cuerpos de agua pequeños o de difícil acceso.
- Minimiza el impacto negativo en los hábitats y en los propios peces.
- Permite la toma de datos en tiempo real y la liberación inmediata de los peces.
- Facilita la obtención de muestras representativas (densidad, diversidad, estructura de poblaciones) de la comunidad de peces.
- Ya que requiere el registro de datos tanto biológicos como fisicoquímicos del cuerpo de agua permite un análisis integral de los resultados.
- Los resultados a lo largo del tiempo permiten evaluar de manera objetiva y real los efectos sobre la comunidad de peces de cualquier actividad antrópica en el cuerpo de agua.
- Permite la captura de especies difíciles de capturar con otros métodos tradicionales.

- Permite obtener información ecológica de las diferentes especies de peces capturados (hábitat acuático – estudios de preferencia de hábitat).

Limitaciones

Aunque la electropesca es una técnica valiosa, presenta algunas limitaciones:

- La eficiencia puede verse reducida en aguas muy profundas, turbias o con, muy baja o alta conductividad.
- Algunas especies y tamaños de peces responden de manera diferente al estímulo eléctrico.
- El uso indebido puede causar daños o mortalidad en los peces.
- Requiere capacitación técnica y el cumplimiento de protocolos.
- Requiere de un equipo multidisciplinario humano de trabajo.
- Requiere de aplicación de técnicas de foto-identificación en países tropicales.
- Requiere del uso de equipos con un valor significativo.

Recomendaciones para la práctica de la electropesca

- Realizar una planificación previa (prospección), considerando los objetivos del estudio y las características del ecosistema.
- Capacitar al personal en el uso seguro y ético de los equipos.
- Registrar cuidadosamente los parámetros eléctricos usados y la respuesta de los peces.
- Minimizar el tiempo de exposición de los peces al campo eléctrico.
- Garantizar la pronta liberación y recuperación de los peces capturados.
- Respetar los lineamientos legales y éticos de cada país o región.

Estudios de caso y ejemplos

En Ecuador, la electropesca ha sido utilizada con éxito en numerosos casos, se presentan algunos ejemplos desarrollados en Ecuador:

- Estudio de poblaciones de truchas arcoíris en los Andes de la sierra Centro. Resultado importante: identificación de mutaciones morfológicas en todas las diferentes poblaciones

de peces (Gonzalez-Martinez et al., 2021).

- Validación de la especie *Astroblepus ubidiai*. Resultado importante: captura de individuos en la localidad original donde fueron capturados y descritos originalmente. La especie debe ser descrita nuevamente en base a su población original pues la mayoría de los resultados actualmente se encuentran errados.

- Determinación del Caudal Ecológico del proyecto…. Resultado: se determinó por primera vez en Ecuador el Caudal Ecológico de un proyecto Hidroeléctrico (Normadía) utilizando el método IFIM (Instream Flow Incremental Metodology)-PHABSIN (Physical Habitat Simulation Systems) en colaboración con el Grupo de Eco hidrobiología de la Universidad de Valladolid.

Innovaciones y perspectivas futuras

El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de equipos de electropesca más eficientes, portátiles y seguros. Se están explorando nuevas formas de optimizar los parámetros eléctricos para minimizar el estrés en los peces y maximizar la eficacia del muestreo. Asimismo, la integración de tecnologías como la telemetría, el análisis genético y los sensores ambientales abre nuevas posibilidades para el estudio integral de los ecosistemas acuáticos (Pinna et al., 2023).

Conclusiones

La electropesca es una herramienta indispensable para el estudio científico de los peces de agua dulce. Permite obtener información valiosa para la gestión y conservación de los recursos acuáticos, siempre que se utilice de manera ética y responsable. Su aplicación, acompañada de otras técnicas y enfoques interdisciplinarios, contribuye al conocimiento y la protección de la biodiversidad en los ecosistemas de agua dulce.

Referencias bibliográficas

Boute, P. G., Hagmayer, A., Smid, K., Pieters, R. P. M., & Lankheet, M. J. (2024). Behavioural response thresholds of marine fish species for pulsed electric fields. Frontiers in Marine Science, 10, 1286149. https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1286149

Gonzalez-Martinez, A., De-Pablos-Heredero, C., González, M., Rodriguez, J., Barba, C., & García, A. (2021). Morphological Variations of Wild Populations of Brycon dentex (Characidae, Teleostei) in the Guayas Hydrographic Basin (Ecuador). The Impact of Fishing

Policies and Environmental Conditions. Animals, 11(7), 1901. https://doi.org/10.3390/ani11071901

Kajee, M., Henry, D. A. W., Dallas, H. F., Griffiths, C. L., Pegg, J., Van Der Colff, D., Impson, D., Chakona, A., Raimondo, D. C., Job, N. M., Paxton, B. R., Jordaan, M. S., Bills, R., Roux, F., Zengeya, T. A., Hoffman, A., Rivers-Moore, N., & Shelton, J. M. (2023). How the Freshwater Biodiversity Information System (FBIS) is supporting national freshwater fish conservation decisions in South Africa. Frontiers in Environmental Science, 11, 1122223. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1122223

Li, T., Chen, D., Cao, H., Wang, M., Ma, Y., Shi, H., Bi, S., Huang, M., & Guo, H. (2026). A Review of the Applications and Challenges of Pulsed Electric Fields in Fish Ecological Protection. Aquaculture, Fish and Fisheries, 6(3), e70241. https://doi.org/10.1002/aff2.70241

Mazzoni, R., Fenerich-Verani, N., & Caramaschi, E. P. (2000). Electrofishing as a sampling technique for coastal stream fish populations and communities in the Southeast of Brazil. Revista Brasileira de Biologia, 60(2), 205-216. https://doi.org/10.1590/S0034-71082000000200003

Pearce, R. H., Perrow, M. R., Tomlinson, M. L., & Turner, K. A. (2026). Points vs. passes: A comparison between electric fishing techniques for sampling fish populations in upland headwater streams. Journal of Fish Biology, jfb.70399. https://doi.org/10.1111/jfb.70399

Pinna, M., Zangaro, F., Saccomanno, B., Scalone, C., Bozzeda, F., Fanini, L., & Specchia, V. (2023). An Overview of Ecological Indicators of Fish to Evaluate the Anthropogenic Pressures in Aquatic Ecosystems: From Traditional to Innovative DNA-Based Approaches. Water, 15(5), 949. https://doi.org/10.3390/w15050949

Wu, J., Mao, R., Li, M., Xia, J., Song, J., Cheng, D., & Sun, H. (2020). Assessment of aquatic ecological health based on determination of biological community variability of fish and macroinvertebrates in the Weihe River Basin, China. Journal of Environmental Management, 267, 110651. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110651

Peces comerciales del río Napo

Commercial fish of the Napo river

Laaz Enrique[1], Revelo Willan[2]

1 Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP). https://orcid.org/0000-0003-3940-8743

2 Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP). https://orcid.org/0000-0002-5035-2552

Autor de correspondencia: elaaz@institutopesca.gob.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e5

Resumen

El IPIAP en alianza con TNC realizó estudios en el río Napo y sus afluentes entre 2024 y 2025, donde se reveló una notable diversidad de peces comerciales, identificando 40 especies de peces óseos pertenecientes a 21 familias y nueve órdenes. La familia más representativa fue *Pimelodidae*, con 10 especies. En cuanto a su estado de conservación, el 40% de las especies evaluadas, se encuentran en la categoría de Preocupación Menor según la UICN, sin que ninguna esté actualmente en una categoría de amenaza. La actividad pesquera es artesanal, cuantificándose 77 áreas de pesca, los pescadores utilizan siete tipos de artes de pesca, incluyendo redes de enmalle, atarrayas, líneas de mano y arpón. Con el objetivo de garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estos recursos, se están realizando monitoreos en aspectos reproductivos de las principales especies, lo que permitirá emitir recomendaciones para un adecuado ordenamiento pesquero en la amazonia ecuatoriana.

Palabras clave: Amazonia; Peces; Pesca; *Pimelodidae*; Napo.

Abstract

Between 2024 and 2025, IPIAP, in partnership with TNC, conducted studies in the Napo River and its tributaries, revealing a remarkable diversity of commercial fish. A total of 40 species of bony fishes were identified, belonging to 21 families and nine orders. The most representative family was *Pimelodidae*, with 10 species. Regarding their conservation status, the majority 83% of the species are classified as Least Concern according to the IUCN, with none currently listed in a threatened category. Fishing activity in the area is artisanal, with 77 fishing grounds recorded. Fishers use seven types of fishing gear, including gillnets, cast nets, hand lines, and harpoons. In order to ensure the long-term sustainability of these resources,

reproductive monitoring of the main species is being carried out, which will support the development of recommendations for appropriate fisheries management in the Ecuadorian Amazon.

Keywords: Amazonia; Fishes; Fisheries; *Pimelodidae*; Napo river.

Introducción

La Amazonía, y particularmente la cuenca del río Napo, alberga una de las mayores biodiversidades de peces dulceacuícolas del planeta, siendo este un recurso esencial para la seguridad alimentaria y la economía local. Sin embargo, este ecosistema crucial se enfrenta a amenazas aceleradas por el cambio climático, específicamente el incremento de la temperatura del agua y las alteraciones en el ciclo hidrológico.

El conocimiento actual, ha establecido una clara correlación global entre el calentamiento de los cuerpos de agua y la migración o el estrés fisiológico de las especies acuáticas. Específicamente, para la Amazonía, los estudios sugieren que el incremento de la temperatura afecta negativamente la reproducción de los peces y que los cambios en las lluvias modifican las rutas migratorias. No obstante, existe una marcada falta de datos primarios y modelización específica sobre los impactos directos en los stocks del río Napo. Como lo evidencian los registros, una parte significativa de las especies locales permanece catalogada como de "Datos Insuficientes" (DD) por la UICN, limitando cualquier gestión preventiva. Asimismo, el marco regulatorio existente se enfoca históricamente en la extracción sin integrar los riesgos de resiliencia climática.

La urgencia de este estudio se justifica por dos razones principales: primero, el sector pesquero y acuícola del Napo enfrenta una doble vulnerabilidad (climática y socioeconómica), poniendo en riesgo la subsistencia de miles de familias. Segundo, la identificación de la sensibilidad climática en especies clave (como los bagres migratorios o el Sábalo) es indispensable para la adaptación del sector. Por lo tanto, este trabajo no solo generará la evidencia científica específica y los datos faltantes para la gestión basada en el riesgo, sino que también servirá de insumo para el robustecimiento del marco normativo, permitiendo la formulación de políticas que garanticen la sostenibilidad ecológica y económica a largo plazo de los recursos hidrobiológicos del Napo.

Materiales y métodos

Se establecieron puntos de muestreo georreferenciados a lo largo del curso principal del río Napo y sus afluentes. Se llevaron a cabo entrevistas dirigidas a pescadores artesanales y líderes de asociaciones para recolectar información pesquera como artes de pesca utilizados, modalidades, sitios de pesca y se caracterizaron artes de pesca. Además, se identificaron

taxonómicamente las especies de peces registradas utilizando claves y guías de identificación (Anaguano, 2025; Jiménez et al, 2025; Jácome-Negrete et al, 2023 y Anaguano et al, 2022), también se realizaron disecciones a varias especies para conocer su estado gonadal (Vazzoler, 1996).

Resultados y discusión

El inventario de especies hidrobiológicas del río Napo reveló una alta riqueza taxonómica, con un total de 40 especies identificadas, distribuidas en nueve Órdenes y 21 Familias. La composición de la ictiofauna estuvo marcadamente dominada por los órdenes Characiformes (n=16) y Siluriformes (n=15), que conjuntamente representan el 77.5% del total de especies registradas, patrón característico de las cuencas amazónicas (Tabla 1).

A nivel de familia Serrasalmidae (n=4), Pimelodidae (n=10) y Loricariidae (n=5) concentraron la mayor diversidad de peces, señalando su preponderancia ecológica y potencial relevancia en la dinámica pesquera.

Tabla 1. Especies identificadas en orden filogenético

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Osteoglossiformes	Osteoglossidae	*Osteoglossum bicirrhosum*	Arahuana
	Arapaimidae	*Arapaima gigas*	Paiche
Clupeiformes	Pristigasteridae	*Pellona castelnaeana*	Dorado
Gymnotiformes	Sternopygidae	*Eigenmannia limbata*	Anguila
	Rhamphichthyidae	*Rhamphichthys rostratus*	Anguila picuda
Characiformes	Erythrinidae	*Hoplias malabaricus*	Guanchiche
	Cynodontidae	*Raphiodon vulpinus*	Perro
	Serrasalmidae	*Myloplus rubripinnis*	Piraña
		Mylossoma albiscopum	Palometa
		Piaractus brachypomus	Cachama blanca
		Serrasalmus rhombeus	Piraña
	Anostomidae	*Leporinus friderici*	Ratón
		Schizodon fasciatus	Lisa
	Prochilodontidae	*Prochilodus nigricans*	Bocachico
	Triportheidae	*Triportheus angulatus*	Volador
	Gasteropelecidae	*Thoracocharax stellatus*	Hachita
	Bryconidae	*Brycon amazonicus*	Sábalo
		Salminus iquitensis	Dorado
	Characidae	*Charax tectifer*	Galamato
		Tetragonopterus argenteus	Sabaleta

Siluriformes	Loricariidae	*Farlowella oxyrryncha*	Palito
		Hypostomus oculeus	Carachama
		Hypostomus pyrineusi	Raspa
		Panaqolus nocturnus	Carachama
		Panaque titan	Carachama
	Doradidae	*Pterodoras granulosus*	Mata caimán
	Pimelodidae	*Aguarunichthys torosus*	Bagre mota
		Brachyplatystoma platynema	Lechero
		Calophysus macropterus	Bagre mota
		Hemisorubim platyrhynchos	Bagre
		Phractocephalus hemioliopterus	Bagre guacamayo
		Pimelodus blochii	Bagre
		Platysilurus olallae	Bagre picalón
		Pseudoplatystoma tigrinum	bagre tigre
		Sorubim lima	bagre
		Zungaro zungaro	bagre sapote
Carangiformes	Achiridae	*Achirus achirus*	lenguado
Cichliformes	Cichlidae	*Aequidens tetramerus*	vieja
Acanthuriformes	Sciaenidae	*Plagioscion squamosissimus*	corvina de río
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	*Sphoeroides asellus*	pez globo

El análisis de la clasificación de la Lista Roja de la UICN para las 40 especies evidenció que la mayoría de las especies tienen poblaciones estables, pero aún existe una brecha de conocimiento en la evaluación de la vulnerabilidad de varios de estos recursos (Tabla 2).

Tabla 2. Número de especies por Categoría UICN

Categoría UICN	Conteo de Especies (n)	Porcentaje (%)	Implicación
LC (Preocupación Menor)	16	40%	Poblaciones evaluadas y estables.
DD (Datos Insuficientes)	3	7,5%	Se requiere más información para la evaluación.
No Evaluada	21	52,5%	No se ha realizado ninguna evaluación de riesgo de extinción.

Se caracterizaron un total de siete artes de pesca entre los cuales tenemos red de enmalle, atarraya, línea con anzuelo, espinel de fondo (calandra), línea de mano, línea de mano con caña (caña de pescar) y arpón. Entre estas artes de pesca existen varias modalidades u operatividad,

en el caso de la red de enmalle se identificaron cuatro modalidades como: trampeo, caña pindo, cerco o encierro y deriva o boyante, en la línea con anzuelo hay trampeo, caña pindo, boya fija y boya en deriva.

Conclusiones

- Una proporción importante se encuentra en Preocupación Menor; sin embargo, más de la mitad no cuenta con evaluación formal según la UICN.

- Todas las especies registradas son nativas, No se registraron especies introducidas durante los muestreos; sin embargo, se recomienda mantener vigilancia sobre la posible presencia de *Oreochromis* spp.

- Las artes caracterizadas presentan bajo impacto relativo; no obstante, su efecto depende de la selectividad, esfuerzo pesquero, talla de malla y frecuencia de uso.

Recomendaciones

- Continuar con el estudio de los aspectos reproductivos-indicadores biológicos de los peces comerciales para poder emitir recomendaciones de manejo pesquero (vedas).

- Prohibir y controlar el uso de dinamita, venenos u otras sustancias nocivas.

Referencias bibliográficas

Anaguano-Yancha, F. (2025). La pesca de consumo en cinco comunidades Kichwa de la cuenca alta del río Napo. En Jiménez-Prado, P., Carrillo-Moreno, C. y Robles, M. (Ed.). Pesquería en la amazonía ecuatoriana. Estado actual y perspectivas de manejo sustentable (pp. 65-86). The Nature Conservancy. Quito, Ecuador.

Anaguano-Yancha, F., Utreras, V., Cueva, R., Palacios, J., & Prado, W. (2022). La pesca comercial de grandes bagres en dos localidades de la cuenca alta del río Napo, Ecuador. Territorios pesqueros, resiliencia, saberes locales y cambio en Latinoamérica, 283-320.

Jácome-Negrete, I., Mamallacta, A., Andrade, D., & Rodríguez, F. (2023). Diversidad ictiológica y pesca en una comunidad kichwa de la Alta Amazonía ecuatoriana. Cuadernos de Investigación UNED, 15(2), 13-24.

Jiménez-Prado, P., Carrillo-Moreno, C. y Robles, M. (Ed.). (2025). Pesquería en la amazonía

ecuatoriana. Estado actual y perspectivas de manejo sustentable. The Nature Conservancy. Quito, Ecuador.

Vazzoler Aea De M. Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoría e práctica. São Paulo: Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM; 1996.

Evaluación del impacto de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) sobre la ictiofauna nativa del Chocó Andino

*Evaluation of the impact of tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the native ichthyofauna of the Andean Chocó*

Cecilia Puertas[1], Juan Andrés Guadamud[2]

1 Universidad Internacional del Ecuador (UIDE). https://orcid.org/0000-0002-6808-8163

2 Universidad Internacional del Ecuador (UIDE). https://orcid.org/0000-0001-9620-817X

Autor de correspondencia: cepuertasdo@uide.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e6

Resumen

La introducción de especies es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel global. Las tilapias (*Oreochromis* spp.), originarias de África, han sido introducidas en múltiples ecosistemas fuera de su rango natural, y se ha documentado su impacto negativo sobre peces nativos. En Ecuador, aún hay escasa información sobre sus efectos. Este estudio evaluó los posibles impactos de la tilapia sobre peces nativos en una comunidad de Ecuador. Se muestrearon cuerpos de agua en busca de poblaciones de tilapia establecidas sin hallazgos positivos. Posteriormente, se realizaron cuatro experimentos con *O. niloticus* y especies nativas, midiendo la supervivencia como variable principal. En el primer experimento hubo una reducción del 62 % en peces nativos y del 18 % en tilapias. Los otros ensayos no arrojaron diferencias significativas en la supervivencia. En conclusión, aunque se identificaron indicios de posibles efectos negativos, los resultados no son concluyentes para afirmar que O. niloticus esté afectando significativamente a las especies nativas evaluadas.

Palabras clave: Ecuador; Especies introducidas; Ictiofauna nativa; *Oreochromis niloticus*.

Abstract

The introduction of species is one of the main causes of biodiversity loss worldwide. Tilapias (*Oreochromis* spp.), native to Africa, have been introduced into multiple ecosystems outside their natural range, and their negative impact on native fish species has been well documented. In Ecuador, however, information on their effects remains limited. This study evaluated the possible impacts of tilapia on native fish in a local Ecuadorian community. Water bodies

were surveyed for established tilapia populations, but no positive findings were recorded. Subsequently, four experiments were conducted with *O. niloticus* and native species, measuring survival as the main variable. In the first experiment, there was a 62% reduction in native fish and an 18% reduction in tilapia. The other trials showed no significant differences in survival. In conclusion, although some evidence of potential negative effects was identified, the results are not conclusive enough to affirm that *O. niloticus* is significantly affecting the evaluated native species.

Keywords: Ecuador; Introduced species; Native ichthyofauna; *Oreochromis niloticus*.

Introducción

La introducción de organismos para satisfacer las necesidades humanas ha sido una práctica común. No fue sino hasta que se empezaron a conocer los efectos negativos que se tomó conciencia de la necesidad de evaluar las consecuencias de insertar organismos en un medio ajeno a su lugar de origen (Simberloff et al., 2013; Cassemiro et al., 2018). Las especies introducidas son una de las principales causas de extinción de especies a nivel mundial. Sin embargo, solo unas pocas especies introducidas llegan a convertirse en plaga (Reyes, 2020).

En el Ecuador se han introducido varias especies de animales acuáticos para solventar las necesidades alimenticias y económicas de las comunidades, en especial las rurales (Reyes, 2020). Unas de estas especies son las tilapias (*Oreochromis* spp.), originarias de África que fueron introducidas en Ecuador en los años 60 (Baquero, 2022; Mora et al., 2004; Barrezueta, 2022). El cultivo de tilapia en la región costera del Ecuador se inició debido a la aparición de enfermedades en la industria camaronera, lo que motivó que se buscaran cultivos alternativos (Mora et al., 2004; Baquero, 2022). A partir de entonces, el cultivo de tilapia ha sido tan exitoso que actualmente nuestro país es uno de los principales exportadores de filete de tilapia roja a los Estados Unidos y Europa (Baquero, 2022). Pero a pesar de la importancia de este cultivo y de tratarse de una especie exótica, es muy poco lo que se conoce sobre sus posibles impactos (Barriga, 2012; Jácome et al., 2019). El Global Invasive Species Programme señala que tanto *O. mossambicus* como *O. niloticus* se han propagado en todo el mundo debido a su introducción para acuacultura; *O. mossambicus* consta como una de las 100 especies exóticas invasoras más peligrosas (Global Invasive Species Database, 2019). Las tilapias, si se escapan de las piscinas de cultivo, probablemente compitan con especies nativas por los recursos y pueden tener efectos perjudiciales en muchas de estas (Aguirre, 2017; Baquero, 2022).

El estudio se realizó entre el 2020 y el 2022 en el área de la comunidad de Cielo Verde, ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, a 130 km al nor-occidente de la ciudad de Quito. Con un rango altitudinal entre 430 a 900 msnm. El área de estudio corresponde a

la ecorregión del Chocó Andino en las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes, declarada como Reserva de la Biósfera en el 2018, y cuya principal característica es la gran biodiversidad y cantidad de especies endémicas (Benavides, 2021; Sorgato, 2018). El área posee hábitats de bosques primarios y secundarios de bosques nublados y montano bajos (Maynard et al, 2020; Kroger, 2021). La zona cuenta con numerosos ríos, riachuelos y cascadas, muchos de los cuales están siendo afectados por las actividades humanas. La expansión agropecuaria, la cacería, la deforestación y la contaminación por basura y aguas servidas son algunas de las amenazas (Sorgato, 2018), siendo la minería la mayor amenaza para la región del Chocó Andino (Kroger, 2021).

La pregunta de investigación es si la tilapia tiene efectos negativos sobre la supervivencia de dos especies de peces nativas del área de estudio.

El objetivo del estudio es evaluar experimentalmente si la tilapia tiene efectos negativos sobre las especies de peces nativas de la zona.

Metodología

Se realizaron muestreos en cinco de los principales cuerpos de agua de la zona, en búsqueda de poblaciones de tilapias establecidas en áreas naturales. Para esto se utilizaron las siguientes artes de pesca: 4 atarrayas de entre 12 y 16 lb; 2 redes de arrastre de 10 m de longitud y anzuelos de varios tamaños.

Se realizaron cuatro experimentos con *O. niloticus* y dos especies nativas: *Bryconamericus brevirostris* y *Brycon dentex*, con el fin de observar si la presencia de la tilapia afecta en la supervivencia de las especies de peces nativas.

El primer experimento se realizó en cuatro piscinas, donde se colocó individuos de tallas y pesos lo más similares posible y se los distribuyó como se observa en la tabla 1. Este experimento inició el 23 de octubre de 2020 y finalizó el 25 de abril de 2021.

Tabla 1. Distribución de las especies e individuos de peces, el peso promedio y LEP en las cuatro piscinas

# Piscina	Distribución de peces	Especie	# Ind.	LEP (cm)	Peso (gr)
1	Nativos	*Bryconamericus brevirostris*	154	7,5	15
1	Nativos	*Bryconamericus brevirostris*	66	8,2	18
2	Tilapias	*Oreochromis niloticus*	104	14,6	114,6
3	Nativos	*Brycon dentex*	69	16	80
4	Nativos	*Brycon dentex*	5	6	12
4	Tilapias	*Oreochromis niloticus*	28	18	152

En el segundo experimento se utilizaron dos bidones de agua de 80 litros de capacidad en los que se colocó 10 individuos de *O. niloticus* y 10 de *Bryconamericus brevirostris* en cada bidón durante 14 días.

El tercer experimento consistió en colocar tres jaulas en una de las piscinas, donde se pusieron individuos de tilapia *O. niloticus* y la especie nativa *Bryconamericus brevirostris* durante 10 días. El objetivo fue observar si existe diferencia en la tasa de sobrevivencia entre tilapias y peces nativos en condiciones que naturalmente se encontrarían en las piscinas. En cada jaula se colocó 12 individuos; en la primera jaula individuos de *O. niloticus*; en la segunda individuos de *O. niloticus* y *Bryconamericus brevirostris* y en la tercera solo individuos de la especie nativa.

En el cuarto experimento se construyeron tres piscinas donde se colocaron 40 individuos de tilapia *O. niloticus* y la especie nativa *Bryconamericus brevirostris*; la distribución de cada piscina se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Distribución de las especies e individuos de peces, el peso promedio y LEP en las tres piscinas

# Piscina	Distribución de peces	Especie	# Ind.
1	Tilapias	*Oreochromis niloticus*	40
2	Nativos	*Bryconamericus brevirostris*	20
	Tilapias	*Oreochromis niloticus*	20
3	Nativos	*Bryconamericus brevirostris*	40

Se realizó la prueba estadística Z para los cuatro experimentos.

Resultados y discusión

En los muestreos realizados en los cuerpos de agua de la zona no se registró presencia de tilapias (*O. niloticus*).

En el primer experimento hubo una reducción del 62 % en peces nativos y del 18 % en tilapias. En el segundo experimento, los resultados muestran que la sobrevivencia de las tilapias es mayor, ya que al contar los individuos al final del experimento, se encontraron más tilapias en los dos bidones. En el tercer experimento se obtuvo que en las jaulas 2 y 3 sobrevivieron todos los individuos. En la jaula 1 se recuperaron 10 de las 12 tilapias colocadas, no se encontraron restos de los dos individuos que faltaban. Esto podrá deberse a que en la jaula donde estuvieron solo tilapias hubo competencia intraespecífica dependiente de la densidad.

En el cuarto experimento los resultados indican que existen diferencias en todas las piscinas al comparar los datos del inicio y el final del experimento. La presencia de alevines (crías de peces) indica que hubo reproducción de los peces. La falta de individuos adultos de los que originalmente se colocaron, posiblemente se deba a escapes de estos.

La prueba estadística Z mostró diferencias significativas para el primer experimento, y para los otros tres experimentos no se obtuvieron diferencias significativas.

En los experimentos realizados se observó una cierta tendencia a que las especies nativas presenten menor supervivencia cuando coexisten con tilapia. Esta relación, observable en ambientes de diferente escala (piscinas, jaulas y bidones), sugiere que la tilapia podría desplazar a especies nativas mediante competencia directa por espacio o recursos, o bien a través de agresión o alteración del microhábitat.

Desde una perspectiva teórica, Jácome et al. (2019) ya habían advertido sobre la paradoja de la tilapia en Ecuador: mientras se la promueve por su valor productivo, sus impactos sobre la biodiversidad nativa son poco conocidos y potencialmente negativos. Asimismo, Barriga (2012) documenta cómo la introducción de especies exóticas es uno de los principales factores que amenaza la ictiofauna dulceacuícola del Ecuador.

A nivel internacional, Simberloff et al. (2013) y Cassemiro et al. (2018) señalan que muchas especies introducidas se convierten en invasoras precisamente porque tienen ventajas competitivas sobre las especies nativas, como crecimiento rápido, tolerancia a condiciones adversas y comportamiento territorial agresivo.

Desde el punto de vista práctico, los resultados tienen implicaciones importantes para la gestión de la biodiversidad en la región del Chocó Andino, una de las zonas más biodiversas y amenazadas del país (Benavides, 2021; Sorgato, 2018). La promoción sin control de cultivos de tilapia en cuerpos de agua naturales podría estar contribuyendo a la erosión de la diversidad acuática local.

Conclusiones

En conclusión, aunque se identificaron indicios de posibles efectos negativos, los resultados no son concluyentes para afirmar que *O. niloticus* esté afectando significativamente a la supervivencia de las especies nativas evaluadas.

El presente estudio permitió observar los efectos de la tilapia (*O. niloticus*) sobre dos especies de peces nativos del ecosistema acuático del Chocó Andino: *Bryconamericus brevirostris* y *Brycon dentex*, a través de cuatro experimentos controlados, realizados en distintos ambientes (piscinas, bidones y jaulas), se evidenció que la presencia de tilapias podrá estar asociada a una disminución en la supervivencia de especies nativas.

Los resultados, aunque preliminares, indican que la competencia por recursos como el espacio, el alimento o el oxígeno, podría ser un factor importante en la disminución de las tasas de supervivencia de peces nativos cuando cohabitan con tilapia.

El estudio contribuye al entendimiento de los efectos ecológicos de la tilapia, una de las especies introducidas más ampliamente distribuidas, abriendo la puerta a futuras investigaciones respecto al tema.

Aporta datos experimentales en un contexto ecuatoriano donde muchas veces el impacto se basa solo en observaciones.

El estudio apoya el uso del principio precautorio para tomar decisiones de manejo y conservación en zonas de alta biodiversidad como es el Chocó Andino, donde existen especies endémicas en riesgo.

Se recomienda ampliar el número de especies nativas evaluadas, incluyendo especies con diferentes nichos ecológicos o de diferentes niveles tróficos, con eso se podría observar si la tilapia afecta a toda una comunidad ictiológica o solo a ciertas especies.

Hacer este tipo de experimentos con la especia de tilapia roja que no fue estudiada en este proyecto.

Es importante poder analizar la dieta de las especies de estudio, para confirmar si la tilapia compite directamente por los mismos recursos alimenticios que las especies nativas.

Una recomendación importante, es poder replicar el estudio en diferentes regiones del país, con diferentes condiciones climáticas y tipos de cuerpos de agua, para validar la generalización de los resultados.

Proponer medidas de manejo o control de la tilapia en zonas sensibles o protegidas basadas en los resultados de este y futuros estudios.

Incorporar métodos participativos con las comunidades locales para integrar el conocimiento tradicional y promover prácticas sostenibles.

Referencias bibliográficas

Aguirre, W. (2017). Ictiofauna dulceacuícola del Ecuador continental. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Barriga, R. (2012). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador continental. Revista Politécnica, 30(1), 83–119.

Baquero, J. (2022). Impacto de la tilapia en los ecosistemas acuáticos del Ecuador. Universidad San Francisco de Quito.

Benavides, D. (2021). La reserva de biosfera del Chocó Andino: biodiversidad y conservación. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Cassemiro, F. A. S., Ribeiro, V. R., & Vitule, J. R. S. (2018). Introduced species: the new villains of ecological change. Neotropical Biology and Conservation, 13(3), 145–150.

Global Invasive Species Database. (2019). *Oreochromis mossambicus*. http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=40

Jácome, J., Quezada, C., Sánchez, O., Pérez, J., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. Revista Peruana de Biología, 26(4), 543–550. https://doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343

Mora, C., Espinoza, E., & Balseca, M. (2004). Estado actual de la acuicultura de tilapia en Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.

Reyes, P. (2020). Especies introducidas y su impacto en la biodiversidad ecuatoriana. Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO).

Simberloff, D., Martin, J., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., ... & Vila, M. (2013). Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. Trends in Ecology & Evolution, 28(1), 58–66.

Mercurio en peces amazónicos de consumo alimenticio como base de recomendación de ingesta para poblaciones locales

Mercury in amazonian food fish as a basis for consumption recommendations for local populations

Ricardo Ernesto Burgos Morán[1], Jorge Rivas[2], Laurence Maurice[3]

1 Universidad Estatal Amazónica, https://orcid.org/0000-0002-4383-158X

2 World Wildlife Fund - WWF Ecuador.

3 Institut de Recherche pour le Développement, https://orcid.org/0000-0003-3482-3892

Autor de correspondencia: rburgos@uea.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e7

Resumen

Las poblaciones amazónicas locales están expuestas a riesgos de contaminación por mercurio (Hg) debido al alto consumo de pescado, un fenómeno influenciado por procesos de biodisponibilidad, bioacumulación y biomagnificación, derivados de fuentes naturales o actividades humanas. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de Hg total en peces clave comercializados y consumidos por comunidades de la Amazonía ecuatoriana, con el fin de proponer recomendaciones de uso. Se recolectaron 151 peces en mercados, centros de acopio y mediante pescadores artesanales y deportivos durante mayo y junio de 2018, representando la captura mínima disponible localmente. Cada espécimen fue identificado taxonómicamente, medido, pesado, registrado por sitio de colecta y se extrajeron entre 2 y 10 gramos de músculo. Las muestras fueron liofilizadas y analizadas en el Laboratorio GET de Toulouse (Francia) mediante espectrofotometría de absorción atómica directa (Milestone® DMA-80). Se identificaron 20 especies, agrupadas en ocho familias de tres órdenes y clasificadas en ocho roles tróficos, mostrando patrones diversos de concentración de Hg según su posición ecológica y talla. El 97% de los Bagres (Pimelodidae), clasificados como carnívoros y carroñeros, superaron en promedio hasta cinco veces el límite máximo de Hg recomendado por la OMS y la EPA-FDA para consumo humano ($p \leq 0,05$). Las especies con menor concentración, recomendables para el consumo, se encuentran en las partes altas de las cuencas, mientras que en tramos bajos se observa mayor bioacumulación, con una relación inversa entre altitud y talla de captura. Se concluye que existe contaminación por Hg en los recursos pesqueros amazónicos del Ecuador, especialmente en los Bagres, que

enfrentan mayor presión de pesca por parte de los mercados locales. La pesca de subsistencia, en cambio, presenta riesgos variables según el lugar de extracción.

Abstract

Local Amazonian populations are exposed to mercury (Hg) contamination risks due to high fish consumption, a phenomenon influenced by processes of bioavailability, bioaccumulation, and biomagnification derived from natural sources or human activities. This study aimed to determine total Hg concentrations in key fish species marketed and consumed by communities in the Ecuadorian Amazon in order to propose consumption recommendations. A total of 151 fish specimens were collected from markets, collection centers, and through artisanal and sport fishers during May and June 2018, representing the minimum locally available catch. Each specimen was taxonomically identified, measured, weighed, and recorded according to collection site, and between 2 and 10 g of muscle tissue were extracted. Samples were freeze-dried and analyzed at the GET Laboratory in Toulouse, France, using direct atomic absorption spectrophotometry (Milestone® DMA-80). Twenty species belonging to eight families and three orders were identified and classified into eight trophic roles, showing diverse Hg concentration patterns according to ecological position and body size. Ninety-seven percent of catfish species (Pimelodidae), classified as carnivores and scavengers, exceeded by up to five times the maximum Hg limits recommended by the WHO and EPA-FDA for human consumption ($p \leq 0.05$). Species with the lowest Hg concentrations, and therefore more suitable for consumption, were found in the upper sections of river basins, whereas greater bioaccumulation was observed in lower sections, with an inverse relationship between altitude and capture size. The study concludes that Hg contamination is present in fishery resources of the Ecuadorian Amazon, particularly in catfish species, which are under greater fishing pressure from local markets. Subsistence fishing, however, presents variable risks depending on the extraction site.

Introducción

La cuenca del río Amazonas abarca aproximadamente 6,7 millones de km² en América del Sur tropical, de los cuales cerca del 2% corresponde al territorio ecuatoriano. Para el año 2016, se estimó una población de 34 millones de personas en toda la cuenca, incluyendo alrededor de 0,9 millones en Ecuador, de los cuales aproximadamente el 65% reside en zonas urbanas (Charity, Dudley, Oliveira, & Stolton, 2016). En esta región, se ha registrado la mayor desigualdad por ingresos económicos en Ecuador, caracterizada por una alta informalidad laboral entre los sectores de menor poder adquisitivo, quienes dependen directamente de los recursos naturales, principalmente en agricultura de subsistencia, extracción forestal y pesca. Esta situación, junto con una prevalencia de al menos un 10% de desnutrición infantil (ARA,

2011), configura un escenario complejo en el que la gestión de los recursos naturales representa una oportunidad estratégica para el desarrollo y la conservación del paisaje amazónico.

La pesca ha sido aprovechada principalmente por grupos indígenas amazónicos (≈25% de la población regional), quienes presentan un consumo per cápita superior a 18 kg/año (Siren, 2005), mientras que el resto de la población mantiene un consumo promedio nacional de 6,4 kg/año (Wiefels, 2006). En este contexto, caracterizado por amenazas constantes como la pérdida de bosques, el fraccionamiento de hábitats acuáticos, el cambio climático y la contaminación urbana (Antunes et al., 2016; Foley et al., 2007; Guimberteau et al., 2017), adquiere relevancia el estudio de contaminantes como los metales pesados en especies de consumo humano.

El mercurio (Hg) ha sido identificado como uno de los principales indicadores de presión antrópica sobre los ecosistemas (Beltrán-Pedreros et al., 2011; Forsberg et al., 2017; Maurice-Bourgoin & Quiroga, 2002). Este metal pesado destaca por su alta neurotoxicidad, capacidad de bioacumulación y biomagnificación en la cadena trófica, además de sus efectos mutagénicos y teratogénicos (Forsberg et al., 2017; Moreno-Vallejo, 2017), lo que hace crítica su medición para evaluar riesgos en la salud humana. En Ecuador, se ha evidenciado la presencia de Hg en peces amazónicos y su consumo por comunidades locales (Moreno-Vallejo, 2017; Webb et al., 2004), aunque los estudios se han concentrado en la cuenca del río Napo. Por ello, se propone ampliar el análisis hacia otras cuencas, con énfasis en especies de consumo alimenticio.

Diversas iniciativas han sido desarrolladas para el manejo pesquero, como la propuesta de WCS en 2012 para la región del río Napo (Utreras, Cueva, Palacios, & Zapata-Ríos, 2012), y el enfoque del programa Yasuní de la FAO en 2011 (Burgos-Morán et al., 2011a). Asimismo, el diagnóstico realizado por WWF y UEA plantea como objetivo principal el manejo sustentable de los recursos pesqueros, promoviendo acciones de regularización, cooperación con poblaciones vulnerables, conservación de especies clave como Arapaima gigas, y sensibilización pública.

En este contexto, se planteó evaluar la presencia de mercurio total (Hg) en especies ícticas de consumo humano frecuente en comunidades locales de la Amazonía ecuatoriana. Se determinó las concentraciones de Hg en peces clave comercializados y consumidos, se analizó comparativamente dichas concentraciones según la cuenca de captura y el nivel trófico de las especies, y se establecieron recomendaciones sobre el consumo humano basadas en los límites permisibles internacionales, con el fin de identificar potenciales riesgos para la salud de las poblaciones amazónicas. Esta aproximación busca aportar evidencia científica que fortalezca las estrategias de manejo sustentable y conservación de los recursos pesqueros, en un entorno altamente vulnerable a presiones ambientales y socioeconómicas.

Metodología

Área de estudio

La investigación fue desarrollada en sistemas fluviales amazónicos ecuatorianos, comprendiendo las cuencas de los ríos San Miguel–Putumayo, Aguarico, Napo, Pastaza, Morona y Santiago. Estos ríos, originados en la cordillera de los Andes, presentan un marcado gradiente altitudinal y climático (Barriga, 2012), estabilizándose temporalmente entre los 1.200 y 700 m s.n.m., donde se forman valles andino-amazónicos que influyen significativamente en la configuración de hábitats acuáticos y en la biodiversidad regional.

En este rango altitudinal se ubican las principales ciudades amazónicas del Ecuador, desde donde se ejerce presión sobre los ecosistemas fluviales, evidenciándose un consumo local de peces provenientes de diversos ambientes acuáticos, incluyendo zonas cercanas a las fronteras con Colombia y Perú. Las modalidades de pesca observadas incluyen prácticas artesanales, deportivas y furtivas.

Colecta e identificación de muestras

Durante los meses de mayo y junio se recolectaron 151 ejemplares de peces en mercados locales, puertos de acopio y mediante acompañamiento a pescadores. Las muestras fueron seleccionadas para representar tanto las especies de mayor consumo como los principales nichos tróficos de los ecosistemas estudiados. Para cada espécimen se registraron datos morfométricos (longitud estándar, peso), lugar de captura, sexo (cuando fue posible) y se realizó la identificación taxonómica con base en guías especializadas (Nugra-Salazar et al., 2016) y apoyo de expertos (Nugra y Rodríguez, comm. pers.).

Se identificaron 20 especies pertenecientes a 8 familias distribuidas en tres órdenes: Siluriformes, Characiformes y Perciformes. La cuenca del río Morona presentó baja representatividad debido a restricciones climáticas y de accesibilidad, además de la temporalidad de pesca, que inicia en agosto con la migración de peces.

Análisis de mercurio

Para el análisis de mercurio, se extrajeron entre 2 y 10 gramos de músculo por individuo, de la región abdominal o dorsal, almacenados en fundas zip-lock y congelados a -18°C en campo, luego a -20°C en laboratorio. Las muestras fueron liofilizadas en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) durante 48 a 96 horas, pulverizadas y homogeneizadas con mortero de cuarzo inerte. Posteriormente, se redistribuyeron en viales de 1 g y almacenaron herméticamente para evitar rehidratación.

Dado que el mercurio es altamente volátil y susceptible a contaminación cruzada (Laffont et al., 2011), se emplearon materiales certificados de referencia (Certified Reference Material - CRM) para calibración y control de calidad: NIST-1632 para peces herbívoros y planctófagos sedimentarios; TORT-3 para omnívoros e insectívoros; y IAEA-436 para carnívoros y carroñeros. Estos CRMs permitieron asegurar precisión (Pr), reproducibilidad (Rep) y recuperación (Rec) en rangos superiores al 90%.

Los análisis fueron realizados en el laboratorio Géosciences Environnement Toulouse (GET) de la Universidad de Toulouse, en colaboración con el IRD de Francia, utilizando espectrometría de absorción atómica con el equipo Milestone® DMA-80, adaptado para medición directa en muestras sólidas y líquidas. Se analizaron aproximadamente 30 mg de muestra liofilizada por espécimen, con al menos dos réplicas. Cada 10 lecturas se incluyeron dos blancos y un CRM correspondiente al rol trófico del pez. Se aplicaron curvas de calibración y regresión para validar la fiabilidad de los datos, descartando aquellos fuera del intervalo de confianza.

En total se realizaron 567 lecturas, de las cuales 267 fueron validadas para análisis estadístico, con un límite de detección de 0,10 µg/kg y de cuantificación de 0,34 µg/kg (blancos N=152).

Análisis de datos

Las concentraciones de mercurio (Hg) fueron procesadas en Excel 2010® y analizadas en SPSS 23® ($P \leq 0,05$). Dada la distribución no gaussiana, se aplicaron pruebas no paramétricas como Kruskal-Wallis para comparar cuencas y roles tróficos. Se realizaron regresiones entre niveles tróficos (Froese & Pauly, 2018; Rodríguez D., comm. pers.) y concentración de Hg, además de gráficos de caja y dispersión según longitud estándar (LE).

La exposición humana fue estimada adaptando la metodología de la EPA (2000; EPA & FDA, 2018) y valores de referencia de la OMS (WHO, 2011). Se calculó el valor discriminante (VD) de Hg en pescado, considerando peso corporal (Freire et al., 2014) y consumo segmentado (Durango T., 2013; Sirén, 2011; Vasco & Sirén, 2018). Se categorizaron especies por riesgo de consumo (CSS) y se elaboró un mapa georreferenciado en ArcGIS® con los niveles de Hg detectados.

Resultados

Se analizaron 150 especímenes pertenecientes a 20 especies de peces amazónicos (Tabla 1), recolectados durante la temporada de aguas altas (mayo-junio), representando la oferta mínima disponible para consumo humano en poblaciones urbanas (Burgos-Morán et al., 2011; Jácome-Negrete, 2013). Las muestras fueron heterogéneas, y se detectaron diferencias

significativas entre cuencas (Kruskal-Wallis $X^2(5,150)=21,412$; $p\leq0,05$) y entre roles tróficos (Kruskal-Wallis $X^2(8,150)=73,839$; $p\leq0,05$).

Las mayores concentraciones de Hg se registraron en especies carnívoras y carroñeras, especialmente de la familia Pimelodidae, como Pseudoplatystoma fasciatum (3,36 ± 1,22 µg/g) y Calophysus macropterus (2,53 ± 2,80 µg/g), superando los límites recomendados por la WHO (2011). En contraste, especies herbívoras y planctófagas como Piaractus brachypomus y Chaetostoma sp presentaron concentraciones significativamente menores (<0,1 µg/g).

Tabla 1. Peces para consumo humano y pesca incidental de la Amazonía ecuatoriana organizadas por rol trófico y descendentemente según concentración de Hg en músculo.

Rol Trófico	Especie	N	[Hg] µg/g			Tipo de captura [a]
			± sd	min	Max	
Carnívoros	*Aguarunichthys torosus*	6	1,40 ± 1,42	0,58	4,28	AC, CS
	Hoplias malabaricus	19	0,33 ± 0,60	0,05	2,73	CS, I
	Pseudoplatystoma fasciatum	4	3,36 ± 1,22	2,11	4,50	AC, CS
	Surubim lima	1	0,54	-	-	AC, CS
	Zungaro zungaro	3	2,00 ± 1,77	0,93	4,04	AC, CS
Carroñeros	*Calophysus macropterus*	16	2,53 ± 2,80	0,21	8,57	AC
	Cetopsis sp	2	0,47	0,47	0,48	I
Herbívoros	*Mylossoma duriventre*	5	0,10 ± 0,06	0,06	0,21	AC, CS
	Piaractus brachypomus	5	0,05 ± 0,03	0,0015	0,10	I, P
Insectívoros	*Oxydoras niger*	1	0,01	-	-	CS
	Rhamdia sp	2	0,36 ± 0,11	0,28	0,44	CS
Omnívoro	*Bujurquina spp*	12	0,23 ± 0,13	0,09	0,50	CS

omnívoros – carnívoros	*Brycon amazonicus*	14	0,10 ± 0,21	0,02	0,82	AC, CS, P
	Crenicichla anthurus	4	0,14 ± 0,04	0,10	0,20	CS, I
Omnívoro - herbívoro	*Astyanax sp*	3	0,23 ± 0,17	0,08	0,41	CS, I
	Ancistrus sp	16	0,10 ± 0,05	0,02	0,23	AC, CS
	Chaetostoma sp	20	0,09 ± 0,03	0,04	0,14	AC, CS
Planctófago sedimentario	*Hypostomus sp*	1	0,02	-	-	AC, CS
	Loricaria sp	2	0,42 ± 0,43	0,12	0,73	AC, CS
	Prochilodus nigricans	14	0,15 ± 0,10	0,01	0,31	AC, CS
Total		150	0,60 ± 1,34	0,0015	8,57	

Nota: [a] AC, artesanal comercial; CS, consumo de subsistencia; I, incidental; P, Piscicultura.

Se observó una correlación positiva entre la concentración de Hg y la talla (LE) en varias cuencas, evidenciando procesos de bioacumulación y biomagnificación (Marshall et al., 2016; Beltrán-Pedreros et al., 2011). Las cuencas del Pastaza (R^2=0,6706; p≤0,05) y Santiago (R^2=0,8146; p≤0,05) mostraron patrones más claros, mientras que Morona no presentó correlación significativa (R^2=0,0014; p≥0,05).

En cuanto al origen de los peces, se identificaron diferencias entre ejemplares silvestres y de piscicultura. Por ejemplo, Brycon amazonicus silvestre presentó 0,82 µg/g, mientras que los cultivados mostraron 0,04 ± 0,02 µg/g. En P. brachypomus, los ejemplares silvestres tuvieron menor concentración (0,0015 µg/g) que los cultivados (0,06 ± 0,03 µg/g).

El análisis por sitio de venta evidenció diferencias significativas (Kruskal-Wallis X^2(14,150)=59,237; p≤0,05), con mayor concentración de Hg en peces comercializados en centros urbanos como Macas y Puyo, donde confluyen capturas de diversas cuencas (Burgos-Morán et al., 2011; Vasco & Sirén, 2018).

El análisis gráfico discriminante del Consumo Sugerido Semanal (CSS), basado en valores de referencia de la EPA & FDA (2018) y WHO (2011), reveló que especies como los bagres Pimelodidae exceden los límites seguros de ingesta para grupos vulnerables, especialmente mujeres en edad fértil. En contraste, especies como Mylossoma duriventre y Brycon amazonicus se consideran seguras para el consumo regular.

Discusión

Los resultados confirman la presencia de concentraciones elevadas de Hg en peces amazónicos, especialmente en especies de niveles tróficos superiores. Este patrón coincide con estudios previos en la Amazonía brasileña y boliviana (Webb et al., 2004; Beltrán-Pedreros et al., 2011; Castro et al., 2016), y evidencia la bioacumulación y biomagnificación del Hg en la cadena trófica acuática.

La variabilidad entre cuencas puede explicarse por factores ecológicos y antropogénicos. Por ejemplo, en la cuenca del Aguarico, la alta concentración de Hg en P. fasciatum y Loricaria sp podría estar relacionada con actividades extractivas como la minería y el petróleo (Fierro, 2015; Maurice-Bourgoin & Quiroga, 2002). En el Napo, la presión pesquera y la presencia de asentamientos humanos y actividades industriales podrían contribuir a la mayor biodisponibilidad de Hg (Durango T., 2013; Holland et al., 2014).

La diferencia entre peces silvestres y de cultivo es relevante. Los ejemplares cultivados mostraron menores concentraciones de Hg, lo que sugiere que la dieta controlada y el ambiente de crianza influyen en la bioacumulación. Esta diferencia podría ser aprovechada para promover prácticas de piscicultura como estrategia de seguridad alimentaria en zonas de alta exposición.

La exposición de las poblaciones locales al Hg a través del consumo de pescado es preocupante. Estudios previos han demostrado niveles elevados de Hg en cabello humano en comunidades ribereñas (Webb et al., 2004; Lebel et al., 1997, 1998), comparables a los de trabajadores expuestos directamente a mercurio en minería (Counter, 2005; Passos, 2008). Esto sugiere que el consumo frecuente de bagres amazónicos podría representar un riesgo similar al de la exposición ocupacional.

El análisis espacial (Mapa 2) muestra que los peces capturados en zonas altas presentan menores concentraciones de Hg, mientras que los de zonas bajas, con mayor acumulación de sedimentos y lixiviación de metales, presentan niveles más elevados (Guimaraes et al., 2011; Pouilly et al., 2013). Esta relación altitudinal debe considerarse en las recomendaciones de consumo.

Finalmente, se destaca la necesidad de establecer políticas de manejo pesquero que consideren la calidad sanitaria del recurso, diferenciando especies y zonas de captura. La promoción del consumo de especies de bajo nivel trófico y menor concentración de Hg, junto con el fortalecimiento de la piscicultura, podría contribuir a reducir la exposición de las poblaciones amazónicas al mercurio.

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian una contaminación significativa por mercurio (Hg) en los recursos pesqueros amazónicos del Ecuador, atribuible a procesos de biodisponibilidad, bioacumulación y biomagnificación. Este fenómeno se manifestó con mayor intensidad en especies del grupo de los bagres (Pimelodidae), donde únicamente un individuo presentó una concentración aceptable; el resto superó los valores considerados peligrosos para la salud humana según los criterios de la WHO (2011) y la EPA & FDA (2018), considerando variables como edad, peso y sexo de la población amazónica. Aunque no se identificó una fuente específica de contaminación, se observó que los niveles más altos de Hg se concentran en la parte baja de los sistemas fluviales, donde se capturan peces de mayor tamaño y nivel trófico. En contraste, en zonas altas se registraron menores concentraciones en especies más pequeñas y de niveles tróficos inferiores.

La exposición de las poblaciones amazónicas al Hg varía según el tipo de pesca y el lugar de comercialización. En consumidores urbanos que acceden a pescado proveniente de faenas artesanales-comerciales, el riesgo depende de la frecuencia de consumo, mientras que en pescadores de subsistencia debe considerarse además el sitio de extracción. En ciertas subpoblaciones se han reportado ingestas de pescado superiores a 200 g/día (Durango T., 2013; Moreno-Vallejo, 2017; Siren, 2011), lo que representa un riesgo elevado, especialmente en individuos con menor masa corporal. Se observó una correlación positiva entre la concentración de Hg y la talla de los peces, lo que respalda la implementación de estrategias de manejo pesquero basadas en tallas de captura, complementadas con estudios temporales que evalúen la viabilidad de establecer vedas como mecanismo de reducción de carga de Hg en músculo.

Con base en estos hallazgos, se recomienda profundizar el estudio sobre la biodisponibilidad de Hg en condiciones amazónicas ecuatorianas, limitar las fuentes de contaminación hacia los hidrosistemas (incluyendo prácticas agrícolas, deforestación, minería y extracción petrolera), y fortalecer las capacidades locales en torno al consumo seguro de pescado amazónico. Se sugiere establecer recomendaciones específicas para el consumo de bagres amazónicos y fomentar la producción en cautiverio de especies clave para la seguridad alimentaria. Además, se propone implementar controles y registros pesqueros artesanales como base para políticas públicas focalizadas. En especies como Brycon amazonicus y Piaractus brachypomus, se observó que la piscicultura puede ser una opción viable para ofrecer pescado con bajas concentraciones de Hg, lo cual podría extenderse a Pseudoplatystoma fasciatum y Calophysus macropterus por su potencial de cultivo.

Bibliografía

Agudelo-Cordoba, E., Salinas-Coy, Y., Sanchez, C. L., Muñoz-Sosa, D. L., Alonso, J. C., Nuñez, M., & Valdés, H. (2000). *Bagres de la Amazonia Colombiana: Un recurso sin fronteras*. (N. N. Fabré, J. C. Donato, & J. C. Alonso, Eds.). Instituto Amazóninico de Investigaciones Científicas Sinchi.

Antunes, A. P., Fewster, R. M., Venticinque, E. M., Peres, C. A., Levi, T., Röhe, F., & Shepard Jr., G. H. (2016). Empty forest or empty rivers? A century of commercial hunting in Amazonia. *Science Advances*, *2*(10), e1600936–e1600936. https://doi.org/10.1126/sciadv.1600936

ARA, (Articulación Regional Amazónica). (2011). *La Amazonía y los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Quito, Ecuador.

Barriga, R. S. (2012). Lista de peces de agua dulce e intermareales del ecuador. *Revista Politecnica*, *30*(3), 83–119.

Beltrán-Pedreros, S., Forsberg, B. R., Beltran-pedreros, S., Zuanon, J., Leite, R. G., & Reinaldo, J. (2011). Mercury bioaccumulation in fish of commercial importance from different trophic categories in an Amazon floodplain lake Mercury bioaccumulation in fish of commercial importance from different. *Neotropical Ichthyology, 9*(4), 901–908. https://doi.org/10.1590/S1679-62252011000400022

Burgos-Morán, R. E., Noboa, D., Valladares, B., Ordoñez-Delgado, L., & Sarango, V. (2011). *Plan de acción en ARPE y repoblamiento de especies biocuáticas para la RBY*. Quito, Ecuador.

Burgos-Morán, R. E., Rivas, J., Rivadeneira, L., & Pico, L. (2017). *Diagnóstico de la situación actual de los Recursos Pesqueros Amazónicos del Ecuador; y, Plan de acción con fines de uso, manejo y conservación*. Quito, Ecuador.

Castello, L., & Macedo, M. N. (2016). Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global Change Biology*, *22*(3), 990–1007. https://doi.org/10.1111/gcb.13173

Castello, L., Mcgrath, D. G., Hess, L. L., Coe, M. T., Lefebvre, P. A., Petry, P., … Arantes, C. C. (2013). The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters*, *6*(4), 217–229. https://doi.org/10.1111/conl.12008

Castro, N. S. S. de, Braga, C. M., Trindade, P. A. de A., Giarrizzo, T., & Lima, M. de O. (2016).

Mercury in fish and sediment of Purus River, Acre State, Amazon. *Cadernos Saúde Coletiva*, *24*(3), 294–300. https://doi.org/10.1590/1414-462x201600030142

Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., & Stolton, S. (2016). *Living Amazon Report 2016. A regional approach to conservation in the Amazon*. Brasilia & Quito: WWF Living Amazon Initiative.

Cladis, D. P., Kleiner, A. C., & Santere, C. R. (2014). Mercury Content in Commercially Available Finfish in the United States. *Journal of Food Protection*, *77*(8), 1361–1366. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-097

Doria, C. R. C., Duponchelle, F., Lima, M. A. L., Garcia, A., Carvajal-Vallejos, F. M., Méndez, C. C., … Van Damme, P. A. (2018). Review of Fisheries Resource Use and Status in the Madeira River Basin (Brazil, Bolivia, and Peru) Before Hydroelectric Dam Completion. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, *26*(4), 494–514. https://doi.org/10.1080/23308249.2018.1463511

dos Anjos, M. R., Machado, N. G., da Silva, P. M. E., Bastos, W. R., Miranda, M. R., de Carvalho, D. P., … Fulan, J. Â. (2016). Bioaccumulation of methylmercury in fish tissue from the Roosevelt River, Southwestern Amazon basin. *Ambiente &Agua*, *11*(3), 508–518. https://doi.org/10.4136/1980-993X

Durango T., P. E. (2013). *Evaluación Socio-económica del uso de la pesca artesanal en cuatro comunidades Kichwa de la ribera del río Napo, Ecuador*. Universidad San Francisco de Quito.

EPA. (2000). *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Volume 2 Risk Assessment and Fish Consumption Limits* (Third Edit, Vol. 2). Washinton, D.C.: U. S. Environment Protection Agency.

EPA, & FDA. (2018). EPA-FDA Fish Advice: Technical Information. Retrieved from https://www.epa.gov/fish-tech/epa-fda-fish-advice-technical-information

Fierro, C. (2015). Ecuador. El caso de Zamora Chinchipe. In *Las Rutas del Oro Ilegal. Estudios de caso en cinco países amazónicos* (pp. 182–234). Lima, Perú: SPDA. Retrieved from https://cedib.org/wp-content/uploads/2015/08/las-rutas-del-oro.pdf

Foley, J. A., Asner, G. P., Costa, M. H., Coe, M. T., Defries, R., Gibbs, H. K., … Snyder, P. (2007). Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *5*((1)), 25–32. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2

Forsberg, B. R., Melack, J. M., Dunne, T., Barthem, R. B., Goulding, M., Paiva, R. C. D., … Weisser, S. (2017). The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. *PLoS ONE*, *12*(8), 1–35. https://doi.org/doi.org/10.1371/journal.pone.0182254

Freire, W., Ramírez-Luzuriaga, M., Belmont, P., Mendieta, M., Silva-Jaramillo, M., Romero, N., … Monge, R. (2014). *Tomo I: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la población ecuatoriana de cero a 59 años. ENSANUT-ECU 2012*. Quito, Ecuador: Ministerio de Salud Pública/ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/MSP_ENSANUT-ECU_06-10-2014.pdf

Froese, R., & Pauly, D. (2018). FishBase. Retrieved September 14, 2017, from www.fishbase.org

García-Dávila, C., Sánchez, H., Flores, M., Mejia, J., Angulo, C., Castro-Ruiz, D., … Renno, J.-F. (2018). *Peces de consumo de la amazonía peruana*. Iquitos, Perú: Instituto de la Amazonía Peruana (IIAP).

Guarderas, L., Jácome-Negrete, I., Inmunda, R., Mayancha, C., Alvarado, V., Cuji, A., … Tapuy, T. (2013). Catálogo de Familias y especies de peces más comunes de la cuenca media y baja del río Curaray. In L. Guarderas & I. Jácome-Negrete (Eds.), *Curaray Causac Yacu. Conocimiento y gestión territorial de los humedales del Pueblo Kichwa de la cuenca media y baja del río Curaray desde la visión del Sumac Allpa y del Sumac Causai* (pp. 51–170). Quito, Ecuador: Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai (IQBSS).

Guimaraes, J. R. D., Betancourt, O., Miranda, M. R., Barriga, R., Cueva, E., & Betancourt, S. (2011). Long-range effect of cyanide on mercury methylation in a gold mining area in southern Ecuador. *Science of the Total Environment*, *409*(23), 5026–5033. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.08.021

Guimberteau, M., Ciais, P., Pablo Boisier, J., Paula Dutra Aguiar, A., Biemans, H., De Deurwaerder, H., … Verbeeck, H. (2017). Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon Basin: A multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios. *Hydrology and Earth System Sciences*, *21*(3), 1455–1475. https://doi.org/10.5194/hess-21-1455-2017

Holland, M. B., de Koning, F., Morales, M., Naughton-Treves, L., Robinson, B. E., & Suárez, L. (2014). Complex Tenure and Deforestation: Implications for Conservation Incentives in the Ecuadorian Amazon. *World Development*, *55*, 21–36. https://doi.org/10.1016/j.

worlddev.2013.01.012

Jácome-Negrete, I. (2013). Etnoictiología Kichwa de las lagunas de la cuenca baja del río Curaray (Amazonia), Ecuador. *Biota Colombia*, *14*, 144. Retrieved from http://www.humboldt.org.co/component/k2/item/211-revista-biota-colombiana-vol-14-1-especial-carne-de-monte-y-recursos-hidrobiologicos

Junk, W. J. ., & Soares, M. G. M. (2001). Freshwater Fish Habitats in Amazonia: State of Knowledge, Management, and Protection. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, *4*(4), 437–451. https://doi.org/10.1080/146349801317276107

Laffont, L., Sonke, J. E., Maurice, L., Monrroy, S. L., Chincheros, J., Amouroux, D., & Behra, P. (2011). Hg speciation and stable isotope signatures in human hair as a tracer for dietary and occupational exposure to mercury. *Environmental Science & Technology*, *45*(23), 9910–6. https://doi.org/10.1021/es202353m

Lebel, J., Mergler, D., Branches, F., Lucotte, M., Amorim, M., Larribe, F., & Dolbec, J. (1998). Neurotoxic Effects of Low-Level Methylmercury Contamination in the Amazonian Basin. *Environmental Research*, (79), 20–32. https://doi.org/10.1006/enrs.1998.3846

Lebel, J., Roulet, M., Mergler, D., Lucotte, M., & Larribe, F. (1997). Fish diet and Mercury exposure in a riparias amazonian population. *Water, Air and Soil Pollution*, (97), 31–44. https://doi.org/10.1007/BF02409642

Lees, A. C., Peres, C. A., Fearnside, P. M., Schneider, M., & Zuanon, J. A. S. (2016). Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodiversity and Conservation*. https://doi.org/10.1007/s10531-016-1072-3

Marshall, B. G., Forsberg, B. R., Thomé-Souza, M., Peleja, R., Moreira, M. Z., & Freitas, C. E. C. (2016). Evidence of mercury biomagnification in the food chain of the cardinal tetra Paracheirodon axelrodi (Osteichthyes: Characidae) in the Rio Negro, central Amazon, Brazil. *Journal of Fish Biology*, *89*(1), 220–240. https://doi.org/10.1111/jfb.12952

Maurice-Bourgoin, L., & Quiroga, I. (2002). Total mercury distribution and importance of the biomagnification process in rivers of the Bolivian Amazon. *The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands*, *6*(6), 49–66 ST–Total mercury distribution and importa.

Moreno-Vallejo, C. A. (2017). *Impactos de la actividad petrolera en peces de la Amazonía ecuatoriana*. Universidad San Francisco de Quito.

Nugra-Salazar, F., Benítez, M. B., Zarate, E., Fernández de Córdova, J., & Celi, J. E. (2016). *Peces comunes del río Napo y sistemas lacustres de Limoncocha y Cuyabeno*.

Passos, C. J. S. (2008). Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon : A review Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon : a review Exposição humana ao mercúrio e efeitos adversos à saúde na Amazônia : uma revisão. *Cadernos Saúde Pública*, *24*(4), 503–520. https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008001600004

Pouilly, M., Rejas, D., Pérez, T., Duprey, J. L., Molina, C. I., Hubas, C., & Guimarães, J. R. D. (2013). Trophic Structure and Mercury Biomagnification in Tropical Fish Assemblages, Iténez River, Bolivia. *PLoS ONE*, *8*(5). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065054

Reis, R. E., Albert, J. S., Di Dario, F., Mincarone, M. M., Petry, P., & Rocha, L. A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, *89*(1), 12–47. https://doi.org/10.1111/jfb.13016

Rivadeneira, J. F., Anderson, E., & Dávila, S. (2010). *Peces de la Cuenca del Pastaza Ecuador* (1ra ed.). Quito: Fundación Natura.

Salinas-Coy, Y., & Agudelo-Cordoba, E. (2000). *Peces de importancia económica en la cuenca Amazónica Colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas*. Bogotá D. C.: Instituto Amazóninico de Investigaciones Científicas Sinchi. Retrieved from http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UNC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=008326

Silva, E. A., & Stewart, D. J. (2017). Reproduction , feeding and migration patterns of Prochilodus nigricans (Characiformes : Prochilodontidae) in northeastern Ecuador. *Neotropical Ichthyology*, *15*(October), 1–13. https://doi.org/10.1590/1982-0224-20160171

Siren, A. (2011). *Consumo de pescado y fauna acuátia en la Amazonía ecuatoriana.* (FAO, Ed.). Roma: COPESCAL:Documento ocasional.

Sirén, A., & Machoa, J. (2008). Fish, wildlife, and human nutrition in tropical forests: A fat gap? *Interciencia*, *33*(3), 186–193.

Utreras, V. (2010). *Caracterización de la pesca de grandes bagres en el alto río Napo (Ecuador), recomendaciones para su manejo y conservación*. Universidad Internacinal de Andalucía (UNIA).

Utreras, V., Cueva, R., Palacios, J., & Zapata-Ríos, G. (2012). *Informe Técnico Caracterización de*

la Pesquería en el Alto Río Napo de la Amazonía Ecuatoriana , y Propuesta de Gestión para su Manejo y Conservación Victor Utreras , Rubén Cueva , Jaime Palacios y Galo Zapata-Ríos. Quito, Ecuador.

Vasco, C., & Sirén, A. (2018). Determinants of Wild Fish Consumption in Indigenous Communities in the Ecuadorian Amazon. *Society & Natural Resources*, *0*(0), 1–13. https://doi.org/10.1080/08941920.2018.1475587

Villacís, B., & Carrillo, D. (2012). País atrevido: la nueva cara sociodemográfica del Ecuador. *Analitika*, *Edición Es*.

Webb, J., Mainville, N., Mergler, D., Lucotte, M., Betancourt, O., Davidson, R., … Quizhpe, E. (2004). Mercury in Fish-eating Communities of the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador. *EcoHealth*, *1*(S2), SU59-SU71. https://doi.org/10.1007/s10393-004-0063-0

WHO. (2011). *Safety evaluation of certain contaminants in food. MERCURY addendum*. (M. Feeley, L. Barraj, D. C. Bellinger, R. Bronson, T. Guérin, J. C. Larsen, … W. Slob, Eds.), *WHO Food Additives Series* (Vol. 63). Geneva / Roma: World Health Organization. Retrieved from https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/6359

Wiefels, R. (2006). *Desarrollo de los mercados internos de pescado en América Latina*. Montevideo, Uruguay.

Zuluaga Rodríguez, J., Gallego Ríos, S. E., & Ramírez Botero, C. M. (2015). Content of Hg, Cd, Pb and as in fish species: a review. *Revista Vitae*, *22*(2), 148–159. https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n2a09

Biomarcadores de estrés y eficiencia metabólica en dos especies piscícolas cultivadas en ambientes tropicales

Biomarkers of stress and metabolic efficiency in two fish species cultivated in tropical environments

Darwin Yánez[1], Francisco Villamarín[2], Alina Velasteguí[3], Daniel Quishpe[4], Luís Maldonado[5]

1 Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Medicina Veterinaria y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-9306-3489

2 Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Medicina Veterinaria y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-9038-3516

3 Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0007-8844-3744

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam.

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0001-3576-7282

Autor de correspondencia: darwin.yanez@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e8

Resumen

En la Amazonía ecuatoriana se evidenció la necesidad de biomarcadores para optimizar el manejo en acuicultura tropical. Este estudio tuvo por objetivo caracterizar el estado fisiológico y metabólico de tilapia (*Oreochromis sp.*) y cachama (*Piaractus brachypomus*) para identificar indicadores de estrés y eficiencia. Se evaluaron 40 peces (n=20 por especie) en dos horarios (mañana y tarde), las muestras sanguíneas se obtuvieron por punción caudal con contención ética. El cortisol se determinó por fluorescencia inmunoenzimática y los perfiles bioquímicos (urea, creatinina, ALT) por química automatizada. La tilapia presentó mayor índice de condición (2,5), incremento de cortisol (280 ng/mL) y concentraciones superiores de urea y creatinina, sugiriendo mayor activación del eje HPI y metabolismo acelerado, acorde con mejor adaptación al cultivo. La cachama mostró cortisol bajo y estable, menor condición (1,3) y ALT elevada (40 U/L), compatible con susceptibilidad hepática. Concluimos que la tilapia exhibió un desempeño fisiológico más eficiente, mientras que la cachama requiere ajustes en manejo y nutrición.

Palabras clave: Acuicultura. Estrés. Metabolismo. Química sanguínea

Abstract

In the Ecuadorian Amazon, the need for biomarkers to optimize management practices in tropical aquaculture has become evident. This study aimed to characterize the physiological and metabolic status of tilapia (*Oreochromis* sp.) and cachama (*Piaractus brachypomus*) in order to identify indicators of stress and metabolic efficiency. A total of 40 fish (n = 20 per species) were evaluated at two time periods (morning and afternoon). Blood samples were obtained through caudal puncture under ethical handling conditions. Cortisol levels were determined by immunofluorescence assay, while biochemical profiles (urea, creatinine, and ALT) were analyzed using automated chemistry methods. Tilapia exhibited a higher condition index (2.5), increased cortisol levels (280 ng/mL), and higher concentrations of urea and creatinine, suggesting greater activation of the hypothalamic–pituitary–interrenal (HPI) axis and accelerated metabolism, consistent with better adaptation to aquaculture conditions. In contrast, cachama showed low and stable cortisol levels, a lower condition index (1.3), and elevated ALT values (40 U/L), compatible with hepatic susceptibility. We conclude that tilapia displayed a more efficient physiological performance, whereas cachama requires adjustments in management and nutrition practices.

Keywords: Aquaculture. Stress. Metabolism. Blood chemistry.

Introducción

La acuicultura tropical enfrenta desafíos crecientes para optimizar el bienestar fisiológico en sistemas convencionales con limitaciones técnicas y ambientales. En este marco, se plantearon dos preguntas centrales: ¿existen diferencias significativas en los perfiles fisiológicos y metabólicos entre *Oreochromis* sp. y *Piaractus brachypomus* bajo condiciones tropicales reales? y ¿qué biomarcadores permiten identificar estados de estrés y eficiencia metabólica en cada especie? La evidencia disponible respalda el cortisol como indicador primario de estrés en peces, complementado por parámetros bioquímicos como la urea, creatinina y ALT, para valorar función renal y hepática (Barton, 2002; Iwama et al., 2011). En tilapia se ha descrito alta plasticidad fisiológica frente a variaciones ambientales, mientras que en cachama los hallazgos son menos concluyentes pero sugieren mayor susceptibilidad hepática bajo esquemas intensivos (Ranzani-Paiva et al., 2013; Abdel-Tawwab et al., 2022). Sin embargo, persiste la brecha de estudios multivariados que integren estos biomarcadores en escenarios tropicales operativos, limitando la toma de decisiones basada en evidencia.

Este estudio se justifica por la necesidad de generar evidencia contextualizada que optimice el manejo en sistemas tropicales, donde las condiciones ambientales y operativas impactan

directamente la fisiología. La caracterización multimarcador de estrés y metabolismo ofrece una herramienta robusta para evaluar desempeño productivo y bienestar, contribuyendo a la sostenibilidad del sector (Martins et al., 2012; FAO, 2020). Los resultados buscan orientar ajustes específicos en nutrición, densidad y protocolos de manipulación, con potencial para mejorar la eficiencia biológica y económica de los sistemas de cultivo.

Metodología

El diseño experimental que se utilizó fué comparativo factorial 2×2 (especie: tilapia *Oreochromis* sp. vs. cachama *Piaractus brachypomus*; horario: mañana vs. tarde) en dos sistemas de Pastaza y Napo; n = 40 (20 por especie; 10 por especie en cada horario), muestreo aleatorio en estanques. Se procedió con la contención breve con toalla húmeda; venopunción caudal para plasma/suero. Se analizaron analitos como el cortisol por FIA; urea, creatinina y ALT por química automatizada, se registró de temperatura, pH, oxígeno disuelto y se calculó el K (masa–longitud). Las variables dependientes analizadas fueron el cortisol, urea, creatinina, ALT y K. las variables independientes, especie y horario, con la finalidad de evaluar el eje HPI y panel hepato–renal–metabólico. Para el análisis estadístico se realizó una prueba de normalidad (Shapiro–Wilk) y homocedasticidad (Levene); ANOVA de dos vías o GLM y alternativas no paramétricas, el reporte de tamaños de efecto (η^2 parcial, r) y IC95%, control de multiplicidad con Benjamini–Hochberg (FDR) y análisis en R v4.x.

Resultados y discusión

Las condiciones reales de producción amazónica en las que se evaluaron tilapia y cachama mediante un panel multimarcador (K, urea, creatinina, ALT y cortisol) con control del horario de muestreo, evidenciaron diferencias claras entre especies y patrones fisiológicos dependientes del tiempo.

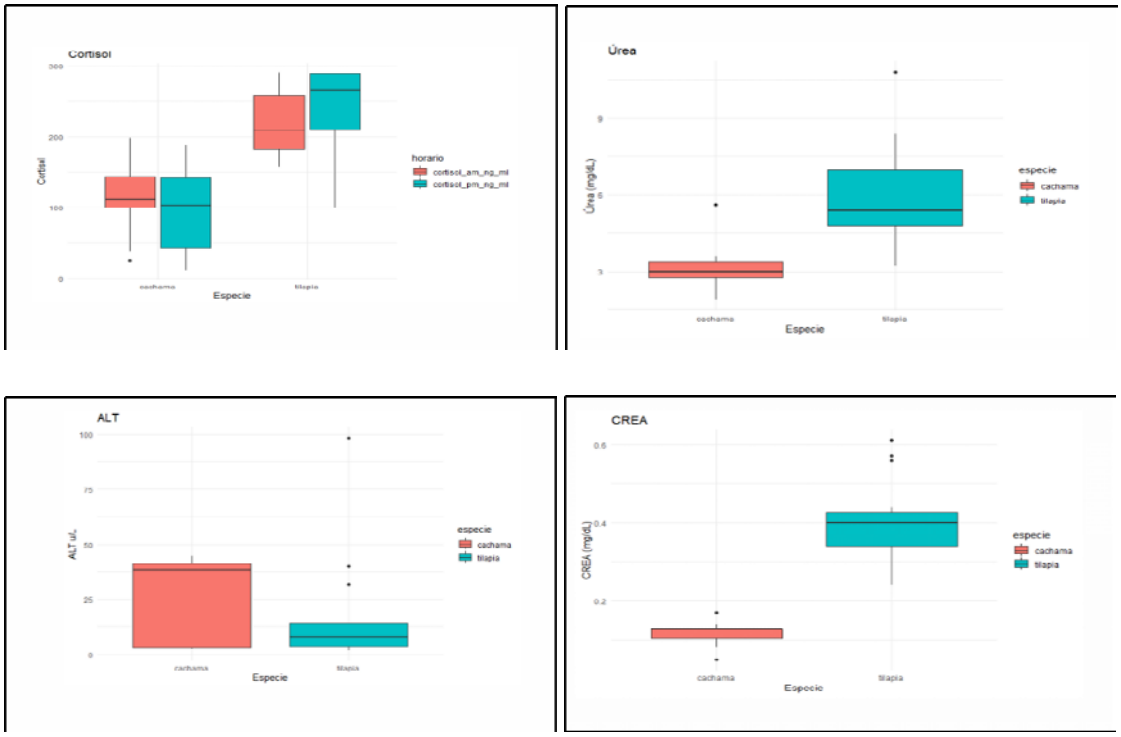


Figura 1 . Diagramas de caja de biomarcadores por especie. **(a)** Cortisol plasmático (ng/mL) en cachama y tilapia, desagregado por horario (mañana/tarde): la tilapia muestra valores más altos y un incremento vespertino; la cachama se mantiene más baja y estable. **(b)** Urea (mg/dL): mayor y más variable en tilapia; menor en cachama. **(c)** ALT (U/L): más elevada en cachama; baja y homogénea en tilapia. **(d)** Creatinina (mg/dL): superior en tilapia.

El mayor K en tilapia (≈2,5) frente a cachama (≈1,3) respalda el mejor desempeño morfoenergético de *Oreochromis* en sistemas semi/intensivos, donde K aumenta con manejo y dieta optimizados (Santos et al., 2019; La Rosa et al., 2025). El K bajo en *Piaractus brachypomus* sugiere mayor sensibilidad a densidad, temperatura y horario de alimentación, factores vinculados a menor rendimiento y alteraciones fisiológicas; además, temperatura y cronograma modulan crecimiento y bioquímica (de Morais et al., 2025; Favero et al., 2022). En conjunto, la evidencia respalda ajustes de calidad de agua, nutrición y carga poblacional en cachama para mejorar K (Abd El-Hack et al., 2022).

Los niveles de cortisol variaron significativamente entre especies y horarios, con valores más elevados en tilapia (mediana mañana ≈ 220 ng/mL; tarde ≈ 280 ng/mL) que en cachama (mañana ≈ 120 ng/mL; tarde ≈ 100 ng/mL). Un patrón coherente con la fisiología del eje HPI y la variabilidad interespecífica de la respuesta al estrés descrita para teleósteos (Barton, 2002; Sadoul & Geffroy, 2019; Sopinka et al., 2016). La ritmicidad observada en tilapia, alineada con ritmos diarios de cortisol y actividad, respalda muestreos matutinos para comparaciones válidas (Costa et al., 2019; Vera et al., 2009; Samorì et al., 2024). Además, se recomienda

avanzar en matrices menos invasivas (moco, agua) y considerar que especie y densidad de cultivo modulan la fisiología en peces amazónicos, interpretando a la cachama como menos reactiva en lo agudo pero potencialmente más vulnerable a estresores crónicos (Lemos et al., 2023; Keihani et al., 2024; de Morais et al., 2025).

La urea más alta en tilapia (~5,5 mg/dL) que en cachama (~3 mg/dL) sugiere mayor catabolismo proteico y demanda energética en *Oreochromis*; no obstante, es un marcador sensible pero poco específico, influido por dieta, desaminación, detoxificación nitrogenada y condiciones de cultivo (Abdel-Tawwab et al., 2010; Anderson, 1995; McDonald, 2012). En *Piaractus brachypomus*, valores más bajos y homogéneos apuntan a menor degradación proteica o mejor uso del nitrógeno, coherentes con efectos de temperatura, horario de alimentación y densidad (Favero et al., 2022; de Morais et al., 2025). La variabilidad en tilapia (casos >9 mg/dL) probablemente refleja diferencias en dieta, densidad, oxigenación y amonio; por ello, conviene ajustar covariables y triangular con creatinina, proteínas totales/albúmina y cortisol (Li et al., 2023; Edwards et al., 2024; Bojarski et al., 2025). En síntesis, la urea discrimina perfiles metabólicos entre especies, pero su lectura robusta requiere panel multimarcador y muestreo estandarizado (Bavia et al., 2024).

La ALT más alta en cachama (~40 U/L) que en tilapia (~10 U/L) indica susceptibilidad hepática de *Piaractus brachypomus* bajo las condiciones evaluadas, coherente con el uso de ALT como biomarcador de lesión/permeabilidad hepatocelular asociado a estresores nutricionales, térmicos, contaminantes y de manejo (Popović et al., 2023; Bojarski et al., 2025). En carácidos amazónicos, temperatura, horario de alimentación y densidad modulan el perfil hemato-bioquímico y la fisiología, ofreciendo mecanismos plausibles del aumento de ALT en cachama (Favero et al., 2022; de Morais et al., 2025). Por contraste, los valores menores y homogéneos en tilapia sugieren estabilidad hepática bajo el mismo régimen, y los atípicos podrían reflejar respuestas transitorias a manipulación o dieta (Bavia et al., 2024; Popović et al., 2023; Bojarski et al., 2025).

La creatinina más alta en tilapia (≈0,40 mg/dL) que en cachama (≈0,12 mg/dL) sugiere mayor recambio muscular y demanda energética en *Oreochromis*; no obstante, es un biomarcador sensible, pero de especificidad limitada, influido por crecimiento, dieta y manejo, por lo que debe interpretarse junto con K, urea, ALT y covariables del agua (Bavia et al., 2024; Bojarski et al., 2025; Öner et al., 2008; Sherif et al., 2024). En carácidos amazónicos, intervalos de referencia para *Piaractus brachypomus* juveniles (media ≈0,31 mg/dL; 0,2–0,4) sugieren que la creatinina baja y homogénea de cachama podría reflejar menor metabolismo proteico y/o diferencias de talla, dieta, ambiente o método analítico (Sakamoto et al., 2001; Keitel-Gröner

et al., 2024).

Conclusiones

En conjunto, la evidencia indica que la tilapia mantiene un perfil fisiometabólico compatible con adaptación productiva, condición corporal robusta, mayor recambio proteico y patrón de cortisol rítmico, mientras la cachama exhibe señales de vulnerabilidad hepática y menor eficiencia fisiológica.

Estos resultados obtenidos en sistemas acuícolas de la Amazonía mediante un panel multimarcador (K, urea, creatinina, ALT, cortisol), integra la cronobiología del estrés (muestreos matutinos, especie×horario) y fundamenta manejo diferenciado, soporte hepático en cachama y tilapia, mejorando decisiones, eficiencia y bienestar. Es necesario ampliar el panel con AST/ALP, histopatología hepática e indicadores de estrés oxidativo (TAC, MDA). Además, ensayos controlados que varíen densidad, perfil lípido-proteico y cronogramas de alimentación (mañana vs. tarde), cuantificando el impacto en el panel multimarcador y en el desempeño productivo.

Referencias bibliográficas

Barton, B. A. (2002). Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology, 42*(3), 517–525. https://doi.org/10.1093/icb/42.3.517

Bojarski, B., Terlecki, G., & Pimpicka-Salamandyk, A. (2025). Blood biochemical biomarkers in fish toxicology—A review. *Animals, 15*(7), 965. https://doi.org/10.3390/ani15070965

Costa, L. S., López-Olmeda, J. F., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2019). Daily rhythms of cortisol and glucose and the influence of the light/dark cycle in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research, 50*(12), 3587–3598. https://doi.org/10.1111/are.14118

de Morais Carvalho Ananias, I., dos Santos Silva, S., de Sena Souza, A., et al. (2025). Effects of stocking densities on the growth performance and physiology of juvenile *Piaractus brachypomus* in recirculating aquaculture system. *Fishes, 10*(4), 171. https://doi.org/10.3390/fishes10040171

Favero, G. C., Braccini, G. L., de Freitas Martins, W. J., et al. (2022). Effects of water

temperature and feeding time on growth, hematology and blood biochemistry of *Piaractus brachypomus*. *Aquaculture, 555*, 738210. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.738210

Jones, R. E., Petrell, R. J., & Pauly, D. (1999). Using modified length–weight relationships to assess the condition of fish. *Aquaculture, 178*(3–4), 335–346. https://doi.org/10.1016/S0144-8609(99)00020-5

Keitel-Gröner, F., Diekmann, M., & Kloas, W. (2024). Haematological and biochemical reference intervals in fish. *Frontiers in Veterinary Science, 11*, 1442873. https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1442873

Lemos, L. S., Coelho, R. G., de Jesus, T. F., et al. (2023). Cortisol as a stress indicator in fish: Sampling methods, analytical techniques, and organic pollutant exposure assessments. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20*(13), 6237. https://doi.org/10.3390/ijerph20136237

Sadoul, B., & Geffroy, B. (2019). Measuring cortisol, the major stress hormone in fishes. *Journal of Fish Biology, 94*(4), 540–555. https://doi.org/10.1111/jfb.13904

Sopinka, N. M., Donaldson, M. R., O'Connor, C. M., Suski, C. D., & Cooke, S. J. (2016). Stress indicators in fish. In C. B. Schreck, L. Tort, A. P. Farrell, & C. J. Brauner (Eds.), *Fish Physiology* (Vol. 35, pp. 405–462). Academic Press. https://doi.org/10.1016/bs.fp.2016.04.002

Optimización de un protocolo de diafanización para el estudio del desarrollo óseo en chame *(Dormitator latifrons)*

Optimization of a clearing and staining protocol for the study of skeletal development in chame (Dormitator latifrons)

Stephany Salazar-Guevara[1], Francisco Navarrete-Mier[2], Patricia Castillo-Briceno[3]

1 Grupo de Investigación Bioma Ecuatorial y Acidificación Oceánica EBIOAC, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ULEAM. https://orcid.org/0009-0004-4605-110X

2 Grupo de Investigación Bioma Ecuatorial y Acidificación Oceánica EBIOAC, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ULEAM. https://orcid.org/0000-0001-5571-4527

3 Grupo de Investigación Bioma Ecuatorial y Acidificación Oceánica EBIOAC, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ULEAM. https://orcid.org/0000-0001-9122-6002

Autor de correspondencia: pat.castillobriceno@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.icta.e9

Resumen

El pez chame (*Dormitator latifrons*) tiene una alta relevancia en la acuicultura y pesca artesanal en Ecuador. Considerando la escasa información biológica base sobre esta especie, se estudia aquí la morfología y desarrollo mediante la técnica de diafanización, que permite observar el esqueleto a través de los tejidos. En chames juveniles de 9–16cm (n=6) se usó KOH 0.1N para transparentar los tejidos blandos, y se evaluó dos pigmentos para tinción ósea: Rojo no.40 y Rojo de alizarina. El Rojo de alizarina tuvo mayor especificidad para el tejido óseo por su afinidad con el calcio, con mejores resultados en la visualización e identificación de estructuras esqueléticas. Asimismo, se pudo observar calcificación de huesos en todas las tallas analizadas, lo que sugiere que este proceso se inicia antes de los 9cm de longitud. Este protocolo optimizado constituye así una herramienta eficaz para el estudio de peces de tamaño y anatomía similar.

Palabras clave: Diafanización, Histología, Peces, Calcificación.

Abstract

The chame fish (*Dormitator latifrons*) is highly relevant to aquaculture and artisanal fisheries in Ecuador. Considering the limited baseline biological information available for this species, its morphology and development were studied here using the clearing and staining technique, which allows skeletal observation through transparent tissues. Juvenile chame specimens measuring 9–16 cm (n = 6) were treated with 0.1 N KOH to clear soft tissues, and two bone-staining pigments were evaluated: Red No. 40 and Alizarin Red. Alizarin Red showed greater specificity for bone tissue due to its affinity for calcium, providing better results in the visualization and identification of skeletal structures. In addition, bone calcification was observed in all analyzed size classes, suggesting that this process begins before 9 cm in length. This optimized protocol therefore constitutes an effective tool for the study of fish species with similar size and anatomy.

Keywords: Clearing and staining, Histology, Fish, Calcification.

Introducción

El chame (*Dormitator latifrons*) es un pez con una amplia distribución natural en zonas costeras tropicales y subtropicales, desde el sur de Estados Unidos hasta el Perú. En Ecuador se encuentra en zonas de estuarios y humedales (Bravo y de la Cruz, 2019), principalmente en las provincias de Manabí, Esmeraldas, Guayas y Los Ríos, donde la población local la cultiva, pesca y consume como parte de sus tradiciones. Los estudios morfológicos y de producción sobre esta especie son necesarios para poder establecer programas de conservación y cría fundamentados (González-Martínez et al., 2020). Sin embargo, el conocimiento sobre esta especie es aún escaso, incluso sobre aspectos básicos de su biología y ciclo de vida, pese a la relevancia como recurso alimenticio y especie nativa.

La diafanización es una técnica que, a través de transparentar los tejidos blandos, permite visualizar estructuras óseas y cartilaginosas aplicando tinciones específicas. No obstante, los protocolos no están optimizados por especie y talla, sino que se generalizan para grupos de peces (Romero y González, 2019), existiendo la necesidad de la puesta a punto según las características de especímenes a estudiar.

En este estudio se ajusta el protocolo de diafanización en chame y se comparan dos alternativas de tinción para determinar cuál ofrece mayor eficacia en la visualización de los componentes óseos en juveniles de *Dormitator latifrons,* lo que contribuirá al conocimiento

morfológico de esta especie.

Metodología

Los individuos a estudiar se obtuvieron por medio de granjas acuícolas de chames (chameras) dentro de la provincia de Manabí, en San Vicente. Se seleccionó peces entre 9 cm a 16 cm, a los que se les aplicó eutanasia por sobredosis de anestésico mediante inmersión en una solución de 70 ppm de eugenol en agua, durante 10 minutos, de acuerdo con protocolos de bienestar animal (Millán-Ocampo, et al., 2012).

Para el proceso de diafanización se empleó la técnica propuesta por Piovesana (2014), adaptada para peces. Se utilizó formol (formaldehído 37,74%), etanol, hidróxido de potasio (KOH), agua potable, glicerina, colorante rojo n°40 y rojo de alizarina. El procedimiento consistió en la aplicación de soluciones de KOH en diferentes concentraciones, seguidas de conservación en glicerina, con el fin de transparentar los tejidos blandos y exponer las estructuras óseas y cartilaginosas. La tinción se realizó utilizando rojo n°40 de grado alimenticio (Rodríguez y Algarilla, 2017) y rojo de alizarina (Hyote, 1960), empleados para resaltar los componentes óseos (Liutenko et al., 2023). Todo el proceso detallado se presenta en la tabla 1, donde se describe los pasos, tiempos y concentraciones utilizadas para cada etapa de la diafanización además de una comparativa entre las tinciones utilizadas.

Tabla 1. Comparativa de protocolos de diafanización con rojo n°40 y rojo de alizarina aplicados en juveniles de chame.

	Rojo n°40		Rojo de Alizarina	
	Solución	**Tiempo**	**Solución**	**Tiempo**
Fijación	Formaldehido 4%	2 días	Formaldehido 4%	1 día
Deshidratación	Etanol 70%	1 día	Etanol 70%	1 día
Transparentación / Diafanización	Solución acuosa de KOH al 5%	20 días	Solución acuosa de KOH al 5%	15 - 24 días
Tinción	Solución acuosa de KOH al 5% + 2 g de colorante rojo n°40.	2 días	Solución acuosa de KOH al 5% + 2 g de colorante rojo de alizarina.	2 días
Aclarado	Solución acuosa de KOH al 5% + Glicerina en proporción creciente desde 75:25 hasta 25:75	7 días por cada dilución	Solución acuosa de KOH al 5% + Glicerina en proporción creciente desde 75:25 hasta 25:75	20 días en la primera dilución y un día entre la segunda hasta la última dilución
Preservación	Glicerina 100%		Glicerina 100%	

Resultados y discusión

En este trabajo, presentamos por primera vez un análisis de las estructuras óseas en juveniles de *Dormitator latifrons* a través de un proceso de diafanización utilizando dos tinciones diferentes para las estructuras óseas, esta información es generada por primera vez para esta especie con resultados que evidencian su viabilidad en estos peces. Diversos autores que han empleado esta técnica han mencionado que el tiempo de exposición durante la tinción es menor en comparación con el utilizado en el presente estudio, lo que indica la necesidad de ajustar el tiempo de tinción de acuerdo con talla de los especímenes de interés.

Respecto a las tinciones, se puede observar que el rojo n°40 (fig.1A) efectivamente tiñe las estructuras óseas y el tiempo del protocolo para los resultados finales es igual entre tinciones, con un total de dos meses; pero la duración de la tinción del tejido con rojo n°40 es de aprox. dos meses, mucho menor que con el rojo de alizarina con la que se mantendría indefinidamente (fig.1B). Estas diferencias tendrían relación con la afinidad específica del rojo de alizarina con el calcio que se acumula típicamente en el tejido óseo (Kiernan, 1990). Asimismo, se observó diferencias cualitativas entre secciones anatómicas, por ejemplo, para identificar las estructuras determinantes del cráneo, que son: maxilares, premaxilares osificados, dentarios, paraesfenoides, etmoides laterales, vómer, prooticos, pteróticos, branquioestegals, opérculo, preopérculo, subopérculo, otolitos, cintura pectoral, cleitrum (Valdez-Moreno et al., 2009), huesos que aunque fueron visibles en ambas tinciones se visualizaron con mayor claridad y definición con el rojo de alizarina.

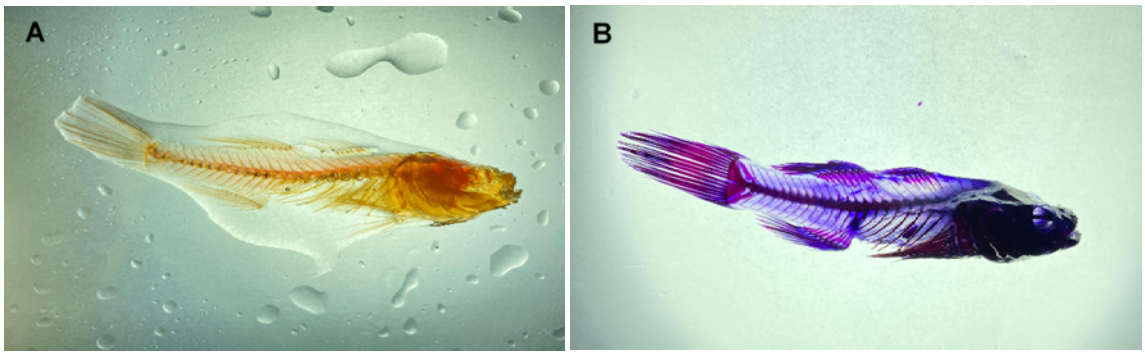


Figura 1. Resultado final de la diafanización en *Dormitator latifrons* , longitud total = 9cm, con tinción de rojo n°40 (A) y rojo de alizarina (B).

En el caso de la sección del tronco, las estructuras óseas principales como son: 3 espinas neurales, 9 vertebras torácicas, 18 espinas costales, 7 pterigóforos con 7 radios, aletas pectorales con 15 radios y las aletas pélvicas; fueron todas observadas en cada espécimen, en todas las tallas y para ambas tinciones. Es decir, que en esta sección el uso de rojo n°40 o rojo de alizarina son efectivos, probablemente debido a menor espesor en esta parte del cuerpo, que

facilitaría la penetración de los pigmentos hasta los huesos a través de los tejidos blandos.

En la sección más larga, la cola se identificó: 14 vertebras caudales, 9 pterigóforos dorsales con sus respectivos radios, 10 pterigóforos anales, un hypural con 15 radios principales y 8 radios secundarios en todos los peces, de lo cual se infiere que no existen cambios en la forma y tamaño de los huesos entre tallas. Al igual que en la sección torácica, en este segmento del cuerpo la identificación de sus estructuras ósea es igual para ambas tinciones, sin embargo, el espacio entre huesos por articulaciones cartilaginosas se reconoce más definidamente con la tinción de rojo de alizarina.

Finalmente, no se encontró mayor diferencia de osificación entre tallas, lo que sugiere que los procesos de calcificación en *Dormitator latifrons* estarían ya iniciados a partir de los 9 cm de longitud o menos, lo que refuerza la idea de que esta especie posee un rápido desarrollo óseo, posiblemente vinculado a sus estrategias adaptativas en ambientes de transición (Vega-Villasante et al., 2021).

Conclusiones

La diafanización es una técnica eficaz para la observación de las principales estructuras óseas en chames, incluyendo las vértebras, el cráneo y los huesos de las aletas. Tanto como en especímenes de 9 cm y 16 cm se identifican patrones similares de osificación, lo que confirma la consistencia morfológica de la especie. En cuanto a la tinción, ambos pigmentos son funcionales; el rojo de alizarina mantiene la pigmentación en todas las fases del proceso, mientras que el rojo n°40 constituye una alternativa económica para observaciones de menor duración. El espesor de los organismos influye directamente en el tiempo, las concentraciones y la calidad de la tinción, lo que determina la necesidad de ajustar los procesos de pigmentación y transparentación según la talla y morfología de los especímenes.

Referencias bibliográficas

Bravo, Farías, C. D., & De La Cruz Balón, A. M. (2019). Caracterización morfométrica y merística del chame (dormitator latifrons) de producción silvestre para la conservación del recurso zoogenético endógeno, Manabí-Ecuador.

González-Martinez, A., Lopez, M., Molero, H.M., Rodriguez, J., González, M., Barba, C., & García, A. (2020). Morphometric and Meristic Characterization of Native Chame Fish (Dormitator latifrons) in Ecuador Using Multivariate Analysis. Animals, 10, 1805. https://doi.org/10.3390/ani1010180

Liutenko, M. A., Hromko, Y. A., Tretiakov, A. V., Myroshnychenko, M. S., Vovk, O. Y., Grigorov, S. N., Upatova, I. P., Dekhtiarova, O. O., & Kadenko, I. V. (2023). History of origin, advantages and disadvantages, vectors of application of the diaphonization method: Current state of the problem. Polski Merkuriusz Lekarski: Organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego, 51(6), 632–637. https://doi.org/10.36740/merkur202306109

Hoyte D. A. (1960). Alizarin as an indicator of bone growth. Journal of anatomy, 94(Pt 3), 432–442.

Piovesana, M., Gerbasi, J., & Vigliano, F. (2014). Diafanización: Una técnica que permite la visualización diferencial de cartílago y hueso para el estudio del desarrollo y malformaciones en peces. Revista de la Sociedad Argentina de Histotecnología, 25(1), 10–14. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/31142

Rodríguez, F., & Algarilla, D. (2012). Diafanización: Técnica Modificada por Solución Rojo Carmín. Morfovirtual2012, Primer Congreso Virtual de Ciencias Morfológicas, 3. http://www.morfovirtual2012.sld.cu/index.php/morfovirtual/2012/rt/printerFriendly/216/472

Romero-Oliva, O. J., & González-Rodríguez, K. A. (2019). Optimización de la técnica diafanización y tinción de Piovesana (2014), aplicada para el pez Gymnocorymbus ternetzi. PÄDI boletín científico de ciencias básicas e ingenierías del ICBI, 7(13), 41–46. https://doi.org/10.29057/icbi.v7i13.3424

Vega-Villasante, F., Ruiz-González, L., Chong-Carrillo, O., Basto-Rosales, M., Palma-Cancino, D., Tintos-Gómez, A., Montoya-Martínez, C., Kelly-Gutiérrez, L., Guerrero-Galván, S., Ponce-Palafox, J., Valenzuela-Zapata, A., Musin, G., & Badillo-Zapata, D. (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). https://doi.org/10.3856/VOL49-ISSUE3-FULLTEXT-2637

Simposio One Health

Introducción

El Simposio One Health del *III Congreso Internacional de Biodiversidad y Ecosistemas Neotropicales (CIBEN 2025)* reunió investigaciones innovadoras que abordan los vínculos entre la salud humana, animal y ambiental desde una perspectiva integral y multidisciplinaria. En un contexto global marcado por el aumento de enfermedades zoonóticas, la expansión de la frontera agrícola, el cambio climático y la contaminación emergente, este espacio científico propuso una reflexión sobre cómo las interacciones ecológicas, los contaminantes y los mecanismos de resistencia antimicrobiana están modificando los equilibrios naturales y afectando la sostenibilidad de los ecosistemas neotropicales.

Los trabajos presentados en este simposio reflejan la esencia del enfoque One Health, al integrar temas que van desde la salud de los ecosistemas productivos hasta la vigilancia de patógenos y contaminantes en sistemas agropecuarios, acuáticos y urbanos. Entre los estudios destacados se encuentran los que exploran la presión antimicrobiana y la resistencia bacteriana en sistemas lecheros (*Staphylococcus* spp.), la presencia de microplásticos y metales pesados en productos de consumo humano como leche y pescado, así como los efectos toxicológicos de partículas plásticas en aves domésticas del entorno amazónico. Estos trabajos evidencian cómo la contaminación antropogénica penetra las cadenas alimentarias, comprometiendo la inocuidad de los alimentos y la salud pública, al tiempo que subrayan la urgencia de adoptar estrategias de vigilancia ambiental integradas.

La dimensión ecológica del simposio se complementó con investigaciones sobre la diversidad y prevalencia de enteroparásitos en primates neotropicales, el estrés fisiológico en bovinos en zonas de coexistencia con fauna silvestre, y los efectos comportamentales de abejas sin aguijón frente a la cafeína presente en cultivos amazónicos de café y cacao, todos ellos estudios que ilustran cómo las interacciones entre especies, los contaminantes naturales y las prácticas agrícolas moldean la salud de los ecosistemas y de los organismos que los habitan. Estos resultados invitan a repensar las dinámicas entre producción agropecuaria, conservación de la fauna y bienestar animal, promoviendo una visión armónica entre productividad y equilibrio ecológico.

Asimismo, el simposio incorporó líneas de investigación centradas en bioprospección

y biotecnología, con la caracterización fitoquímica y actividad antimicrobiana de especies vegetales amazónicas como *Ilex guayusa*, *Fittonia albivenis* y *Hypolepis parallelogramma*, así como la evaluación de péptidos sintéticos derivados de *Agalychnis spurrelli* (dermaseptinas DRS-SP6 y DRS-SP7). Estos trabajos reflejan el potencial del conocimiento biológico amazónico para el desarrollo de compuestos con aplicaciones terapéuticas, farmacológicas y ecológicas, fortaleciendo la conexión entre biodiversidad, salud y biotecnología.

El conjunto de investigaciones presentadas reafirma el compromiso del CIBEN 2025 con la construcción de un conocimiento científico orientado a soluciones sostenibles frente a desafíos sanitarios y ambientales emergentes. Bajo la filosofía One Health, el simposio promovió la colaboración entre veterinarios, biólogos, biotecnólogos, ecólogos y expertos en salud pública para generar evidencias que integren la conservación de la biodiversidad, la salud ambiental y la seguridad alimentaria. En un mundo interconectado, donde la degradación de los ecosistemas repercute directamente en la salud humana, este espacio académico se consolidó como un punto de encuentro para la ciencia interdisciplinaria, la gestión sostenible y la búsqueda de un futuro más saludable y equilibrado para los ecosistemas neotropicales y las comunidades que dependen de ellos.

Mamíferos silvestres como reservorios de *T. cruzi* en una zona endémica de la costa de Ecuador

Wild mammals as reservoirs of T. cruzi *in an endemic area on the coast of Ecuador*

Ana Yoleida Soto Vivas[1], Jonathan Liria Salazar[2], Alexander Nicolalde[3], María Mercedes Gavilanez[3], Acosta-Lopez Camila[3], Jhocelyn Chiluiza[3], María Isabel Calvopiña[3], Juan Carlos Benalcázar[3], Edison Encalada[3], German Jácome[4]

1 Universidad Central del Ecuador

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam

3 Universidad Central del Ecuador

4 Centro Agrícola Cantonal de Quevedo

Autor de correspondencia: anasoto.vivas@gmail.com

Resumen

Trypanosoma cruzi, el parásito responsable de la enfermedad de Chagas, representa un problema de salud pública en Ecuador. En la provincia de Los Ríos la transmisión por vectores es la principal forma de contagio y pocos se conoce de los mamíferos que actúan como reservorios del parásito en ambientes costeros degradados. Esta investigación se enfocó en detectar la presencia de *T. cruzi* en mamíferos silvestres, domésticos y peridomésticos de dos localidades en el cantón Quevedo. Para ello, se utilizaron métodos de captura en vivo, incluyendo redes de niebla para murciélagos y trampas para mamíferos terrestres. A partir de muestras de sangre obtenidas, se extrajo ADN y se aplicaron pruebas PCR dirigidas a tres regiones del genoma del parásito. Se analizaron 383 animales: 66 domésticos, 6 peridomésticos y 317 silvestres. De estos últimos, 216 fueron capturados en la zona periurbana de La Virginia 2 y 95 en el Bosque Jacome. Cuatro mamíferos silvestres dieron positivo para T. cruzi: tres *Glossophaga soricina* y una *Marmosa simonsi*, todos hallados en La Virginia 2. No se detectó infección en animales domésticos ni peridomésticos. El hallazgo de casos positivos únicamente en un entorno cercano a asentamientos humanos sugiere un posible riesgo de transmisión en paisajes alterados. Factores como la deforestación, los cambios en el uso del suelo y la variación en las especies hospedadoras pueden facilitar la circulación del parásito. Los resultados muestran la necesidad de continuar investigando los ciclos silvestres de *T. cruzi* en ecosistemas intervenidos y, en especial, profundizar en el papel de los murciélagos como posibles mantenedores de la

infección en la costa ecuatoriana.

Abstract

Trypanosoma cruzi, the parasite responsible for Chagas disease, represents a public health concern in Ecuador. In Los Ríos Province, vector-borne transmission is the main route of infection, yet little is known about the mammals that act as reservoirs of the parasite in degraded coastal environments. This study focused on detecting the presence of *T. cruzi* in wild, domestic, and peridomestic mammals from two localities in the Quevedo canton. Live-capture methods were used, including mist nets for bats and traps for terrestrial mammals. DNA was extracted from blood samples and PCR assays targeting three genomic regions of the parasite were performed. A total of 383 animals were analyzed: 66 domestic, 6 peridomestic, and 317 wild. Of the wild individuals, 216 were captured in the peri-urban area of La Virginia 2 and 95 in the Jacome Forest. Four wild mammals tested positive for *T. cruzi*: three *Glossophaga soricina* and one *Marmosa simonsi*, all from La Virginia 2. No infections were detected in domestic or peridomestic animals. The detection of positive cases exclusively in areas near human settlements suggests a potential risk of transmission in altered landscapes. Factors such as deforestation, land-use changes, and variation in host species composition may facilitate the circulation of the parasite. These findings highlight the need to further investigate the sylvatic cycles of *T. cruzi* in disturbed ecosystems, particularly to clarify the role of bats as potential reservoirs maintaining the infection along the Ecuadorian coast.

Microplásticos en la cadena láctea: un riesgo emergente para la inocuidad alimentaria

Microplastics in the dairy chain: an emerging risk to food safety

Darwin Yanez Avalos[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: darwin.yanez@ikiam.edu.ec

Resumen

La presencia de microplásticos (MP) en alimentos representa una preocupación emergente para la salud pública. En Ecuador, se evaluó su concentración de MP en leche bovina comercializada en la provincia de Guayas, específicamente en los principales mercados de la ciudad de Guayaquil. Se recolectaron 35 muestras de leche cruda, entera y semidescremada, en tres tipos de presentación: Tetra Pak, funda plástica y sin envasar. Para el análisis, se aplicaron cuatro técnicas: observación directa (OD), separación por densidad con solución salina sobresaturada (SSS), filtración (SSSF) y digestión química con NaOH al 10 % (DQ). La leche cruda y sin envasar presentó las mayores concentraciones de MP (241,05 ± 66,18 MP·L^{-1}), seguida por la semidescremada (115,14 ± 24,21 MP·L^{-1}) y la entera (65,83 ± 14,19 MP·L^{-1}), lo que indica que el procesamiento industrial reduce parcialmente la contaminación. En cuanto al tipo de envase, las muestras sin empaque registraron niveles más altos que las envasadas en Tetra Pak (92,38 ± 20,56 MP·L^{-1}) y funda plástica (88,60 ± 19,66 MP·L^{-1}), evidenciando el efecto protector del envasado. La OD arrojó las concentraciones más elevadas (390,86 ± 48,48 MP·L^{-1}), mientras que SSS, SSSF y DQ reportaron valores más bajos; esta última se destacó como la más precisa, al minimizar interferencias orgánicas, resultado confirmado mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). La alta presencia de MP en leche cruda y sin envasar podría estar relacionada con piensos contaminados, equipos de ordeño deteriorados y exposición ambiental directa. Estos hallazgos muestran la necesidad de reforzar los controles sanitarios en la producción primaria, optimizar los procesos industriales y de envasado, y estandarizar las metodologías analíticas para garantizar la inocuidad del producto lácteo y proteger la salud pública.

Abstract

The presence of microplastics (MPs) in food represents an emerging concern for public health. In Ecuador, the concentration of MPs was evaluated in bovine milk marketed in Guayas Province, specifically in the main markets of Guayaquil city. A total of 35 milk samples—raw, whole, and semi-skimmed—were collected in three types of packaging: Tetra Pak, plastic bags, and unpackaged. Four analytical techniques were applied: direct observation (DO), density separation with supersaturated saline solution (SSS), filtration (SSSF), and chemical digestion with 10% NaOH (CD). Raw and unpackaged milk showed the highest MP concentrations (241.05 ± 66.18 $MP \cdot L^{-1}$), followed by semi-skimmed (115.14 ± 24.21 $MP \cdot L^{-1}$) and whole milk (65.83 ± 14.19 $MP \cdot L^{-1}$), indicating that industrial processing partially reduces contamination. Regarding packaging type, unpackaged samples had higher MP levels than those in Tetra Pak (92.38 ± 20.56 $MP \cdot L^{-1}$) and plastic bags (88.60 ± 19.66 $MP \cdot L^{-1}$), evidencing the protective effect of packaging. DO yielded the highest concentrations (390.86 ± 48.48 $MP \cdot L^{-1}$), whereas SSS, SSSF, and CD produced lower values, with CD standing out as the most accurate method by minimizing organic interferences, as confirmed through scanning electron microscopy (SEM). The high MP presence in raw and unpackaged milk may be linked to contaminated feed, deteriorated milking equipment, and direct environmental exposure. These findings highlight the need to strengthen sanitary controls in primary production, optimize industrial and packaging processes, and standardize analytical methodologies to ensure dairy product safety and protect public health.

Determinación de la concentración de cadmio en tres especies de pescado del Mercado Municipal "Santa Clara", Quito-Ecuador

Determination of cadmium concentration in three fish species from the "Santa Clara" Municipal Market, Quito, Ecuador

Mariuxi Anabel Ramírez Sanche[1], Max Alexander Bonilla Rea[2]

1 Universidad Central del Ecuador

2 Universidad Central del Ecuador

Resumen

El consumo de pescados marinos se ve afectado por la presencia de metales pesados como el cadmio, proveniente de la desembocadura de ríos contaminados por desechos del sector agrícola y minero, representando un riesgo para la seguridad alimentaria. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de cadmio en muestras de músculo e hígado de las tres especies de pescado más consumidas en el mercado Municipal "Santa Clara" frente a los límites establecidos en la normativa ecuatoriana vigente INENCODEX 193:2013. Se realizó una encuesta dirigida a los consumidores del mercado "Santa Clara" para conocer las tres especies de pescado a estudiar. Se determinó la concentración de cadmio en muestras de pescado mediante absorción atómica posterior a la digestión de las mismas con H_2O_2 (30%). Los resultados de la encuesta identificaron a la corvina (*Cilus gilberti*), el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y el pargo rojo (*Lutjanus campechanus*) como las especies que conforman la población de estudio. *C. gilberti* detecta concentraciones de cadmio en músculo e hígado de 0,51 mg/kg y 0,56 mg/kg, respectivamente. *T. albacares* tiene concentraciones de 0,64 mg/kg en músculo y 0,73 mg/kg en hígado. Por último, *L. campechanus* posee niveles de cadmio en músculo de 0,33 mg/kg y en hígado de 0,37 mg/kg. Este estudio evidencia que *C. gilberti* y *T. albacares* presentan concentraciones de cadmio en hígado y músculo superiores a los límites establecidos por la norma ecuatoriana. Representando que el consumo de estas especies puede significar posibles riesgos para la salud humana y la seguridad alimentaria.

Abstract

The consumption of marine fish is affected by the presence of heavy metals such as cadmium, originating from the discharge of rivers contaminated by agricultural and mining waste, which poses a risk to food safety. Therefore, the objective of this study was to evaluate cadmium concentrations in muscle and liver samples of the three most consumed fish species at the "Santa Clara" Municipal Market, comparing the results with the limits established in the Ecuadorian regulation INENCODEX 193:2013. A survey was conducted among market consumers to identify the three fish species to be studied. Cadmium concentrations in fish samples were determined using atomic absorption spectrophotometry after digestion with H_2O_2 (30%). The survey identified white seabass (*Cilus gilberti*), yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and red snapper (*Lutjanus campechanus*) as the species comprising the study population. *C. gilberti* showed cadmium concentrations of 0.51 mg/kg in muscle and 0.56 mg/kg in liver, *T. albacares* 0.64 mg/kg in muscle and 0.73 mg/kg in liver, and *L. campechanus* 0.33 mg/kg in muscle and 0.37 mg/kg in liver. This study demonstrates that *C. gilberti* and *T. albacares* exceed the cadmium concentration limits established by Ecuadorian standards in both liver and muscle tissues, indicating that the consumption of these species may pose potential risks to human health and food safety.

Presión antimicrobiana en sistemas lecheros: caracterización multivariada de sensibilidad en *Staphylococcus* spp. y su implicancia en salud pública desde One Health

Antimicrobial pressure in dairy systems: multivariate characterization of sensitivity in Staphylococcus *spp. and its public health implications from a One Health perspective*

Iván González Puetate[1], María Vélez León[1], Viviana Crespo Vásquez[2], José De la Torres Moreira[2], Melina Rodríguez Badillo[2], Darwin Yanez Avalos[2], Pablo Marini[3]

1 Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Guayaquil, Ecuador

2 Fauna, Conservation and Global Health Research Group, Universidad Regional Amazónica Ikiam

3 Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL), Universidad Nacional de Rosario, Argentina

Resumen

La inocuidad de los alimentos es un pilar fundamental para garantizar la salud pública, especialmente en sistemas agropecuarios donde la producción primaria está estrechamente vinculada al consumo humano. En la provincia del Guayas, Ecuador, se realizó un estudio microbiológico en vacas lecheras del cantón Daule, zona de alta actividad agropecuaria con sistemas de ganadería extensiva y ordeño manual. El objetivo fue detectar mastitis subclínica mediante el California Mastitis Test (CMT) y caracterizar la resistencia antimicrobiana de *Staphylococcus* spp. aislados de leche bovina. Se recolectaron 75 muestras bajo principios bioéticos y se procesaron siguiendo protocolos microbiológicos estandarizados: preenriquecimiento en Caldo Tripticasa de Soya con NaCl y piruvato de sodio, siembra en agar sangre, tinción de Gram, prueba de catalasa y antibiograma por difusión en disco (Kirby-Bauer), utilizando antibióticos veterinarios (Gentamicina, Tetraciclina, Penicilina, Cefalexina y Amoxicilina + Ácido clavulánico). Los halos de inhibición se interpretaron según los puntos de corte del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). El análisis estadístico reveló diferencias significativas en los perfiles de sensibilidad ($\chi^2 = 645{,}24$; $p < 0{,}001$), mientras que el índice de resistencia múltiple (MAR) mostró valores críticos (≥0,6) en todos los antibióticos evaluados, destacando Penicilina (0,679) y Tetraciclina (0,667), lo que refleja una presión antimicrobiana sostenida. El análisis de conglomerados jerárquicos permitió identificar agrupamientos terapéuticos y redundancias funcionales, mostrando la cercanía entre β-lactámicos y la

separación de Gentamicina y Tetraciclina por sus mecanismos de acción. Los resultados indican la posible circulación de genes de resistencia como *blaZ, mecA, tetM, tetO*, con implicaciones zoonóticas relevantes. El estudio resalta la necesidad de fortalecer la vigilancia microbiológica local, racionalizar el uso de antimicrobianos con criterios farmacodinámicos y adoptar el enfoque One Health para contener la diseminación de resistencia, preservar la eficacia terapéutica y proteger la salud pública en entornos clínicos y agropecuarios.

Abstract

Food safety is a key pillar in safeguarding public health, particularly within agricultural systems where primary production is directly linked to human consumption. In Guayas Province, Ecuador, a microbiological study was conducted in dairy cattle from Daule Canton, a region characterized by extensive livestock systems and manual milking practices. The objective was to detect subclinical mastitis using the California Mastitis Test (CMT) and to characterize the antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp. isolated from bovine milk. Seventy-five samples were collected under bioethical principles and processed following standardized microbiological protocols: pre-enrichment in Tryptic Soy Broth with NaCl and sodium pyruvate, culture on blood agar, Gram staining, catalase testing, and disk diffusion (Kirby–Bauer) antibiograms using veterinary antibiotics (Gentamicin, Tetracycline, Penicillin, Cephalexin, and Amoxicillin + Clavulanic Acid). Inhibition zones were interpreted according to Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) breakpoints. Statistical analysis revealed significant differences in sensitivity profiles ($\chi^2 = 645.24$; $p < 0.001$), while the Multiple Antibiotic Resistance (MAR) index showed critical values (≥ 0.6) across all antibiotics tested, particularly for Penicillin (0.679) and Tetracycline (0.667), indicating sustained antimicrobial pressure. Hierarchical cluster analysis identified therapeutic groupings and functional redundancies, revealing the proximity between β-lactams and the distinct clustering of Gentamicin and Tetracycline due to their differing mechanisms of action. These results suggest the possible circulation of resistance genes such as *blaZ*, *mecA*, *tetM*, and *tetO*, with significant zoonotic implications. The study underscores the urgent need to strengthen local microbiological surveillance, rationalize antimicrobial use based on pharmacodynamic criteria, and adopt the One Health approach to contain resistance dissemination, preserve therapeutic efficacy, and protect public health in both clinical and agricultural environments.

Evaluación de la actividad antimicrobiana y hemolítica de las dermaseptinas DRS-SP6 y DRS-SP7, péptidos sintéticos de *Agalychnis spurrelli*

Evaluation of the antimicrobial and hemolytic activity of dermaseptins DRS-SP6 and DRS-SP7, synthetic peptides from Agalychnis spurrelli

Nayely Flores[1], Carolina Proaño[1], Giovanna Cristina Morán Marcillo[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: nayely.flores@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La resistencia antimicrobiana es una amenaza para la salud global, causando más de 700,000 muertes anuales. En este contexto, los péptidos antimicrobianos, como las dermaseptinas presentes en la piel de anfibios, se perfilan como alternativas prometedoras frente a los antibióticos convencionales por su eficacia y baja citotoxicidad. Esta investigación evaluó la actividad antimicrobiana y hemolítica de las dermaseptinas DRS-SP6 y DRS-SP7, péptidos sintéticos de *Agalychnis spurrelli*. Las secuencias fueron sintetizadas por síntesis química en fase sólida, purificadas por cromatografía líquida de alta resolución en fase reversa y caracterizadas por espectrometría de masas. Posteriormente, se determinó la concentración inhibitoria mínima (CIM) frente a cepas bacterianas de referencia (*Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Candida albicans* y *Enterococcus faecalis*) y cepas resistentes a antibióticos (*Salmonella infantis* y *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasas), además de un ensayo hemolítico con eritrocitos humanos. Finalmente, se realizaron análisis bioinformáticos y espectroscopía de dicroísmo circular para predecir propiedades fisicoquímicas y estructura secundaria. DRS-SP7 exhibió una potente actividad antimicrobiana a concentraciones de 2,63 a 42,11 µM, frente a bacterias Gram-negativas, Gram-positivas y levaduras, mostrando alta selectividad frente a *E. coli* y *S. infantis* resistente (índice de selectividad = 16). En cambio, DRS-SP6 presentó una actividad limitada, con inhibición únicamente a concentraciones elevadas de 41,89 µM frente a *S. aureus* (índice de selectividad = 4). Ambos péptidos demostraron baja actividad hemolítica a concentraciones efectivas y la espectroscopía de dicroísmo circular confirmó que presentan estructura alfa hélice, más marcada en DRS-SP7. En conclusión, DRS-SP7 se perfila como un agente antimicrobiano promisorio contra bacterias resistentes, mientras que DRS-SP6 podría optimizarse estructuralmente para mejorar su eficacia sin

comprometer la seguridad. Estos hallazgos refuerzan el potencial de las dermaseptinas en el desarrollo de nuevas estrategias biotecnológicas frente a la resistencia antimicrobiana.

Abstract

Antimicrobial resistance represents a major global health threat, causing more than 700,000 deaths annually. In this context, antimicrobial peptides such as dermaseptins—naturally occurring in amphibian skin—emerge as promising alternatives to conventional antibiotics due to their efficacy and low cytotoxicity. This study evaluated the antimicrobial and hemolytic activity of dermaseptins DRS-SP6 and DRS-SP7, synthetic peptides derived from *Agalychnis spurrelli*. The sequences were synthesized using solid-phase peptide synthesis, purified by reverse-phase high-performance liquid chromatography, and characterized by mass spectrometry. Subsequently, the minimum inhibitory concentration (MIC) was determined against reference bacterial strains (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, and *Enterococcus faecalis*) and antibiotic-resistant strains (*Salmonella infantis* and carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae*), along with a hemolytic assay using human erythrocytes. Bioinformatic analyses and circular dichroism spectroscopy were also performed to predict physicochemical properties and secondary structure. DRS-SP7 exhibited potent antimicrobial activity at concentrations ranging from 2.63 to 42.11 μM against Gram-negative and Gram-positive bacteria as well as yeasts, showing high selectivity against *E. coli* and resistant *S. infantis* (selectivity index = 16). In contrast, DRS-SP6 displayed limited activity, inhibiting only at higher concentrations (41.89 μM) against *S. aureus* (selectivity index = 4). Both peptides demonstrated low hemolytic activity at effective concentrations, and circular dichroism spectroscopy confirmed an α-helical structure, more pronounced in DRS-SP7. In conclusion, DRS-SP7 appears as a promising antimicrobial agent against resistant bacteria, while DRS-SP6 could be structurally optimized to improve its efficacy without compromising safety. These findings reinforce the potential of dermaseptins in developing new biotechnological strategies to combat antimicrobial resistance.

Evaluación del perfil metabolómico y actividad antimicrobiana de extractos hidroetanólicos de hojas jóvenes y adultas de *Ilex guayusa* en tres chacras de la provincia de Napo

Evaluation of the metabolomic profile and antimicrobial activity of hydroethanolic extracts from young and mature leaves of Ilex guayusa in three agroforestry systems of Napo province

Iverson Ismael Sinaluisa Pilataxi[1], Zulay Marina Niño Ruiz[1], Nina Quilla Espinosa de los Monteros Silva[1], Enith Vanessa Yanez Ramirez[1], Noroska Gabriela Salazar Mogollón[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Resumen

Ilex guayusa Loes. (Aquifoliaceae) es una planta ancestral amazónica de Ecuador empleada tradicionalmente en infusiones con efectos estimulantes, antioxidantes, antiinflamatorios y digestivos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de la edad foliar (hojas jóvenes y adultas) en tres chacras de Napo (Alto Talag, Alto Pano y Alto Tena) sobre el perfil metabolómico y la actividad antimicrobiana de extractos hidroetanólicos. Las hojas se clasificaron por edad, se secaron a 35 °C, molieron y maceraron (100 g en 500 mL de etanol al 70% por 72 h). Posteriormente, los extractos fueron filtrados, concentrados en rotoevaporador y liofilizados. El análisis metabolómico por UPLC-MS/MS identificó cuatro compuestos predominantes: ácido oleanólico 3-O-glucurónido, ácido quínico, ácido neoclorogénico y ácido cafeico, metabolitos descritos previamente como responsables de efectos biológicos por su capacidad de alterar membranas bacterianas o inducir especies reactivas de oxígeno. La actividad antimicrobiana se evaluó mediante el método de difusión en disco (Kirby-Bauer) frente a *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*, empleando concentraciones de 50, 25 y 12,5 mg/mL. Los resultados evidenciaron variaciones según la chacra y la edad de las hojas: los extractos de hojas adultas mostraron halos de inhibición de hasta 18 mm frente a *S. aureus* (12,5 mg/mL), mientras que los de hojas jóvenes resultaron más efectivos contra *S. epidermidis* (16 mm a 12,5 mg/mL). En conclusión, tanto la ubicación geográfica como la ontogenia foliar influyen en la síntesis de metabolitos secundarios y en la respuesta antimicrobiana de *I. guayusa*. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar el sitio de recolección y la edad foliar para optimizar el aprovechamiento terapéutico de esta especie frente a bacterias grampositivas.

Abstract

Ilex guayusa Loes. (Aquifoliaceae) is an ancestral Amazonian plant from Ecuador traditionally used in infusions with stimulant, antioxidant, anti-inflammatory, and digestive effects. This study aimed to evaluate the influence of leaf age (young and mature leaves) from three agroforestry systems in Napo Province (Alto Talag, Alto Pano, and Alto Tena) on the metabolomic profile and antimicrobial activity of hydroethanolic extracts. Leaves were classified by age, dried at 35 °C, ground, and macerated (100 g in 500 mL of 70% ethanol for 72 h). Extracts were then filtered, concentrated using a rotary evaporator, and lyophilized. Metabolomic analysis by UPLC-MS/MS identified four predominant compounds: oleanolic acid 3-O-glucuronide, quinic acid, neochlorogenic acid, and caffeic acid—metabolites previously associated with biological effects through bacterial membrane disruption and induction of reactive oxygen species. Antimicrobial activity was assessed using the disk diffusion method (Kirby–Bauer) against *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis*, at concentrations of 50, 25, and 12.5 mg/mL. Results revealed variation according to both agroforestry site and leaf age: extracts from mature leaves showed inhibition zones up to 18 mm against *S. aureus* (12.5 mg/mL), whereas young leaf extracts were more effective against *S. epidermidis* (16 mm at 12.5 mg/mL). In conclusion, both geographic origin and leaf ontogeny influence the synthesis of secondary metabolites and the antimicrobial response of *I. guayusa*. These findings underscore the importance of considering harvest location and leaf developmental stage to optimize the therapeutic potential of this species against Gram-positive bacteria.

Regulación del pH del suelo como indicador de salud ecosistémica y rendimiento productivo-nutricional del pasto *Panicum maximum* en la Amazonia

Regulation of soil pH as an indicator of ecosystem health and the productive–nutritional performance of Panicum maximum *in the Amazon*

Carlos Chasipanta Chuquimarca[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: carlos.chasipanta@ikiam.edu.ec

Resumen

El pH del suelo representa el factor esencial para comprender y mejorar la salud del ecosistema mejorando la productividad de los sistemas ganaderos amazónicos. El pasto *Panicum maximun* (Saboya) es representativo en la región por su alta productividad de biomasa y su valor nutricional. Sin embargo, los suelos de la región poseen una elevada acidez, lo que limita la disponibilidad de nutrientes esenciales como el P, Ca^{2+} y Mg^{2+}, y limita la absorción de N y favorece a la presencia de metales tóxicos como el Al^{3+}, que afecta el crecimiento de la planta, la calidad forrajera y en consecuencia la salud del ganado. La presente investigación busca analizar la regulación del pH del suelo como un indicador integral de la salud del ecosistema, mencionando que el equilibrio químico influye en la disponibilidad de nutrientes y la obtención de materia orgánica. La corrección de la acidez mediante enmiendas mejora las condiciones edáficas, favoreciendo la productividad del *Panicum maximum*, su composición nutricional y el aporte balanceado de energía y minerales para los animales. Se evaluaron tres tratamientos ($CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, triple cal) a 4 dosis (1, 1,5, 2 y 2,5 T /ha) y un control sin encalado. Las variables analizadas fueron rendimiento de materia verde, bromatología y pH final del suelo a los 35 y 45 días de corte. La dosis de 1,5 y 2 T /ha1 de triple cal mostraron mayor rendimiento de materia verde, y mejor nivel proteico en los análisis bromatológicos. Todas las dosis de encalado incrementaron el pH por encima de 5,5, nivel necesario para precipitar el Al^{3+}. Esta investigación vincula el manejo del suelo donde el pH actúa como un bioindicador de sostenibilidad integrando la conservación ambiental, producción forrajera y salud animal, fortaleciendo la relación ecosistema, suelo, planta y animal.

Abstract

Soil pH is a key factor for understanding and improving ecosystem health, directly influencing the productivity of Amazonian livestock systems. *Panicum maximum* (Saboya grass) is representative of the region due to its high biomass yield and nutritional value. However, the highly acidic soils of the Amazon limit the availability of essential nutrients such as P, Ca^{2+}, and Mg^{2+}, restrict nitrogen uptake, and favor the presence of toxic metals such as Al^{3+}, which negatively affect plant growth, forage quality, and consequently, livestock health. This study aimed to analyze soil pH regulation as an integrative indicator of ecosystem health, emphasizing that chemical balance influences nutrient availability and organic matter formation. Acid correction through soil amendments improves edaphic conditions, enhancing *P. maximum* productivity, nutritional composition, and the balanced supply of energy and minerals to animals. Three treatments ($CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, and triple lime) were evaluated at four doses (1, 1.5, 2, and 2.5 t/ha) and compared with a non-limed control. Variables analyzed included green matter yield, bromatological composition, and final soil pH at 35 and 45 days after cutting. The 1.5 and 2 t/ha doses of triple lime produced the highest green matter yields and better protein levels in bromatological analyses. All liming treatments increased soil pH above 5.5, the threshold required to precipitate Al^{3+}. This research demonstrates that soil management through pH regulation functions as a bioindicator of sustainability, integrating environmental conservation, forage production, and animal health, and reinforcing the interconnection among ecosystem, soil, plant, and animal components.

Efectos comportamentales de abejas sin aguijón frente a niveles de cafeína en cultivos de café y cacao en Napo

Behavioral effects of stingless bees in response to caffeine levels in coffee and cacao crops in Napo

Karla Ch[1], Jennifer Guevara[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Resumen

Las abejas sin aguijón cumplen un rol fundamental en el equilibrio de los ecosistemas, ya que aseguran la polinización de numerosas plantas silvestres y cultivadas, manteniendo así la biodiversidad y aportando a la productividad agrícola. En la Amazonía ecuatoriana, los cultivos de *Teobroma cacao* y *Coffea canephora* no solo tienen gran relevancia económica y social, sino que también generan interacciones ecológicas claves. Se ha identificado que la cafeína presente en las flores de estas especies puede modificar el comportamiento de los polinizadores, influyendo en su memoria, aprendizaje y preferencia floral. Sin embargo, existe poca información sobre los efectos de este compuesto en abejas nativas sin aguijón como *Tetragonisca angustula*, reconocida por su importancia en la polinización local. La investigación se desarrollará en la provincia de Napo, mediante muestreos en diferentes etapas de floración y horarios de mayor actividad polinizadora. Se registrará la frecuencia de visitas de abejas a flores de cacao y café robusta, mientras que, de manera paralela, se extraerán y cuantificarán los niveles de cafeína presentes en dichas flores utilizando técnicas cromatográficas. Con los datos obtenidos, se espera establecer correlaciones entre la concentración de cafeína y la preferencia de las abejas, generando resultados que aporten al entendimiento de las interacciones planta–polinizador. Estos hallazgos servirán como base para fortalecer prácticas agrícolas sostenibles en sistemas agroforestales amazónicos, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y al beneficio socioeconómico de las comunidades locales.

Abstract

Stingless bees play a fundamental role in maintaining ecosystem balance, ensuring the pollination of numerous wild and cultivated plants, thereby sustaining biodiversity and enhancing agricultural productivity. In the Ecuadorian Amazon, *Theobroma cacao* and *Coffea canephora* crops hold great economic and social importance while also supporting key ecological interactions. Caffeine present in the flowers of these species has been shown to alter pollinator behavior, affecting memory, learning, and floral preference. However, little is known about the effects of this compound on native stingless bees such as *Tetragonisca angustula*, a key species for local pollination. This study will be conducted in Napo Province through sampling during different flowering stages and at peak pollinator activity hours. The frequency of bee visits to cacao and robusta coffee flowers will be recorded, while caffeine levels in these flowers will be extracted and quantified using chromatographic techniques. Based on the collected data, correlations will be established between caffeine concentration and bee preference, providing insights into plant–pollinator interactions. The findings will serve as a foundation for promoting sustainable agricultural practices in Amazonian agroforestry systems, contributing to biodiversity conservation and the socioeconomic well-being of local communities.

Impacto de partículas plásticas en biomarcadores hepáticos y renales de aves domésticas (*Gallus gallus domesticus*) en un entorno amazónico

*Impact of plastic particles on hepatic and renal biomarkers in domestic birds (*Gallus gallus domesticus*) in an amazonian environment*

Darwin Yanez Avalos[1], Josué Chango[1], Gabriela Loza[1], Johana Delgado[1], John Castillo[1], Karla Verdugo[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: darwin.yanez@ikiam.edu.ec

Resumen

La contaminación por microplásticos representa una amenaza emergente para la salud ambiental y animal, especialmente en ecosistemas sensibles como la Amazonía. Este estudio evaluó la presencia de partículas plásticas en gallinas criollas (*Gallus gallus domesticus*) de la comunidad Kichwa de Santa Rita, provincia de Napo (Ecuador), y su posible relación con parámetros bioquímicos hepáticos y renales. Se recolectaron muestras sanguíneas de 52 aves mediante un protocolo no invasivo, cumpliendo estándares éticos y de bioseguridad. Las muestras sanguíneas fueron procesadas en el laboratorio de la Universidad Regional Amazónica Ikiam y analizadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), utilizando fijación térmica progresiva y metalización con oro (5–10 nm) para obtener imágenes de alta resolución. Se aplicaron controles positivos y negativos para validar la sensibilidad del método y evitar contaminación cruzada. Simultáneamente, se realizaron pruebas bioquímicas hepáticas (AST, GGT, FA) y renales (urea, creatinina) mediante tecnología automatizada (MIURA 200), estableciendo rangos fisiológicos específicos para gallinas criollas. El análisis estadístico incluyó pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), homogeneidad de varianzas (Levene), correlaciones de Pearson y ANOVA de una vía, con significancia en $p < 0,05$. Aunque se detectó mayor carga plástica en gallos, no se encontraron asociaciones significativas entre el conteo/tamaño de partículas y los parámetros bioquímicos evaluados. Los resultados sugieren una exposición ambiental homogénea y una posible tolerancia fisiológica compartida frente a la presencia de microplásticos. Este hallazgo aporta evidencia sobre la circulación sistémica de microplásticos en aves domésticas y su aparente neutralidad bioquímica, lo que plantea interrogantes sobre efectos subclínicos, acumulación crónica y riesgos ecotoxicológicos. Se recomienda ampliar la investigación hacia biomarcadores de estrés oxidativo, alteraciones inmunológicas y estudios

longitudinales en especies agroecológicas expuestas a contaminantes emergentes.

Abstract

Microplastic pollution represents an emerging threat to environmental and animal health, particularly in sensitive ecosystems such as the Amazon. This study evaluated the presence of plastic particles in native domestic chickens (*Gallus gallus domesticus*) from the Kichwa community of Santa Rita, Napo Province (Ecuador), and their potential relationship with hepatic and renal biochemical parameters. Blood samples were collected from 52 birds using a non-invasive protocol in compliance with ethical and biosafety standards. Samples were processed at the Universidad Regional Amazónica Ikiam laboratory and analyzed using scanning electron microscopy (SEM) with progressive thermal fixation and gold coating (5–10 nm) to obtain high-resolution images. Positive and negative controls were applied to validate method sensitivity and prevent cross-contamination. Concurrently, hepatic (AST, GGT, ALP) and renal (urea, creatinine) biochemical tests were conducted using automated technology (MIURA 200), establishing specific physiological ranges for native chickens. Statistical analyses included normality (Shapiro–Wilk), homogeneity of variance (Levene), Pearson correlations, and one-way ANOVA, with significance set at $p < 0.05$. Although a higher plastic load was detected in roosters, no significant associations were found between particle count/size and the biochemical parameters analyzed. Results suggest homogeneous environmental exposure and a potential shared physiological tolerance to microplastic presence. This finding provides evidence of systemic microplastic circulation in domestic birds and its apparent biochemical neutrality, raising questions about subclinical effects, chronic accumulation, and ecotoxicological risks. Further research is recommended to explore oxidative stress biomarkers, immune alterations, and longitudinal assessments in agroecological species exposed to emerging contaminants.

Estrés fisiológico en bovinos como respuesta a la coexistencia con fauna silvestre en zonas de interacción ecológica en la provincia de Pastaza-Ecuador

Physiological stress in cattle as a response to coexistence with wildlife in ecological interaction zones in the province of Pastaza, Ecuador

Karina Olalla[1], Darwin Yánez[2], Diana Callejas[3], Sara Álvarez[4]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0004-8262-5705

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-9306-3489

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-7864-5357

4 Universidad Internacional de La Rioja. https://orcid.org/0000-0002-8267-9816

Autor de correspondencia: karina.olalla@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.sioh.e1

Resumen

Ecuador posee una gran diversidad biológica, incluidos grandes carnívoros que generan conflictos con la ganadería. En Pastaza se evaluó el estrés fisiológico en bovinos que coexisten con fauna silvestre mediante la medición de cortisol. Se seleccionaron 50 bovinos, 25 en zonas de conflicto y 25 en zonas sin conflicto, muestreados en Veracruz, El Triunfo, 10 de Agosto, Shell y Fátima. Se tomaron muestras de sangre en dos horarios y estas fueron procesadas en el laboratorio de Biología 1 de la Universidad Regional Amazónica Ikiam. El cortisol se cuantificó con inmunoensayo de fluorescencia (i-CHROMA™), y la salud se evaluó midiendo la Proteína C Reactiva (CRP). Los bovinos expuestos a carnívoros mostraron niveles significativamente más altos de cortisol y CRP, evidenciando inflamación por estrés crónico que afecta inmunidad, bienestar y productividad. Se destaca la necesidad de estrategias de manejo que favorezcan la coexistencia entre ganadería y conservación.

Palabras clave: Biodiversidad; Conflicto gente-fauna; Cortisol; Grandes carnívoros.

Abstract

Ecuador has great biological diversity, including large carnivores that generate conflicts with livestock farming. In Pastaza, physiological stress in cattle coexisting with wildlife was evaluated through cortisol measurement. Fifty cattle were selected — 25 from conflict zones

and 25 from non-conflict zones — sampled in Veracruz, El Triunfo, 10 de Agosto, Shell, and Fátima. Blood samples were collected at two different times and processed in the Biology 1 Laboratory of the Universidad Regional Amazónica Ikiam. Cortisol levels were quantified using a fluorescence immunoassay (i-CHROMA™), and health status was assessed by measuring C-reactive protein (CRP). Cattle exposed to carnivores showed significantly higher levels of cortisol and CRP, indicating inflammation caused by chronic stress that affects immunity, welfare, and productivity. The study highlights the need for management strategies that promote coexistence between livestock farming and conservation.

Keywords: Biodiversity; Human–wildlife conflict; Cortisol; Large carnivores.

Introducción

Ecuador es uno de los países con mayor diversidad biológica a nivel mundial. Entre la fauna silvestre que habita en este territorio, existe una amplia variedad de grandes carnívoros que, de forma constante, se ven involucrados en conflictos con las poblaciones humanas (MAATE, 2015). Estos conflictos, conocidos como conflicto gente-fauna, se entienden como interacciones negativas que amenazan tanto el desarrollo de los productores como la supervivencia y el bienestar de la fauna silvestre (Abrahms, 2021). Como consecuencia de este conflicto, muchas especies se ven expuestas a la cacería ilegal, lo que representa una amenaza directa a la biodiversidad del país.

Según Distefano (2005), una de las principales causas de estos conflictos es la pérdida y fragmentación de los bosques, hábitats naturales de estos carnívoros, lo que facilita su acceso a fincas o los atrae a recursos generados por los humanos como método de supervivencia. Otros factores que contribuyen al conflicto incluyen el crecimiento poblacional y la expansión de la frontera agrícola (Flores-Armillas et al., 2019). Los cambios en la matriz del paisaje, resultado del incremento desordenado de las actividades humanas y una inadecuada planificación territorial, generan competencia por espacio y recursos entre la fauna silvestre y la población.

El conflicto gente-fauna no solo implica la muerte de ganado bovino por ataques, sino también el estrés que estos animales experimentan. Dicho estrés activa mecanismos fisiológicos como el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, el sistema nervioso autónomo y el sistema inmune, lo que provoca la liberación de glucocorticoides, catecolaminas y citoquinas, incrementando así los niveles de cortisol (McEwen, 2002). Estas respuestas pueden generar alteraciones en la calidad y producción de leche (Selye, 1973). Surge así la siguiente pregunta de investigación: ¿Los bovinos que habitan en áreas de conflicto entre la fauna silvestre y las comunidades humanas exhiben niveles de cortisol significativamente más altos, indicativos de mayor estrés

fisiológico, en comparación con aquellos que residen en zonas sin tales conflictos?

De acuerdo con Sierra (2019), los niveles plasmáticos de cortisol basal en bovinos suelen estar por debajo de 10 ng/ml, aunque pueden fluctuar entre 0 y 20 ng/ml en condiciones normales. Estas cifras sirven como referencia para identificar posibles alteraciones fisiológicas asociadas al estrés en el ganado.

En este contexto, el 10 de diciembre de 2024, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) emitió una convocatoria oficial para informar sobre recientes eventos de conflicto entre fauna silvestre y productores ganaderos en la provincia de Pastaza, específicamente en las parroquias de Veracruz, 10 de Agosto y El Triunfo (MAATE, 2024).

Ante esta situación, el objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto del estrés fisiológico en bovinos que coexisten con fauna silvestre, mediante la medición de los niveles de cortisol en la provincia de Pastaza. Adicionalmente, se evaluó la salud de los animales a través de la medición de la proteína C reactiva (CRP), un biomarcador de inflamación, utilizando el protocolo i-CHROMA™ CRP, con el fin de descartar posibles alteraciones que pudieran interferir en los resultados.

Metodología

La provincia de Pastaza, ubicada en la zona central de la región amazónica del Ecuador, alberga una gran variedad de ecosistemas que van desde la selva tropical hasta la puna andina. Su clima cálido y húmedo, con una temperatura promedio anual de aproximadamente 24 °C, crea un entorno favorable para el desarrollo de actividades agropecuarias (GAD Municipal Pastaza, 2021). En esta provincia, la ganadería bovina de leche constituye una de las principales fuentes de ingreso, lo que evidencia su importancia económica para la población local (Vargas et al., 2013).

Sin embargo, la coexistencia entre la actividad ganadera y la fauna silvestre presenta importantes desafíos. El jaguar es la principal especie involucrada en los conflictos gente-fauna en esta región, y su estado de conservación ha sido clasificado como “En Peligro” en el Libro Rojo de Mamíferos del Ecuador. Esta especie, considerada sombrilla por su papel clave en la salud de los ecosistemas, cumple una función esencial en la regulación de poblaciones de otras especies al ser el máximo depredador (WWF, 2021).

Para el desarrollo del estudio, se seleccionaron 50 bovinos, divididos en dos grupos: 25 ubicados en zonas con presencia de grandes carnívoros (zonas de conflicto) y 25 en zonas sin dicha presencia (zonas sin conflicto). Las muestras de sangre se recolectaron en dos horarios

(07:00 y 16:00 horas) en las parroquias de Veracruz, El Triunfo, 10 de Agosto, Shell y Fátima, considerando únicamente animales que cumplían con criterios de inclusión como: ser vacas aparentemente sanas, libres de patógenos y ectoparásitos, con un peso entre 350 y 450 kg, que estuvieran cursando o hayan pasado su segundo periodo de lactancia y que no estuvieran en proceso de vacunación al momento del muestreo.

Para la toma de muestras, se siguió el protocolo de Pilla et al. (2022), extrayendo 10 ml de sangre de la vena coccígea mediante aguja vacutainer en tubos sin anticoagulante, tras la desinfección con alcohol al 70%. Las muestras se mantuvieron en cooler a 4–8 °C y se transportaron al laboratorio de Biología 1 de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, donde se centrifugaron a 3000 rpm por 10 minutos para obtener el suero sanguíneo, mismo que fue utilizado en el análisis de cortisol. El cortisol fue cuantificado mediante inmunoensayo de fluorescencia (FIA), utilizando el equipo i-CHROMA™ Cortisol, siguiendo sus especificaciones. Para evaluar la salud de los animales, se midió la proteína C reactiva (CRP), siguiendo el protocolo i-CHROMA™ CRP.

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, la cual indicó que los datos de cortisol no seguían una distribución normal en la mayoría de los grupos. Por ello, se aplicaron pruebas no paramétricas (Wilcoxon) para comparar los niveles de cortisol. Asimismo, se empleó la correlación de Spearman para analizar la relación entre inflamación y niveles de cortisol.

Resultados

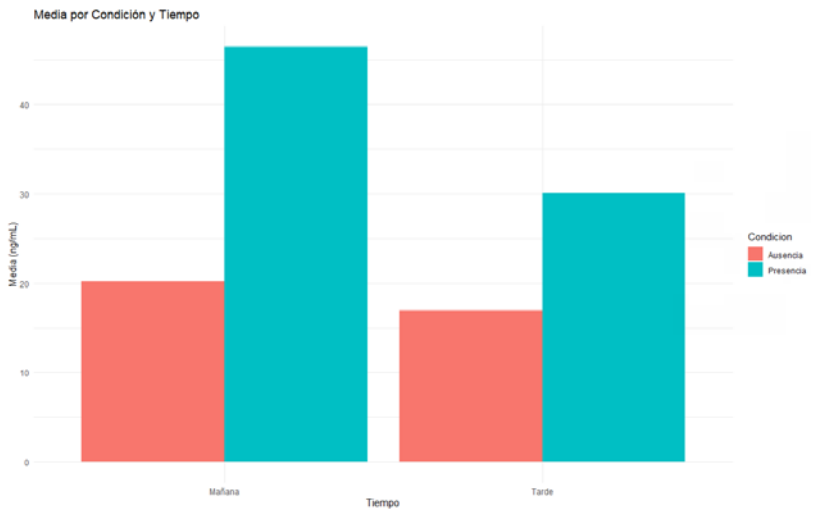


Figura 1: Niveles medios de cortisol (ng/ml) en bovinos según la condición de presencia o ausencia de grandes carnívoros en la mañana y en la tarde

Las pruebas de Wilcoxon para muestras independientes mostraron que los animales en zonas de conflicto presentaron niveles significativamente más altos de cortisol en comparación con aquellos en zonas sin conflicto, tanto en la mañana como en la tarde. Los bovinos expuestos a grandes carnívoros presentaron concentraciones de cortisol de 46,45 ng/ml por la mañana y 30,05 ng/ml por la tarde. En contraste, los bovinos no expuestos mostraron niveles de 20,17 ng/ml y 16,92 ng/ml, respectivamente. Estos resultados confirman, además, el patrón diurno en la secreción de esta hormona (ritmo circadiano), según el cual los niveles más altos de cortisol se presentan en la mañana y disminuyen a lo largo del día. Sin embargo, los valores de cortisol detectados superan los rangos de referencia reportados por Sierra (2019), lo que indica que la presencia de grandes carnívoros eleva el estrés por encima de lo esperado en condiciones normales.

Por otro lado, los valores de CRP fueron más altos en los animales que se encontraban en zonas de conflicto (3,61 mg/L) que en zonas sin conflicto (1,56 mg/L), lo cual indica un vínculo entre el estrés fisiológico y la respuesta inflamatoria. Esta alteración compromete la función inmunológica del ganado bovino, con posibles repercusiones en su bienestar, comportamiento y productividad.

Conclusiones

Estos resultados muestran que el ganado bovino expuesto a la presencia de grandes carnívoros presenta una alteración hormonal asociada al estrés, lo que impacta negativamente en su bienestar. Por ello surge la necesidad de implementar estrategias de manejo y mitigación de conflictos entre la fauna silvestre y el sector productivo, promoviendo una coexistencia sostenible entre la actividad ganadera y la conservación de la biodiversidad, especialmente de los grandes carnívoros debido a que muchos de ellos son catalogados como especies sombrilla, que cumplen un rol muy importante dentro de los ecosistemas.

Para futuras investigaciones se recomienda el uso de cámaras trampa con el fin de obtener un panorama más completo y determinar con qué especies de fauna silvestre interactúa con mayor frecuencia el ganado bovino que presenta esta alteración hormonal, así como monitorear su presencia en el área de estudio. Además, se sugiere considerar las variaciones climáticas que puedan influir en los resultados y ampliar el tamaño de la muestra para fortalecer la validez de las conclusiones.

Referencias bibliográficas

Weigand, A., Abrahamczyk, S., Aubin, I., Bita-Nicolae, C., Bruelheide, H., I. Carvajal-Hernández, C., ... & Kessler, M. (2020). Global fern and lycophyte richness explained: How

regional and local factors shape plot richness. *Journal of Biogeography*, *47*(1), 59-71.

Abrahms, B. (2021). Human-wildlife conflict under climate change. *Science, 373*(6554), 484–485. https://doi.org/10.1126/science.abj4216

Distefano, E. (2005). *Human-wildlife conflict worldwide: Collection of case studies, analysis of management strategies and good practices*. Sustainable Agriculture and Rural Development Initiative (SARD Initiative), FAO.

Flores-Armillas, V. H., Valenzuela-Galván, D., Peña-Mondragón, J. L., & López-Medellín, X. (2019). Human-wildlife conflicts in Mexico: Review of status and perspectives. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 7*(1). https://doi.org/10.19136/era.a7n1.2274

GAD Municipal Pastaza. (2021). *Municipio de Pastaza*. Gobierno Autónomo Descentralizado de Pastaza. https://puyo.gob.ec/noticias/

McEwen, B. S. (2002). Sex, stress and the hippocampus: Allostasis, allostatic load and the aging process. *Neurobiology of Aging, 23*, 921–939.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2015). *Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras*. Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.

Pilla-Campaña, M., Yánez-Avalos, D., Ortega-Coello, M., Aragadvay-Yungan, R., & Marini, P. R. (2022). Evaluación del efecto de dos protocolos de sincronización sobre los niveles de estradiol y progesterona en vacas doble propósito en la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Científica, FCV-LUZ, 33*(rcfcv-e33200), 1–7. https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33200

Selye, H. (1973). The evolution of the stress concept. *American Scientist, 61*(6), 692–698.

Sierra, C. A. (2019). Indicadores de bienestar en bovinos del trópico: Una visión desde el estrés y el eje hipotalámico-pituitario-adrenal. *Revista Veterinaria, 30*(2), 101–114. https://dx.doi.org/10.30972/vet.3024143

Vargas, J., Benítez, D., Ríos, S., Torres, A., Navarrete, H., Andino, M., & Quinteros, R. (2013). Resumen de ordenamiento de razas bovinas en los ecosistemas amazónicos: Estudio de caso provincia Pastaza. *Dialnet, 2*(3), 133–146.

WWF España. (2021, 13 de julio). El conflicto entre humanos y vida silvestre, una de las grandes amenazas para las especies. *Revista Oxígeno*. https://www.revistaoxigeno.

es/somos-sostenibles/conflicto-entre-humanos-vida-silvestre-grandes-amenazas-especies_238041_102.html

Prevalencia, diversidad de enteroparásitos y riesgo zoonótico en primates neotropicales de la provincia de Napo - Ecuador

Prevalence, diversity of enteroparasites, and zoonotic risk in neotropical primates from Napo province, Ecuador

John Mauricio Castillo Torres[1], Darwin Omar Yánez Avalos[2], Edith Pamela Tapia Pruna[3]

1 Fauna, Conservation and Global Health Research Group, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0003-3029-4786

2 Fauna, Conservation and Global Health Research Group, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-9306-3489

3 Carrera de Medicina Veterinaria y Manejo de Vida Silvestre, Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-4388-7599

Autor de correspondencia: john.castillo@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.sioh.e2

Resumen

Las parasitosis gastrointestinales afectan gravemente a los primates neotropicales en Napo, Ecuador, tanto en libertad como en cautiverio, representando un riesgo para la salud animal y humana. Este estudio se realizó en tres sitios: Puerto Misahuallí, el Centro de Rescate Kuri Pachamama y el Zoológico El Arca. Se recolectaron 15 muestras fecales frescas, conservadas en formalina al 10% y analizadas mediante frotis directo y flotación con solución de Sheather. Los resultados mostraron una prevalencia parasitaria del 93,33%, siendo *Strongyloides stercoralis* y *Enterobius vermicularis* las especies más comunes. El riesgo zoonótico fue muy alto en Kuri Pachamama y alto en los otros dos sitios. Estos hallazgos revelaron que los primates están altamente expuestos a enteroparásitos, sin importar su régimen de manejo. Por ello, se recomienda implementar vigilancia parasitológica constante e implementar estrategias preventivas para reducir los riesgos de transmisión entre animales y humanos, contribuyendo a una sola salud.

Palabras clave: Enteroparásitos; Prevalencia; Primates; zoonótico.

Abstract

Gastrointestinal parasitoses severely affect Neotropical primates in Napo, Ecuador—both in the wild and in captivity—posing a significant risk to animal and human health. This study was conducted at three sites: Puerto Misahuallí, the Kuri Pachamama Rescue Center, and El Arca Zoo. Fifteen fresh fecal samples were collected, preserved in 10% formalin, and analyzed using direct smear and Sheather's flotation techniques. The results showed an overall parasite prevalence of 93.33%, with *Strongyloides stercoralis* and *Enterobius vermicularis* being the most common species. Zoonotic risk was classified as very high at Kuri Pachamama and high at the other two sites. These findings reveal that primates are highly exposed to enteroparasites regardless of their management conditions. Continuous parasitological surveillance and the implementation of preventive strategies are recommended to reduce transmission risks between animals and humans, thereby contributing to the One Health approach.

Keywords: Enteroparasites; prevalence; primates; zoonotic risk.

Introducción

El parasitismo gastrointestinal es una problemática frecuente en primates neotropicales, influenciada por factores como edad, sexo, estado reproductivo y social, densidad poblacional e interacción con humanos (Silva et al., 2024; Valencia et al., 2021). Estas infecciones pueden variar desde cuadros no patogénicos hasta alteraciones fisiológicas graves que afectan la salud individual (Rondo et al., 2025). Diversos estudios en Sudamérica reportan prevalencias superiores al 80 % en primates bajo cuidado humano (Zapata et al., 2021; Vonfled et al., 2022), siendo *Strongyloides stercoralis*, *Ancylostoma spp.*, *Entamoeba coli* y *Balantidium coli* los parásitos más frecuentes (Macedo et al., 2022; Salazar & Zárate, 2021; Riátegui et al., 2020). La técnica de flotación con solución de Sheather ha demostrado alta sensibilidad para detectar infecciones de baja carga parasitaria (Foreyt, 2001; Bowman, 2014), permitiendo identificar especies a partir de la morfología de huevos, ooquistes y trofozoítos (Panda et al., 2025; Echeverri et al., 2020).

En la provincia de Napo, Ecuador, el conocimiento sobre la parasitología de primates neotropicales es limitado, especialmente en contextos de vida libre y cautiverio. Sitios como Puerto Misahuallí, el Centro de Rescate Kuri Pachamama y el Zoológico El Arca albergan monos provenientes de la tenencia ilegal, lo que incrementa el riesgo de transmisión de parásitos gastrointestinales entre animales y humanos (Azofeita, 2024; Pachay & Mieles, 2025). Estos espacios, además de ser turísticos, cumplen funciones de conservación, por lo que es urgente generar información científica que permita mejorar la gestión sanitaria y el

bienestar animal. El presente estudio busco generar datos sobre la prevalencia, diversidad parasitaria y riesgo zoonótico en primates neotropicales, para contribuir a la salud pública bajo el enfoque de Una Sola Salud (One Health).

Preguntas de investigación: ¿Cuál es la prevalencia y diversidad de enteroparásitos en primates neotropicales de tres sitios de Napo bajo cuidado humano y en estado libre?, ¿Qué especies parasitarias predominan en primates en libertad frente a los mantenidos en cautiverio?

Se plantea hipótesis de que los primates en cautiverio presentan mayor carga parasitaria y riesgo zoonótico debido al contacto frecuente con humanos, condiciones de estrés y de manejo en recintos.

Metodología

Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×1, considerando tres localidades de estudio: Puerto Misahuallí, el Centro de Rehabilitación Kuri Pachamama y el Zoológico El Arca, ubicadas en la provincia de Napo, Ecuador. El factor fijo correspondió al tipo de manejo (vida libre vs. cautiverio), abarcando cinco especies de primates neotropicales distribuidas entre los tres sitios. Se recolectaron 15 muestras fecales frescas (5 por sitio), equivalentes al 50% de la población de primates en cada localidad. La recolección se realizó con guantes estériles y las muestras fueron depositadas en frascos con formol al 10%, debidamente etiquetadas y transportadas bajo refrigeración (4–8 °C) al laboratorio de enseñanza de Biología 1 de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, siguiendo los protocolos de Wang et al. (2020).

En laboratorio, cada muestra fue analizada mediante las técnicas coproparasitológicas clásicas de frotis directo con solución salina y lugol, para identificar trofozoítos, quistes y ooquistes (Soulsby, 1987; Zajac & Conboy, 2012), y flotación con solución de Sheather, para la detección de huevos y ooquistes mediante concentración diferencial (Foreyt, 2001; Bowman, 2014). Las observaciones se efectuaron con microscopio óptico (4X, 10X y 40X), siguiendo metodologías recomendadas para primates neotropicales (Sánchez-Murillo et al., 2022). Las variables analizadas incluyeron prevalencia parasitaria, carga parasitaria y tipo de manejo. Los datos se organizaron en tablas de frecuencia y se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado, debido a la ausencia de normalidad. Se consideró significancia estadística con $p<0,05$, utilizando el software IBM SPSS Statistics 25.

Se estimó además un Índice de Riesgo Zoonótico (IRZ): IRZ=Pa×C×E×Z, donde *Pa* fue la prevalencia, *C* el contacto humano-fauna, *E* el entorno de transmisión y *Z* el potencial zoonótico (Ofori et al., 2024; Rondo et al., 2025). Se incorporó un índice de incertidumbre (U)

para evaluar la variabilidad de los factores ambientales y de contacto (Llia et al., 2022; Gibson et al., 2023), y se calculó un riesgo ponderado (RP) ajustado: RP=IRZ×(1−U). El enfoque metodológico fue observacional, transversal y descriptivo, con orientación cuantitativo-analítica (Valencia et al., 2021; Ofori et al., 2024).

Resultados y discusión

El estudio permitio identificar las especies de parásitos gastrointestinales, estimar su prevalencia e intensidad de infección, y determinar el riesgo zoonótico asociado en primates neotropicales de tres sitios en Napo (vida libre y cautiverio). Se registró una prevalencia global del 93,3%**,** evidenciando una alta endemicidad parasitaria transversal a los tipos de manejo. Los parásitos predominantes fueron *Strongyloides stercoralis* (33,3%) y *Enterobius vermicularis* (26,7%), ambos con reconocido potencial zoonótico y de importancia epidemiológica. Además, el Índice de Riesgo Zoonótico (IRZ) a Kuri Pachamama con riesgo muy alto (RP=0,634)**,** lo que confirma la hipótesis de una correlación entre condiciones de manejo intensivo, contacto humano y mayor exposición parasitaria.

los resultados mostraron una tendencia general a infecciones múltiples **y** de baja a moderada intensidad, sin casos severos (+++). Se observó una relación positiva entre el tipo de manejo y la prevalencia**:** los centros de cautiverio presentaron 100%, mientras que el sitio de vida libre, 80%. Esto sugiere que el contacto humano directo y la densidad poblacional incrementan el riesgo de transmisión (C=0,9 en Kuri Pachamama).

El análisis de Chi-cuadrado (p=0,024) confirmó que la distribución de enteroparasitos difiere significativamente entre especies, reflejando patrones especie-específicos de infección. Por ejemplo, el *Cebus yuracus* mostró mayor diversidad parasitaria, lo que se asocia a su forrajeo terrestre y dieta omnívora**,** aumentando la exposición a sustratos contaminados. Asimismo, se detectaron diferencias significativas entre hábitats (p=0,016), indicando que las condiciones ambientales y de manejo influyen en la composición de especies parasitarias**.** Puerto Misahuallí presentó mayor presencia de *H. nana* y *E. vermicularis*, mientras que *S. stercoralis* predominó en el Zoológico El Arca, reforzando la influencia del microambiente y prácticas de manejo en los patrones de infección.

Los hallazgos concuerdan con investigaciones realizadas en Colombia, Panamá y Brasil, donde las prevalencias superan el 85% (Ofori et al., 2024; Sa et al., 2023; Valencia et al., 2021), confirmando la endemicidad regional de las parasitosis gastrointestinales en primates neotropicales**.** El predominio de *S. stercoralis* y *E. vermicularis* también coincide con reportes de Rondo et al. (2025) **y** Yang et al. (2022), quienes documentaron su alta capacidad de transmisión zoonótica en ambientes húmedos. De igual forma, la relación entre humedad y

persistencia de helmintos reportada por Govea et al. (2024) **y** Macedo et al. (2022) respalda la asociación observada entre la alta humedad (80%) y la prevalencia total en Kuri Pachamama.

La evidencia de coinfecciones helmíntico-protozoarias concuerda con las observaciones de Silva et al. (2024), quienes destacan su impacto negativo en la respuesta inmune. Asimismo, la presencia de *Prosthenorchis elegans* y *Paratriotaenia oedipomidatis* coincide con los reportes de López et al. (2021) **y** Riátegui et al. (2020), donde se describen lesiones intestinales severas y riesgo clínico significativo.

Kuri Pachamama presenta el RP y el IRZ más alto, lo que lo clasifica como de *muy alto riesgo*. Esto sugiere una prioridad en vigilancia epidemiológica y mitigación. Puerto Misahuallí y Zoológico El Arca tienen niveles de riesgo alto respectivamente, La incertidumbre constante en los tres sitios permite comparar RP de forma equitativa demostrando que incluso en vida libre el riesgo zoonótico sigue siendo considerable, por ello el uso del IRZ y RP son herramientas cuantitativas de evaluación zoonótica, adaptables a contextos amazónicos como la provincia de Napo.

Desde un enfoque One Health, los resultados evidencian la necesidad de mejorar los protocolos de bioseguridad, control ambiental y educación sanitaria, especialmente en centros de manejo como Kuri Pachamama. El riesgo zoonótico muy alto sugiere priorizar estrategias integradas de vigilancia epidemiológica **y** monitoreo parasitológico periódico en centros de manejo y primates neotropicales en áreas de estudio.

El presente estudio (n reducido, diagnóstico exclusivamente microscópico) podrían subestimar infecciones subclínicas. Sin embargo, los datos obtenidos permiten abrir una línea de investigaciones en la provincia de Napo e integrar herramientas moleculares (PCR, qPCR) para aumentar la sensibilidad diagnóstica, tal como recomiendan Llia et al. (2022) **y** Rondo et al. (2025)**, y** ampliar el muestreo temporal y espacial para capturar variaciones estacionales y geográficas.

Conclusiones

Diversos endoparasitos pueden infestar a los primates neotropicales en vida libre y en cautiverio, las técnicas de frotis directo como de la Técnica de flotación con solución de Sheather, permite la identificación de huevos de helmintos y ooquistes de protozoarios. La alta prevalencia parasitaria (93,3%) confirma una endemicidad gastrointestinal generalizada en los primates evaluados, independiente del régimen de manejo, con fuerte implicación para la salud. *Strongyloides stercoralis* y *Enterobius vermicularis* son los taxones dominantes y constituyen los principales agentes de riesgo zoonótico en los tres sitios. Los valores elevados de IRZ

(0,72) y RP (0,634) en Kuri Pachamama respectivamente, reflejan la influencia del contacto directo humano-fauna y las condiciones ambientales húmedas, situando a este centro como prioridad epidemiológica seguidamente del Zoo el Arca y Puerto Misahualli.

La diversidad parasitaria no uniforme entre las especies identificadas sugiere la presencia de patrones específicos de susceptibilidad y comportamiento, vinculados con hábitos tróficos y uso del hábitat, siendo los monos Capuchino, los que presentan una mayor incidencia que otras especies de primates. La aplicación de técnicas moleculares complementarias seria importantes para fortalecer la vigilancia y obtener una caracterización precisa de las infecciones y su potencial zoonótico. Con los resultados expuestos, se refuerza la necesidad de políticas de salud basadas en el enfoque "Una Sola Salud (One Health)", integrando conservación, salud animal y salud pública.

Referencias bibliográficas

Azofeita, I. (2024). Índice de vulnerabilidad del mono congo (*Alouatta palliata palliata*) desde la visión del desarrollo sostenible para su conservación. Revista Rupturas, 14(1), 213–239. https://doi.org/10.22458/rr.v14i1.4521

Bowman, D. D. (2014). Georgis' Parasitology for Veterinarians (10th ed.). Elsevier.

Cargua, C., Espín, R., Valencia, B., Simbaña, M., Araujo, S., Cornejo, C., & Ocampos, A. (2024). Análisis de susceptibilidad a deslizamientos empleando el proceso de jerarquía analítica en una carretera amazónica del Ecuador. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 39(1), 117–138. https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.09

Echeverri, D., Cañate, A., Fernández, E., Payares, K., & Morales, S. (2020). Agentes parasitarios y fúngicos en *Aotus sp.*, *Alouatta seniculus* y *Cebus albifrons* en el Caribe colombiano. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31(4), e18553. https://doi.org/10.15381/rivep.v31i4.18553

Foreyt, W. J. (2001). Veterinary Parasitology Reference Manual (5th ed.). Iowa State University Press.

Gibson, A. K., Morand, S., & McCallum, H. (2023). One Health and the parasitology of zoonoses: Integrating ecology and public health. Parasitology Research, 122(3), 845–858. https://doi.org/10.1007/s00436-022-07789-1

Govea, E., Gutiérrez, K., Ortega, M., Ramírez, L., De la Cruz, A., & Méndez, P. (2024).

Riqueza y prevalencia de parásitos gastrointestinales presentes en dos subespecies de mono aullador en Panamá. Tecnociencia, 26(1), 7–21.

Llia, G., Joulia, R., Citon, L., Oklander, L., & Kowalewski, M. (2022). Parasites and other infectious agents in non-human primates of Argentina. Current Tropical Medicine Reports, 9(4), 267–277. https://doi.org/10.1007/s40475-022-00256-9

López, A., Puicón, V., Fabián, F., Bustamante, I., García, R., & Vecco, D. (2021). Ocurrencia de Prosthenorchis elegans en un mono tocón (Plecturocebus oenanthe) reinsertado en el bosque del Área de Cordillera Escalera, Región San Martín. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32(3), e19657. https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.19657

Macedo, E., Taixeira, R., Santos, S., De Jesús, V., De Antonio, B., Prado, I., & Fraga, R. (2022). Gastrointestinal parasites in non-human primates from the Wildlife Animal Screening Center of Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. Research, Society and Development, 11(2), e12311224657. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.224657

Ofori, B., Annan, A., Asomaning, B., Vigbedor, D., & Asante, P. (2024). Sharing without caring: High prevalence and similarity of potentially zoonotic gastrointestinal helminths in two sympatric nonhuman primates in a tropical resource reserve. International Journal of Ecology, 2024, 1–13. https://doi.org/10.1155/2024/1234567

Perfil fitoquímico cualitativo, actividad antimicrobiana y hemolítica de extractos etanólicos de hojas secas con dos variedades de *Fittonia albivenis*

Qualitative phytochemical profile, antimicrobial and hemolytic activity of ethanolic extracts from dried leaves of two varieties of Fittonia albivenis

Daniela Endara[1], Carolina Castro[2], Silvia Alejandra Llerena Gordillo[3], Mateo Salazar[4], Miryan Rivera[5]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0001-2286-0656

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0008-5777-4636

3 Grupo de investigación Ecosistemas Tropicales y cambio Global. Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-0491-530X

4 Laboratorio de Investigación en Citogenética y Biomoléculas de Anfibios (LICBA), Centro de Investigación para la Salud en América Latina—CISeAL, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. https://orcid.org/0000-0002-1225-7140

5 Laboratorio de Investigación en Citogenética y Biomoléculas de Anfibios (LICBA), Centro de Investigación para la Salud en América Latina—CISeAL, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. https://orcid.org/0000-0002-9944-7130

Autor de correspondencia: andrea.castro@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.sioh.e3

Resumen

La región amazónica posee una gran riqueza en el conocimiento ancestral sobre plantas medicinales. Sin embargo, no existen estudios científicos de toda esta riqueza etnobotánica que corroboren sus actividades con pruebas experimentales. Por lo que en este estudio se analizó el perfil fitoquímico, la actividad antimicrobiana y hemolítica de extractos etanólicos de hojas secas en dos variedades de *Fittonia albivenis* (nervadura blanca y rosada). Con los extractos etanólicos obtenidos del proceso de maceración, extracción mediante Soxhlet, concentración en rotavapor y liofilización se realizaron pruebas fitoquímicas cualitativas, ensayos antimicrobianos por difusión en agar, antifúngicos por microdilución con resazurina y análisis citotóxicos mediante hemólisis en eritrocitos humanos. Los resultados mostraron que la variedad blanca tuvo mayor rendimiento de extracción, mientras que la rosada presentó más flavonoides y alcaloides. En la actividad antimicrobiana, la variedad rosada inhibió fuertemente a *Staphylococcus aureus*. Ambos extractos exhibieron inhibición dosis-dependiente contra *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus fumigatus* en altas concentraciones. La hemólisis fue

mínima. Estos hallazgos respaldan el potencial terapéutico de F. albivenis como fuente de compuestos bioactivos naturales.

Palabras clave: amazonía; medicina ancestral; compuestos bioactivos; actividad biológica.

Abstract

The Amazon region holds a vast wealth of ancestral knowledge on medicinal plants; however, much of this ethnobotanical richness lacks scientific validation through experimental evidence. Therefore, this study evaluated the phytochemical profile, antimicrobial activity, and hemolytic effects of ethanolic extracts from dried leaves of two varieties of *Fittonia albivenis* (white-veined and pink-veined). Ethanolic extracts obtained through maceration, Soxhlet extraction, concentration using a rotary evaporator, and lyophilization were subjected to qualitative phytochemical screening, antimicrobial assays by agar diffusion, antifungal tests using resazurin-based microdilution, and cytotoxicity analysis via hemolysis in human erythrocytes. Results showed that the white-veined variety yielded higher extraction efficiency, whereas the pink-veined variety contained higher levels of flavonoids and alkaloids. In antimicrobial assays, the pink-veined variety exhibited strong inhibition against *Staphylococcus aureus*. Both extracts demonstrated dose-dependent inhibition against *Fusarium oxysporum* and *Aspergillus fumigatus* at higher concentrations, while hemolytic activity was minimal. These findings support the therapeutic potential of F. albivenis as a source of natural bioactive compounds.

Keywords: Amazon; ancestral medicine; bioactive compounds; biological activity.

Introducción

Ecuador es reconocido por su gran diversidad biológica y su riqueza en conocimientos médicos ancestrales; de las 5172 especies útiles reportadas en el país, el 60% corresponden a especies medicinales (De la Torre et al., 2008). Dentro de ellas se encuentra *Fittonia albivenis* (Lindl. ex Veitch) Brummitt, perteneciente a la familia *Acanthaceae*. Esta planta presenta dos variedades diferenciadas por la coloración de sus nervaduras: 'Verschaffeltti', con hojas verde oscuro y venas rojas o rosadas, y 'Argyroneura', con hojas verde medio y venas blancas (Belokurova et al., 2019).

En la Amazonía ecuatoriana, esta especie es utilizada por pueblos como los Cofán, Secoya, Kichwa del Oriente, Wao, Shuar y Achuar. Sus usos tradicionales incluyen infusiones de hojas frescas para aliviar dolores urinarios, de cabeza y de muelas, así como aplicaciones tópicas de hojas hervidas o machacadas para tratar infecciones fúngicas cutáneas y mordeduras de

serpiente (De la Torre et al., 2008). Sin embargo, en Ecuador aún no se han realizado estudios científicos que validen estos usos mediante ensayos biológicos o químicos, lo que limita la comprobación del potencial farmacológico de especies nativas como *F. albivenis* (Andy y Llerena, 2024).

A nivel regional, solo se ha reportado un estudio que evidencia diferencias fitoquímicas entre variedades de esta especie, vinculadas a la coloración de sus hojas. Las variedades de hojas verde oscuro con venas rojas presentaron un mayor contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en comparación con las de hojas verde claro y venas blancas, lo que sugiere una relación entre pigmentación y biosíntesis de metabolitos secundarios (Belokurova et al., 2019). En este sentido, pese a la limitada evidencia científica, los conocimientos etnobotánicos y antecedentes farmacológicos de especies relacionadas justifican la necesidad de estudiar los metabolitos secundarios y evaluar la actividad biológica de *F. albivenis*, con el fin de validar sus aplicaciones tradicionales.

Metodología

Las dos variedades de nervadura de *Fittonia albivenis* se recolectaron en zonas pertenecientes al Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera de los Andes. La recolección se realizó bajo el permiso MATE-DBI-CM-2023-0310 durante el periodo de luna llena. La identificación taxonómica se realizó con claves dicotómicas y la especie fue depositada en el Herbario Nacional del Ecuador (273250). A partir de las hojas secas de cada variedad se realizaron extractos etanólicos. Las pruebas fitoquímicas cualitativas para determinar la presencia de diferentes metabolitos secundarios en los extractos fueron el ensayo Folin-Ciocalteu, ensayo de Shinoda, ensayo Dragendorff y ensayo de Salkowski. (Domínguez, 1973, García, et al 2019, Soto 2015). Para la actividad antimicrobiana se evaluó por el método de difusión en agar frente a tres microorganismos de importancia clínica: *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. Se cuantificó el área de inhibición con el software ImageJ y se aplicó un ANOVA junto con una prueba Tukey (Schneider et al., 2012). La actividad antifúngica se determinó mediante la técnica de microdilución en caldo con el uso de resazurina con indicador de viabilidad celular, frente a dos hongos filamentosos: *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus fumigatus* (Rodriguez-Tudela et al., 2003). Finalmente, la actividad hemolítica se evaluó en eritrocitos humanos y se utilizó un ANOVA de dos vías con una prueba U de Mann-Whitney (García-Pérez, 2012).

Resultados y discusión

El perfil fitoquímico cualitativo reveló la presencia de polifenoles, flavonoides y alcaloides en ambas variedades, con ausencia de terpenoides. Esta composición concuerda con

lo reportado por Belokurova et al (2019), quienes señalaron la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en diferentes variedades de *F. albivenis*, particularmente en las hojas de nervadura rosada. Estos compuestos presentes en ambas variedades se asocian a propiedades farmacológicas como actividad antiinflamatoria, antimicrobiana y antioxidante (Kumar & Pandey, 2013). Sin embargo, la ausencia de terpenoides en ambos extractos puede deberse a la polaridad del solvente, ya que no es óptimo para extraer compuestos apolares como terpenos (Azwanida, 2015).

En la actividad antimicrobiana, los extractos mostraron inhibición mínima frente a *E. coli* y *Candida albicans*, y *Staphylococcus aureus*, dependiendo del color de la nervadura. Estos resultados sugieren una especificidad hacia bacterias Gram positivas, posiblemente relacionada con la acción de flavonoides y alcaloides los cuales alteran la integridad de la membrana celular (Nazzaro et al., 2013).

Respecto a la actividad antifúngica, los extractos mostraron inhibición cualitativa clara contra *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus fumigatus*, con eficacia notable en concentraciones altas, en concordancia con ensayos previos sobre sensibilidad en especies similares como *F. solani* y *F. verticillioides* (Al-Hatmi,l et al., 2019). Además, varias especies de la familia *Acanthaceae*, las cuales también contienen alcaloides, esteroles y ácidos fenólicos han mostrado sensibilidad en extractos etanólicos contra especies de *Aspergillus* y *Fusarium* (Ameer et al., 2023).

Finalmente, la actividad citotóxica reveló una hemólisis extremadamente baja no significativa. La baja actividad hemolítica observada en los extractos de *F. albivenis* es un indicador importante de su potencial actividad antimicrobiana y antifúngica. Un extracto con actividad antimicrobiana eficaz pero con alta citotoxicidad sobre células eucariotas, como eritrocitos, presenta limitaciones para su aplicación terapéutica debido a posibles efectos adversos. A diferencia de un perfil hemolítico favorable que sugiere que los compuestos bioactivos de *F. albivenis* ejercen su acción destructiva selectivamente sobre microorganismos patógenos sin comprometer la integridad de las membranas celulares humanas (Karim, et al 2020).

Conclusiones

Los extractos etanólicos de *Fittonia albivenis* mostraron un perfil fitoquímico diferencial según la variedad, con mayor rendimiento en la variedad blanca y mayor abundancia de metabolitos bioactivos en la variedad rosada. Ambos extractos evidenciaron actividad antifúngica y antimicrobiana selectiva junto con un perfil citotóxico seguro. Estos hallazgos respaldan su potencial como fuente natural de compuestos terapéuticos. Se recomienda ampliar los ensayos antibacterianos utilizando concentraciones superiores a 30 mg/mL. Además se recomienda estandarizar las condiciones del ensayo con resazurina; específicamente con

las especies de hongos evaluados para evitar la reducción completa del reactivo y permitir lecturas fluorescentes confiables.

Referencias bibliográficas

Ameer, M. R., Moghul, N. B., Javed, A., Butt, M. A., Abbas, H. B., Khalid, Z. M., Khattak, J. Z. K., & Kiyani, M. M. (2023). The Therapeutic Potential of the Medicinal Plant Justicia Adhatoda and its Antibacterial and Antifungal Activities: A Comparative Study. Altern Ther Health Med, 29(7), 232-237. PMID: 36150011.

Andy, P., & Llerena, S. (2025). Guía metodológica: Tamizaje rápido de actividad biológica de plantas útiles en la Amazonía.

Al-Hatmi, A. M. S., de Hoog, G. S., & Meis, J. F. (2019). Multiresistant Fusarium Pathogens on Plants and Humans: Solutions in (from) the Antifungal Pipeline? Infectious Drug Resistance, 12, 3727-3737. https://doi.org/10.2147/IDR.S180912

Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. Medicinal & Aromatic Plants, 4(3), 1–6. https://doi.org/10.4172/2167-041 2.1000196

Belokurova, V., Lystvan, K., Volga, D., Vasylenko, M., & Kuchuk, M. (2019). In vitro culture and some biochemical characteristics of Fittonia albivenis (Lindl. ex Veitch) Brummitt. Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality, 2585-8246, 186-194. https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.186-194

De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M., & Balslev, H. (2008). Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador. Herbario QCA & HerbarioAAU. https://www.researchgate.net/publication/310828407_Enciclopedia_de_las_Plantas_Utiles_del_Ecuador

Domínguez, X. A. (1973). Métodos de investigación fitoquímica. México: Editorial Limusa.

García-Granados, R. U., Cruz-Sosa, F., Alarcón-Aguilar, F., Nieto-Trujillo, A., & Gallegos-Martínez, M. (2019). Análisis fitoquímico cualitativo de los extractos acuosos de Thalassia testudinum de la localidad de Champotón, Campeche, México, durante el ciclo anual 2016-2017.

García-Pérez, M.A. (2012). Statistical conclusion validity: Some common threats and simple remedies. Frontiers in Psychology, 3, 325.

Karim, M. A., et al. (2020). Evaluation of antioxidant, anti-hemolytic, cytotoxic effects and antibacterial activity of selected mangrove plants. Clinical Phytoscience. https://doi.org/10.1186/s40816-020-0152-9

Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. The Scientific World Journal, 2013, 162750. https://doi.org/10.1155/2013/162750

Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of Essential Oils on Pathogenic Bacteria. Pharmaceuticals, 6(12), 1451–1474.

Schneider, C.A., Rasband, W.S., & Eliceiri, K.W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. Nature Methods, 9(7), 671–675.

Soto, J. (2015). Manual de prácticas de fitoquímica. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Rodriguez-Tudela, J.L., et al. (2003). Method for the determination of minimum inhibitory concentration (MIC) by fluorescence-based techniques. Clinical Microbiology and Infection, 9(8), 844–853.

Determinación preliminar de Caudatósido a partir de Pterosina A en *Hypolepis parallelogramma* (Kuntze) C. Presl, un helecho consumido en Napo, Ecuador

Preliminary determination of Caudatoside from Pterosin A in Hypolepis parallelogramma *(Kuntze) C. Presl, a fern consumed in Napo, Ecuador*

Kevin Stwart Tulcanaza Ruiz[1], Noroska Mogollón[2], Melany Ochoa[3], Silvia Alejandra Llerena Gordillo[4], María Cristina Peñuela[5]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0008-9953-645X

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-0756-6184

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-8575-5738

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-0491-530X

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-9611-1359

Autor de correspondencia: kevintulcanaza1975@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.sioh.e4

Resumen

El helecho *Hypolepis parallelogramma* (Garabato-yuyo) característico de la Amazonía ecuatoriana, es considerado un alimento complementario de los platos tradicionales consumidos por comunidades en Napo. Helechos del mismo orden han presentado compuestos tóxicos como Caudatósido en concentraciones desde 2 hasta 1302 ug/g en peso seco, las cuales pueden producir carcinogénesis. El objetivo de esta investigación fue determinar la posible presencia y concentración de Caudatósido, a través de la detección de Pterosina A, en tres estadios de crecimiento del helecho bajo preparaciones tradicionales y su estado natural (Maito, crudo y cocido). Se recolectaron frondes en tres comunidades de Napo (Lushian, El Calvario y Puma Yaku) obteniendo 310 g por estadio. Para la determinación de terpenoides en general se aplicó el ensayo de Salkowski y para la detección de Pterosina A cromatografía líquida de ultra alta eficiencia acoplada a espectrometría de masas en tándem. Los resultados confirmaron la presencia de terpenoides, pero no de Pterosina A. Esto descartó la presencia de Caudatósido en todas las muestras y preparaciones. Sin embargo, se logró identificar el compuesto 12',8-Diapocaroteno-12',8-dial con una masa molecular de 230,1306 Da. En conclusión, el helecho carece de pterosina A y contiene un producto de la oxidación de carotenoides que no presenta riesgo al ser consumido, lo que se podría garantizar un consumo seguro del helecho..

Palabras clave: Amazonía ecuatoriana; helecho comestible; metabolómica; toxicidad; norsesquiterpenos.

Abstract

The fern *Hypolepis parallelogramma* (known locally as Garabato-yuyo), characteristic of the Ecuadorian Amazon, is considered a complementary food in traditional dishes consumed by communities in Napo. Ferns of the same order have been reported to contain toxic compounds such as Caudatoside, in concentrations ranging from 2 to 1302 µg/g dry weight, which may induce carcinogenesis. The aim of this study was to determine the possible presence and concentration of Caudatoside through the detection of Pterosin A in three growth stages of the fern, under traditional preparations and in its natural state (Maito, raw, and cooked). Fronds were collected from three communities in Napo (Lushian, El Calvario, and Puma Yaku), obtaining 310 g per stage. The Salkowski test was applied for general terpenoid detection, and ultra-high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry (UHPLC–MS/MS) was used for Pterosin A detection. The results confirmed the presence of terpenoids but not of Pterosin A, ruling out the presence of Caudatoside in all samples and preparations. However, the compound 12',8-Diapocarotene-12',8-dial was identified, with a molecular mass of 230.1306 Da. In conclusion, the fern lacks Pterosin A and contains a carotenoid oxidation product that poses no risk upon consumption, indicating that its consumption can be considered safe..

Keywords: Biodiversity; Human–wildlife conflict; Cortisol; Large carnivores.

Introducción

Los helechos conforman un grupo diverso de plantas, con unas 14.425 especies en el mundo, de las cuales 1.422 se encuentran en Ecuador, principalmente en bosques nublados y amazónicos (Hassler, 2021; Asanza et al., 2012). Además, de su papel ecológico, muchas especies tienen usos ornamentales, medicinales y alimenticios, por su aporte nutricional (Chettri, 2018). Entre ellas se encuentra *Hypolepis parallelogramma*, conocido como Garabato-yuyo. Este es consumido en Napo en preparaciones como maito y cocido (Guaraca, 2020).

Algunas especies de helechos contienen compuestos tóxicos como los norsesquiterpenos de iludano (NSI). Entre estos se encuentran compuestos como Caudatósido (CAU) y el Ptaquilosido (PTA) que se asocian con cáncer gástrico, esofágico y hematuria enzoótica bovina, por lo que la OMS/IARC los clasifica como "posiblemente cancerígenos" (Rai et al., 2017; Rai et al., 2021). Estas moléculas se han identificado en helechos cercanos al género *Hypolepis*, como *Pteridium* (Vetter, 2022; do Paço Caçador, 2014).

En *H. parallelogramma* se ha descartado la presencia de PTA, aunque se reportó tentativamente Pterosina A, producto de la degradación del Caudatósido (Guaraca, 2020). Estudios señalan que la concentración de estos compuestos varía con la edad de los brotes y el método de preparación, siendo los más jóvenes los de mayor riesgo (Borges, 2014; Rodríguez-Salazar & Chacón-Villalobos, 2022). Dado que el Garabato-yuyo se consume de forma habitual en Napo (Moya, 2010), conocer su perfil fitoquímico es esencial para la seguridad alimentaria. Este estudio buscó determinar cómo influyen el estado de cosecha y la preparación en la presencia de Caudatósido y Pterosina A. Este estudio aporta evidencia clave para garantizar la seguridad alimentaria y, al mismo tiempo, valorar un recurso biocultural de gran importancia para la Amazonía ecuatoriana.

Metodología

El diseño experimental constó de un sistema bifactorial con nueve tratamientos, combinando tres formas de preparación (crudo, cocido y Maito) y tres estadios de desarrollo del helecho (preconsumo, consumo y postconsumo), en tres comunidades de Napo. Las muestras recolectadas se conservaron a -4 °C en fundas Ziploc con papel absorbente y se transportaron a los tratamientos determinados. Inicialmente, se evaluó la presencia de terpenos y terpenoides mediante el ensayo de Salkowski, observando cambios de color: rojo para positivo y verde o amarillo para negativo. Posteriormente, se realizaron análisis cromatográficos UPLC-MS/MS para identificar y cuantificar pterosina A, empleando dos métodos de extracción: 1) el estandarizado por Kisielius et al. (2020) y 2) la metodología usada por Guaraca (2020) para corroboración. Los resultados se compararon con el estándar analítico de Pterosina A, asegurando la fiabilidad de la identificación y cualificación de los compuestos presentes en los helechos.

Resultados y discusión

El ensayo de Salkowski dio resultados positivos en *Hypolepis parallelograma*, manifestando una coloración marrón rojiza en la interfase de todas las muestras. Este cambio indicó la presencia de terpenoides coincidiendo con estudios previos que señalan la presencia de subtipos de estos metabolitos en helechos (Borges, 2014). Sin embargo, los resultados positivos de esta prueba no indican que exista una molécula del subtipo de los sesquiterpenos caracterizados como tóxicos, ya que la familia de los terpenos es muy grande, abarcando varios subtipos (Das et al., 2014). Al usar un control positivo (linalool) y un control negativo (agua tipo 1), además de un blanco se confirmó la fiabilidad de la reacción, validando la presencia de terpenoides en el Garabato yuyo.

En los análisis cromatográficos mediante UPLC-MS/MS, los espectros de las muestras no

mostraron presencia de Pterosina A en el tiempo de retención (RT) del estándar analítico ni tuvieron coincidencia con el espectro de masas. La comparación directa con el estándar permitió descartar la presencia de la molécula en todos los estadios de desarrollo y las formas de preparación estimadas. Sin embargo, se observaron otros componentes.

Dado que la Pterosina A es el degradado estable del Caudatósido, la ausencia de esta molécula implica la inexistencia del metabolito tóxico en *H. parallelogramma*. Estos resultados son relevantes al constatarse con estudios de especies cercanas, como *Pteridium aquilinum*, donde sí se ha reportado la presencia de Caudatósido y varios compuestos tóxicos del mismo tipo (Vetter, 2022; Rai el al., 2017; Kisielus el al., 2020). A diferencia de otras especies, el Garabato yuyo se presenta como un recurso alimenticio, hasta ahora sin evidencias contundentes de compuestos asociados a toxicidad en los seres humanos y mamíferos herbívoros.

Del análisis de las muestras cromatográficas y comparar los espectros con bibliotecas públicas se realizó la identificación de una molécula lineal conocida como 12',8-Diapocarotene-12',8-dial con un peso molecular de 230,30 Da , lo cual difiere de la estructura esquelética de Pterosina A. Además, no es un sesquiterpeno sino un apocarotenoide lineal o parcialmente conjugado producido por escisión oxidativa de carotenoides, lo que se traduce en la posible presencia de actividad antioxidante debido a la presencia de carotenoides (Melendez-Martinez el al., 2024; National Center for Biotechnology Information, 2025).

Por ende, estos resultados sugieren que el consumo tradicional de Garabato yuyo en la Amazonía ecuatoriana no representa un riesgo tóxico por exposición a Caudatósido, añadiendo también el hecho de que en una investigación anterior Guaraca (2020) ya había descartado el Ptaquilósido al compararlo con su estándar analítico. Esta investigación aporta evidencia científica que valida un conocimiento biocultural de las comunidades de Napo y fortalece el aprovechamiento de este recurso. Los hallazgos abren la posibilidad de estudiar otros metabolitos no tóxicos presentes en la especie y su potencial como fuente de compuestos bioactivos beneficiosos para las personas, así como también su actividad antioxidante.

Conclusiones

El análisis fitoquímico y cromatográfico confirmó la presencia de terpenoides, pero descartó la de Pterosina A en *Hypolepis parallelogramma*, esto indica la ausencia de Caudatósido en todos los estadios y preparaciones evaluadas. Los resultados obtenidos sugieren que el consumo tradicional del helecho en Napo no representa un riesgo para la salud asociado con este metabolito tóxico, aportando evidencia científica importante para su consumo y valoración biocultural. Se recomienda ampliar la investigación hacia otros compuestos tóxicos y realizar estudios toxicológicos in vitro e in vivo que completen la caracterización de su seguridad

alimentaria, además de investigaciones que potencien el conocimiento sobre los beneficios de su consumo.

Referencias bibliográficas

Asanza M, Reyes D, Carrillo L, Cruz G (2012). Etnobotánica de helechos del nororiente ecuatoriano. Ciencia y tecnología. 1(3): 186-209.Asanza M, Reyes D, Carrillo L, Cruz G (2012). Etnobotánica de helechos del nororiente ecuatoriano. Ciencia y tecnología. 1(3): 186-209.

Borges J, Domínguez L, Camacaro O, (2014). Heterogeneidad en el contenido de iludanos en Pteridium aquilinum subsp. Caudatum colectado en el estado Yaracuy, Venezuela. Rev toxicológica en línea. 43: 46–57. Available: https://www.sertox.ar/wp-content/uploads/2020/01/43004.pdf

Hassler, M. (2021). Checklist of Ferns and Lycophytes of the World. In O. Bánki, Y. Roskov, L. Vandepitte, R. E. DeWalt, D. Remsen, P. Schalk, T. Orrell, M. Keping, J. Miller, R. Aalbu, R. Adlard, E. Adriaenssens, C. Aedo, E. Aescht, N. Akkari, M. A. Alonso-Zarazaga, B. Alvarez, F. Alvarez, G. Anderson, et al., Catalogue of Life Checklist (Version 2021-08-06). https://doi.org/10.48580/d4sd-3dc

Chettri S, Manivannan S, Muddarsu VR, (2018). Nutrient and Elemental Composition of Wild Edible Ferns of the Himalaya. Am Fern J. 108(3): 95–106. https://doi.org/10.1640/0002-8444-108.3.95

Guaraca T., (2020). Identificación de Ptaquilósido y Pterosina A en el helecho Hypolepis parallelogramma, una especie consumida en Napo, Ecuador. Tesis para optar por el título de Ingeniería en Biotecnología en la Universidad Regional Amazónica Ikiam.

Das, B. K., Al-Amin, M. M., Russel, S. M., Kabir, S., Bhattacherjee, R., & Hannan, J. M. (2014). Phytochemical Screening and Evaluation of Analgesic Activity of Oroxylum indicum. Indian journal of pharmaceutical sciences, 76(6), 571–575.

do Paço Caçador J, (2014). Ptaquiloside, a natural compound with toxicological interest: Monitoring and optimization of isolation. M.Sc. Thesis, Universidade do Porto. Available: https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/88684

Kisielius V, Lindqvist DN, Thygesen MB, Rodamer M, Hansen HCB, Rasmussen LH, (2020). Fast LC-MS quantification of ptesculentoside, caudatoside, ptaquiloside and corresponding

pterosins in bracken ferns. J Chromatogr BAnalytical Technol Biomed Life Sci. 1138: 9. doi:10.1016/j.jchromb.2019.121966

Meléndez-Martínez, Antonio J., Vicario, Isabel M., & Francisco J., Heredia. (2004). Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54(2), 149-155. Recuperado en 03 de octubre de 2025, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200003&lng=es&tlng=es

Moya TA, (2010). Atlas alimentario de los pueblos indígenas y afrodescendientes. Ciencia política (Política y gobierno). ISBN: 978-9978-92-868-4

National Center for Biotechnology Information (2025). PubChem Compound Summary for CID 16129453, 12',8-Diapocarotene-12',8-dial. Retrieved October 3, 2025 from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12_8-Diapocarotene-12_8-dial

Rai SK, Sharma R, Kumari A, Rasmussen LH, Patil RD, Bhar R, (2017). Survey of ferns and clinico-pathological studies on the field cases of Enzootic bovine haematuria in Himachal Pradesh, a north-western Himalayan state of India. Toxicon. 31-36. https://doi.org/10.1016/J.TOXICON.2017.08.010

Rai SK, Sharma R, Kumari A, Rasmussen LH, Patil RD, Bhar R, (2021). Presence of the carcinogen ptaquiloside in fern-based food products and traditional medicine: Four cases of human exposure. Food Science. 4: 557-564. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.08.004

Rodríguez-Salazar, M., & Chacón-Villalobos, A. (2022). La biotoxina ptaquilósido en helechos del género Pteridium. DOAJ (DOAJ: Directory Of Open Access Journals). https://doi.org/10.15517/am.v34i1.49755

Vetter, J. The Norsesquiterpene Glycoside Ptaquiloside as a Poisonous, Carcinogenic Component of Certain Ferns. Molecules 2022, 27, 6662. https://doi.org/10.3390/molecules27196662

Evaluación de la actividad antioxidante e inhibitoria sobre α-amilasa de seis especies vegetales del Cantón Archidona, provincia de Napo, Ecuador

Evaluation of antioxidant activity and α-amylase inhibition of six plant species from Archidona Canton, Napo province, Ecuador

Jimmy Yumbo[1], Enith Yánez[2], Carolina Ñacato[3], Julio Rea[4]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0006-6916-3993

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-8248-5678

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0003-4791-0506

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-9877-3279

Autor de correspondencia: jimmy.yumbo@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.sioh.e5

Resumen

Las plantas como Eryngium foetidum, Eucharis moorei, Mansoa alliacea, Pourouma cecropiifolia, Salacca zalacca, Siparuna pauciflora, son empleadas por comunidades kichwas para tratar enfermedades. La integración del conocimiento ancestral y científica constituye una estrategia alternativa para el control de la diabetes tipo II. En este estudio, se determinó el contenido de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante, inhibición enzimática y actividad hemolítica sobre eritrocitos humanos utilizando espectrofotometría UV-vis. Los resultados presentaron una alta capacidad antioxidante con valores de IC50 3,53 ± 0,74; 29,34 ± 2,37µg/mL (ABTS; DPPH) en P. cecropiifolia e IC50 14,95 ± 0,30; 61,70 ± 3,43 µg/mL (ABTS; DPPH) en S. zalacca. En cuanto a la inhibición de la enzima α-amilasa, P. cecropiifolia exhibió una alta capacidad inhibitoria con una IC50 de 21,77 ± 0,75 µg/mL. Asimismo, los extractos presentaron baja citotoxicidad, con una actividad hemolítica menor al 2%. Estos hallazgos posicionan a P. cecropiifolia como una especie prometedora para el manejo de la hiperglicemia.

Palabras clave: Antioxidante; Hemólisis; Inhibición enzimática; α-amilasa.

Abstract

Plants such as *Eryngium foetidum*, *Eucharis moorei*, *Mansoa alliacea*, *Pourouma cecropiifolia*, *Salacca zalacca*, and *Siparuna pauciflora* are traditionally used by Kichwa communities to treat various diseases. The integration of ancestral and scientific knowledge represents an alternative strategy for the management of type II diabetes. In this study, the content of bioactive compounds, antioxidant capacity, enzymatic inhibition, and hemolytic activity on human erythrocytes were determined using UV–Vis spectrophotometry. The results showed high antioxidant capacity, with IC_{50} values of 3.53 ± 0.74 and 29.34 ± 2.37 µg/mL (ABTS; DPPH) in *P. cecropiifolia*, and 14.95 ± 0.30 and 61.70 ± 3.43 µg/mL (ABTS; DPPH) in *S. zalacca*. Regarding α-amylase inhibition, *P. cecropiifolia* exhibited strong inhibitory capacity, with an IC_{50} of 21.77 ± 0.75 µg/mL. Likewise, the extracts showed low cytotoxicity, with hemolytic activity below 2%. These findings position *P. cecropiifolia* as a promising species for the management of hyperglycemia.

Keywords: Antioxidant; Hemolysis; Enzymatic inhibition; α-amylase.

Introducción

La diabetes es una patología afecta el metabolismo, alterando la capacidad del organismo para regular sus niveles en sangre. En la diabetes tipo I, el páncreas produce insulina de forma insuficiente o nula, lo que impide una reducción efectiva de la glucosa, mientras que en la diabetes tipo II, el organismo desarrolla resistencia a esta hormona, lo que impide su utilización eficiente (Kamble et al., 2022). Esta última es la forma más prevalente de diabetes a nivel mundial y se asocia con diversos problemas de salud, como hiperglicemia, obesidad, hipertensión arterial, lo que incrementa el riesgo de complicaciones graves en enfermedades cardiovasculares, nefropatías y cardiopatías (Thomaz et al., 2024). La diabetes tipo II, cuya prevalencia sigue en aumento, representa un importante problema de salud pública. Se estima que contribuye a más de 17,9 millones de muertes anuales (Pescariu et al., 2024).

A nivel molecular, esta enfermedad induce un desequilibrio redox en las células, lo que genera especies reactivas de oxígeno (ROS) (Carrillo Esper et al., 2016). Estas especies alteran el funcionamiento del sistema biológico y las estructuras químicas de las biomoléculas esenciales, provocando reacciones en cadena que deterioran proteínas, lípidos y otras macromoléculas biológicas. Los radicales libres, al poseer electrones desapareados, captan electrones de otras moléculas para estabilizarse, desencadenando procesos de oxidación no controlados (Carvajal, 2019).

La α-amilasa es una enzima involucrada en la fase inicial de la digestión, catalizando la hidrólisis de carbohidratos complejos como el almidón, hasta convertirlos en azúcares más simples (Oluwagunwa et al., 2021). Debido a su papel clave en la liberación de glucosa, esta enzima es considerada una diana terapéutica clave para el manejo de la hiperglucemia posprandial en pacientes con diabetes y otros trastornos metabólicos (Ogunyemi et al., 2022).

El manejo terapéutico de la diabetes mellitus tipo II, incluye el uso de fármacos tales como sensibilizadores de insulina (metformina), secretagogos de insulina (sulfonilureas), entre otros (Blahova et al., 2021). Sin embargo, estos fármacos pueden generar efectos colaterales como aumento de peso, alteraciones gastrointestinales, o hipoglucemia, lo que representa un riesgo para la salud (Susilawati et al., 2023).

Debido a estas limitaciones de los tratamientos convencionales, varias investigaciones han explorado el potencial terapéutico de algunos compuestos naturales presentes en los extractos y aceites esenciales de plantas, los cuales exhiben actividades biológicas relevantes, entre ellas, propiedades antioxidantes, antiinflamatorias o como inhibidores enzimáticos. Los metabolitos secundarios presentes en los extractos pueden modular procesos bioquímicos (Viada et al., 2017).

Ecuador es un país megadiverso y alberga especies vegetales amazónicas como *Mansoa alliacea* (Sacha Ajo), *Pourouma cecropiifolia* (Sacha uvilla), *Salacca zalacca* (Salak), ricas en metabolitos secundarios como fenoles, terpenos, flavonoides, antocianinas, entre otros (Lopes-Lutz et al., 2010; Saleh et al., 2018). Asimismo, *Eryngium foetidum* (Sacha Culantro), *Eucharis moorei* (Sacha Cebolla) y *Siparuna pauciflora* (Asna panga) han sido utilizadas en la medicina ancestral kichwa (Casar et al., 2024). No obstante, la escasa evidencia científica sobre sus propiedades farmacológicas ha limitado su validación clínica (Armijos et al., 2021). Este estudio evaluó extractos hidroalcohólicos de seis especies vegetales amazónicas para determinar su capacidad antioxidante, su inhibición sobre la enzima α-amilasa y su citotoxicidad, con miras a su posible aplicación terapéutica.

Metodología

Las especies vegetales: *Eryngium foetidum, Eucharis moorei, Mansoa alliacea, Pourouma cecropiifolia, Salacca zalacca*, y *Siparuna pauciflora*, fueron recolectadas en los alrededores de la comunidad Kichwa 9 de Junio, ubicada en la parroquia Cotundo, Cantón Archidona (coordenadas: 0°49'32"S 77°48'20"W), bajo el permiso de recolección con código MAATE-ARSFC-2025-0037. La extracción compuestos bioactivos se realizó combinando maceración y sonicación en etanol al 75% (v/v), en relación 1:10 (masa/volumen) (Gutiérrez-Pineda et al., 2022). Para la detección cualitativa de compuestos bioactivos presente se realizó siguiendo

el protocolo descrito.

Por otra parte, la cuantificación de fenoles totales realizó mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu (Kim et al., 2021). Flavonoides totales se determinó empleando el reactivo cloruro de aluminio (*ALCL3*) (Wang et al., 2019) y ácidos hidroxicinámicos se evaluó utilizando el método detallado por Rea et al. (2021).

La capacidad antioxidante mediante ensayos ABTS y DPPH se evaluó según el protocolo descrito por Rea Martinez et al. (2020) con modificaciones. De la misma manera, la capacidad de inhibición enzimática, se determinó mediante el protocolo adaptado de Oluwagunwa, Alashi y Aluko (2021). Finalmente, el ensayo de citotoxicidad de los extractos hidroalcohólicos se realizó mediante el ensayo de hemólisis según el protocolo de Sæbø et al. (2023), con modificaciones.

Diseño experimental

V.I Especie	**Fenoles (mg GAE/g)**	**Flavonoides (mg QE/g)**	**Ácidos Hidroxicinámicos (mg CAE/g)**	**IC_{50} (Actividad enzimática) α-Amilasa (µg/mL)**	**IC_{50} (Actividad antioxidante) ABTS (µg/mL)**	**IC_{50} (Actividad antioxidante) DPPH (µg/mL)**
Pourouma cecropiifolia						
Eryngium foetidum						
Salacca zalacca						
Mansoa alliacea						
Eucharis moorei						
Siparuna pauciflora						

Diseño experimental para la evaluación de citotoxicidad

V.I Especie	**V.D HR (%)**	**Concentración 1 (20 µg/mL)**	**Concentración 2 (100 µg/mL)**	**Concentración 3 (200 µg/mL)**
Pourouma cecropiifolia				
Eryngium foetidum				
Salacca zalacca				
Mansoa alliacea				
Eucharis moorei				
Siparuna pauciflora				

Resultados y discusión

Tabla 1. Cuantificación de metabolitos equivalentes a estándares por gramos de extracto seco.

Muestras	Fenoles Totales (mg GAE/g)	Flavonoides Totales (mg QE/g)	Ácidos hidroxiciná-micos Totales (mg CAE/g)	Antocianinas Tota-les (mg/g)
E. foetidum	27,32±1,07^{d}	nd	35,68±4,11^{cd}	-
E. moorei	7,65±0,36^{e}	0,55±0,00^{2b}	10,87±0,26^{e}	-
M. alliacea	41,15±0,60^{c}	5,16±0,13^{a}	41,61±2,54^{c}	-
P. cecropiifolia	214,56±1,93^{a}	-	494,27±2,78^{a}	4,78±0,09
S. zalacca	103,14±1,62^{b}	4,85±0,55^{a}	107,68±1,62^{b}	-
S. pauciflora	27,43±0,84^{d}	nd	30,72±1,80^{d}	-

GAE: Equivalentes de ácido gálico; QE: Equivalentes de quercetina; CAE: Equivalentes de ácido cafeico. Los resultados corresponden a la media de tres repeticiones ± SEM. Las letras superíndices en una misma columna indican diferencias significativas (ANOVA, Tukey, $p < 0,05$).

Las letras iguales o combinadas no presentan diferencia significativa. El símbolo (-) indica que la muestra fue excluida del análisis, (nd): no detectado.

P. cecropiifolia presentó el valor más alto de fenoles, con 214,56 ± 1,93 mg GAE/g (Tabla 1), superando lo reportado por Ordoñez et al. (2019) en extractos metanólico al 50% (8,72 ± 0,02 g GAE/100g). Le siguió S. zalacca con 103,14 ± 1,62 mg GAE/g, superior a los 15 mg GAE/g señalados por Saleh et al. (2018).

En cuanto al contenido de flavonoides totales, no se observaron diferencias significativas entre *S. zalacca, M. alliacea* y *E. moorei*, con valores bajos de 4,85 ± 0,55; 5,16 ± 0,13 y 0,55 ± 0,002 mg QE/g, respectivamente. En *S. pauciflora* y *E. foetidum* no se detectaron flavonoides con el método empleado, contrario a los datos reportados por Pérez-Muñoz et al., (2022) quienes obtuvieron concentraciones de 9,12 ± 0,32 mg QE/g para el extracto de *E. foetidum*, esta diferencia podría atribuirse a las distintas condiciones de extracción (maceración y sonicación con etanol al 70%), lo que habría favorecido una mayor liberación de estos compuestos.

En el caso de *P. cecropiifolia*, la presencia de antocianinas interfirió en la cuantificación de flavonoides totales mediante el método con *ALCL3*.

De manera complementaria, los resultados muestran diferencias significativas en la

concentración de ácidos hidroxicinámicos totales (AHT). Entre las especies estudiadas P. cecropiifolia presentó una alta concentración (494,27 ± 2,78 CAE/g), mientras que E. moorei registró la concentración más baja (10,87 ± 0,26 CAE/g). Las especies *S. pauciflora, M. alliacea* y *E. foetidum* no mostraron diferencias significativas entre sí, con concentraciones en el rango de 30,72 - 41,61 mg CAE/g.

Tabla 2. Porcentajes de inhibición y valores de IC_{50} de ABTS y DPPH de extractos hidroalcohólicos.

Muestras	% inhibición ABTS (100 µg/mL)	IC_{50} ABTS (µg/mL)	TEAC-ABTS	% inhibición DPPH (100 µg/mL)	IC_{50} DPPH (µg/mL)	TEAC-DPPH
E. foetidum	8,87 ± 1,03	-	-	11,95 ± 0,84	-	-
E. moorei	23,34 ± 0,95	57,06 ± 5,21[a]	360,72 ± 29,90	49,51 ± 1,80	247,22 ± 9,94[a]	138,78 ± 6,40
M. alliacea	41,16 ± 0,67	42,47 ± 0,70[b]	930,56 ± 278,39	51,61 ± 1,04	200,76 ± 7,92[b]	171,60 ± 9,39
P. cecropiifolia	99,74 ± 0,08	3,53 ± 0,74[c]	7057,81 ± 1402,89	85,25 ± 0,46	29,34 ± 2,37[c]	1207,26 ± 87,99
S. zalacca	79,12 ± 1,00	14,95 ± 0,39[d]	1327,22 ± 22,85	87,22 ± 0,71	61,70 ± 3,43[d]	557,76 ± 22,41
S. pauciflora	31,52 ± 1,18	-	-	31,55 ± 1,61	-	-
Quercetina	-	2,08 ± 0,09[e]	6709,36 ± 1043,65	-	6,61 ± 0,49[e]	5260,57 ± 228,95
Trolox	-	4,96 ± 0,06[d]	-	-	8,89 ± 0,27[e]	-

Los resultados corresponden a la media de tres repeticiones ± SEM. TEAC: Capacidad antioxidante equivalente a Trolox. Las letras superíndices en una misma columna indican diferencias significativas (ANOVA, Tukey $p < 0,05$). El símbolo (-) indica que la muestra fue excluida del análisis por baja actividad.

P. cecropiifolia presentó una IC_{50} de 3,53 ± 0,74 µg/mL para ABTS y 29,34 ± 2,37 µg/mL para DPPH. En el ensayo ABTS, estos valores fueron estadísticamente similares a los patrones de referencia Trolox (4,96 ± 0,06 µg/mL) y quercetina (2,08 ± 0,09 µg/mL). Estos resultados superan notablemente lo reportado por Ordoñez et al. (2019) en cuyo estudio determinaron una IC50 de 1720 µg/mL, lo que podría atribuirse a diferencias en la metodología de extracción, las condiciones ambientales durante crecimiento de la planta (luz, temperatura, humedad), disponibilidad de nutrientes y otros problemas ecológicos (Pant et al., 2021).

De manera similar, *S. zalacca*, mostró valores comparables a los estándares de referencia en el ensayo ABTS (Tabla 2).

En el ensayo con DPPH, *P. cecropiifolia*, no presentó diferencias significativas frente a los patrones Trolox (8,89 ± 0,27 µg/mL) y quercetina (6,61 ± 0,49 µg/mL). En contraste, *S.*

zalacca, mostró diferencias estadísticamente significativas, respecto a los controles positivos, posiblemente debido a la especificidad del método, ya que los compuestos antioxidantes pueden responder de manera distinta según el radical evaluado (Chaves et al., 2020).

Tabla 3. Porcentajes de inhibición y valores IC_{50} sobre α-amilasa de extractos hidroalcohólicos.

Especie vegetal	α-amilasa (%)	α-amilasa IC_{50} (µg/mL)
E. moorei	-	-
M. alliacea	-	-
P. cecropiifolia	86,11 ± 0,90	21,77 ± 0,75
S. zalacca	-	-
Acarbosa	93,97 ± 0,64	19,76 ± 1,23

Los resultados corresponden a la media de tres repeticiones ± SEM. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba Welch's T test ($p < 0,05$); (-) no evaluado. Nota (-): Especies vegetales con baja actividad inhibitoria sobre α-amilasa en ensayos preliminares a concentraciones de 500 µg/mL.

P. cecropiifolia exhibió una inhibición del 86,11 ± 0,90 % a 100 µg/mL, con valor de IC_{50} de 21,77 ± 0,75 µg/mL. Este resultado no difirió significativamente del valor obtenido para la acarbosa (19,76 ± 1,23 µg/mL), fármaco utilizado como control positivo y ampliamente empleado para el manejo de la hiperglicemia en pacientes con DM2 (Tabla 3). Este valor es aproximadamente el doble de lo reportado por Martinez-Gonzalez et al. (2019), quienes reportaron una IC_{50} más bajo para la acarbosa (9,43 ± 1,70 µg/mL), las diferencias podrían atribuirse a variaciones metodológicas. En este estudio, el p-valor fue de 0,592, confirmando que no existe diferencia estadística significativa entre ambos tratamientos. Esto refuerza el potencial terapéutico de P. cecropiifolia como fuente de inhibidores naturales de α-amilasa.

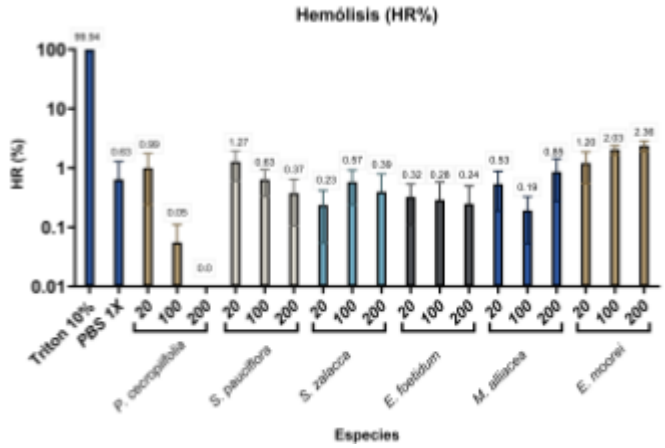


Figura 1. Porcentaje de hemolisis relativa (HR%), evaluadas a tres concentraciones (20, 100 y 200 µg/mL) por cada extracto hidroalcohólico.

Los extractos de *S. zalacca* y *M. alliacea* mostraron ligeras variaciones a concentraciones de 100 y 200 µg/mL. Según Ganamé et al. (2021) este efecto podría atribuirse a errores técnicos durante la manipulación, que podrían generar fluctuaciones en los resultados. No obstante, de acuerdo con la clasificación propuesta por Mesdaghinia et al., (2019), una actividad hemolítica inferior al 2% se considera como no hemolítica, entre 2 a 5% ligeramente hemolítica, y superior al 5% hemolítica. En este estudio, todos los extractos evaluados presentaron porcentajes de hemólisis inferiores al 2%, por lo que se clasifican como no hemolíticos. Estos resultados confirman la baja toxicidad de los extractos y respalda su potencial como agentes citoprotectores frente a los eritrocitos.

Conclusiones

P. cecropiifolia y *S. zalacca* destacaron por su elevada concentración de compuestos fenólicos, lo cual sugiere un alto potencial antioxidante.

Se evidenció que los extractos de *P. cecropiifolia, S. zalacca, M. alliacea* y *E. moorei*, demostraron una marcada capacidad para neutralizar radicales libres a bajas concentraciones, lo que respalda su potencial como fuentes naturales de compuestos antioxidantes.

En la inhibición de la enzima α-amilasa, la mayoría de los extractos mostraron una eficacia limitada, a excepción de *P. cecropiifolia*, que presentó un IC_{50} de 21,77 ± 0,75 µg/mL, comparable con el estándar farmacológico. Esta especie se perfila como una prometedora fuente de compuestos bioactivos para el desarrollo de inhibidores de α-amilasa con aplicación potencial en el tratamiento de la hiperglicemia.

Adicionalmente, todos los extractos evaluados presentaron una actividad hemolítica inferior al 2%, lo que indica su baja citotoxicidad y sugiere un efecto citoprotector sobre los eritrocitos. Esta actividad puede atribuirse a la presencia de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes.

Estos resultados muestran que *P. cecropiifolia* tuvo resultados prometedores con una gran capacidad biológica por lo que puede se recomienda investigaciones complementarias para conocer más a profundidad sus potenciales usos. Además, proporcionan una base sólida para futuras investigaciones biotecnológicas enfocadas en el aislamiento, caracterización y evaluación clínica de estos compuestos, con miras al desarrollo de fitofármacos dirigidos al tratamiento de enfermedades metabólicas.

Bibliográfia

Armijos, C., Ramírez, J., Salinas, M., Vidari, G., & Suárez, A. I. (2021). Pharmacology and Phytochemistry of Ecuadorian Medicinal Plants: An Update and Perspectives. Pharmaceuticals, 14(11), Article 11. https://doi.org/10.3390/ph14111145

Blahova, J., Martiniakova, M., Babikova, M., Kovacova, V., Mondockova, V., & Omelka, R. (2021). Pharmaceutical Drugs and Natural Therapeutic Products for the Treatment of Type 2 Diabetes Mellitus. Pharmaceuticals, 14(8), Article 8. https://doi.org/10.3390/ph14080806

Carrillo Esper, R., Díaz Ponce Medrano, J. A., Peña Pérez, C. A., Flores Rivera, O. I., Neri Maldonado, R., Zepeda Mendoza, A. D., Pérez Calatayud, Á. A., Ortiz Trujillo, A., Carrillo Esper, R., Díaz Ponce Medrano, J. A., Peña Pérez, C. A., Flores Rivera, O. I., Neri Maldonado, R., Zepeda Mendoza, A. D., Pérez Calatayud, Á. A., & Ortiz Trujillo, A. (2016). Especies reactivas de oxígeno, sepsis y teoría metabólica del choque séptico. Revista de la Facultad de Medicina (México), 59(1), 6-18.

Carvajal, C. (2019). Especies reactivas del oxígeno: Formación, funcion y estrés oxidativo. Medicina Legal de Costa Rica, 36(1), 91-100.

Casar, R., Jaramillo, N., Moscoso, N., Rojas-Le-Fort, M., & Benavides, J. C. (2024). Five Underutilized Ecuadorian Fruits and Their Bioactive Potential as Functional Foods and in Metabolic Syndrome: A Review. Molecules, 29(12), Article 12. https://doi.org/10.3390/molecules29122904

Chaves, N., Santiago, A., & Alías, J. C. (2020). Quantification of the Antioxidant Activity of Plant Extracts: Analysis of Sensitivity and Hierarchization Based on the Method Used.

Antioxidants, 9(1), Article 1. https://doi.org/10.3390/antiox9010076

Ganamé, H. T., Karanga, Y., Tapsoba, I., Dicato, M., Diederich, M. F., Cerella, C., & Sawadogo, R. W. (2021). Phytochemical Screening and Antioxidant and Cytotoxic Effects of Acacia macrostachya. Plants, 10(7), 1353. https://doi.org/10.3390/plants10071353

Gutiérrez-Pineda, K. M., Herrera, M., Gutiérrez-Pineda, K. M., & Herrera, M. (2022). Caracterización fitoquímica preliminar de los extractos etanólicos de hoja, fruto verde y maduro de Terminalia catappa L. (Almendro) en Panamá. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 36(2), 8-17. https://doi.org/10.17163/lgr.n36.2022.01

Kamble, R. P., Ghosh, P., & Kulkarni, A. A. (2022). Identificación de compuestos inhibidores de la α-amilasa en hojas de Careya arborea Roxb. Y estudios de acoplamiento in silico. South African Journal of Botany, 151, 493-503. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.05.018

Kim, J. K., Heo, H.-Y., Park, S., Kim, H., Oh, J. J., Sohn, E.-H., Jung, S.-H., & Lee, K. (2021). Characterization of Phenethyl Cinnamamide Compounds from Hemp Seed and Determination of Their Melanogenesis Inhibitory Activity. ACS Omega, 6(47), 31945-31954. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c04727

Lopes-Lutz, D., Dettmann, J., Nimalaratne, C., & Schieber, A. (2010). Characterization and Quantification of Polyphenols in Amazon Grape (Pourouma cecropiifolia Martius). Molecules, 15(12), Article 12. https://doi.org/10.3390/molecules15128543

Martinez-Gonzalez, A. I., Díaz-Sánchez, Á. G., de la Rosa, L. A., Bustos-Jaimes, I., & Alvarez-Parrilla, E. (2019). Inhibition of α-amylase by flavonoids: Structure activity relationship (SAR). Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 206, 437-447. https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.08.057

Mesdaghinia, A., Pourpak, Z., Naddafi, K., Nodehi, R. N., Alizadeh, Z., Rezaei, S., Mohammadi, A., & Faraji, M. (2019). An in vitro method to evaluate hemolysis of human red blood cells (RBCs) treated by airborne particulate matter (PM10). MethodsX, 6, 156-161. https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.01.001

Ogunyemi, O. M., Gyebi, G. A., Saheed, A., Paul, J., Nwaneri-Chidozie, V., Olorundare, O., Adebayo, J., Koketsu, M., Aljarba, N., Alkahtani, S., Batiha, G. E.-S., & Olaiya, C. O.

(2022). Inhibition mechanism of alpha-amylase, a diabetes target, by a steroidal pregnane and pregnane glycosides derived from Gongronema latifolium Benth. Frontiers in Molecular

Biosciences, 9. https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.866719

Oluwagunwa, O. A., Alashi, A. M., & Aluko, R. E. (2021). Inhibition of the in vitro Activities of α-Amylase and Pancreatic Lipase by Aqueous Extracts of Amaranthus viridis, Solanum macrocarpon and Telfairia occidentalis Leaves. Frontiers in Nutrition, 8. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.772903

Ordoñez, E. S., Leon-Arevalo, A., Rivera-Rojas, H., & Vargas, E. (2019). Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (Theobroma cacao L.), tuna (Opuntia ficus indica Mill), uva (Vitis Vinífera) y uvilla (Pourouma cecropiifolia). Scientia Agropecuaria, 10(2), 175-183. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.02

Pant, P., Pandey, S., & Dall'Acqua, S. (2021). The Influence of Environmental Conditions on Secondary Metabolites in Medicinal Plants: A Literature Review. https://doi.org/10.1002/cbdv.202100345

Pérez-Muñoz, E. P., Antunes-Ricardo, M., Martínez-Ávila, M., & Guajardo-Flores, D. (2022). Eryngium Species as a Potential Ally for Treating Metabolic Syndrome and Diabetes. Frontiers in Nutrition, 9. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.878306

Pescariu, S. A., Elagez, A., Nallapati, B., Bratosin, F., Bucur, A., Negru, A., Gaita, L., Citu, I. M., Popa, Z. L., & Barata, P. I. (2024). Examining the Impact of Ertugliflozin on Cardiovascular Outcomes in Patients with Diabetes and Metabolic Syndrome: A Systematic Review of Clinical Trials. Pharmaceuticals, 17(7), Article 7. https://doi.org/10.3390/ph17070929

Rea, J., García-Giménez, M. D., Santiago, M., Puerta, R. D. la, & Fernández-Arche, M. A. (2021). Hydroxycinnamic acid derivatives isolated from hempseed and their effects on central nervous system enzymes. International Journal of Food Sciences and Nutrition. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09637486.2020.1793305

Rea Martinez, J., Montserrat-de la Paz, S., De la Puerta, R., García-Giménez, M. D., & Fernández-Arche, M. Á. (2020). Characterization of bioactive compounds in defatted hempseed (Cannabis sativa L.) by UHPLC-HRMS/MS and anti-inflammatory activity in primary human monocytes. Food & Function, 11(5), 4057-4066. https://doi.org/10.1039/d0fo00066c

Sæbø, I. P., Bjørås, M., Franzyk, H., Helgesen, E., & Booth, J. A. (2023). Optimization of the Hemolysis Assay for the Assessment of Cytotoxicity. International Journal of Molecular Sciences, 24(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/ijms24032914

Saleh, M. S. M., Siddiqui, M. J., Mediani, A., Ismail, N. H., Ahmed, Q. U., So'ad, S. Z. M., & Saidi-Besbes, S. (2018). Salacca zalacca: A short review of the palm botany, pharmacological uses and phytochemistry. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 11(12), 645. https://doi.org/10.4103/1995-7645.248321

Sasikala. (2021). Antibacterial and Phytochemical Analysis of Cinnamon Bark (Cinnamomum Zeylanicum) Extract against Clinical Pathogens. Int J Pharm Res Appl. https://doi.org/doi:10.35629/7781-0606306310

Susilawati, E., Levita, J., Susilawati, Y., & Sumiwi, S. A. (2023). Review of the Case Reports on Metformin, Sulfonylurea, and Thiazolidinedione Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus Patients. Medical Sciences, 11(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/medsci11030050

Thomaz, F. S., John, O. D., Sinha, P., Shafie, S. R., & Worrall, S. (2024). The Metabolic Syndrome: An Overview and Proposed Mechanisms. Obesities, 4(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/obesities4030020

Viada, E., Gómez, L., & Campaña, I. R. (2017). Estrés oxidativo. Correo Científico Médico, 21(1), 171-186.

Wang, W., Li, J., Zhang, H., Wang, X., Fan, J., & Zhang, X. (2019). Phenolic compounds and bioactivity evaluation of aqueous and methanol extracts of Allium mongolicum Regel. Food Science & Nutrition, 7(2), 779-787. https://doi.org/10.1002/fsn3.926

Simposio Ciencias de la Tierra, Agua y Energías Renovables

Introducción

El simposio Ciencias de la Tierra, Agua y Energías Renovables reúne un conjunto diverso de investigaciones orientadas a comprender los procesos geológicos, hidrológicos, climáticos y ambientales que determinan la dinámica de los sistemas naturales en la región amazónica y zonas andinas adyacentes. Las ponencias presentadas revelan un enfoque interdisciplinario que integra geociencias, ecohidrología, ecotoxicología, geomática, climatología y energías alternativas, con el objetivo de enfrentar los desafíos ambientales contemporáneos y aportar soluciones sostenibles para la gestión del territorio, del agua y de los recursos naturales.

Un bloque central del simposio se enfocó en geociencias y dinámica terrestre, destacando estudios de tomografía sísmica, caracterización volcánico-sedimentaria, análisis paleosismológico y neotectónico, así como la geometría y cinemática de fallas activas en la Amazonía y la región Subandina. Estos trabajos —incluyendo los estudios en el Batolito de Abitagua, la Falla Porotoyacu y los contactos estratigráficos entre las formaciones Napo y Tena— aportan información clave para comprender los procesos tectónicos, evaluar riesgos geológicos y fortalecer la geodiversidad como recurso científico y geoturístico.

En el ámbito del ciclo hidrológico, la calidad del agua y la ecohidrología, las investigaciones abordaron la influencia de la escorrentía y la precipitación en cuencas amazónicas y templadas, la evaluación de productos satelitales de lluvia, la variabilidad de la evaporación bajo diferentes densidades de dosel y la caracterización de procesos hidrológicos en cuencas nivo-pluviales. Asimismo, se presentaron estudios aplicados al manejo de recursos hídricos, incluyendo humedales construidos de flujo horizontal y vertical, análisis de la calidad del agua para consumo humano en comunidades amazónicas, y la influencia de la urbanización y la acuicultura en la calidad del agua del río Tena.

La contaminación ambiental y los contaminantes emergentes constituyeron otra línea relevante del simposio. Se expusieron trabajos sobre microplásticos atmosféricos, microplásticos

procedentes de envases alimentarios, acumulación fluvial en ríos amazónicos, y liberación de microplásticos en ecosistemas glaciares y urbanos. Se incluyeron también líneas base geoquímicas de metales pesados en zonas de amortiguamiento de áreas protegidas, estudios de SO_2 en manglares, y evaluaciones ecotoxicológicas que analizan los efectos del imidacloprid, del tebuconazol y de mezclas contaminantes sobre comunidades acuáticas. Finalmente, el uso de bioindicadores vegetales —como lenteja (*Lens culinaris*)— amplía las herramientas disponibles para el monitoreo ambiental y la evaluación de riesgos.

La temática de energías renovables y bioenergía estuvo representada por investigaciones sobre el potencial de biometanización en sistemas de digestión anaerobia, eficiencia de humedales como sistemas de tratamiento y ecosistemas de soporte, así como análisis de estabilidad de laderas vinculadas a infraestructura energética y vial. Estos estudios fortalecen la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles y resilientes, con aplicaciones directas en comunidades amazónicas y en el manejo de aguas residuales.

Por otro lado, varias ponencias destacaron la relevancia de procesos atmosféricos y variabilidad climática, mediante estudios del impacto de eventos ENSO, análisis multiescala basados en wavelets, y reconstrucciones paleoclimáticas que examinan la relación entre cambio climático y ocupación humana en la Amazonía hace 4500 años. Estas contribuciones permiten comprender la interacción entre clima, sociedad y paisaje a través del tiempo, un aspecto clave para la planificación ambiental y territorial.

En conjunto, los trabajos presentados demuestran la complejidad y la interconexión entre los sistemas terrestres, hídricos, atmosféricos y geológicos, resaltando la importancia de enfoques integrados para la sostenibilidad. Este simposio se consolida así como un espacio de intercambio científico orientado a comprender las interacciones entre los sistemas naturales y las actividades humanas, promoviendo soluciones multidisciplinarias para enfrentar los retos ambientales a nivel local, regional y global.

Interacciones hidrogeoquímicas en la interfaz suelo-atmósfera en un bosque piemontano de la cuenca del río Tena en la Amazonía ecuatoriana

Hydrogeochemical interactions at the soil–atmosphere interface in a piedmont forest of the Tena river basin in the ecuadorian Amazon

Katherin Andrango[1], Gabriel Gaona[1], Santiago Balcázar[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: katherin.andrango@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Los procesos ecohidrológicos, sus mecanismos de retroalimentación hacia los bosques piemontanos de la amazonía y la influencia de las coberturas del suelo, han sido poco estudiados. La cuenca del Río Tena, localizada en el piedemonte amazónico, forma parte de la cuenca alta del Río Napo y está dominada por este tipo de bosques. En este lugar la geología predominante es el batolito de Abitagua, que es un cinturón de granitos y granitoides de variada composición mineralógica, tanto para sedimentos como rocas subyacentes. Al infiltrarse el agua, interactúa físico-químicamente con el material del suelo y obtiene una huella hidrogeoquímica específica para el lugar y el tiempo. Los procesos químicos involucrados son principalmente reacciones rápidas de intercambio catiónico con materiales coloidales del suelo, y reacciones lentas de hidrólisis ácida que descomponen minerales primarios. Este estudio tiene como objetivo determinar cómo el suelo y su cobertura: bosque natural y cultivo de cacao, modifican las propiedades del agua infiltrada. Para determinarlo, en cada sitio, se instalaron colectores de precipitación y "Wick samplers" para caracterizar las muestras de agua a distintas profundidades (0, 15 y 40 cm). Los muestreos se realizaron semanalmente y se analizaron parámetros físico-químicos in-situ e iones en el Laboratorio Nacional de Referencia del Agua. Los resultados preliminares comparativos muestran que el pH de la precipitación es más elevado que en el suelo, así mismo, se observan mayor concentración de oxígeno y baja conductividad. Por otro lado, el agua en el suelo refleja su interacción con el medio edáfico debido al aumento de la mineralización, disminución de oxígeno y acidificación. Esto es consistente con la evolución típica del agua meteórica al entrar en contacto con el suelo y transitar hacia el sistema subterráneo. En próximos análisis se espera describir de mejor manera la evolución de estos procesos.

Abstract

Ecohydrological processes, their feedback mechanisms within Amazonian piedmont forests, and the influence of soil cover have been understudied. The Tena River basin, located in the Amazonian foothills, is part of the upper Napo River basin and is dominated by this type of forest. The predominant geology in this area is the Abitagua Batholith, a belt of granites and granitoids with diverse mineralogical compositions, present in both sediments and underlying rocks. As water infiltrates, it interacts physicochemically with the soil material and acquires a specific hydrogeochemical signature characteristic of the site and time. The chemical processes involved consist mainly of rapid cation-exchange reactions with soil colloidal materials and slow acid-hydrolysis reactions that decompose primary minerals. The objective of this study is to determine how soil and its cover—natural forest and cacao cultivation—modify the properties of infiltrated water. To achieve this, precipitation collectors and wick samplers were installed at each site to characterize water samples at different depths (0, 15, and 40 cm). Sampling was carried out weekly, and physicochemical parameters were measured in situ, while ion analyses were performed at the National Water Reference Laboratory. Preliminary comparative results show that precipitation exhibits higher pH values than soil water, as well as higher oxygen concentrations and lower conductivity. Conversely, soil water reflects its interaction with the edaphic environment through increased mineralization, reduced oxygen, and acidification. This is consistent with the typical evolution of meteoric water as it comes into contact with the soil and moves toward the subsurface system. Future analyses are expected to more precisely describe the evolution of these processes.

Cuantificación de carbono en suelos antropogénicos de Tena, Ecuador

Carbon quantification in anthropogenic soils of Tena, Ecuador

Alisson Orellana Peña[1], Bryan Valencia Castillo[1], Santiago Balcázar Loaiza[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: alisson.orellana@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El cambio climático, las tasas de deforestación y los incendios están generando un mecanismo de retroalimentación negativo en el que los suelos amazónicos pasan de ser un sumidero de carbono a una fuente de emisiones. Entre los suelos amazónicos, los suelos de origen antropogénico tienden a almacenar una cantidad excepcional de contenido orgánico, atribuido a las características del carbón pirogénico, el cual es resistente a la degradación. Este trabajo muestra la cantidad de carbono almacenado en suelos de origen antropogénico y establece su relación con los nutrientes. El estudio se realizó en un afloramiento de suelos antropogénicos de 1.36 metros de altura, localizado en Tena, provincia de Napo. Se extrajeron dos núcleos utilizando canaletas de 1 metro cada una, incluyendo suelo de origen antropogénico y suelo subyacente. En el laboratorio, se empleó susceptibilidad magnética para determinar la presencia de minerales magnéticos cada 2 cm y se analizaron 12 muestras para la estimación del carbono orgánico total (5 g). Los datos obtenidos en suelos antropogénicos fueron comparados con estimaciones en suelos subyacentes y suelos amazónicos. Los resultados muestran que el carbón almacenado en los suelos antropogénicos en nuestra zona de estudio es significativamente mayor que el de los suelos subyacentes y suelos amazónicos. Esto implica que es necesario determinar el área de extensión de los suelos antropogénicos para poder determinar su posible impacto en caso de que el CO_2 sea liberado a la atmósfera a causa del cambio de uso de suelo y el cambio climático.

Abstract

Climate change, deforestation rates, and forest fires are generating a negative feedback mechanism in which Amazonian soils are shifting from carbon sinks to sources of emissions. Among Amazonian soils, anthropogenic soils tend to store an exceptionally high amount of organic content, attributed to the characteristics of pyrogenic carbon, which is resistant to degradation. This study quantifies the amount of carbon stored in anthropogenic soils and establishes its relationship with nutrient content. The research was conducted on a 1.36-meter-high outcrop of anthropogenic soil located in Tena, Napo Province.

Two cores were extracted using 1-meter channels, including both anthropogenic and underlying soils. In the laboratory, magnetic susceptibility was used to determine the presence of magnetic minerals every 2 cm, and 12 samples (5 g each) were analyzed to estimate total organic carbon. Data obtained from anthropogenic soils were compared with estimates from underlying and other Amazonian soils.

The results show that the carbon stored in anthropogenic soils in our study area is significantly higher than that in underlying and typical Amazonian soils. This finding highlights the need to determine the spatial extent of anthropogenic soils in order to assess their potential impact if CO_2 were to be released into the atmosphere due to land-use change and climate change.

Análisis de estabilidad de taludes rocosos en un tramo de la vía Tena–Baeza, región Subandina del Ecuador

Rock slope stability analysis in a Tena – Baeza road section, Subandean region of Ecuador

Anderson David Ocampos Valarezo[1], Jorge Ronny Espín Campos[1], Bryan Guido Valencia Castillo[1], Cristian Jefferson Cargua[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: anderson.ocampos@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Los deslizamientos en cortes viales de roca representan un problema que causa daños infraestructurales y muertes alrededor del mundo. Evaluamos la estabilidad de 14 taludes de roca en una sección de la vía Tena – Baeza. El área de estudio se ubica en la zona Subandina del Ecuador, un área con escarpado relieve y fuerte precipitación. Usamos dos técnicas de análisis: Estabilidad Global del Talud y Análisis Cinemático. Calculamos los factores de seguridad en Slide 2D usando dos métodos: Equilibrio Límite (Bishop simplificado y Spencer) y tres condiciones de saturación del talud (seco, 50% saturado y completamente saturado). Con el fin de tomar en cuenta la influencia de la actividad sísmica dentro del análisis global, condiciones pseudo estáticas fueron consideras dentro del análisis. El análisis cinemático mostró que 11 taludes tienen potencial de falla planar y en cuña. El nivel freático fue el principal factor detonante para la inestabilidad global y la actividad tectónica no disminuyó los factores de seguridad. Bajos valores de índice de resistencia geológica indican que la meteorización y la actividad tectónica inducen a la pobre calidad de macizos rocosos. Recomendamos realizar estudios geotécnicos, geológicos e hidrogeológicos de taludes rocosos globalmente inestables, con el fin de implementar medidas de estabilización y refinar el modelo geotécnico-geológico del área de estudio.

Abstract

Landslides in rock road cuts pose a major hazard, causing infrastructural damage and loss of life worldwide. We evaluated the stability of 14 rock slopes along a section of the Tena–Baeza road. The study area is located in Ecuador's Sub-Andean zone, characterized by steep terrain and high rainfall. Two analytical techniques were used: Global Slope Stability and Kinematic Analysis. Safety factors were calculated in Slide 2D using two Limit Equilibrium methods (Simplified Bishop and Spencer) under three slope saturation conditions (dry, 50% saturated, and fully saturated). To account for seismic activity, pseudo-static conditions were included in the global analysis. The kinematic analysis revealed that 11 slopes have potential for planar and wedge failures. Groundwater level was identified as the main triggering factor for global instability, while tectonic activity did not significantly reduce safety factors. Low Geological Strength Index (GSI) values indicate that weathering and tectonic activity contribute to the poor quality of the rock masses. We recommend conducting comprehensive geotechnical, geological, and hydrogeological studies on globally unstable rock slopes to implement stabilization measures and refine the geotechnical–geological model of the study area.

Conceptualización de procesos hidrológicos en una cuenca nivo-pluvial al sureste de New Hampshire utilizando un modelo de lluvia-escorrentía

Conceptualization of hydrological processes in a snow–rain-fed catchment in southeastern New Hampshire using a rainfall–runoff model

Alex Saltos Escobar[1], Gabriel Gaona[2], Juan Patricio Pesantez Vallejo[3]

1 Laboratorio de Servicios Hidrometeorológicos, Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Grupo de Investigación en Recursos Hídricos y Acuáticos

3 Universidad de Cuenca

Autor de correspondencia: alexsaltos.10@hotmail.com

Resumen

Los modelos conceptuales de lluvia-escorrentía son herramientas relativamente simples que permiten representar matemáticamente los distintos procesos en un sistema hidrológico. En hidrología, el uso de modelos surge de la necesidad de capturar los mecanismos físicos de producción de flujos a escala de cuenca para diferentes aplicaciones en la gestión de recursos hídricos. El objetivo de este estudio fue identificar los procesos dominantes de producción de escorrentía en la cuenca del río Lamprey (LMP72) mediante la aplicación de un modelo conceptual parsimonioso basado en percepción y evaluar su transferibilidad a dos cuencas anidadas (LMP27 & DCF03) de diferentes escalas espaciales. La estructura del modelo conceptualizó reservorios para simular el almacenamiento en el dosel de la vegetación, la nieve, y la dinámica del agua en el subsuelo y acuífero (superficial y profundo). Los parámetros se calibraron con un algoritmo genético (NSGAII) para minimizar el error de simulación, optimizando dos métricas de bondad de ajuste (NSE y KGE). Los resultados en calibración fueron: DCF03 (pequeña) NSE=0,34, KGE=0,53; LMP27 (mediana) NSE=0,53, KGE=0,67; LMP72 (grande) NSE=0,73, KGE=0,78. En validación: DCF03 NSE=0,38, KGE=0,59; LMP27 NSE=0,43, KGE=0,58; LMP72 NSE=0,62, KGE=0,74. Esto resultados demuestran que el modelo con cuatro reservorios puede simular satisfactoriamente el caudal diario para las cuencas mediana y grande. El mejor desempeño en cuencas más grandes puede atribuirse a una mayor generalización de procesos. No obstante, para mejorar el rendimiento en la cuenca pequeña, es posible que se requiera implementar un reservorio adicional que represente la contribución y dinámica de los humedales, los cuales predominan en esta escala.

Abstract

Conceptual rainfall–runoff models are relatively simple tools that allow for the mathematical representation of various processes within a hydrological system. In hydrology, the use of models arises from the need to capture the physical mechanisms of flow generation at the catchment scale for different water resource management applications. The objective of this study was to identify the dominant runoff generation processes in the Lamprey River catchment (LMP72) through the application of a parsimonious, perception-based conceptual model and to evaluate its transferability to two nested catchments (LMP27 & DCF03) of different spatial scales. The model structure conceptualized reservoirs to simulate canopy storage, snow dynamics, and subsurface and aquifer (shallow and deep) water dynamics. Parameters were calibrated using a genetic algorithm (NSGA-II) to minimize simulation error by optimizing two goodness-of-fit metrics (NSE and KGE). Calibration results were as follows: DCF03 (small) NSE = 0.34, KGE = 0.53; LMP27 (medium) NSE = 0.53, KGE = 0.67; LMP72 (large) NSE = 0.73, KGE = 0.78. Validation results were: DCF03 NSE = 0.38, KGE = 0.59; LMP27 NSE = 0.43, KGE = 0.58; LMP72 NSE = 0.62, KGE = 0.74. These results demonstrate that the four-reservoir model can satisfactorily simulate daily discharge for the medium and large catchments. The better performance observed in larger basins can be attributed to greater process generalization. However, to improve model performance in the small catchment, it may be necessary to include an additional reservoir representing the contribution and dynamics of wetlands, which are predominant at this scale.

Temporalidad del SO_2 en ecosistemas de manglar del Puerto de Guayaquil, Ecuador (2017–2021)

Temporal variability of SO_2 in mangrove ecosystems of the Port of Guayaquil, Ecuador (2017–2021)

Olga Quevedo Pin[1]

1 Universidad de Guayaquil

Resumen

Las emisiones provenientes de las chimeneas de los buques que operan en el puerto marítimo de Guayaquil contribuyen a la contaminación atmosférica del estuario del Golfo. Esta investigación evaluó cómo las concentraciones de óxidos de azufre (SO_2) en la ruta naviera de las zonas portuarias pueden afectar la calidad ambiental de los ecosistemas de manglar. Se emplearon muestreadores pasivos, técnica económica y validada por la norma NMX-AA-074, para la determinación de flujos de azufre atmosférico. Los dispositivos se colocaron en campo según el uso de suelo, durante periodos de 22 a 30 días, y posteriormente se analizaron en laboratorio mediante espectroscopía UV-Vis, expresando los resultados en mg/L de SO_2. El análisis estadístico incluyó ANOVA de una vía y la prueba de Kruskal–Wallis para comparar grupos y periodos. Se observó una tendencia creciente en las concentraciones de azufre, con rangos entre 4,0 y 5,0 kg S/año. La prueba de Kruskal–Wallis indicó ausencia de diferencias significativas entre medianas ($p = 0,783$), mientras que en sitios con manglar los datos presentaron distribución homogénea ($p = 0,1949$). Se concluye que los buques que transitan el estuario emiten entre 4,5 y 7,0 kg $S \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$. Las concentraciones registradas superan el límite permisible para áreas sensibles como bosques (2,0 kg $S \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$), lo que confirma la presencia de condiciones asociadas a lluvia ácida en los manglares del puerto de Guayaquil.

Abstract

The emissions from ship exhaust stacks operating in the maritime port of Guayaquil contribute to atmospheric pollution in the Gulf estuary. This study evaluated how sulfur oxide (SO_2) concentrations along the shipping route in port areas may affect the environmental quality of mangrove ecosystems. Passive samplers—a cost-effective technique validated under the NMX-AA-074 standard—were used to determine atmospheric sulfur fluxes. The devices were deployed in the field according to land use for periods of 22 to 30 days and subsequently analyzed in the laboratory using UV-Vis spectrophotometry, with results expressed in mg/L of SO_2. Statistical analysis included one-way ANOVA and the Kruskal–Wallis test to compare groups and periods. A rising trend in sulfur concentrations was observed, ranging between 4.0 and 5.0 kg S/year. The Kruskal–Wallis test indicated no significant differences among medians ($p = 0.783$), while sites with mangroves showed a homogeneous distribution of data ($p = 0.1949$). It was concluded that vessels transiting the estuary emit between 4.5 and 7.0 kg $S \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$. The recorded concentrations exceed the permissible limit for sensitive areas such as forests (2.0 kg $S \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$), confirming the presence of conditions associated with acid rain in the mangrove ecosystems of the Port of Guayaquil.

Tasa de acumulación de microplásticos atmosféricos en un glaciar tropical andino a lo largo de un año hidrológico

Atmospheric microplastics accumulation rate in a tropical Andean glacier over a hydrological year

Julieth E. Chancay Sánchez[1], Angela Rozas-Dávila[2], Gabriel M. Moulatlet[3], Mariana V. Capparelli[4], M. Rocío Rodríguez-Barroso[5], Gemma Albendín[5], Marcela Cabrera[1], Luis Maisincho[1], Mishell E. Cabrera[1], Bruno Conicelli[6], Bryan G. Valencia[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Florida Institute of Technology

3 University of Arizona

4 Universidad Nacional Autónoma de México

5 Universidad de Cádiz

6 University of São Paulo

Autor de correspondencia: julieth.chancay@est.ikiam.edu.ec

Resumen

Los microplásticos (MPs), definidos como partículas plásticas de entre 5 mm y 0,001 mm, son transportados a través de la atmósfera y se han detectado en diversos ecosistemas, incluidos entornos criosféricos remotos. Sin embargo, sus tasas de acumulación atmosférica a lo largo del tiempo siguen siendo en gran medida desconocidas. Este estudio presenta la primera reconstrucción de la acumulación de microplásticos atmosféricos en un glaciar tropical andino a lo largo de un año hidrológico. Se recolectó un núcleo de hielo de 8 metros del Glaciar 15-α, ubicado en el volcán Antisana (Ecuador), y se dató mediante el análisis del isótopo $\delta^{18}O$ para delimitar un año hidrológico completo. Los microplásticos fueron identificados y cuantificados visualmente, y los tipos de polímero se determinaron mediante análisis micro-FTIR. Las tasas de acumulación se estimaron modelando una correlación lineal entre la concentración de MPs y la profundidad del núcleo, considerando las capas superficiales como las más recientes. En total, se identificaron 1.762 microplásticos en el núcleo de hielo, clasificados como fibras y fragmentos. El polietileno y el polimetilmetacrilato fueron los polímeros más comunes en todo el núcleo. La tasa de acumulación se duplicó

a lo largo del año, pasando de 140 MPs/L al inicio a 292 MPs/L al final. Estos resultados indican una deposición atmosférica progresiva de microplásticos a lo largo del año, con una acumulación persistente registrada en la alta troposfera, por encima de las capas límite, donde la mezcla turbulenta y las frecuentes lluvias amazónicas normalmente eliminarían las partículas en suspensión. La acumulación persistente de microplásticos en la alta troposfera subraya el papel de la atmósfera como vector y reservorio global de MPs, con amplias implicaciones para los ecosistemas y los riesgos de exposición a largo alcance para humanos y fauna silvestre.

Abstract

Microplastics (MPs), defined as plastic particles between 5 mm and 0.001 mm, are transported through the atmosphere and detected in various ecosystems, including remote cryospheric environments. However, their atmospheric accumulation rates over time remain largely unquantified. This study presents the first reconstruction of the accumulation of atmospheric MPs in a tropical Andean glacier over the course of a hydrological year. An 8-meter ice core was collected from Glacier 15-α on the Antisana volcano in Ecuador and dated using $\delta^{18}O$ isotope depletion to delimit a complete hydrological year. MPs were visually identified and quantified, and polymer types were determined via micro-FTIR analysis. Accumulation rates were estimated by modeling a linear correlation between concentration of MPs and core depth, where surface layers are the most recent. A total of 1,762 MPs were identified in the ice core, classified as fibers and fragments. Polyethylene and polymethyl methacrylate were the most common polymers found throughout the core. The accumulation rate more than doubled over the year, rising from 140 MPs/L at the beginning to 292 MPs/L at the end. These results indicate progressive atmospheric deposition of MPs throughout the year, with persistent accumulation recorded in the upper troposphere, above the boundary layers, a layer where turbulent mixing and frequent Amazonian rainfall would typically remove airborne particles. Persistent accumulation of MPs in the upper troposphere underscores the atmosphere's role as both a global vector and reservoir of MPs, with wide-ranging implications for ecosystems and long-range exposure risks to humans and wildlife.

Respuestas de la comunidad de invertebrados acuáticos tropicales al tebuconazol: un experimento con mesocosmos en la Amazonía

Responses of tropical aquatic invertebrate communities to tebuconazole: a mesocosm experiment in the Amazon

Mirian Rocío Lapo Satian[1], Ariana Sarahi Brito[1], Kevin Hugo Shiguango Tapuy[1], Marcela Victoria Cabrera Bejarano[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: mirian.lapo@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El tebuconazol, un fungicida triazólico de uso extendido en la agricultura, genera creciente preocupación debido a su persistencia ambiental y potencial impacto en organismos acuáticos. Aunque sus efectos han sido documentados en ecosistemas templados, la evidencia en sistemas tropicales caracterizados por elevada biodiversidad y redes tróficas complejas sigue siendo limitada. Este estudio evaluó los efectos ecotoxicológicos del tebuconazol sobre comunidades de macroinvertebrados y zooplancton de la Amazonía ecuatoriana mediante un experimento en mesocosmos de 70 días. Se aplicaron cuatro tratamientos con concentraciones nominales de 70, 200, 700 y 2000 µg/L, además de un control, cada uno en cuadruplicado. Paralelamente, se monitorearon parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad y sólidos disueltos). La comunidad de macroinvertebrados estuvo compuesta por 36 taxones, mientras que la de zooplancton incluyó 32 taxones. Los resultados mostraron una reducción significativa de la diversidad biológica en las concentraciones más altas, particularmente a 2000 µg/L. La prueba de Williams reveló efectos en la abundancia de varios macroinvertebrados, incluyendo *Theromyzon* (Hirudinea), *Chironomus* (Diptera), *Caenis y Callibaetis pictus* (Ephemeroptera), *Phylloicu*s (Tricoptera), *Leptoceridae,* Culex (Diptera), (Hemipteros) *Naucoridae y Tubificidae* (Haplotaxida), con concentraciones de no efecto observado (NOEC) entre 70 y 700 µg/L. *Theromyzon y Chironomus* fueron los taxones más sensibles (NOEC = 70 µg/L). La comunidad de zooplancton presentó mayor tolerancia al tebuconazol y no se encontró diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados de este estudio muestran que el tebuconazol puede alterar la estructura y composición de comunidades de macroinvertebrados en ecosistemas tropicales amazónicos, destacando la necesidad de incluir información de regiones tropicales en las evaluaciones de riesgo

ambiental.

Abstract

Tebuconazole, a triazole fungicide widely used in agriculture, has raised growing concern due to its environmental persistence and potential impact on aquatic organisms. Although its effects have been documented in temperate ecosystems, evidence from tropical systems—characterized by high biodiversity and complex trophic networks—remains limited. This study evaluated the ecotoxicological effects of tebuconazole on macroinvertebrate and zooplankton communities from the Ecuadorian Amazon through a 70-day mesocosm experiment. Four treatments were applied with nominal concentrations of 70, 200, 700, and 2000 µg/L, plus a control, each in quadruplicate. Simultaneously, physicochemical parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity, and total dissolved solids) were monitored. The macroinvertebrate community comprised 36 taxa, while the zooplankton community included 32 taxa. Results showed a significant reduction in biological diversity at the highest concentrations, particularly at 2000 µg/L. The Williams test revealed effects on the abundance of several macroinvertebrates, including *Theromyzon* (Hirudinea), *Chironomus* (Diptera), *Caenis* and *Callibaetis pictus* (Ephemeroptera), *Phylloicus* (Trichoptera), *Leptoceridae*, *Culex* (Diptera), *Naucoridae* (Hemiptera), and *Tubificidae* (Haplotaxida), with no-observed-effect concentrations (NOECs) ranging from 70 to 700 µg/L. *Theromyzon* and *Chironomus* were identified as the most sensitive taxa (NOEC = 70 µg/L). The zooplankton community exhibited greater tolerance to tebuconazole, with no significant differences among treatments. The results of this study demonstrate that tebuconazole can alter the structure and composition of macroinvertebrate communities in tropical Amazonian ecosystems, underscoring the need to include data from tropical regions in environmental risk assessments.

Efectos de acuicultura y la urbanización en la calidad del agua de la cuenca del río Tena

Effects of aquaculture and urbanization on the water quality of the Tena river basin

Kevin Hugo Shiguango Tapuy[1], Rodrigo Eduardo Espinosa Barrera[1], Marcela Victoria Cabrera Bejarano[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Resumen

La degradación de los recursos hídricos por actividades antropogénicas incontroladas es una amenaza para la calidad del agua en la cuenca del río Tena. Este estudio evaluó los efectos de la acuicultura y urbanización en la calidad del agua en la cuenca del río Tena, mediante la adaptación de tres metodologías de múltiples líneas de evidencia como la medición de parámetros físico-químicos aplicando el índice de calidad del agua (ICA), ensayos ecotoxicológicos con cladóceros (*Moina* sp.) y análisis hidro morfológico (aforos de caudal). En general, los resultados de la mayoría de sitios muestreados en el índice de calidad del agua (ICA) superaron el 79, colocando en una categoría de calidad buena y excelente, excepto los puntos que se encuentran en el área urbana P15, P16 y P17 con valores inferiores a 51, ubicándose en una categoría de mala calidad. En ensayos ecotoxicológicos el P17 señaló una mortalidad del 100 %, mientras que los demás sitios resultaron efectos de un crecimiento rápido y crecimiento con huevos encapsulados. En síntesis, la integración de estas metodologías reveló que el sitio P4 presentó un porcentaje de menor grado de degradación, mientras que los sitios P15, P16 y P17 resultaron con un porcentaje alto grado de degradación, evidenciando el deterioro del recurso hídrico y de los ecosistemas especialmente en las zonas urbanas de la ciudad del Tena. El enfoque integrador ayuda a la comprensión de los efectos de los impactos negativos de la zona urbana de la ciudad de Tena, sino ayuda a proporcionar una base sólida de información para la toma de decisiones claves para la preservación a largo plazo de los recursos hídrico. Existen métodos para remediar y mitigar contaminaciones como sistemas de tratamientos descentralizados a bajo costo.

Abstract

The degradation of water resources due to uncontrolled anthropogenic activities poses a threat to the water quality of the Tena River basin. This study evaluated the effects of aquaculture and urbanization on water quality in the basin through the adaptation of three multi-line evidence methodologies: measurement of physicochemical parameters using the Water Quality Index (WQI), ecotoxicological assays with cladocerans (*Moina* sp.), and hydromorphological analysis (flow gauging). In general, most sampling sites scored above 79 on the WQI, indicating good to excellent quality, except for sites located in the urban area (P15, P16, and P17), which scored below 51, corresponding to poor quality. In ecotoxicological assays, site P17 showed 100% mortality, while other sites exhibited rapid growth or growth with encapsulated eggs. Overall, the integration of these methodologies revealed that site P4 had the lowest degree of degradation, whereas sites P15, P16, and P17 showed the highest levels of degradation, highlighting the deterioration of water resources and ecosystems, particularly in the urban zones of Tena city. This integrative approach not only aids in understanding the negative impacts of urbanization on the aquatic environment but also provides a solid information base for key decision-making toward the long-term preservation of water resources. There are available methods to remediate and mitigate pollution, such as low-cost decentralized treatment systems.

Evaluación de productos satelitales de precipitación en la cuenca del río Napo

Evaluation of satellite-based precipitation products in the Napo river basin

Denisse Castillo[1], Gabriel Gaona[1], Víctor Espinoza Romero[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: denisse.castillo@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El cambio climático es una preocupación creciente, fenómenos extremos como las olas de calor y las precipitaciones intensas han generado impactos negativos sobre la infraestructura y a los habitantes. La Amazonía ecuatoriana, caracterizada por precipitaciones abundantes que se distribuyen de forma bimodal, ha experimentado inundaciones repentinas que afectan principalmente a comunidades rurales debido a la gestión inadecuada de aguas pluviales. En esta región, la escasa cobertura de pluviómetros deja extensas áreas sin información confiable, limitando la caracterización espacial de precipitación. El objetivo de este estudio es analizar el desempeño de diferentes productos satelitales de precipitación en la cuenca del río Napo, con el fin de identificar el producto que mejor representa la variabilidad temporal de la precipitación. Para ello, se recopilaron datos diarios históricos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador y del Laboratorio de Servicios Meteorológicos Ikiam. Tras un control de calidad de datos aplicado en R, se seleccionaron las estaciones con mayor continuidad de datos. Se evaluaron cuatro conjuntos satelitales (PERSIANN-CDR, IMERG y RAIN4PE). Interpolando las estaciones meteorológicas a la resolución del producto satelital, mediante el método IDW. La comparación se realiza entre el pixel del producto satelital y el píxel correspondiente a cada estación. Los resultados preliminares incluyen la depuración de 64 estaciones, de las cuales se seleccionaron 32 estaciones que cuentan con mayor cantidad de datos. El desempeño de cada producto se evaluará con métricas estadísticas como sesgo porcentual, error cuadrático medio y coeficiente de correlación para evaluar la representatividad de cada producto satelital. Se espera identificar el producto satelital que mejor se ajusta a las condiciones locales de la cuenca, aportando insumos clave para estudios hidrológicos. La adquisición de esta información no solo es útil para este fin, sino que contribuirá a una adecuada planificación del territorio y fortaleciendo la gestión de riesgos.

Abstract

Climate change is an increasing global concern, as extreme events such as heat waves and intense rainfall have generated significant negative impacts on infrastructure and local populations. The Ecuadorian Amazon, characterized by abundant and bimodally distributed rainfall, has experienced flash floods that primarily affect rural communities due to inadequate stormwater management. In this region, the limited coverage of rain gauges leaves large areas without reliable data, restricting the spatial characterization of precipitation. The objective of this study is to analyze the performance of different satellite-based precipitation products in the Napo River Basin to identify the one that best represents the temporal variability of rainfall. Historical daily data from the National Institute of Meteorology and Hydrology of Ecuador and the Ikiam Meteorological Services Laboratory were compiled. After data quality control using R, stations with the most complete and continuous datasets were selected. Four satellite datasets (PERSIANN-CDR, IMERG, and RAIN4PE) were evaluated. Meteorological stations were interpolated to the spatial resolution of the satellite products using the Inverse Distance Weighting (IDW) method. Comparisons were made between the satellite product pixels and the corresponding station pixels. Preliminary results include the cleaning and quality assessment of 64 stations, from which 32 with the most complete data were selected. The performance of each satellite product will be evaluated using statistical metrics such as percentage bias, root mean square error (RMSE), and correlation coefficient to assess their representativeness. The study aims to identify the satellite precipitation product that best fits local conditions in the Napo River Basin, providing key inputs for hydrological research. The acquisition of this information will not only support hydrological modeling but also contribute to territorial planning and improved risk management.

Geometría y cinemática de la Falla Porotoyacu: un análisis mediante tomografía de refracción sísmica en la Zona Subandina-Ecuador

Geometry and kinematics of the Porotoyacu Fault: an analysis using seismic refraction tomography in the Sub-Andean Zone of Ecuador

Johnny Xavier Hidalgo Rosas[1], Oswaldo José Guzmán Gutierrez[1], Sebastián Araujo Soria[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: hidalgorosasjx@gmail.com

Resumen

La evaluación de la peligrosidad sísmica en la zona Subandina de Ecuador es limitada debido a la insuficiente caracterización de fallas activas locales. Por ello, este trabajo reduce esa incertidumbre al describir la geometría y la cinemática de la Falla Porotoyacu. La Falla Porotoyacu es una estructura que ha generado sismos de magnitud Mw > 6,2 y que atraviesa dos ciudades con más de 45.000 personas. Para definir el estilo estructural de la Falla Porotoyacu se adquirieron dos perfiles de tomografía de refracción sísmica (TRS). La obtención de los datos se realizó en el sector Dos Ríos de la ciudad de Tena utilizando un sismógrafo Geometrics E3000 y geófonos de 4,5 Hz. Los dos perfiles de TRS se ubicaron perpendiculares a la traza de la falla previamente cartografiada. El procesamiento de los datos incluyó el picado de primeras llegadas, la inversión tomográfica con regularización de Tikhonov y la selección de modelos óptimos de velocidad de onda P mediante el criterio de la curva-L. Los resultados del perfil CD mostraron una deformación asociada a un régimen compresivo, identificándose dos fallas inversas con buzamiento al este. La falla más occidental, de bajo ángulo, genera una geometría cóncava (hacia abajo) en las unidades sismoestratigráficas. La estructura oriental, se interpreta como la Falla Porotoyacu; esta presenta un alto ángulo en superficie, correlacionado con un escarpe de falla, y se suaviza a un bajo ángulo en profundidad. El movimiento de esta falla principal ha levantado el bloque oriental sobre el occidental, deformando las tres unidades sismoestratigráficas. Se concluye que la tomografía de refracción sísmica fue una herramienta eficaz para caracterizar la Falla Porotoyacu como un retrocabalgamiento de vergencia occidental, aportando datos cruciales para la evaluación de la peligrosidad sísmica local.

Abstract

The assessment of seismic hazard in Ecuador's Sub-Andean zone is limited due to insufficient characterization of local active faults. This study addresses that uncertainty by describing the geometry and kinematics of the Porotoyacu Fault. The Porotoyacu Fault is a structure that has generated earthquakes of magnitude Mw > 6.2 and crosses two cities with populations exceeding 45,000 inhabitants. To define the structural style of the Porotoyacu Fault, two seismic refraction tomography (SRT) profiles were acquired in the Dos Ríos sector of Tena city, using a Geometrics E3000 seismograph and 4.5 Hz geophones. The two SRT profiles were positioned perpendicular to the previously mapped fault trace. Data processing included first-arrival picking, tomographic inversion with Tikhonov regularization, and optimal P-wave velocity model selection using the L-curve criterion. Results from profile CD revealed deformation associated with a compressive regime, identifying two east-dipping reverse faults. The westernmost fault, with a low-angle dip, generates a concave-down geometry within the seismostratigraphic units. The eastern structure is interpreted as the Porotoyacu Fault, showing a high-angle surface expression correlated with a fault scarp that transitions into a lower-angle dip at depth. The movement along this main fault has uplifted the eastern block over the western one, deforming the three seismostratigraphic units. In conclusion, seismic refraction tomography proved to be an effective tool for characterizing the Porotoyacu Fault as a west-verging backthrust, providing crucial data for improving local seismic hazard assessment in the Sub-Andean region of Ecuador.

Estimación de la variabilidad en la tasa de evaporación en distintas densidades de dosel en el bosque piemontano de la Amazonía ecuatoriana

Estimation of variability in evaporation rate under different canopy densities in the piedmont forest of the ecuadorian Amazon

Joseline Mariela Landy Hurtado[1], Gabriel Gaona[1], Wilson Daniel Bastidas Barragán[1], Jimmy Christian Ayluardo Benalcazar[1], Bryan Javier Chango Rivera[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: joseline.landy@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El bosque piemontano forma parte del bioma amazónico y es un área de transición entre las planicies amazónicas y las zonas montañosas del norte-centro de la cordillera Oriental de los Andes. Este ecosistema se caracteriza por su alta densidad vegetal con un dosel que varía entre 15 y 35m de altura, con rango altitudinal de 400-1200msnm. Los bosques tropicales juegan un rol importante en el ciclo hidrológico; dentro de esta transformación continua de agua se encuentra la transición de fase de agua líquida a vapor, conocida como evaporación. En este fenómeno físico, la energía del calor de vaporización permite que la energía cinética de las moléculas sea mayor a la fuerza atractiva del agua líquida, durante este intercambio de moléculas y energía el cuerpo de agua sufre un descenso de temperatura que se conoce como enfriamiento. El cambio de fase en condiciones naturales requiere, de una fuente de energía que en su mayoría es proporcionada por el sol, del calor presente tanto en el agua como en la atmósfera, y de la presión de vapor del aire circundante. El objetivo de esta investigación es determinar la variabilidad en la tasa de evaporación en distintas densidades de dosel. Para lo cual, se empleará tanques evaporímetros junto con sensores que permitan medir datos meteorológicos locales como: temperatura, humedad, radiación solar, velocidad y dirección del viento. Dichos tanques estarán ubicados en tres sitios, cuya densidad de cobertura vegetal sea alta, media y baja. Partiendo de la hipótesis de que la evaporación y su variabilidad se ve afectada tanto por la densidad de cobertura como también por factores ambientales, se espera comprobar que la tasa de evaporación disminuya a medida que se intensifica el nivel de cobertura vegetal.

Abstract

The piedmont forest is part of the Amazonian biome and serves as a transition area between the Amazonian lowlands and the mountainous regions of the north-central Eastern Andes. This ecosystem is characterized by its high vegetation density, with a canopy ranging from 15 to 35 m in height, and an altitudinal range of 400–1200 m above sea level. Tropical forests play an important role in the hydrological cycle; within this continuous transformation of water is the phase transition from liquid water to vapor, known as evaporation. In this physical phenomenon, the energy from vaporization allows the kinetic energy of molecules to exceed the attractive force of liquid water. During this exchange of molecules and energy, the water body experiences a temperature decrease known as cooling. Phase change under natural conditions requires an energy source, mostly provided by the sun, as well as heat present in both water and the atmosphere, and the vapor pressure of the surrounding air. The aim of this research is to determine the variability in the evaporation rate under different canopy densities. To achieve this, evaporation tanks will be used along with sensors to measure local meteorological data such as temperature, humidity, solar radiation, and wind speed and direction. These tanks will be placed in three sites with high, medium, and low vegetation cover. Based on the hypothesis that evaporation and its variability are affected both by canopy density and environmental factors, it is expected to confirm that the evaporation rate decreases as vegetation cover increases.

Efecto sinérgico del imidacloprid con incremento de temperatura sobre la estructura y funcionamiento ecológico de ecosistemas acuáticos tropicales

Synergistic effect of imidacloprid and temperature increase on the structure and ecological functioning of tropical aquatic ecosystems

Ariana Sarahi Brito Aldaz[1], Denisse Daniela Castillo Celi[1], Daniela Alvear[1], Marcela Cabrera Bejarano[1], Francisco Villamarín[1], Andreu Rico[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad de Valencia

Autor de correspondencia: arianasbritoa@gmail.com

Resumen

La presencia de agroquímicos en ecosistemas acuáticos de la Amazonía ecuatoriana representa un riesgo ecológico poco explorado, especialmente bajo escenarios de cambio climático. Esta investigación evalúa cómo el calentamiento global (SSP2-4.5 del IPCC) puede modificar la toxicidad y degradación del insecticida imidacloprid en sistemas acuáticos tropicales. El estudio se realizó en mesocosmos de 400 L con agua de río poco antropizado, inoculados con macroinvertebrados y plancton locales. Se aplicaron cuatro tratamientos (concentración de 1 µg/L de imidacloprid ,incremento de temperatura, combinación y control), con tres réplicas cada uno, durante 61 días. Los tratamientos térmicos generaron aumentos promedio de 2,64 °C (ΔT) y 3,8 °C (ΔT + imidacloprid). Aunque la degradación del imidacloprid no fue significativamente mayor (Wilcoxon, $p < 0,05$), se observó un incremento del 8,6 % tras 24 horas. El pH y la conductividad eléctrica (CE) aumentaron en todos los tratamientos respecto al control, con efecto sinérgico en la CE bajo la combinación. No se detectaron diferencias significativas en la descomposición de materia orgánica. A nivel biológico, Polyarthra mostró una respuesta hormética, mientras Ceriodaphnia fue la más sensible según la curva de respuesta principal (CRP). En el día 12, el tratamiento combinado redujo la diversidad (índice de Shannon = 0,673) y la uniformidad (0,346). La CRP evidenció un efecto sinérgico en macroinvertebrados, amplificando la toxicidad del imidacloprid, especialmente en Hyliade y Culicidae. En zooplancton, la temperatura fue el principal factor de respuesta. Estos resultados sugieren que el imidacloprid genera efectos diferenciados entre grupos de invertebrados, alterando la composición del hábitat, y que dichas respuestas se ven moduladas

por el aumento de temperatura.

Abstract

The presence of agrochemicals in aquatic ecosystems of the Ecuadorian Amazon poses an underexplored ecological risk, especially under climate change scenarios. This research evaluates how global warming (IPCC SSP2-4.5) may modify the toxicity and degradation of the insecticide imidacloprid in tropical aquatic systems. The study was conducted in 400-L mesocosms with minimally impacted river water, inoculated with local macroinvertebrates and plankton. Four treatments were applied (1 µg/L imidacloprid concentration, temperature increase, combination, and control), each with three replicates, over 61 days. Thermal treatments generated mean increases of 2.64 °C (ΔT) and 3.8 °C (ΔT + imidacloprid). Although imidacloprid degradation was not significantly greater (Wilcoxon, $p < 0.05$), an 8.6% increase was observed after 24 hours. pH and electrical conductivity (EC) increased in all treatments relative to the control, with a synergistic effect on EC under the combination. No significant differences were detected in organic matter decomposition. Biologically, Polyarthra showed a hormetic response, whereas Ceriodaphnia was the most sensitive according to the principal response curve (PRC). On day 12, the combined treatment reduced diversity (Shannon index = 0.673) and evenness (0.346). The PRC evidenced a synergistic effect in macroinvertebrates, amplifying imidacloprid toxicity, especially in Hyliade and Culicidae. In zooplankton, temperature was the primary response driver. These results suggest that imidacloprid produces differentiated effects among invertebrate groups, altering habitat composition, and that these responses are modulated by increased temperature.

Evaluación del uso potencial de la lenteja (*Lens culinaris*) como bioindicador de contaminantes ambientales en la Amazonía ecuatoriana

*Evaluation of the potential use of lentil (*Lens culinaris*) as a bioindicator of environmental pollutants in the ecuadorian Amazon*

Gigi Maribí Merino Calva[1], Santiago Vicente Balcázar Loaiza[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: gigi.merino@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La Amazonía enfrenta problemas de contaminación ambiental derivados principalmente de actividades antrópicas como la explotación de hidrocarburos, minería, expansión de agricultura y ganadería, las cuales representan un riesgo para la biodiversidad y alteran las propiedades físico-químicas del suelo y del agua. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso potencial de la lenteja (*Lens culinaris*) como bioindicador de sistemas contaminantes, mediante el análisis del crecimiento del tallo y la elongación radicular en condiciones de agua (7 días) y suelo (9 días). Se realizaron cinco ensayos para cada caso, utilizando 20 semillas de lenteja en los experimentos con agua y 25 semillas en los realizados en suelo. Se emplearon muestras de agua de uso doméstico, agua acidificada y agua con alta salinidad. De igual manera, se usaron muestras de suelos con pH ácidos, suelos con presencia de hidrocarburos, suelos ricos en materia orgánica y suelos compactos. Los resultados mostraron que en agua destilada tipo I (control), presentó el mayor crecimiento radicular, (≈2,9 mm/día al día 3). El agua de uso doméstico y el agua acidificada presentaron elongaciones intermedias (≈1,5 mm/día), mientras que la alta salinidad inhibió el crecimiento (0,9 mm/día). En suelos, la lenteja mostró 2,6 mm de crecimiento en el control al día 9, valor cercano al suelo compacto (≈3,1 mm). En suelos ácidos alcanzó 2,9 mm al día 7, pero cayó a 0,6 mm al día 9. Con exceso de materia orgánica el crecimiento fue mínimo (máx. 0,4 mm), mientras que en suelos con hidrocarburos alcanzó 3,9 mm, aunque con baja germinación (20%), patrones asociados al estrés. La lenteja constituye un bioindicador, económico, accesible, con alta sensibilidad a aguas con alta salinidad y suelos con presencia de hidrocarburos. No obstante, se recomienda complementar los ensayos con análisis físico-químicos para lograr interpretaciones integrales.

Abstract

The Amazon faces environmental pollution problems mainly derived from anthropogenic activities such as hydrocarbon exploitation, mining, agricultural expansion, and livestock production, which represent a risk to biodiversity and alter the physicochemical properties of soil and water. The objective of this study was to evaluate the potential use of lentil (*Lens culinaris*) as a bioindicator of contaminant systems by analyzing stem growth and root elongation under water conditions (7 days) and soil conditions (9 days). Five assays were conducted for each case, using 20 lentil seeds in the water experiments and 25 seeds in the soil experiments. Samples of domestic-use water, acidified water, and high-salinity water were used. Similarly, soil samples with acidic pH, soils with the presence of hydrocarbons, soils rich in organic matter, and compacted soils were used. The results showed that in Type I distilled water (control), the highest root growth was observed (≈2.9 mm/day on day 3). Domestic-use water and acidified water showed intermediate elongation (≈1.5 mm/day), while high salinity inhibited growth (0.9 mm/day). In soils, lentils showed 2.6 mm of growth in the control on day 9, a value close to compacted soil (≈3.1 mm). In acidic soils, they reached 2.9 mm on day 7 but dropped to 0.6 mm on day 9. In soils with excess organic matter, growth was minimal (max. 0.4 mm), while in soils with hydrocarbons, growth reached 3.9 mm, although with low germination (20%), patterns associated with stress. Lentil constitutes an economical, accessible bioindicator with high sensitivity to water with high salinity and soils with the presence of hydrocarbons. However, it is recommended to complement the assays with physicochemical analyses to achieve comprehensive interpretations.

Línea base geoquímica de metales pesados en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, Piedemonte Amazónico-Ecuador

Geochemical baseline of heavy metals in the buffer Zone of the Colonso Chalupas Biological Reserve, Amazonian Foothills – Ecuador

Christian Javier Coral Chalacán[1], Oswaldo José Guzmán Gutiérrez[1], Katherine Armijos[1], Cindy Rashel Vera Jaramillo[1], Dayana Vera Jaramillo[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam.

Autor de correspondencia: christian.chalacan@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La presencia de metales pesados en el suelo puede influir en la calidad ambiental y la salud de los ecosistemas, especialmente en zonas de alto valor ecológico como el piedemonte amazónico. Este estudio tiene como objetivo establecer una línea base geoquímica para los elementos S, V, Cr, Zn, As y Ba en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, en el sector Alto Tena, provincia de Napo, Ecuador, a fin de evaluar su origen y determinar su aptitud para uso agrícola. El área de estudio comprende 15 ha de bosque secundario sobre depósitos aluviales, donde se aplicó un muestreo sistemático en malla de 70 × 70 m con 30 puntos, cada uno conformado por cinco submuestras extraídas entre 20 y 40 cm de profundidad. Las muestras fueron analizadas mediante fluorescencia de rayos X y los datos procesados estadísticamente mediante el método iterativo de dos desviaciones estándar para definir umbrales naturales y detectar anomalías. Los resultados indicaron promedios de 123,2 ppm (V), 64,5 ppm (Cr), 42,7 ppm (Cu), 82,7 ppm (Zn), 9,4 ppm (As) y 425,9 ppm (Ba). V, Cr, Cu y Zn superaron los límites establecidos en la normativa ecuatoriana, pero se ubicaron dentro del rango natural del fondo geoquímico local, evidenciando un origen litogénico y un enriquecimiento natural asociado a rocas máficas-ultramáficas. El As se mantuvo por debajo del límite normativo, mientras que el Ba superó tanto la norma como parte del rango natural inferior, con concentraciones más altas cerca de cursos de agua. En conclusión, la geoquímica de los suelos refleja la composición natural del sustrato, con enriquecimiento natural de ciertos elementos, y presenta condiciones no aptas para la agricultura, ya que supera los límites establecidos en la normativa ecuatoriana, especialmente en el caso de Ba y As.

Abstract

The presence of heavy metals in soils can influence environmental quality and ecosystem health, particularly in ecologically valuable areas such as the Amazonian foothills. This study aims to establish a geochemical baseline for the elements S, V, Cr, Zn, As, and Ba in the buffer zone of the Colonso Chalupas Biological Reserve, located in the Alto Tena sector, Napo Province, Ecuador, in order to evaluate their origin and determine their suitability for agricultural use. The study area comprises 15 ha of secondary forest on alluvial deposits, where a systematic grid sampling (70 × 70 m) was conducted with 30 sampling points, each composed of five subsamples collected at depths between 20 and 40 cm. Samples were analyzed by X-ray fluorescence, and data were statistically processed using the iterative two-standard-deviation method to define natural thresholds and detect anomalies. Results indicated average concentrations of 123.2 ppm (V), 64.5 ppm (Cr), 42.7 ppm (Cu), 82.7 ppm (Zn), 9.4 ppm (As), and 425.9 ppm (Ba). V, Cr, Cu, and Zn exceeded the limits established in Ecuadorian regulations but remained within the natural range of the local geochemical background, suggesting a lithogenic origin and natural enrichment associated with mafic-ultramafic rocks. Arsenic remained below the regulatory limit, while barium exceeded both the standard and part of the lower natural range, with higher concentrations near watercourses. In conclusion, the soil geochemistry reflects the natural composition of the substrate, showing natural enrichment of certain elements and conditions unsuitable for agriculture, as the concentrations exceed Ecuadorian regulatory limits, particularly for Ba and As.

Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en comunidades amazónicas: estudio de caso de la Comunidad Puni Capirona

Evaluation of water quality for human consumption in amazonian communities: a case study of the Puni Capirona Community

Stalin Warush Grefa[1], Richard Cerda[1], Marcela Cabrera[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: stalin.warush@est.ikiam.edu.ec

Resumen

La calidad del agua destinada al consumo humano es un factor determinante para la salud y el bienestar de las poblaciones, especialmente en comunidades rurales amazónicas, donde las condiciones geográficas, socioeconómicas y de infraestructura limitan el acceso a fuentes seguras. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de consumo humano en la comunidad Puni Capirona ubicada en la Amazonía ecuatoriana, mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y ecotoxicológicos en cinco fuentes de abastecimiento de la comunidad: río Puni, agua de tanquero, agua de lluvia, agua de pozo y río Shalcana. Las muestras se colectaron en junio de 2025 y se analizaron parámetros *in situ* y en laboratorio. De acuerdo con el Índice de Calidad de Agua (ICA), las fuentes de agua se clasificaron entre buena y regular (85-69). El Río Puni, principal fuente de abastecimiento de la comunidad, resultó ser una de las más contaminadas, presentando mayor nivel de turbidez (55 NTU), color (274 Pt-Co), *E. coli* (1360 UFC/100 ml) y presencia de metales. Aunque el agua de lluvia y de tanquero mostraron parámetros físico-químicos adecuados, los análisis microbiológicos indicaron la presencia de coliformes totales y *E. coli,* lo que puede estar ocasionado por un almacenamiento inadecuado del agua. Los ensayos ecotoxicológicos con *Lactuca sativa* confirmaron la toxicidad del agua del río Puni y del pozo, con inhibición de la germinación del 27% y reducción de la elongación de 10% y 13%, respectivamente. Los resultados de este estudio demuestran que las fuentes de agua en la comunidad Puni Capirona no cumplen con los estándares de calidad para el consumo humano INEN 1108, lo que pone en riesgo la salud de la población. Siendo esencial la implementación de un sistema de tratamiento de agua que garanticen la potabilidad y estrategias de gestión de los recursos hídricos.

Abstract

The quality of water intended for human consumption is a determining factor for the health and well-being of populations, especially in rural Amazonian communities where geographical, socioeconomic, and infrastructural conditions limit access to safe sources. This study aimed to evaluate the quality of drinking water in the Puni Capirona community, located in the Ecuadorian Amazon, through physicochemical, microbiological, and ecotoxicological analyses of five water sources used by the community: Puni River, tanker water, rainwater, well water, and Shalcana River. Samples were collected in June 2025, with parameters analyzed both *in situ* and in the laboratory. According to the Water Quality Index (WQI), the water sources were classified between *good* and moderate (85–69). The Puni River, the main supply source for the community, was found to be one of the most contaminated, showing high levels of turbidity (55 NTU), color (274 Pt-Co), *E. coli* (1360 CFU/100 ml), and the presence of metals. Although rainwater and tanker water showed acceptable physicochemical parameters, microbiological analyses revealed the presence of total coliforms and *E. coli*, possibly due to improper storage conditions. Ecotoxicological tests with *Lactuca sativa* confirmed the toxicity of Puni River and well water, showing 27% inhibition of germination and a reduction in elongation of 10% and 13%, respectively. The results demonstrate that the water sources in Puni Capirona do not meet the INEN 1108 standards for human consumption, posing a health risk to the population. Therefore, it is essential to implement a water treatment system that ensures potability, along with effective water resource management strategies.

Caracterización de suelos antropogénicos en la Alta Amazonía ecuatoriana: concentración geoquímica y almacenamiento de carbono en la parroquia Muyuna, provincia de Napo

Characterization of anthropogenic soils in the upper Ecuadorian Amazon: Geochemical concentration and carbon storage in the parish of Muyuna, province of Napo

Aracely Vilatuña[1], Santiago Balcázar[1], Alisson Orellana[1], Bryan Valencia[1]

[1] *Universidad Regional Amazónica Ikiam*

Correo de correspondencia: santiago.balcazar@ikiam.edu.ec

Resumen

Los suelos antropogénicos del occidente amazónico o Tierras Negras Amazónicas (ADEs), formados por antiguos asentamientos humanos, pueden representar importantes reservorios de carbono y nutrientes. En la Amazonía ecuatoriana, el objetivo de este estudio fue determinar el grado de transformación antropogénica de las propiedades fisicoquímicas (concentración de carbono orgánico, conductividad eléctrica, densidad aparente y concentración elemental de P, Ca, K, Mg y Sr) por parte de antiguos habitantes. La metodología incluyó muestreo de campo, análisis de laboratorio y análisis estadístico (PERMANOVA) en R. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), con mayores concentraciones de nutrientes y carbono orgánico en el horizonte antrópico, así como una correlación positiva entre estas variables. Se concluye que los antiguos asentamientos humanos modificaron los suelos, generando una mayor fertilidad y capacidad de almacenamiento de carbono, lo que puede ser importante para la mitigación del cambio climático.

Abstract

Anthropogenic soils of the western Amazon, also known as Amazonian Dark Earths (ADEs), formed by ancient human settlements, may represent important reservoirs of carbon and nutrients. In the Ecuadorian Amazon, the objective of this study was to determine the degree of anthropogenic transformation of physicochemical properties, including organic carbon concentration, electrical conductivity, bulk density, and elemental concentrations of P, Ca, K, Mg, and Sr, caused by past human populations. The methodology included field sampling, laboratory analyses, and statistical analysis (PERMANOVA) conducted in R. The results showed significant differences ($p < 0.05$), with higher concentrations of nutrients and organic carbon in the anthropogenic horizon, as well as a positive correlation between these variables. It is concluded that ancient human settlements modified the soils, generating greater fertility and carbon storage capacity, which may be important for climate change mitigation.

Análisis paleosismológico y neotectónico de la Falla Porotoyacu, Zona Subandina del Ecuador

Paleoseismological and neotectonic analysis of the Porotoyacu Fault, Sub-Andean Zone of Ecuador

Samira Lluno[1], Henry Conteron[2], Pedro Cadena[3], Corina Campos[4], Oswaldo Guzman[5]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-2899-9007

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0004-8681-3594

3 Grupo de Investigación en Educación, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-9726-8972

4 Grupo de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-2785-5469

5 Grupo de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-7326-1082

Autor de correspondencia: samira.lluno@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e1

Resumen

El conocimiento de la actividad neotectónica es esencial para evaluar el riesgo sísmico, salvaguardar la infraestructura y garantizar un uso sostenible del suelo. Sin embargo, la Zona Subandina del Ecuador sigue siendo insuficientemente estudiada, en particular la Falla Porotoyacu, que se extiende 19 km a lo largo de Tena y Archidona, en la provincia de Napo. Con una orientación SSO-NE, su actividad sísmica solo ha sido parcialmente estimada a partir del análisis de una sola trinchera, por lo que su comportamiento tectónico aún se comprende de manera limitada. Este estudio tiene como objetivo determinar la paleosismicidad y la actividad tectónica reciente mediante métodos morfotectónicos, morfológicos y paleosismológicos, combinando imágenes satelitales con observaciones de campo en un afloramiento de origen antrópico. La evidencia incluye rupturas, desplazamientos verticales y seismitas, como diques que interrumpen los horizontes del suelo, confirmando actividad cuaternaria. Se identificaron tres eventos sísmicos con magnitudes superiores a Mw 6.1. La deformación superficial y la presencia de seismitas en las unidades superiores del afloramiento indican que la Falla Porotoyacu ha experimentado una reactivación tectónica reciente, lo que resalta su potencial peligro sísmico.

Palabras clave: Diques; Afloramiento; Falla Porotoyacu; Paleosismología; Deformación superficial.

Abstract

Knowledge of neo-tectonic activity is essential for assessing seismic risk, safeguarding infrastructure, and ensuring sustainable land use. However, the Sub-Andean Zone of Ecuador remains insufficiently studied, particularly the Porotoyacu Fault, which extends 19 km across Tena and Archidona in Napo Province. With a SSW-NE orientation, its seismic activity has only been partially estimated from a single trench analysis, leaving its tectonic behavior poorly understood. This study aims to determine paleo-seismicity and recent tectonic activity using morphotectonic, morphological, and paleoseismological methods, combining satellite imagery with field observations from an anthropogenic outcrop. Evidence includes ruptures, vertical displacements, and seismites such as dykes that disrupt soil layers, confirming Quaternary activity. Three seismic events with magnitudes above Mw 6.1 were identified. Surface deformation and seismites in the upper outcrop units indicate that the Porotoyacu Fault has experienced recent tectonic reactivation, highlighting its potential seismic hazard.

Keywords: Dykes; Outcrop; Porotoyacu Fault; Paleoseismology; Superficial deformation.

Introduction

The Cutucú-Napo System is shaped by compressive-transgressive deformations and composed of high angle reverse faults with N-S and NNE-NNW orientations (Baby et al., 1999; Pratt et al., 2002; Baby et al., 2004). Although seismicity in the Sub-Andean Zone is generally of low magnitude, several atypical strong earthquakes have been reported. For instance, two significant events occurred on March 5, 1987, with magnitudes of 6.1 and 6.8 (Hall, 2011). Other major earthquakes, such as the 1995 Macas event (Mw 7.0) and the 1987 Baeza event (Mw 7.1), have also been linked to this fault system (Legrand et al., 2005; Font et al., 2013). Consequently, the region is characterized by slightly to moderate seismicity (Beauval et al., 2018; Tamay et al., 2021). Within this system lies the Porotoyacu Fault, near which 24 seismic events of Mw 2.5–6.3 have been recorded since 1927. At least eight events are associated with this fault, including a Mw 4.54 earthquake on December 28, 2021, near Archidona (IGEPN, 2024).

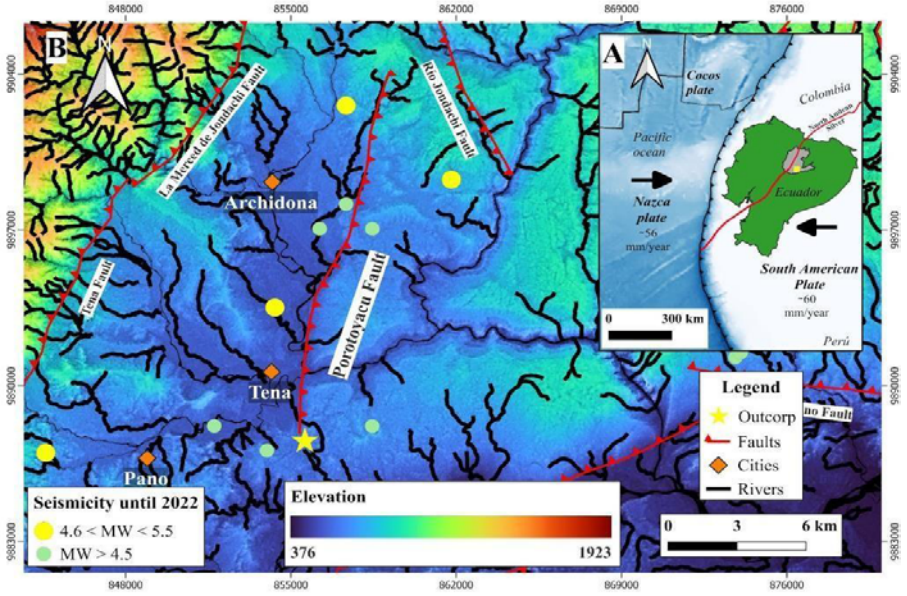


Figure 1: Ubication of the study area: A) Regional location of the study area: In the Ecuadorian territory base map from ESRI. The black line in the limit represents the contact and direction of movement of the Nazca and South American plates. The presence of the North-Andean Silver is a red line that divides the two blocks of Ecuador. The yellow square limits the study area. B) Ubication of the Porotoyacu Fault and study area in Napo (DEM-Geoportal): The numerous red lines represent geologic faults that cross the country. The yellow star represents the outcrop where the paleoseismological study is performed. The big red line in the center represents the Porotoyacu Fault with its kinematics of Project SARA (Costa et al., 2020), and the red rectangles represent the cities. The yellow and green circles are seismic events close to the Porotoyacu Fault. The map contains the topographic base, instrumental earthquakes as points until 2024, rivers, and the population centers of Tena and Archidona.

The Porotoyacu fault, with reverse transcurrent kinematics and an SSW-NE orientation, crosses Tena and Archidona in the province of Napo. Although classified as Quaternary and with an approximate length of 19 km (Conteron et al., 2024), its last activity, dated at 1.8 Ma, is based on satellite interpretation rather than field data, leaving its exact trace, recent seismicity, and the magnitudes of events (Costa et al., 2020). To clarify its recent tectonic behavior, morphotectonic, morphological, and paleoseismological analyses were carried out. This study focuses on the southern section, 0.43 km from the trace proposed by the SARA project, where a paleoseismological site was analyzed in an anthropogenic outcrop at coordinates 1°0'57.91"S, 77°48'19.89" W. The outcrop, oriented SW-NE perpendicular to the fault, shows deformation characteristics suitable for paleoseismological analysis, providing information on recent seismic activity.

The research work aims to evaluate the Porotoyacu Fault as an active seismogenic source in a section located South of the fault's trace, applying morphotectonic, morphological, and paleoseismological analysis in an outcrop to contribute information about seismic hazard.

Methodology

The methodology for this study was applied to an anthropogenic outcrop located in Tena, south of the Porotoyacu Fault trace. The study area was selected based on criteria such as the presence of morphotectonic indicators, outcrops exhibiting deformation structures caused by liquefaction/fluidization, and ruptures in strata. Additionally, its proximity to the fault trace was a determining factor. The regional characteristics as indicators were identified from the analysis of satellite images and subsequent field verification.

The morphological analysis of the study area followed the methodology of Baize et al. (2015), Jomard et al. (2021). A Digital Elevation Model (DEM) from the Alaska Satellite Facility (https://search.asf.alaska.edu/) was used to extract relief information, and QGIS tools helped identify subtle topographic features, allowing the discrimination of morphotectonic structures. This analysis aims to understand the relationship between landscape evolution and tectonic processes. Detailed topographic profiles were generated to quantify tectonic uplift and locate geological faults. Field verification was conducted to validate morphotectonic indicators, recording the location of each zone along with measurements of height, length, and distance, and documenting observations with photographs. Finally, all morphometric information was mapped using the processed DEM in a Geographic Information System (GIS), providing a comprehensive representation of the area's tectonic and morphological features.

The paleoseismological analysis was conducted on a 20 m long and 6.5 m high rocky outcrop that displayed clear deformation features, including stratigraphic displacement and seismites within an anthropogenic section. A 1m×1m grid was applied across the outcrop to document each stratigraphic unit, which was described according to textural and colorimetric characteristics (using the Munsell Rock Color Chart) as well as geometric properties such as inclination, height, and thickness. These observations were digitally represented, enabling the identification of major ruptures used to estimate the number and magnitude of seismic events. Furthermore, deformation structures were documented and classified following Rodríguez-Pascua et al. (2000) and Montenat et al. (2007).

Results and Discussion

In the southern sector of the Porotoyacu Fault, morphotectonic and paleoseismological

analyses were conducted. The results are summarized below:

Morphotectonic in the south of the Porotoyacu Fault

By observing satellite images, we identified 3 main morphotectonic indicators. The first indicator is the relief difference; the other indicators are orthogonal and semi-rectilinear drainages. The morphotectonic analysis of the southern Porotoyacu Fault identified relief forms and indicators such as scarps, abrupt slope changes, and drainage anomalies.

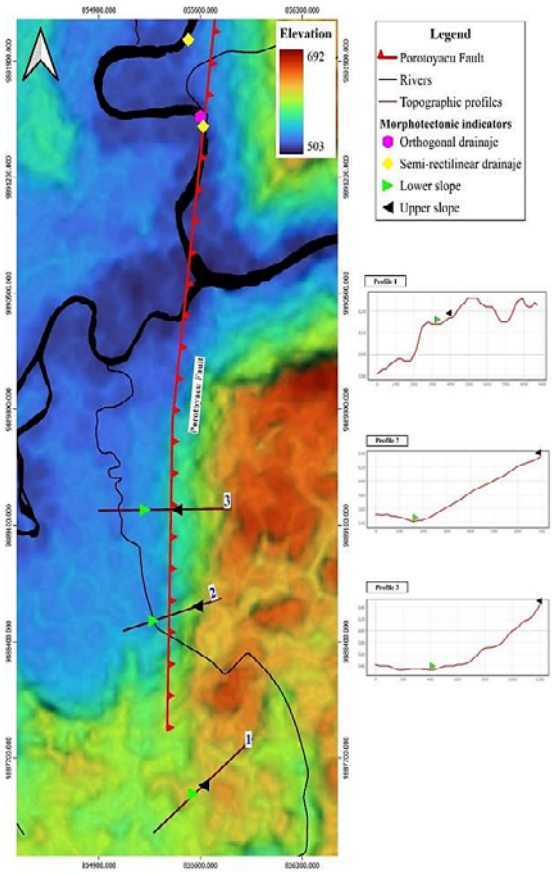


Figure 2. Morphotectonic Indicators: The map base was obtained from Alaska Satellite Facility. The trace of the Porotoyacu fault proposed by Costa et al., (2020) is shown. In red color through the Tena and Archidona cities. Also, along with three types of morphotectonic indicators: orthogonal drainage (pink square), semi-rectilinear drainage (yellow diamond), and scarps (green and black triangles) to identify the slope and base used to detail the course of the Porotoyacu Fault. The profiles of scarps are indicated by green and red triangles, indicating the superior and inferior parts of the scarps. Close to the green square at the South indicates the outcrop

Topographic profiles (1, 2, 3) reveal scarps with a SW-NE orientation between 540 and 640 m in elevation, with slopes of 3°–9.42° and irregular to uniform morphologies reflecting local

deformation. Orthogonal drainages, caused by abrupt river course changes due to tectonic activity, include a segment shifting from W-E to N-S, aligned with the relief. In the southern zone, semi-rectilinear drainages of 300 m and 330 m alternate between meandering and rectilinear patterns.

This work studied morphotectonic elements in the southern segment through photo interpretation and field verification to determine the extension of the fault. These analyses, based on geomorphic indicators, are classified into planar and linear features, including terraces, scarps, semi-rectilinear drainages, and orthogonal drainages (Audemard, 1999; Perucca et al., 2015; Onorato et al., 2020). In this research, we identified most indicators as scarps, orthogonal drainage, and semi-rectilinear drainage. These indicators provide preliminary evidence of the tectonic activity associated with the Porotoyacu Fault (Figure 2).

Stratigraphic and paleoseismic analysis

We constructed a stratigraphic profile of the outcrop, which is composed of siliciclastic Cretaceous rocks. This analysis revealed that the outcrop comprises nine units predominantly composed of claystone, siltstone, and Breccia. The basal units have been identified as Cretaceous and covered by Quaternary deposits that have undergone a pedogenesis process, which is deduced by their lithological properties and color.

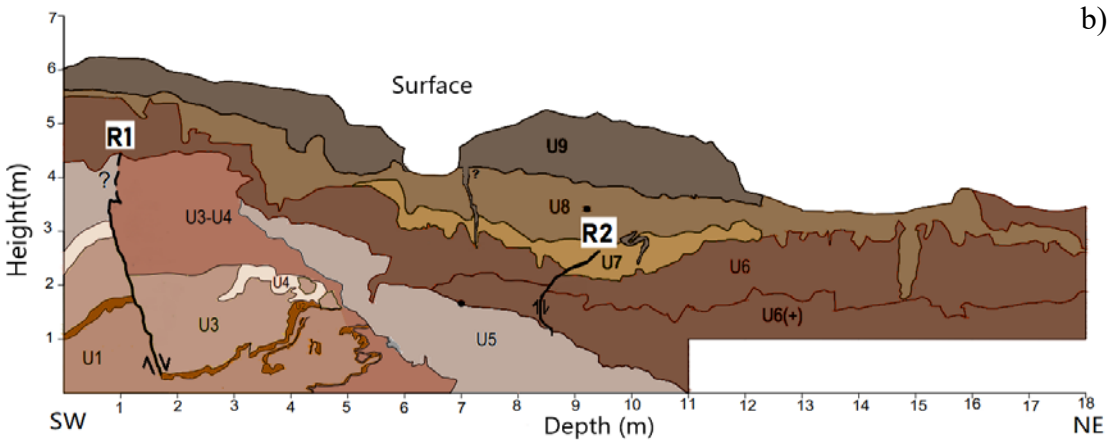


Figure 3. The outcrop profile a) Photomosaic of outcrop with nine stratigraphic units identified, rupture planes, and deformation structures. The broken white line superficially defines the deformation of the outcrop. b) Digitating the outcrop with the nine stratigraphic units, paleo-ruptures denominated R1 and R2 with cinematics and seismites.

The overall structure of the outcrop was documented using detailed millimetric-scale drawings (Figure 3a), which illustrate deformation and displacement among the stratigraphic units caused by seismic activity. The units, numbered U1 to U9, are offset by two principal rupture planes (R1 and R2), associated with three seismic events. Magnitude estimates indicate values of Mw > 6.1 (Figure 3b)

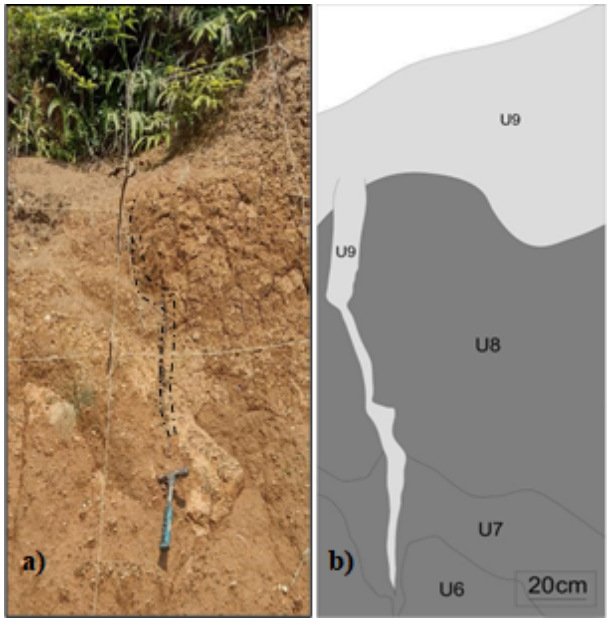


Figure 4. Dykes observed at the top of the outcrop: a) The dyke is in the central part of the outcrop, originating from U9 and extending to U6.

Superficial deformation of the outcrop-Pedogenesis process

Pedogenesis is the process by which soils form and evolve from parent material under climatic and vegetative influences (Duchaufour, 1982). It begins with a thin surface layer that thickens over time, while horizons differentiate in texture, structure, and color. Soil color is a key indicator of pedogenesis, particularly in subtropical and tropical regions such as the Ecuadorian Amazon, where yellowish-brown and dark-brown tones result from iron oxide deposition (Torrent et al., 1983; Schwertmann & Taylor, 1989). These colorimetric properties indicate the degree of weathering and pedogenic development (González et al., 2008). In the 13 de Abril outcrop, superficial deformation reflects tectonic activity linked to the Porotoyacu Fault. Two main flexures were documented: the first, in the central sector at 11–12 m, measures 4–5 m in height with a 1 m slope; the second, at 16 m to the northeast, is 3.5 m high with a 0.5 m slope. Similar flexures in unconsolidated sediments (Sagripanti & Villalba, 2009; Tejada et al., 2021) indicate recent tectonic activity. Soft sediment deformation (SSDS) in the outcrop

The outcrop presents several types of seismites; however, this study focused on characterizing the current activity of the Porotoyacu Fault. We will only discuss the description of the dyke identified on the Quaternary deposits of the outcrop. Most of the seismites observed are appropriately described in Lluno et al., (2024).

The first dyke is situated in the southwest and central part, 7 m long and 3-4 in high of the outcrop, this deformation structure exhibits a morphology of columns measuring a 1m in length and 6 cm in diameter. This dyke is composed of material from U9, which is liquefied breccia that intruded the U8, U7, and U6 (Figure 4a, 4b).

Now, it is crucial to highlight the process involved in the formation of dykes. Usually, the size of dykes varies from 30 cm to 1 m (Topal & Özkul, 2014). The formation mechanism is related to the process of gravitational collapse (Lowe.,1975; Rodríguez-Pascua, 2005; Moretti & Sabato, 2007), which follows liquefaction fluidization processes induced by seismic shocks.

Conclusions

The analysis of morphotectonics, morphological, and paleo- paleoseismological of 13 de Abril demonstrated a quaternary activity of the Porotoyacu Fault. It is supported by 1-The morphotectonic indicators that served as evidence of recent tectonics and indicated an extension to the Fault of 1.67 km (Figure 1). 2- The superficial morphology of the study area with abrupt changes of slope is considered a scarp (Figure 2). The outcrop analyzed content 3 three paleo seismic events in their stratigraphy, whose magnitude Mw>6.1. 3-The

pedogenesis process in superficial units such as U9 is based on colorimetric and thickness characteristics. 4-The surface, instead of being lateral continuous, is deformed with soft flexures (Figure 3a, 3b). 5-The presence of Dykes in the superficial units close to deformation zones in the outcrop (Figure 4a, 4b). All the evidence mentioned is more concrete than active tectonics in this section of the Porotoyacu Fault.

These findings confirm the Porotoyacu Fault as a potential seismogenic source, emphasizing a key recommendation: the need for further paleoseismological studies along other sections, particularly northwards, to better assess its seismic hazard.

References

Audemard, F. A. (1999). Morpho-structural expression of active thrust fault systems in the humid tropical foothills of Colombia and Venezuela. Zeitschrift Fur Geomorphologie, Supplementband, 118(April), 227–244.

Baby, P., Rivadeneira, M., Christophoul, F., & Barragán, R. (1999). Style and timing of deformation in the Oriente Basin of Ecuador. Fourth International Symposium on Andean Geodynamics (Germany), 2, 68–72.

Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). La cuenca Oriente: geología y petróleo. Institut Français d'études Andines., Vol.144.

Baize, S., Audin, L., Winter, T., Alvarado, A., Pilatasig Moreno, L., Taipe, M., Reyes, P., Kauffmann, P., & Yepes, H. (2015).

Paleoseismology and tectonic geomorphology of the Pallatanga fault (Central Ecuador), a major structure of the South American crust. Geomorphology, 237, 14–28. Https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.02.030

Beauval, C., Marinière, J., Yepes, H., Audin, L., Nocquet, J. M., Alvarado, A., Baize, S., Aguilar, J., Singaucho, J. C., &

Jomard, H. (2018). A new seismic hazard model for Ecuador. Bulletin of the Seismological Society of America, 108(3), 1443–1464. Https://doi.org/10.1785/0120170259

Costa, C., Alvarado, A., Audemard, F., Audin, L., Benavente, C., Bezerra, F. H., Cembrano, J., González, G., López, M., Minaya, E., Santibañez, I., Garcia, J., Arcila, M., Pagani, M., Pérez, I., Delgado, F., Paolini, M., & Garro, H. (2020).

Hazardous faults of South America; compilation and overview. Journal of South American Earth Sciences, 104, 102837. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102837

Conteron, H., Lluno, S., Guzmán, O., Araujo, S., Campos, C., Valencia, B., Guamán, A., & Villacrés, J. (2024). Cartography of the Porotoyacu fault in a southern section of the Ecuadorian amazon. Patadays congress, (pp. 92–97).

Duchaufour, P. (1982). Introduction and definitions: In Pedology. In Pedogenesis and classification (pp. 3–4).

Font, Y., Segovia, M., Vaca, S., & Theunissen, T. (2013). Seismicity patterns along the Ecuadorian subduction zone: New constraints from earthquake location in a 3-D a priori velocity model. Geophysical Journal International, 193(1), 263–286. https://doi.org/10.1093/gji/ggs083

Hall, M. L. (2011). Los terremotos de Ecuador del 5 de marzo de 1987 (pp. 1–144).

IGEPN. (2024). Reports of the recent earthquakes. Quito: Instituto geofísico. Retrieved from https://www.igepn.edu.ec/

Legrand, D., Baby, P., Bondoux, F., Dorbath, C., Bès de Berc, S., & Rivadeneira, M. (2004). El enjambre sísmico de Macas

(Cordillera de Cutucú). La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo, 169–182. https://doi.org/10.4000/books.ifea.3013

González, O., Millán, Z., & Bezada, M. (2008). Pedogénesis de una cronosecuencia de suelos en la región de Yaritagua y Guama, estado Yaracuy-Venezuela. Revista Geografica Venezolana, 49(2), 223–245.

Lluno, S. (2024). Paleoseismological study of the Porotoyacu Fault in the Amazon Ecuadorian Piedmont patadays Congress (pp. 102–107).

Lowe, D. R. (1975). Water escape structures in coarse-grained sediments. *Sedimentology*, *22*(2), 157–204. https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1975.tb00290.x

Montenat, C., Barrier, P., Ott, P., & Hibsch, C. (2007). Seismites: An attempt at critical analysis and classification. Sedimentary Geology, 196(1–4), 5–30. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2006.08.004

Moretti, M., & Sabato, L. (2007). Recognition of trigger mechanisms for soft-sediment deformation in the Pleistocene lacustrine deposits of the Sant'Arcangelo Basin (Southern Italy): Seismic shock vs. overloading. *Sedimentary Geology*, *196*(1–4), 31–45. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2006.05.012

Onorato, M. R., Perucca, L. P., López, R., & Blanc, P. A. (2020). Evidencias morfotectónicas en el Sistema de Fallas Magallanes-Fagnano, borde transformante entre las placas Sudamericana y Scotia, Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina. Revista de La Asociación Geológica Argentina, 77(1), 47–61.

Perucca, L., Rothis, M., Bezerra, F. H., Vargas, N., & Lima, J. (2015). Late Quaternary evolution of the La Cantera Fault System (Central Precordillera, Argentina): A morphotectonic and paleoseismic analysis. Tectonophysics, 661, 200– 209. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.08

Pratt, W. T., Duque, P., & Ponce, M. (2005). An autochthonous geological model for the eastern Andes of Ecuador. Tectonophysics, 399(1–4), 251–278. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.12.025

Proyecto Multinacional Andino (2009). Atlas de deformaciones cuaternarias de los Andes. Servicio Nacional de Geología y Minería.

Rodríguez-Pascua, M. A., Calvo, J. P., De Vicente, G., & Gómez-Gras, D. (2000). Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in lacustrine sediments of the Prebetic Zone, SE Spain, and their potential use as indicators of earthquake magnitudes during the Late Miocene. Sedimentary Geology, 135(1–4), 117–135. https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00067-1

Rodríguez-Pascua, M. A. (2005). Paleoseismological studies in Spain: A review. Boletín Geológico y Minero, 116(3), 203–216.

Sagripanti. G & Villalba, D. (2009). Recurrencia De Fuertes Terremotos Asociados a Fallas De Intraplaca a La Latitud 33°s, Falla Las Lagunas, Sampacho, Córdoba. Revista de La Asociación Geológica Argentina, 65(3), 417–428.

Schwertmann, U. & Taylor, R. M. (1989). Iron Oxides. In Minerals in Soil Environments (Issue 8, pp. 379–438).

Tamay, J., Galindo-Zaldivar, J., Soto, J., & Gil, A. J. (2021). Gnss constraints to active tectonic

deformations of the South American continental margin in Ecuador. Sensors, 21(12), 1–17. https://doi.org/10.3390/s21124003

Tejada, F., Rothis, M., Onorato, M. R., Blanc, P. A., Perucca, L., Audemard-M, F. A., & Vargas, N. (2021). Neotectonic and

paleoseismic analysis of the Loma Negra Oriental fault, orogenic front of the Central Precordillera, Argentina. Boletin de La Sociedad Geológica Mexicana, 73(2), 1–21. https://doi.org/10.18268/BSGM2021v73n2a080121

Topal, S and Özkul, M. (2014). Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in the kolankaya formation, Denizli basin (SW Turkey). *Scientific World Journal*, *2014*, 13. https://doi.org/10.1155/2014/352654

Torrent, J., Schwertmann, U., Fechter, H., & Alferez, F. (1983). Quantitative relationships between soil color and hematite content. Soil Science, 136(6), 354–358.

Análisis del potencial bioquímico de metano como herramienta para evaluar el desempeño de la planta de biodigestores de Ikiam

Analysis of the biochemical methane potential as a tool to assess the performance of Ikiam's biodigester plant

Micaela Campos[1], Rocío Cecibel Jiménez-Paute[2], Jaime Martí-Herrero[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0009-6718-4661

2 Biomass to Resources, Universidad Internacional de La Rioja; Universidad Regional Amazónica Ikiam; Universidad Técnica Particular de Loja. https://orcid.org/0000-0001-5335-8987

3 Biomass to Resources Group, CIMNE; UNED-CIEMAT; Universidad Regional Amazónica Ikiam; Universidad de La Laguna. https://orcid.org/0000-0001-5020-1896

Autor de correspondencia: micaela.campos@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e2

Resumen

El crecimiento poblacional y la limitada cobertura del tratamiento de aguas residuales en la Amazonía ecuatoriana representan un desafío ambiental y de salud pública, agravado además por la falta de acceso a agua potable en comunidades rurales. En este contexto, los biodigestores tubulares se propusieron como una alternativa sostenible para integrar el saneamiento con la generación de energía renovable. El presente estudio tuvo como objetivo aplicar ensayos de Potencial Bioquímico de Metano (BMP, por sus siglas en inglés) como herramienta diagnóstica para evaluar la eficiencia de la planta piloto de biodigestores de la Universidad Regional Amazónica Ikiam. Se recolectaron muestras en cuatro puntos y se caracterizaron parámetros fisicoquímicos (pH, sólidos, DQO, alcalinidad y conductividad). Los ensayos de BMP se realizaron en modo discontinuo bajo condiciones controladas. Los resultados preliminares revelaron variaciones inesperadas en el BMP entre los puntos de muestreo, atribuidas al efecto del inóculo, mientras que el pH, la alcalinidad y la conductividad se mantuvieron estables. En conclusión, el BMP demostró ser una herramienta diagnóstica valiosa para identificar limitaciones microbianas y orientar estrategias de optimización en biodigestores rurales.

Palabras Clave: Saneamiento en la Amazonía; Biodigestores de bajo costo; Digestión

anaerobia; Potencial Bioquímico de Metano; Tratamiento de aguas residuales domésticas.

Abstract

Population growth and the limited coverage of wastewater treatment in the Ecuadorian Amazon posed an environmental and public health challenge, further exacerbated by the lack of access to drinking water in rural communities. In this context, tubular biodigesters were proposed as a sustainable alternative to integrate sanitation with renewable energy generation. The present study aimed to apply Biochemical Methane Potential (BMP) assays as a diagnostic tool to assess the efficiency of the pilot biodigester plant at Universidad Regional Amazónica Ikiam. Samples were collected from four points, and physicochemical parameters (pH, solids, COD, alkalinity, and conductivity) were characterized. BMP assays were conducted in batch mode under controlled conditions. Preliminary results revealed unexpected variations in BMP among sampling points, attributed to the inoculum effect, while pH, alkalinity, and conductivity remained stable. In conclusion, BMP proved to be a valuable diagnostic tool for identifying microbial limitations and guiding optimization strategies in rural biodigesters.

Keywords: Sanitation in the Amazon; Low-cost biodigesters; Anaerobic Digestion; Biochemical Methane Potential; Domestic wastewater treatment.

Introduction

Wastewater treatment remains a significant challenge in developing countries. Globally, more than 80% of wastewater generated by human activities is discharged untreated, leading to increased water body pollution and posing risks to public health (Sánchez et al., 2023). In Latin America, only 20% of wastewater receives adequate treatment, while in Europe the figure reaches 71% (Sato et al., 2013; Jiménez-Paute et al., 2025). In Ecuador, fewer than half of the municipalities have treatment systems, and many of these systems operate only partially or inefficiently. This situation particularly affects rural regions such as the Amazon, where geographical conditions, population dispersion, and economic limitations hinder the implementation of conventional systems (INEC, 2020).

In this regard, the search for sustainable sanitation alternatives in rural and decentralized contexts is a priority, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 6 (clean water and sanitation). Within this framework, tubular biodigesters have emerged as a low-cost and easily implemented technology, capable of integrating decentralized sanitation and biogas production as an energy source (Kinyua et al., 2016; Martí-Herrero et al., 2019). However, their performance depends on factors such as flow rate, temperature, and microbiological stability. In this sense, Biochemical Methane Potential (BMP) assays

enable the estimation of maximum methane generation under controlled conditions, making them a valuable diagnostic tool for rural systems (Holliger et al., 2016; Jaimes-Estévez et al., 2021). Against this background, the present study applied BMP assays as a diagnostic tool to evaluate the efficiency of the pilot plant of tubular biodigesters in series at Amazon Regional University Ikiam (URAI). This plant, implemented six years ago in Tena (Napo province), represents a model of decentralized domestic wastewater treatment in the Ecuadorian Amazon and a unique opportunity to analyze the performance of these technologies under real operating conditions.

Methodology

The study employed a quantitative experimental design to evaluate the Biochemical Methane Potential (BMP) as an indicator of the biodigester plant's performance at Amazon Regional University Ikiam, which consists of three tubular digesters in series (20 m^3). Composite samples were collected at four points in the system (B0–B3): influent to the first biodigester (raw wastewater, B0), effluent from the first/influent to the second (B1), effluent from the second/influent to the third (B2), and effluent from the third biodigester (B3). Samples were obtained by subsampling every two hours between 08:30 and 16:30, twice per week for four weeks, and then homogenized into 2 L samples. Active sludge from biodigester three was used as inoculum due to its prior adaptation. Physicochemical characterization was performed according to APHA (2017), including pH, temperature, solids, COD, alkalinity, dissolved oxygen, and conductivity. BMP assays were carried out in batch mode using 250 mL bottles with an ISR of 2:1, incubated at 25 ± 3 °C for 30 days, with a blank and a cellulose control included. Methane production was quantified by NaOH displacement, and all assays were conducted in triplicate.

Results and Discussion

Preliminary results show that the Biochemical Methane Potential (BMP) of the samples varies across the sampling points, with a progressive increase from the initial influent to the final effluent (Figure 1). The highest value was recorded in sample B3, while the lowest was observed in B0. This behavior was unexpected, since the measurements of VS and COD indicate a progressive reduction of organic matter through the biodigesters, which should be reflected in a lower BMP (Figures 2 and 5). This result cannot be attributed to experimental setup errors, as the positive control with cellulose yielded a production of 378.49 NmL CH_4/g VS, within the range reported in the literature (Holliger et al., 2016).

Regarding operating conditions, parameters such as pH, conductivity, and alkalinity showed a decreasing trend, confirming that the biodigester system is functioning correctly. The most

likely explanation for the atypical BMP behavior is related to the inoculum used, which was sourced from the third biodigester that has been operating under low organic loads for six years. This suggests microbial adaptation that limits its ability to respond to higher substrate concentrations, leading to a partial inhibition effect.

The temperature remained stable during the assays, although it was below the optimal range for maximizing methanogenic activity, while the pH showed a progressive decrease from the influent to the final effluent (Figure 3). This trend could be associated with the accumulation of volatile fatty acids; nevertheless, the values remained within the range considered suitable for methanogenic activity (7.0–8.0) (Oliveira et al., 2024).

Alkalinity decreased from 0.63 g/L in B0 to 0.50 g/L in B3, attributable to bicarbonate consumption during acid neutralization, while remaining within the recommended range (500–3000 mg/L $CaCO_3$) to ensure stability (Appels et al., 2008; Holliger et al., 2016). Similarly, electrical conductivity decreased by 13% (1533.24 → 1337.44 $\mu S/cm^{-1}$), likely due to salt precipitation and nutrient assimilation by the biomass (Figure 4).

These trends support the efficiency of the tubular biodigester system, in agreement with studies in tropical regions reporting simultaneous reductions in alkalinity and electrical conductivity associated with organic stabilization (Jaimes-Estévez et al., 2021; Jiménez-Paute et al., 2025). However, at full scale, more pronounced reductions in COD (67%) and VS (78%) have been reported, with methane contents of 63% v/v (Jaimes-Estévez et al., 2021). In this context, the differentiated BMP behavior confirms that this tool is susceptible to the origin and conditions of the inoculum, as previously noted in inter-laboratory studies (Holliger et al., 2016; De Vrieze et al., 2015).

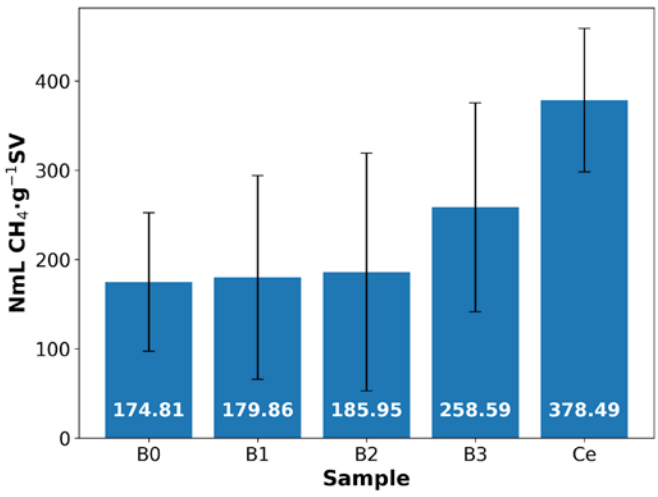


Figure 1. Total biogas production of wastewater samples B0 to B3 from the biodigester

system.

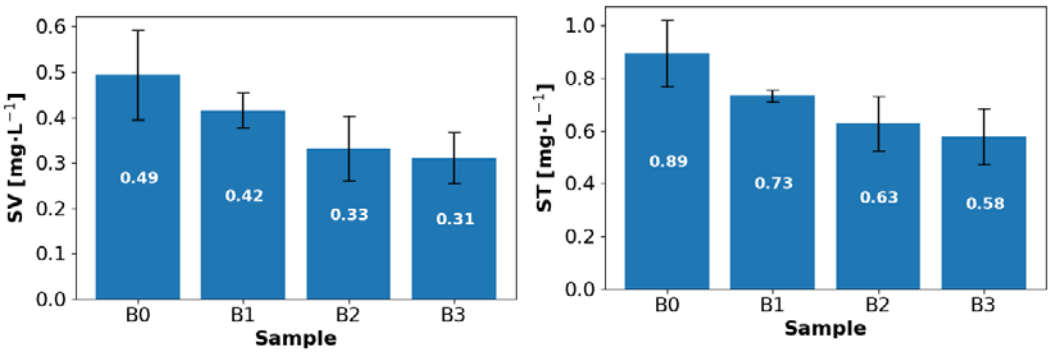


Figure 2. Average total solids and volatile solids of wastewater samples from the biodigester system (influent and effluent).

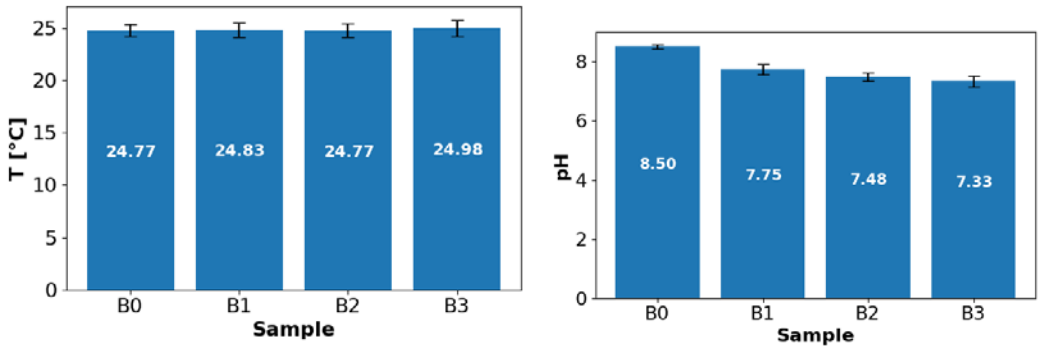


Figure 3. Overall average temperature and pH of wastewater samples from the biodigester system.

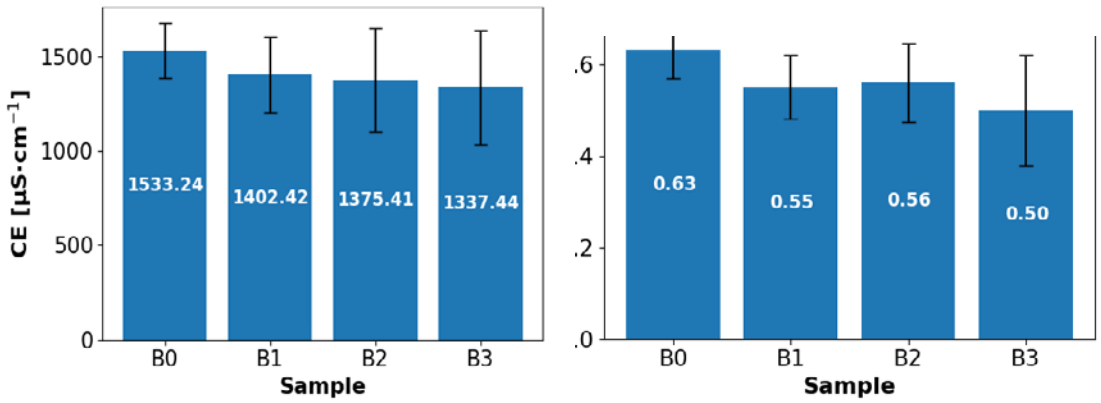


Figure 4. Total electrical conductivity and alkalinity of wastewater samples B0 to B3.

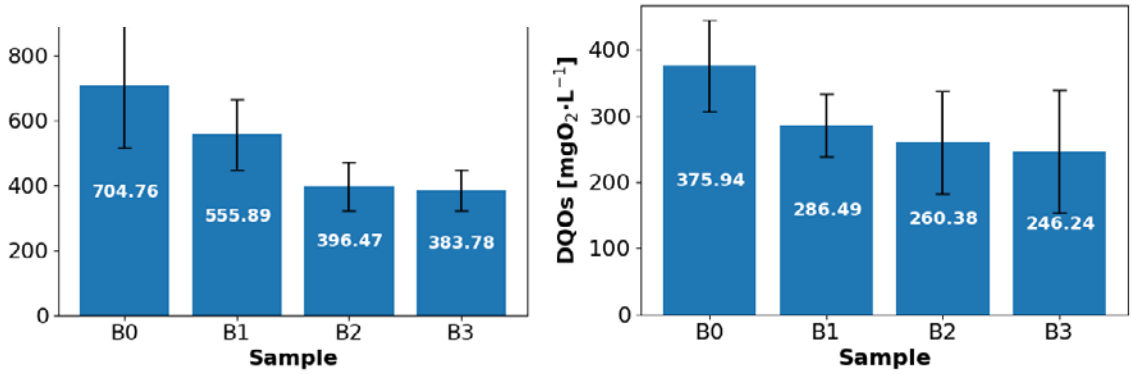


Figure 5. Total CODt_tt and CODs_ss of wastewater samples B0 to B3.

Conclusions

The study demonstrated that BMP is an effective diagnostic tool for evaluating the performance of tubular biodigesters in Amazonian contexts, enabling the identification of the relationship between stabilization parameters and potential methane production. Preliminary results showed stability in pH, alkalinity, and electrical conductivity, confirming the system's efficiency, while also highlighting the sensitivity of BMP in revealing microbial limitations and inoculum-related biases. As a contribution, a replicable baseline was established for the URAI pilot plant under real operating conditions. It is recommended to standardize and compare inocula (by sampling point and/or external sources) and their preconditioning, as the application of BMP complemented with physicochemical parameters constitutes a valuable strategy for optimizing the operation of rural biodigesters. The continuation of the study will allow the incorporation of additional experimental data to refine conclusions and strengthen recommendations.

References

APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.

Appels, L., Baeyens, J., Degrève, J., & Dewil, R. (2008). Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science, 34*(6), 755–781. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2008.06.002

De Vrieze, J., Raport, L., Willems, B., Verbrugge, S., Volcke, E., Meers, E., & Boon, N. (2015). Inoculum selection influences the biochemical methane potential of agro-industrial substrates. *Microbial Biotechnology, 8*(5), 776–786. https://doi.org/10.1111/1751-7915.12268

INEC. (2020). *Gestión de Agua Potable y Saneamiento*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado de: www.ecuadorencifras.gob.ec

Jaimes-Estévez, J., Zafra, G., Martí-Herrero, J., Pelaz, G., Morán, A., Puentes, A., Gómez, C., Castro, L. d. P., & Escalante Hernández, H. (2021). Psychrophilic full-scale tubular digester operating over eight years: Complete performance evaluation and microbiological population. *Energies, 14*(1), 151. https://doi.org/10.3390/en14010151

Jiménez-Paute, R., Hidalgo, M., Guaya, D., & Martí-Herrero, J. (2025). Performance of a low-cost full-scale wastewater treatment system: Tubular digesters combined with granular filtration for domestic wastewater in the Ecuadorian Amazon. *Journal of Water Process Engineering, 69,* 106797. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106797

Kinyua, M. N., Rowse, L. E., & Ergas, S. J. (2016). Review of small-scale tubular anaerobic digesters treating livestock waste in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58,* 896–910. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.320

Martí-Herrero, J. (2019). *Biodigestores tubulares: Guía de diseño y manual de instalación.* Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://www.researchgate.net/publication/337064154_Biodigestores_Tubulares_guia_de_diseno_y_manual_de_instalacion

Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Oliveira, H. R., Freitas, A. V., Lima, D. M. F., & Gavazza, S. (2024). pH-dependent methanogenic activity in anaerobic digestion: Implications for process stability. *Anaerobe, 83,* 102692. https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2023.102692

Sánchez, M., Ruiz, I., & Soto, M. (2023). Sustainable wastewater treatment using a new combined hybrid digester – Constructed wetland system. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 11*(5), 110861. https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110861

Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., & Zahoor, A. (2013). Global, regional, and country-level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management, 130,* 1–13. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.007

Geodiversidad y potencial geoturístico del geositio Waysa Yacu y Río Jatun Yacu, Geoparque Mundial UNESCO Napo Sumaco

Geodiversity and geotourism potential of the Waysa Yacu and Jatun Yacu River Geosite, UNESCO Global Geopark Napo Sumaco

Cindy Vera[1], Oswaldo Guzman[2], Corina Campos[3], Dayana Vera[4], Christian Coral[5]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0008-4769-064X

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-7326-1082

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-2785-5469

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-9392-1324

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0001-4928-2139

Autor de correspondencia: cindy.vera@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e3

Resumen

Los geoparques integran conservación, ciencia, educación y cultura local. En la Amazonía ecuatoriana, el Geoparque Mundial UNESCO Napo Sumaco integra 19 geositios, entre ellos Waysa Yacu y Río Jatun Yacu, destacando por exponer afloramientos frescos y accesibles del Batolito de Abitagua, con escasa cobertura vegetal y sin evidencias de meteorización intensa, rasgos poco comunes en otros geositios de origen similar. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue caracterizó su geodiversidad mediante observaciones de campo, análisis petrográfico, difracción de rayos X y una evaluación cuantitativa. Se identificaron tres litologías: un cuerpo monzogranítico de textura fanerítica, diques monzograníticos y andesíticos con texturas variadas, y enclaves máficos tonalíticos. La evaluación evidenció alto potencial turístico (305), valor científico moderado (290), potencial educativo moderado (235) y bajo riesgo de degradación (95). El sitio destacó por su complejidad tecto-magmática y valor estratégico para investigación, educación y geoturismo sostenible.

Palabras clave: Amazonia Ecuatoriana; Batolito de Abitagua; Geodiversidad; Petrografía.

Abstract

Geoparks integrate conservation, science, education, and local culture. In the Ecuadorian Amazon, the UNESCO Global Geopark Napo Sumaco comprises 19 geosites, including Waysa Yacu and the Jatun Yacu River, which stand out for exposing fresh and accessible outcrops of the Abitagua Batholith, with scarce vegetation cover and no evidence of intense weathering—features uncommon in other geosites of similar origin. Therefore, the objective of this study was to characterize their geodiversity through field observations, petrographic analysis, X-ray diffraction, and a quantitative assessment. Three lithologies were identified: a monzogranitic body with phaneritic texture, monzogranitic and andesitic dikes with varied textures, and mafic tonalitic enclaves. The evaluation revealed high tourism potential (305), moderate scientific value (290), moderate educational potential (235), and low degradation risk (95). The site stands out for its tectono-magmatic complexity and strategic value for research, education, and sustainable geotourism.

Keywords: Ecuadorian Amazon; Abitagua Batholith; Geodiversity; Petrography.

Introducción

La geodiversidad se define como la variedad natural de características geológicas, geomorfológicas, edáficas e hidrológicas, incluyendo estructuras, sistemas y contribuciones al paisaje (Gray 2013). En este contexto, los geoparques han surgido como una estrategia innovadora que busca proteger y promover la geodiversidad, mediante la integración de la conservación, el turismo sostenible, la educación y el desarrollo local (Gray 2004). Los Geoparques Mundiales de la UNESCO promueven la conservación de la geodiversidad con la protección del patrimonio geológico y el desarrollo sostenible, la educación y el geoturismo (Catana y Brilha 2020; Rodrigues et al. 2025; Pérez-Romero et al. 2023). El Geoparque Napo Sumaco (NSUGG), creado en 2015 y reconocido en 2025, es el primero en la Amazonía ecuatoriana, abarcando 1.780 km² con 68.000 habitantes y diecinueve geositios de relevancia geológica, cultural y científica (Sánchez-Cortez et al. 2022; Vera et al. 2023; Salazar-Del-Pozo et al. 2025).

Entre ellos, el geositio Waysa Yacu y Rio Jatun Yacu que se caracteriza por afloramientos del Batolito de Abitagua compuestos por granito rosáceo, cuyo modelado erosivo ha generado cavidades, piscinas y lagunas de notable valor paisajístico (Simbaña-Tasiguano et al. 2024b; Vera et al. 2023). A pesar de estas particularidades, la bibliografía existente no proporciona una descripción suficiente para evaluar su potencial de geodiversidad. Por ello, el presente estudio se enfoca en (i) caracterizar la geodiversidad del geositio mediante un análisis de campo,

petrográfico y de difracción de rayos X (DRX), y (ii) evaluar su potencial de geodiversidad siguiendo la metodología de Brilha (2016).

Metodología

El estudio se desarrolló en dos fases principales: (i) la caracterización del geositio y (ii) la evaluación cuantitativa de su potencial de geodiversidad

Caracterización del geositio: Se seleccionaron tres afloramientos del Batolito de Abitagua en el geositio Waysa Yacu y Río Jatun Yacu (BALAA, BALAB y BALAC), escogidos por su buena preservación, continuidad espacial, la presencia de variaciones litológicas y la facilidad de acceso. En cada afloramiento se trazaron canales perpendiculares a diques y fracturas a lo largo de 60 metros, obteniéndose un total de 32 muestras. De estas, se seleccionaron 14 para la preparación de láminas delgadas y análisis mineralógico mediante difracción de rayos X (DRX).

Evaluación del geositio: Con base en la caracterización realizada, se aplicó la metodología propuesta por Brilha (2016) para evaluar el geositio. Esta metodología contempla cuatro componentes principales: valor científico, potencial educativo, potencial turístico y riesgo de degradación. Cada criterio fue calificado en una escala de 0 a 4 y ponderado de acuerdo con los parámetros establecidos por el autor, lo que permitió clasificar el sitio en una de las categorías de potencial de geodiversidad: bajo, moderado o alto.

Resultados y discusión

Caracterización petrográfica y mineralógica del geositio. El geositio Waysa Yacu y Río Jatun Yacu, donde aflora el Batolito de Abitagua, presentó una marcada diversidad litológica, mineralógica y textural agrupada en tres unidades ígneas principales: un cuerpo principal, diques y enclaves. El cuerpo principal fue identificado como un monzogranito de textura equigranular y grano grueso, con cristales visibles a simple vista, lo que refleja un enfriamiento lento en condiciones profundas (Castro Dorado, 2015; Gonzales, 2015).

En cuanto a los diques se reconocieron tres tipos con características heterogéneas. El primero, observado en el afloramiento BALAB, correspondió a un dique monzogranítico rosado con textura porfídica, indicando un enfriamiento en dos etapas: lento en profundidad seguido de un enfriamiento más rápido (Castro Dorado, 2015; Gonzales, 2015). El segundo, descrito en el afloramiento BALAC, también correspondió a un monzogranito, aunque más claro y de textura afanítica, con cristales demasiado finos para distinguirse a simple vista, lo que refleja un enfriamiento rápido (Castro Dorado, 2015; Gonzales, 2015). El tercero, también

identificado en BALAC, correspondió a un dique andesítico de coloración oscura, con textura porfídica, lo que sugiere igualmente un enfriamiento en dos etapas (Castro Dorado, 2015; Gonzales, 2015).

Los enclaves máficos presentaron márgenes bien definidos, pero formas irregulares, sugiriendo que corresponden a fragmentos de roca huésped incorporados al magma durante su intrusión, también presenta textura afanítica, con cristales de grano muy fino que no se distinguen a simple vista, indicando un enfriamiento rápido asociado a las primeras etapas de la evolución magmática (López de Luchi, 1996; Castro Dorado, 2015).

Además, se identificaron procesos, entre los que destacan alteraciones hidrotermales, evidenciadas por la sericitización parcial de plagioclasas (Castro Dorado, 2015; Manchego Mamani, 2016), la presencia de epidota como mineral diagnóstico, y la cloritización de biotita (Heredia Ayala, 2018). A nivel microtextural se reconocieron intercrescimientos pertíticos en cristales de feldespato potásico, propios de un enfriamiento lento del magma (Parsons, 1978), y la presencia de una textura mirmekítica, caracterizada por inclusiones vermiculares de cuarzo dentro de feldespatos potásicos (Castro Dorado, 2015).

En términos mineralógicos, se identificó una variedad de fases principales y secundarias que confirmaron la composición observada en el análisis petrográfico. El cuerpo principal, identificado como monzogranito, mostró picos bien definidos correspondientes a cuarzo, ortoclasa (feldespato potásico), albita (plagioclasa) y biotita. Los diques claros, también monzograníticos, presentaron picos de cuarzo, albita (plagioclasa), biotita y feldespato potásico. Por otro lado, el dique oscuro mostró una composición mineralógica caracterizada por picos distintivos de actinolita (anfíbol), albita (plagioclasa), biotita y feldespatos potásicos. Finalmente, los enclaves, identificados como tonalitas, exhibieron picos bien definidos de cuarzo, ortoclasa (feldespato potásico), albita (plagioclasa) y biotita.

Evaluación cuantitativa del potencial de geodiversidad del geositio Waysa Yacu y Rio Jatun Yacu. Considerando la caracterización del geositio, se realizó una evaluación cuantitativa de su potencial de geodiversidad. Esta evaluación presentó un valor científico moderado que destaca por su alta representatividad por ser un ejemplo sobresaliente para ilustrar procesos geológicos, así como por su moderado conocimiento (Vera et al. 2023; Simbaña-Tasiguano et al., 2024), integridad y diversidad geológica, evidenciada por la presencia de varios elementos geológicos bien preservados y frescos, aunque baja rareza, limitaciones de uso y localización clave, debido a la existencia de otros geositios similares dentro del geoparque, riesgos por aumentos inesperados del caudal del río y su uso principalmente nacional o local.

Así también, el geositio presentó un potencial educativo moderado, con baja vulnerabilidad

y pocas restricciones de uso, destacando por su diversidad geológica y asociación con valores ecológicos y culturales, especialmente ligados a la comunidad kichwa Alukus. La logística y la unicidad son favorables para actividades educativas y turísticas, aunque la accesibilidad y la seguridad son limitadas y la densidad poblacional baja. Sus elementos geológicos son adecuados para la enseñanza universitaria, aunque no forman parte de la educación básica, lo que restringe parcialmente su potencial didáctico.

Por otro lado, el sitio posee un alto potencial turístico, sobresaliendo en aspectos como accesibilidad, seguridad, logística, paisaje, singularidad y proximidad a áreas recreativas y culturales; sin embargo, su interpretación requiere conocimientos geológicos básicos y el desarrollo de infraestructura turística puede verse limitado por el bajo nivel económico de la zona (INEC 2012).

Finalmente, presenta un bajo riesgo de degradación, con elementos bien conservados, sin impactos significativos de procesos naturales o actividades humanas, y protegido legalmente dentro de áreas reguladas y bajo la supervisión de la comunidad local, lo que asegura su conservación y uso sostenible.

Conclusiones

El geositio Waysa Yacu y Río Jatun Yacu destaca como un ejemplo excepcional de geodiversidad dentro del Geoparque Mundial UNESCO Napo Sumaco, al presentar una amplia variedad de litologías y estructuras ígneas: un cuerpo principal monzogranítico, diques monzograníticos y andesíticos, y enclaves tonalíticos. La coexistencia de estas unidades, junto con texturas faneríticas, afaníticas y porfídicas, así como las evidencias de procesos asociados como alteraciones hidrotermales, refleja una evolución magmática compleja y permite apreciar múltiples fases de intrusión, diferenciación y alteración. Estos rasgos convierten al geositio en un recurso clave para comprender la diversidad geológica, mineralógica y estructural del Batolito de Abitagua, aportando información inédita sobre su historia geológica y ampliando el conocimiento de la geodiversidad de la Amazonía ecuatoriana.

La evaluación cuantitativa confirmó la relevancia del geositio, con un alto potencial turístico, un moderado valor científico y uso educativo, y un bajo riesgo de degradación. Su diversidad litológica y mineralógica, la frescura y accesibilidad de los afloramientos, y la asociación con valores ecológicos y culturales, refuerzan su importancia como recurso estratégico para la enseñanza de procesos geológicos, la promoción de la geoeducación y el desarrollo del geoturismo sostenible. Investigaciones futuras podrían profundizar en los procesos magmáticos y de alteración hidrotermal, así como implementar estrategias de manejo y difusión que fortalezcan la valoración y conservación de esta geodiversidad única,

asegurando un uso sostenible y educativo del patrimonio geológico del Batolito de Abitagua.

Referencias bibliográficas

Gray, M. (2004). *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.

Gray, M. (2013). *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

INEC (2012) Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los hogares urbanos y rurales Resumen Metodológico y Principales Resultados. In: Inst. Nac. Estad. y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Encuesta_Nac_Ingresos_Gastos_Hogares_Urb_Rur_ENIGHU/ENIGHU-2011-2012/Metologia_ENIGHUR_2011-2012_rev.pdf. Accessed 4 Aug 2025

Brilha J (2016) Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. Geoheritage 8:119–134. https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3

Catana MM, Brilha JB (2020) The Role of UNESCO Global Geoparks in Promoting Geosciences Education for Sustainability. Geoheritage 12:1–10. https://doi.org/10.1007/s12371-020-00440-z

Sanchez-Cortez JL, Jaque-Bonilla D, Simbaña-Tasiguano M, et al (2022) Participatory strategies applied for the geoconservation of speleological heritage at the Napo Sumaco Geopark (Ecuador). Episodes 45:417–429. https://doi.org/10.18814/epiiugs/2022/022001

Simbaña-Tasiguano M, Granja-Guato D, Sánchez-Cortez JL, Enríquez-Villarreal J (2024) Geodiversity Geoconservation and Geotourism in Napo Sumaco Aspiring UNESCO Global Geopark. Geoheritage 16:. https://doi.org/10.1007/s12371-024-01023-y

Vera D, Simbaña-Tasiguano M, Guzmán O, et al (2023) Quantitative Assessment of Geodiversity in Ecuadorian Amazon—Case Study: Napo Sumaco Aspiring UNESCO Geopark. Geoheritage 15:1–14. https://doi.org/10.1007/S12371-023-00792-2/FIGURES/5

López de Luchi MG (1996) Enclaves en un batolito postectónico: petrología de los enclaves microgranulares del batolito de Renca, Sierras Pampeanas, San Luis. Rev la Asoc Geológica Argentina 51:131–146

Heredia Ayala JG (2018) Química mineral, ambiente de formación y usos de la epidota hidrotermal en sistemas Tipo Pórfido. Caso de estudio: Depósito El Teniente, Chile.

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Parsons I (1978) Feldspars and fluids in cooling plutons. Mineral Mag 42:1–17. https://doi.org/10.1180/minmag.1978.042.321.01

Castro Dorado A (2015) Petrografía de Rocas Ígneas y Metamórficas. Ediciones Paraninfo

González PD (2015) Texturas de los cuerpos ígneos. In: Geología de los cuerpos ígneos, 4th edn. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, pp 167–195

Manchego Mamani JA (2016) Caracterización Geológica - Geoquímica y Alteración Hidrotermal del Prospecto Pinco Pinco, Pórfido de Cu (Mo). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Impacto del cambio climático en la ocupación humana en la Amazonía ecuatoriana hace 4.500 años (BP)

Impact of climate change on human occupation in the ecuadorian Amazon 4,500 years (BP)

Bruce Tumbaco[1], María Soledad Solórzano[2], Bryan Valencia[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam – INAMHI – ENANDES+. https://orcid.org/0000-0002-3558-2923

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-2145-0102

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-5970-4964

Autor de correspondencia: bruce.tumbaco@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e4

Resumen

Este estudio examina el impacto de los eventos de El Niño en la ocupación y abandono humano de la Amazonía ecuatoriana durante los últimos 4.500 años AP, enfocado en el sitio Pashimbi. Se usaron diecisiete fechas calibradas y funciones de densidad de probabilidad para definir periodos de asentamiento. La influencia climática se evaluó mediante análisis de componentes principales (PCA) aplicado a datos de fluorescencia de rayos X (XRF) de un núcleo del lago Llaviucu, donde el primer componente explicó el 98,42% de la varianza. El análisis wavelet reveló periodicidades de 2–8 años, coherentes con ENSO. Los resultados indican que los primeros asentamientos de Pashimbi (ca. 4089 AP) se vincularon con fases de El Niño, mientras que los posteriores a 3000 AP no mostraron correlación. Aunque se observaron dos patrones, la prueba de Bartlett ($p = 0,9026$) demuestra que no existen diferencias significativas entre los impactos de ENSO durante ocupación y abandono.

Palabras clave: Ecuador; Amazonía; Asentamientos humanos; Cambio Climático.

Abstract

This study examines the impact of El Niño events on human occupation and abandonment in the Ecuadorian Amazon over the last 4,500 years BP, focusing on the Pashimbi site. Seventeen calibrated radiocarbon dates and probability density functions were used to define settlement periods. Climatic influence was evaluated through principal component analysis

(PCA) applied to X-ray fluorescence (XRF) data from a core taken from Lake Llaviucu, where the first component explained 98.42% of the variance. Wavelet analysis revealed periodicities of 2–8 years, consistent with ENSO. Results indicate that the earliest Pashimbi settlements (ca. 4089 BP) were associated with El Niño phases, whereas those after 3000 BP showed no correlation. Although two patterns were observed, Bartlett's test ($p = 0.9026$) demonstrates that there are no significant differences between ENSO impacts during occupation and abandonment periods.

Keywords**:** Ecuador; Amazon; Human settlements; Climate change.

Introducción

La variabilidad climática del Holoceno se ha vinculado con el colapso de civilizaciones como los mayas, mochicas y tiwanaku (DeMenocal, 2001), procesos asociados a inestabilidad climática que impulsaron cambios sociales y reubicaciones hacia entornos más favorables (Åkesson *et al.*, 2020). En la Amazonía peruana, los asentamientos prosperaron en fases secas y fueron abandonados en condiciones más húmedas. Durante el Holoceno temprano, el debilitamiento del Monzón de Verano Sudamericano redujo el transporte de humedad, generando sequías prolongadas (Bird *et al.*, 2011; de Carvalho and Cavalcanti, 2016). Registros paleoclimáticos muestran sequías multidecadales entre ~8000 y 4000 AP (Binford M.W. *et al.*, 1997; Bush, Silman and Listopad, 2007). En contraste, el Holoceno tardío registró mayor pluviosidad, interrumpida ocasionalmente por El Niño, que pudo inducir sequías e impactar en los asentamientos precolombinos (Nobre, Sampaio and Salazar, 2007; Jiménez-Muñoz *et al.*, 2016).

La actividad ENSO coincidió con cambios culturales en Amazonía hacia 1500, 1000, 700 y 400 AP (Meggers, 1994). Aunque antes se vinculaba al colapso, investigaciones recientes destacan respuestas diversas, desde reorganización hasta agroforestería (McKey *et al.*, 2010). Registros paleoclimáticos evidencian actividad ENSO en los últimos 7000 años (Rodbell *et al.*, 1999; Moy *et al.*, 2002) influyendo en los patrones de asentamiento.

La evidencia arqueológica documenta ocupación a largo plazo en el flanco andino oriental, incluso en zonas hiperhúmedas antes consideradas marginales. Sitios como Guaguacanoayacu (~9850 AP) y El Avispal (~9180–9000 AP) prueban presencia temprana, seguida por aldeas formativas y asentamientos de Desarrollo Regional en el Alto Napo (~2530–1535 AP). Hacia 1450–450 AP se consolidaron más de treinta sitios en terrazas y diques, adaptándose a paisajes inundables.

El sitio arqueológico Pashimbi presenta seis fases de ocupación basadas en 17 dataciones de

carbón (Solórzano, 2021). Estas evidencias, reforzadas por fragmentos cerámicos, sugieren producción de fuego ligada a actividades humanas en un ambiente donde no ocurren incendios naturales (Piperno y Becker, 1996). Este estudio busca determinar si la ocupación en Pashimbi fue continua en los últimos 4000 años o interrumpida por eventos climáticos, y si El Niño influyó en los patrones de asentamiento y abandono. A pesar de la distancia y el gradiente altitudinal entre Pashimbi y Llaviucu, los registros paleoclimáticos muestran coherencia regional en la señal ENSO.

Metodología

Para determinar los periodos de ocupación y abandono en el sitio arqueológico Pashimbi se utilizaron 17 dataciones de radiocarbono (^{14}C) (Solórzano, 2021). Con las edades calibradas se generó una función de densidad de probabilidad (PDF) mediante el paquete Bchron en R. Se aplicó un umbral de 0,00004 desde los 4000 años AP: valores superiores indican ocupación y valores iguales o inferiores representan abandono, permitiendo una reconstrucción probabilística de la presencia humana basada en fragmentos de carbón.

Los datos paleoclimáticos de El Niño provienen del análisis de 26 elementos químicos mediante fluorescencia de rayos X (XRF) en un núcleo de 12,3 m del lago Llaviucu . Con el modelo de edad publicado, las concentraciones fueron interpoladas a resolución anual y analizadas con un análisis de componentes principales (PCA) en R (vegan package), reduciendo las 26 variables a un primer componente (PC1), que explicó el 98,42% de la varianza.

El PC1 se sometió a análisis wavelet con el paquete biwavelet en R para identificar variaciones de frecuencia y fase en los últimos 5000 años, utilizando la wavelet Morlet (Torrence y Compo, 1998). Se clasificaron como significativas las periodicidades de 2–8 años asociadas a ENSO, construyendo una matriz presencia-ausencia anual. Posteriormente, los eventos se agruparon en intervalos de 20 años y se normalizaron según la duración de cada periodo de ocupación/abandono definido por la PDF. Finalmente, se aplicaron pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett para evaluar normalidad y homogeneidad de varianzas, y verificar si existían diferencias significativas en la frecuencia de eventos ENSO entre periodos de ocupación y abandono.

Resultados y discusión

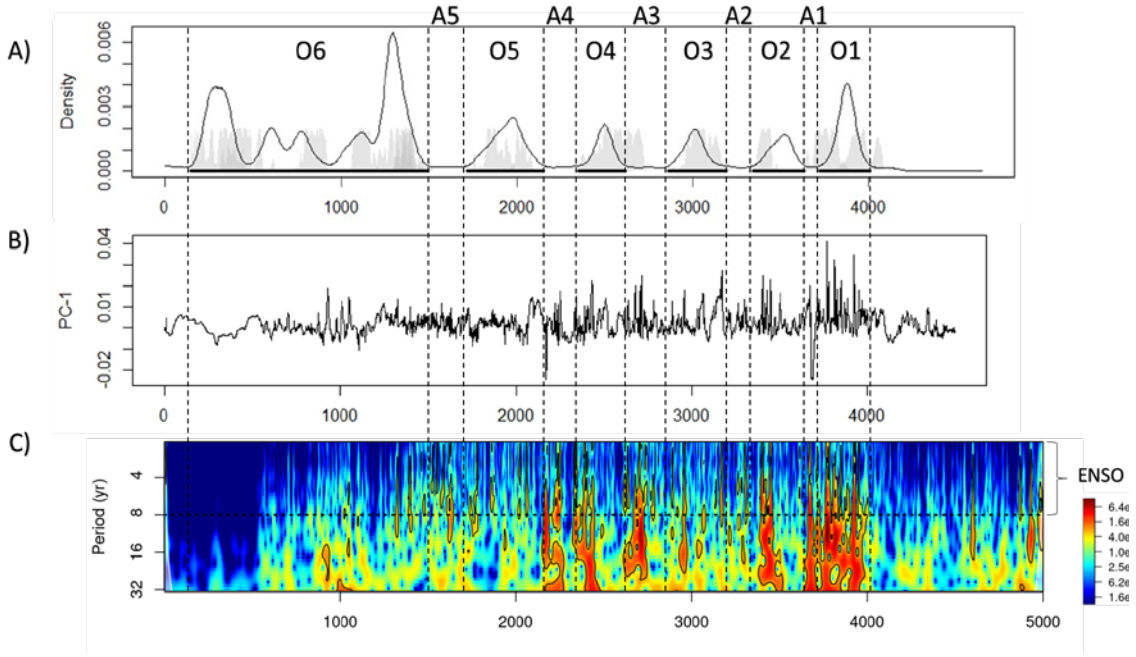


Figura 1. Ocupación y abandono en el sitio arqueológico Pashimbi y ENSO del lago Llaviucu. A) Función de densidad de probabilidad (PDF) para Pashimbi (O = ocupación y A = abandono), B) señal del Componente Principal 1 (PC1), y C) análisis wavelet del PC1 (banda ENSO con periodicidades de 2 a 8 años), mostrando las regiones significativas delineadas en negro dentro del mapa de calor.

¿La ocupación humana en Pashimbi fue continua o discontinua?

La función de densidad de probabilidad (PDF) de Pashimbi muestra cinco periodos con probabilidades ≤ 0,00004, lo que indica fases de abandono y, por tanto, una ocupación discontinua (Figura 1A). Estos abandonos se alternan con seis periodos de asentamiento, en concordancia con las fases arqueológicas descritas por Solórzano (2021). Así, la ocupación en Pashimbi no fue lineal ni estable, sino marcada por interrupciones que reflejan una dinámica intermitente influida por condiciones ambientales cambiantes.

¿Cuál fue la influencia de El Niño en los asentamientos de Pashimbi?

El análisis wavelet del PC1 evidencia periodicidades de 2–8 años relacionadas con ENSO (Figura 1C). Sin embargo, la prueba de Bartlett ($p = 0.9026$) no detectó diferencias significativas en la frecuencia de eventos de El Niño entre los periodos de ocupación y abandono. Esto sugiere que, aunque ENSO estuvo presente en la secuencia, no fue el único factor determinante en los procesos de asentamiento y abandono, los cuales también pudieron estar condicionados

por otros forzantes climáticos y ambientales, como fases húmedas extremas o inundaciones.

Conclusiones

La evidencia indica que la ocupación humana en Pashimbi fue discontinua durante los últimos 4.500 años, influida por la variabilidad climática. En las fases tempranas, los eventos de El Niño generaron sequías que favorecieron los asentamientos en un entorno usualmente húmedo, mientras que en los últimos 3.000 años las poblaciones desarrollaron estrategias de adaptación a condiciones más lluviosas. Esto sugiere una transición de la dependencia climática hacia una mayor resiliencia cultural y social frente a los cambios ambientales en la Amazonía ecuatoriana.

Referencias bibliográficas

åkesson, C.M. et al. (2020) "2,100 years of human adaptation to climate change in the High Andes," Nature Ecology and Evolution, 4(1), pp. 66–74. Available at: https://doi.org/10.1038/s41559-019-1056-2.

Binford M.W. et al. (1997) "Climate Variation and the Rise and Fall of an Andean Civilization," Quaternary Research, 47(47), pp. 235–248. Available at: http://www.ingentaconnect.com/content/ap/qr/1997/00000047/00000002/art01882

Bird, B.W. et al. (2011) "A 2,300-year-long annually resolved record of the South American summer monsoon from the Peruvian Andes," Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(21), pp. 8583–8588. Available at: https://doi.org/10.1073/pnas.1003719108

Bush, M.B., Silman, M.R. and Listopad, C.M.C.S. (2007) "A regional study of Holocene climate change and human occupation in Peruvian Amazonia," Journal of Biogeography, 34(8), pp. 1342–1356. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01704.x

de Carvalho, L.M.V. and Cavalcanti, I.F.A. (2016) "The South American Monsoon System (SAMS)," in, pp. 121–148. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-21650-8_6

DeMenocal, P.B. (2001) "Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene," Science, 292(5517), pp. 667–673. Available at: https://doi.org/10.1126/science.1059287

Jiménez-Muñoz, J.C. et al. (2016) "Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016," Scientific Reports, 6(August), pp. 1–7. Available at: https://doi.org/10.1038/srep33130

McKey, D. et al. (2010) "Pre-Columbian agricultural landscapes, ecosystem engineers, and self-organized patchiness in Amazonia," Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(17), pp. 7823–7828. Available at: https://doi.org/10.1073/pnas.0908925107

Meggers, B.J. (1994) "Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia," Climatic Change, 28(4), pp. 321–338. Available at: https://doi.org/10.1007/BF01104077

Moy, C.M. et al. (2002) "Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch," Nature, 420(6912), pp. 162–165. Available at: https://doi.org/10.1038/nature01194

Nobre, C., Sampaio, G. and Salazar, L. (2007) "Mudanças climáticas e Amazônia," Ciência e Cultura, 53, p. 6. Available at: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252007000300012&script=sci_arttext&tlng=en

Rodbell, D.T. et al. (1999) "An ~15,000-year record of El Nino-driven alluviation in Southwestern Ecuador," Science, 283(5401), pp. 516–520. Available at: https://doi.org/10.1126/science.283.5401.516

Tomografía sísmica del Batolito de Abitagua mediante sismos locales en la Reserva Colonso-Chalupas, Napo, Ecuador

Seismic tomography of the Abitagua Batholith using local earthquakes in the Colonso Chalupas Reserve, Napo, Ecuador

José Sebastián Araujo Soria[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-9704-5779

Autor de correspondencia: jose.araujo@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e5

Abstract

The Abitagua Batholith is a Jurassic intrusive and is considered the source of the alluvial gold deposits currently exploited in the Jatunyaku and Napo rivers. The northern part of this granite formation is located within the Colonso Chalupas Reserve, and our objective is to characterize the velocity of the seismic P and S waves. We obtain these velocities through seismic travel time tomography using local earthquakes recorded at five Raspberry Shake stations. We use the INSIGHT software to solve the tomographic inverse problem. We regularized the problem solution by generating L-curves, while the model's resolution level was calculated using the resolution operator. The resulting model is calculated on a 1 km grid. Both velocity values, Vp and Vs, show a gradual decrease from the highest granite elevation to its contact with the sedimentary Amazon formations. The P-wave velocity decreases from 3.9 km/s to 2.5 km/s, while the S-wave velocity decreases from 2.6 km/s to 1.6 km/s. These changes can be attributed to the transpressive tectonic interaction in the study area, as we are located on the edge of the North Andean Sliver.

Keywords: Abitagua Batholith; Seismic tomography; P-wave velocity; S-wave velocity.

Resumen

El Batolito de Abitagua es un cuerpo intrusivo jurásico y se considera la fuente de los depósitos aluviales de oro actualmente explotados en los ríos Jatunyaku y Napo. La porción norte de esta formación granítica se ubica dentro de la Reserva Colonso Chalupas, y nuestro objetivo es caracterizar la velocidad de las ondas sísmicas P y S. Estas velocidades se obtienen

mediante tomografía de tiempos de viaje sísmicos, utilizando sismos locales registrados en cinco estaciones Raspberry Shake. Empleamos el software INSIGHT para resolver el problema inverso tomográfico. La solución se regularizó mediante la generación de curvas en L, mientras que el nivel de resolución del modelo se calculó utilizando el operador de resolución. El modelo resultante se calcula sobre una malla de 1 km. Tanto Vp como Vs muestran una disminución gradual desde las cotas más elevadas del granito hasta su contacto con las formaciones sedimentarias amazónicas. La velocidad de la onda P disminuye de 3,9 km/s a 2,5 km/s, mientras que la velocidad de la onda S desciende de 2,6 km/s a 1,6 km/s. Estos cambios pueden atribuirse a la interacción tectónica transpresiva en el área de estudio, dado que nos encontramos en el borde del Bloque Andino del Norte.

Palabras clave: Batolito de Abitagua; Tomografía sísmica; Velocidad de onda P; Velocidad de onda S.

Introduction

The Jurassic batholiths of the eastern flank of the Cordillera Real in Ecuador, which include the Rosa Florida, Abitagua, and Zamora intrusive bodies, are mainly composed of biotite quartz monzonites, monzogranites, granodiorites, and diorites (Spikings et al., 2015).

A seismic tomography study determined that the depth of the Abitagua Batholith averages 10 km in the section south of the Jatunyaku River, while decreasing to 2 km to the north. The tomography also shows that the southern zone is less compacted than the northern zone (Chalco et al., 2025).

The northern part of the batholith underlies the Colonso Chalupas Reserve in Napo Province (Figure 1). The objective of this study is to use records from five Raspberry Shake stations located east of the Reserve to perform seismic travel-time tomography. The results of this tomography allow for greater detail in the batholith's structure.

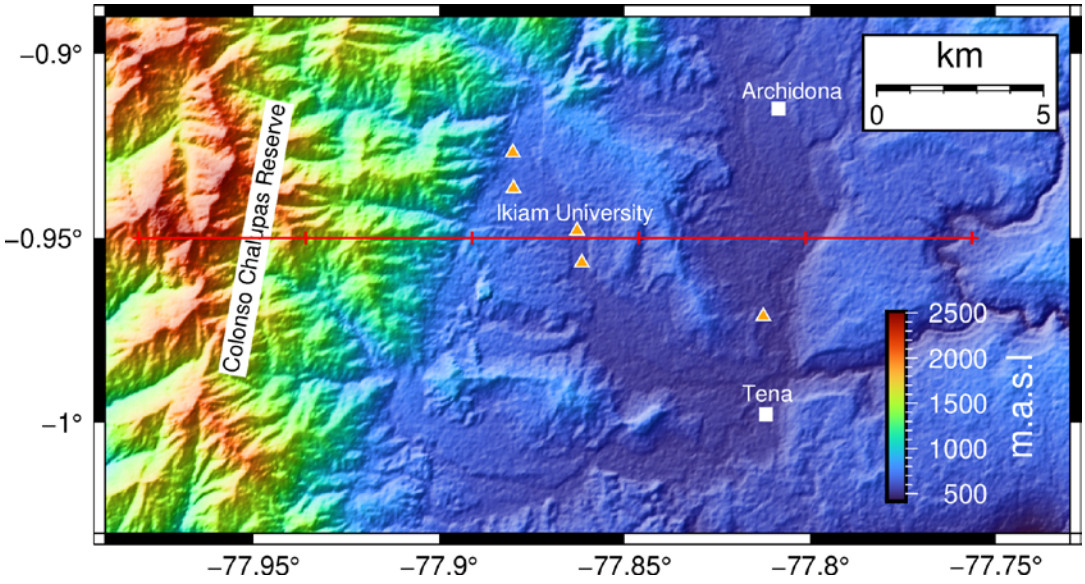


Figure 1. The map shows the regions where we obtain resolution in the tomography result. Yellow triangles are the Raspberry Shake stations. The red line represents the cross-section analyzed, with marks every 5 km as a reference.

Methodology

The software used for tomography was INSIGHT, following the scheme outlined in Araujo et al. (2021). The database consisted of 517 earthquakes recorded at the Raspberry Shake stations between 2023 and 2024. The data were complemented with four RENSIG stations available from the International Federation of Digital Seismograph Networks. These earthquakes were manually picked to determine their P and S waves, resulting in a total of 4,485 arrival times.

As an a priori model, we used the model obtained by Araujo et al. (2021), which was interpolated to a 1-km-per-side cubic grid. An initial localization was performed on this model using LOCIN software. With this data, we performed the tomography on 96 GRICARD cores, with an average computation time of 8 hours for each tomography solution.

We regularized the inverse problem using the L-curve, which led to the calculation of 35 tomography solutions. The resolution index was used to determine the areas where the model had resolution. In the tomography section, the resolution is indicated by a shaded area (Figure 2)

Results and discussions

A cross-section of the tomography result is shown in Figure 2. The cross-section is made in a west-east direction following the red line marked in Figure 1. The resulting velocity models for the P (P-wave) and S (S-wave) waves are expressed in kilometers per second. Both velocity models show a discontinuity in the 10 km vertical coordinate. This discontinuity suggests that the thickness of the Abitagua Batolith ranges from 3 to 4 km.

The portion of the solution corresponding to the Abitagua Batholith is visible due to the topography and extends from the abscissa 5 km to the left. The Vp velocity in the batholith decreases from values of 3.7 km/s in the upper part to 2.2 km/s on the flanks of the Amazonian foothills. The Vs velocity decreases from values of 2.5 km/s to 1.6 km/s in the same area.

The area where the model has resolution allows us to observe, using other tomography cross-sections, that this velocity decrease in both Vp and Vs is repeated from the Inchillaqui River in the north to the Jatunyaku River in the south. There is no information on lateral variations in the composition of the Abitagua Batholith, so this velocity decrease must be interpreted as changes in the structure of the granite that composes the batholith.

Structural variations can be attributed to two processes in the granite: erosion or fractures resulting from tectonic stresses. Since velocity variations are revealed down to significant depths of 5 km below the surface, it is doubtful that erosion could have reached these points. It is more plausible that the granite has degraded because it is located on the boundary of the North Andean Sliver, where shear and pressure stresses are significant.

We observe the transition from the Abitagua Batholith to the sedimentary formations in the study area at a Vp less than 2 km/s and a Vs less than 1.5 km/s. The contact could be with the Tena Formation, composed of clays, siltstones, and red sandstones, or with the Tiyuyacu Formation, which is mainly composed of conglomerates with a sandy to clayey matrix (Abarca et al., 2024).

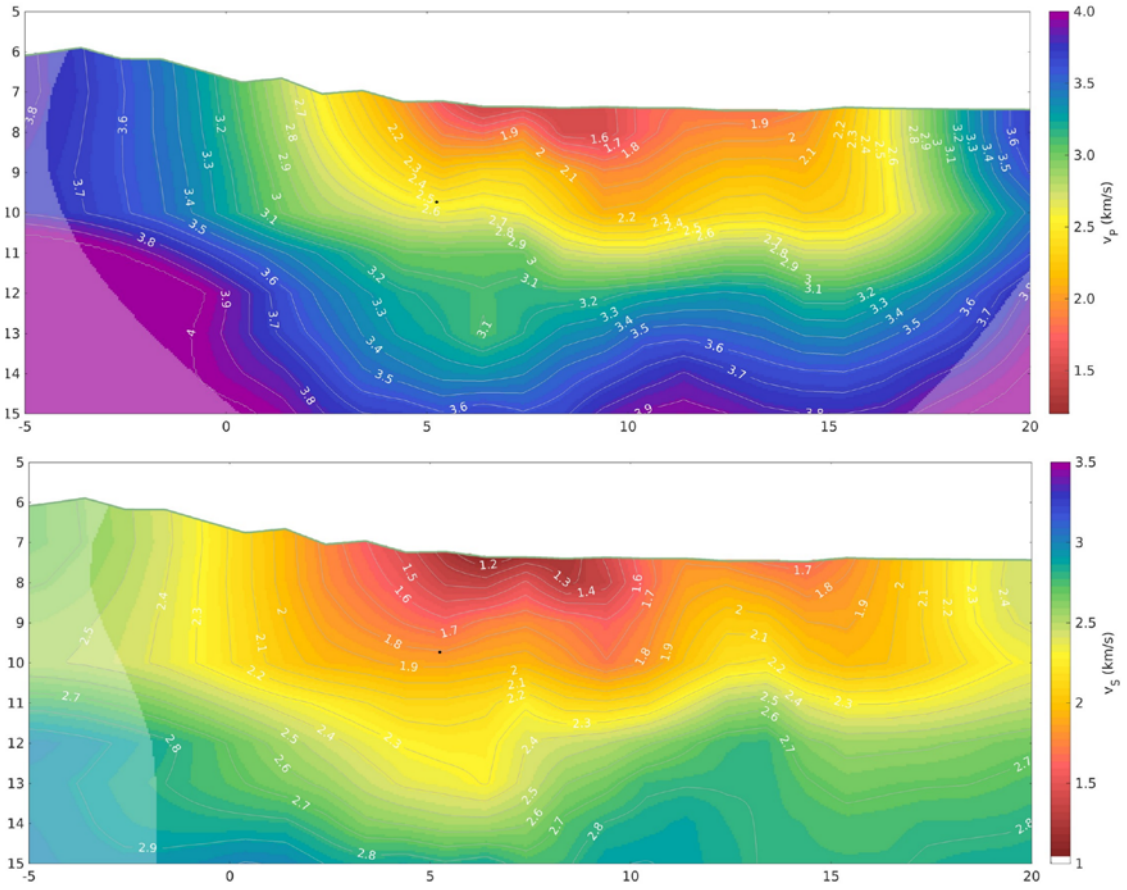


Figure 2. The tomography cross-section with velocity models for the Vp (up) and Vs (down). The values of velocities are displayed using a color scale and isovalue lines. The scale of the vertical and horizontal coordinates is in kilometers, and the velocities are in kilometers per second.

Conclusions

Travel-time seismic tomography using Raspberry Shake seismometers enables us to distinguish changes in the granite structure that comprise the Abitagua Batholith.

There is significant variation in both P-wave and S-wave velocities between the central part of the batholith and its flanks. These changes may be related to stresses generated by the movement of the North Andean Silver relative to the South American Plate.

The sedimentary formations in contact with the Abitagua Batholith exhibit P-wave velocities of less than 2 km/s and S-wave velocities of less than 1.5 km/s. This contact, as well as the rest of the formations present in the region, should be better detailed in a future analysis of our resulting model.

Acknowledgements

All tomography results in this study were performed using the GRICAD infrastructure (https://gricad.univ-grenoble-alpes.fr), supported by Grenoble research communities.

References

Abarca, K., Guzmán, O. y Campos, C. (2024). Características sedimentológicas y estratigráficas de rocas y sedimento alrededor del valle bajo del río Tena - Cuenca Oriente del Ecuador. En O. Guzmán y C. Campos (Eds.), Geociencias en la Amazonía Ecuatoriana (pp. 10-23). Editorial CEDIA.

Araujo, S., Valette, B., Potin, B., & Ruiz, M. (2021). A preliminary seismic travel time tomography beneath Ecuador from data of the national network. Journal of South American Earth Sciences, 111, 103486.

Chalco, D., Araujo, S., Loaiza, S. B., & Ruiz, M. (2025). Study of the Abitagua Batholith in the Sub-Andean Zone of Ecuador, using velocity models from seismic tomography. Andean Geology, 52(2), 254-267.

Spikings, R., Cochrane, R., Villagomez, D., Van der Lelij, R., Vallejo, C., Winkler, W., & Beate, B. (2015). The geological history of northwestern South America: from Pangaea to the early collision of the Caribbean Large Igneous Province (290–75 Ma). Gondwana Research, 27(1), 95-139.

Impacto del evento El Niño 2023–2024 en la región insular ecuatoriana: respuesta pluviométrica en Galápagos

Impact of the 2023–2024 El Niño event on Ecuador's insular region: rainfall response in the Galápagos islands

Sandra Torres[1], Bruce Tumbaco[2], Enzo Loor[3], Oscar Ayala[4], Darwin Rosero[5], Amparo Condor[6], Luis Cáceres[7], Miguel Flores[8], Elena Ulcuango[9], Nicole Pilco[10], David Galarza[11]

1 Universidad Central del Ecuador, INAMHI. https://orcid.org/0000-0003-3581-9086

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam, INAMHI. https://orcid.org/0000-0002-3558-2923

3 Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. https://orcid.org/0009-0003-8081-5559

4 INAMHI. https://orcid.org/0000-0003-2038-8631

5 INAMHI. https://orcid.org/0009-0003-4037-5093

6 INAMHI. https://orcid.org/0000-0001-8455-5342

7 INAMHI.

8 Escuela Politécnica Nacional. https://orcid.org/0000-0002-7742-1247

9 Universidad Central del Ecuador. https://orcid.org/0009-0007-9520-9737

10 Universidad Central del Ecuador. https://orcid.org/0009-0002-8744-9283

11 INAMHI. https://orcid.org/0009-0006-5327-5608

Autor de correspondencia: jstorres@inamhi.gob.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e6

Resumen

El presente estudio documenta la presencia y evolución del evento El Niño 2023–2024 en la región insular del Ecuador, a partir del análisis de datos de precipitación de las estaciones meteorológicas M0221 (San Cristóbal – Galápagos), M0191 (Baltra) y M1236 (San Cristóbal – Aeropuerto), todas operadas por el INAMHI. Se integran observaciones convencionales y automáticas, junto con análisis espectral mediante transformada wavelet y series históricas desde 1964. Los resultados muestran un comportamiento anómalo de las precipitaciones en todas las estaciones, con acumulados mensuales significativamente superiores a la climatología normal (1981–2010) durante el primer trimestre de 2024, alcanzando máximos de 282 mm en febrero y 267,7 mm en marzo. A partir de mayo, se observa una transición hacia condiciones

más secas, coincidiendo con el debilitamiento de la señal ENSO. El análisis espectral revela una señal significativa en la banda de 2 a 8 años, coherente con la variabilidad asociada al ENSO. Este trabajo contribuye a la caracterización regional del ENSO en el Pacífico oriental y destaca la importancia de fortalecer el monitoreo climático en Galápagos, una región estratégica pero escasamente estudiada debido a su configuración geográfica aislada en el ecuador. Los hallazgos son relevantes para mejorar la comprensión de los impactos del ENSO en Sudamérica y para fortalecer los sistemas de alerta temprana en zonas sensibles del Pacífico Sur.

Palabras clave: ENSO; Galápagos; Wavelet; Pacífico.

Abstract

This study documents the presence and evolution of the 2023–2024 El Niño event in Ecuador's insular region based on precipitation data from meteorological stations M0221 (San Cristóbal – Galápagos), M0191 (Baltra), and M1236 (San Cristóbal – Airport), all operated by INAMHI. Conventional and automatic observations are integrated with spectral analysis using the wavelet transform and historical series dating back to 1964. The results show anomalous rainfall behavior at all stations, with monthly totals significantly exceeding the normal climatology (1981–2010) during the first quarter of 2024, reaching maxima of 282 mm in February and 267.7 mm in March. From May onward, a transition toward drier conditions is observed, coinciding with the weakening of the ENSO signal. Spectral analysis reveals a significant signal in the 2–8-year band, consistent with variability associated with ENSO. This work contributes to the regional characterization of ENSO in the eastern Pacific and underscores the importance of strengthening climate monitoring in the Galápagos, a strategic yet sparsely studied region due to its isolated geographic setting on the Equator. The findings are relevant for improving understanding of ENSO impacts in South America and for bolstering early warning systems in sensitive areas of the South Pacific.

Keywords: ENSO; Galapagos; Wavelet; Pacific Ocean.

Introducción

Geográficamente, el archipiélago comprende aproximadamente 234 islas, islotes y rocas, con una superficie terrestre cercana a los 7985 km² y una línea costera de 1667 km, todo ello dentro de un área marina protegida de aproximadamente 138000 km² conocida como la Reserva Marina de las Galápagos, la mayoría de los cuales se formaron por la superposición de flujos de lava y ceniza volcánica sobre rocas preexistentes en la Plataforma de las Galápagos (Escobar et al., 2021). La génesis de estas islas se remonta a la era Cenozoica,

específicamente al Mioceno, se estima que las islas más antiguas emergieron del lecho marino hace aproximadamente 5 a 10 millones de años (Geist et al., 2014).

El fenómeno El Niño–Oscilación del Sur (ENSO) es un patrón climático recurrente en el Pacífico Tropical, que causa cambios en los patrones de temperatura, lluvia y viento a nivel global, y es un factor determinante en el comportamiento climático de Ecuador. En este contexto, el evento El Niño 2023–2024 se distinguió por lluvias intensas en las zonas bajas e intermedias de Santa Cruz y sequedad relativa en las partes altas, un patrón comparable a los episodios extremos de 1982–83, 1997–98 y 2015–16 (Tenelanda et al., 2025; Castrejón et al., 2025).

Estudios paleoclimáticos revelan fluctuaciones históricas en la temperatura superficial del mar (SST), con un enfriamiento de ~2–3 °C durante el último máximo glacial y un calentamiento de ~2 °C en el MIS 5e (Lea et al., 2006). Estos cambios, vinculados a forzantes climáticos globales como los gases de efecto invernadero, muestran que la SST precede al volumen de hielo continental por ~3–9 kyr (Lea et al., 2006). El calentamiento global reciente (~0,6 °C desde 1980) se superpone a la variabilidad de ENSO, alterando patrones de lluvia y dinámicas oceánicas, prolongando la estación seca, pero aumentando las precipitaciones >40% sin eventos extremos (Paltán et al., 2021).

La variabilidad de ENSO impacta directamente la biodiversidad endémica: El Niño perjudica a especies marinas como pingüinos (Spheniscus mendiculus) y cormoranes (Phalacrocorax harrisi), pero beneficia la reproducción de aves terrestres, mientras que La Niña invierte estos efectos (Dueñas et al., 2021). Eventos extremos como ENSO 2015–2016 provocaron fluctuaciones poblacionales drásticas en peces, mortalidad coral masiva y alteraciones comunitarias profundas (Rastoin et al., 2023). La interacción entre ENSO y el cambio climático global acelera la pérdida de biodiversidad nativa y facilita la invasión de especies exóticas, exigiendo la creación de áreas de conservación prioritarias (Escobar et al., 2021). Esta variabilidad climática resulta determinante para la dinámica ecológica y la resiliencia de especies clave en el archipiélago (Charney et al., 2021).

Los eventos de El Niño han aumentado en intensidad y frecuencia en las últimas dos décadas debido a SST más cálidas. Las proyecciones futuras sugieren un futuro generalmente más cálido y húmedo para Galápagos, con aumentos de precipitación entre un 20% y un 70% y un incremento de las temperaturas entre 1.4 °C y 2.5 °C para 2050, lo que implicaría un aumento en la frecuencia e intensidad de ENSO (Paltán et al., 2021). A partir de este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo impactó el ENSO en las islas Galápagos durante el periodo 2023–2024?

Metodología

Área de Estudio y Estaciones Meteorológico Analizada

El estudio se desarrolló en el archipiélago de Galápagos, utilizando datos provenientes de tres estaciones meteorológicas operadas por la Red Nacional del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (Figura 1). La estación Baltra (código M0191), ubicada en la isla homónima (latitud: -0,743833°, longitud: -90,302194°, altitud: 6 m s.n.m.), y las estaciones San Cristóbal – Aeropuerto (código M1236) (latitud: -0,908611°, longitud: -89,616944°, altitud: 0 m s.n.m.) y San Cristóbal – Galápagos (código M0221) (latitud: -0,904058°, longitud: -89,614308°, altitud: 6 m s.n.m.), situadas en la isla San Cristóbal, constituyeron las fuentes primarias de información climática para el análisis.

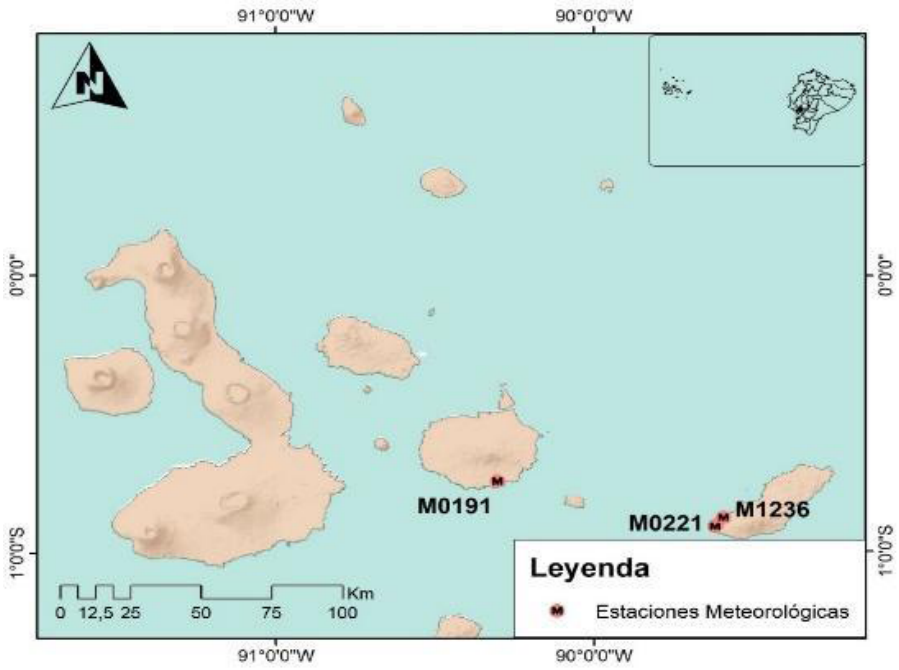


Figura 1: Ubicación de la estación de interés y estaciones con información histórica cercanas. Fuente: Red de estaciones metrológicas INAMHI

Obtención de datos y procesamiento

Los datos meteorológicos utilizados en este estudio provienen del Banco Nacional de Información Hidrometeorológica (BANADIH) del INAMHI y abarcan el período comprendido entre 2016 y 2025. No obstante, para los fines de esta investigación el análisis se restringió a los años 2023 y 2024, con el propósito de evaluar la variabilidad climática reciente

y su posible relación con fenómenos de escala interanual como el ENSO.

El procesamiento inicial se llevó a cabo en la plataforma digital de gestión hidrometeorológica del INAMHI, donde se seleccionaron las variables de interés: precipitación (PR), temperatura máxima (TM) y temperatura mínima (TMI). Posteriormente, los datos fueron depurados mediante la eliminación de valores faltantes o inconsistentes, y organizados en tres conjuntos independientes. Cada conjunto se estructuró en dos columnas una para las fechas y otra para la variable correspondiente (PR, TM o TMI), lo que facilitó el análisis posterior. El procesamiento estadístico y la modelación se realizaron en entornos reproducibles de JupyterHub, empleando los lenguajes Python y R. Esta plataforma multiusuario permitió integrar procedimientos de análisis estadístico, visualización gráfica y modelado temporal, asegurando la robustez y trazabilidad de los resultados. Para la detección de señales ENSO, se aplicó un análisis wavelet (Torrence & Compo, 1998) a cada estación meteorológica, con el objetivo de identificar patrones significativos en las escalas temporales relevantes. Este procedimiento permitió determinar la presencia o ausencia de forzantes asociados a ENSO durante el período 2023–2024, y en particular, establecer con mayor certeza la influencia de dicho fenómeno en las islas Galápagos.

Resultados y discusión

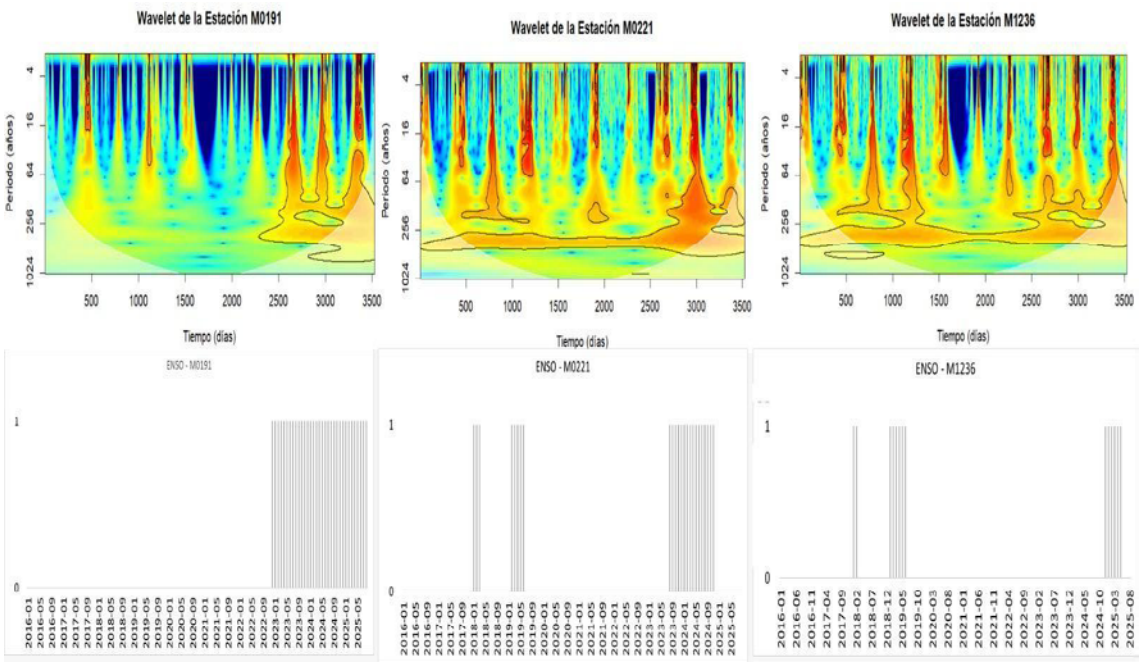


Figura 2. Mapas de calor y significancia ENSO de las estaciones M0191, M0221 y M1236

En el análisis mediante transformadas wavelet aplicado a las estaciones M0191 y M0221, se observan señales interanuales claras correspondientes al fenómeno ENSO (El Niño / La

Niña), especialmente en bandas de periodo aproximado de 2 a 8 años. Estas señales aparecen como picos de coherencia en los gráficos para esos años, lo que indica que la precipitación en dichas estaciones está fuertemente modulada por ENSO. En contraposición, la estación M1236 no muestra detección significativa de ENSO durante los años 2023 y 2024; en estos años los análisis wavelet no revelan coherencia marcada entre los índices ENSO y las precipitaciones en los periodos interanuales esperados.

Estos resultados coinciden con estudios previos en la costa del Ecuador, en los cuales se ha demostrado que ENSO ejerce una influencia notable sobre la variabilidad de la precipitación en estaciones costeras mediante análisis de coherencia wavelet. Por ejemplo, en períodos cálidos de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), la coherencia ENSO-lluvia costera se eleva (≈ 0,9) en bandas de 2-8 años, mientras que en condiciones de PDO frío dicha coherencia se debilita a alrededor de 0,5.

La falta de detección en M1236 durante 2023-2024 podría explicarse por una combinación de factores climáticos y geográficos: quizá la estación está situada en una zona con menor sensibilidad a ENSO bajo ciertas condiciones de estiaje o sequía, o bien otras fluctuaciones climáticas regionales (como variaciones en la PDO y en la circulación atmosférica local) hayan interferido con la señal ENSO en ese intervalo.

Además, el intervalo 2023-2024 coincide con la severa crisis energética que vivió Ecuador (Tenelanda et al., 2025), causada por una prolongada sequía que redujo los niveles de embalses de las centrales hidroeléctricas, lo cual forzó racionamientos de electricidad de hasta 14 horas al día en algunas provincias. Esta situación subraya cómo una sequía extrema asociada probablemente a ENSO u otros factores climáticos interrelacionados puede tener impactos no solo hidrometeorológicos, sino también sociales y económicos, al comprometer la generación eléctrica y la infraestructura dependiente del recurso hídrico.

Conclusiones

El evento El Niño 2023-2024 alteró significativamente el régimen pluviométrico de Galápagos, registrando una anomalía positiva extrema en el primer trimestre de 2024 seguida de una transición abrupta a condiciones secas. El análisis wavelet confirmó la influencia de ENSO en la banda de 2-8 años para dos estaciones, aunque una tercera mostró una respuesta atenuada, evidenciando una heterogeneidad espacial en su impacto. Estos hallazgos, junto con la sequía continental concurrente que provocó una crisis energética, subrayan la alta sensibilidad regional a ENSO y la necesidad crítica de fortalecer el monitoreo y los sistemas de alerta temprana. Esta labor es esencial para proteger los ecosistemas únicos del archipiélago y aumentar la resiliencia socioeconómica ante la creciente variabilidad climática.

Referencias Bibliográficas

Castrejón, M., Pittman, J., Ramírez-González, J., & Defeo, O. (2024). An overview of social-ecological impacts of the El Niño-Southern Oscillation and climate change on Galapagos small-scale fisheries. Ocean & Coastal Management, 259, 107436. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107436

Charney, N. D., Bastille-Rousseau, G., Yackulic, C. B., Blake, S., & Gibbs, J. P. (2021). A greener future for the Galapagos: forecasting ecosystem productivity by finding climate analogs in time. Ecosphere, 12(10). https://doi.org/10.1002/ecs2.3753

Dueñas, A., Jiménez-Uzcátegui, G., & Bosker, T. (2021). The effects of climate change on wildlife biodiversity of the galapagos islands. Climate Change Ecology, 2, 100026. https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2021.100026

Escobar-Camacho, D., Rosero, P., Castrejón, M., Mena, C. F., & Cuesta, F. (2021). Oceanic islands and climate: using a multi-criteria model of drivers of change to select key conservation areas in Galapagos. Regional Environmental Change, 21(2), 47. https://doi.org/10.1007/s10113-021-01768-0

Geist, D. J., Snell, H., Snell, H., Goddard, C., & Kurz, M. D. (2014). A Paleogeographic Model of the Galápagos Islands and Biogeographical and Evolutionary Implications (pp. 145–166). https://doi.org/10.1002/9781118852538.ch8

Lea, D. W., Pak, D. K., Belanger, C. L., Spero, H. J., Hall, M. A., & Shackleton, N. J. (2006). Paleoclimate history of Galápagos surface waters over the last 135,000yr. Quaternary Science Reviews, 25(11–12), 1152–1167. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.11.010

Paltán, H. A., Benitez, F. L., Rosero, P., Escobar-Camacho, D., Cuesta, F., & Mena, C. F. (2021). Climate and sea surface trends in the Galapagos Islands. Scientific Reports, 11(1), 14465. https://doi.org/10.1038/s41598-021-93870-w

Rastoin-Laplane, E., Salinas-de-León, P., Goetze, J. S., Saunders, B. J., McKinley, S. J., Norris, C., Gosby, C., Mattingly, A., Garcia, R., & Harvey, E. S. (2023). Fluctuations of Galapagos mid-water and benthic reef fish populations during the 2015–16 ENSO. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 294, 108523. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108523

Tenelanda, P., Turini, N., Orellana-Alvear, J., Maldonado, B. D., Bendix, J., & Célleri, R. (2025).

The diurnal cycle and event-scale precipitation characteristics in Galápagos at different alti-tudes during ENSO 2022-2024. Erdkunde, 79(1), 41–63. https://doi.org/10.3112/erdkunde.2025.01.03

Torrence, C., & Compo, G. (1998). A Practical Guide to Wavelet Analysis. 79(1), 61–78. https://doi.org/https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2

Validación de la granulometría de sedimentos como factor clave en la acumulación de microplásticos: análisis comparativo entre los ríos Tena y Pano, Amazonía ecuatoriana

Validation of sediment granulometry as a key factor in microplastic accumulation: comparative analysis between the Tena and Pano rivers, ecuadorian Amazon

Mishell Cabrera[1], Bryan Valencia[2], David Portillo[3], Julieth Chancay[4], Pedro Cadena[5], Paola Soto[6]

1 Grupo de Investigación de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0007-0756-1897

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-5970-4964

3 Grupo de Investigación de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0005-7089-4462

4 Grupo de Investigación de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0006-3626-7171

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-9726-8972

6 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0003-7395-5385

Autor de correspondencia: mishell.cabrera@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e7

Resumen

Las abundancias de microplásticos (MPs) suelen emplearse como indicadores de contaminación; sin embargo, omitir los procesos sedimentarios puede sesgar su estimación. Este estudio examina la relación entre la granulometría de sedimentos y la acumulación de MPs en dos ríos de la Amazonía ecuatoriana. Se seleccionaron seis zonas en el río Tena y doce en el río Pano utilizando la clasificación de pendientes de Van Zuidam (<8°). Tras una única lluvia intensa, se recolectaron 30 muestras de sedimento en el Tena y 60 en el Pano. Los MPs se cuantificaron a partir de 2,5 g de sedimento por muestra, mientras que la granulometría se determinó tamizando 100 g en siete fracciones (>2 mm a <63 µm). En total, se registraron 564 MPs en el Tena y 567 en el Pano. Se encontró una correlación positiva significativa entre los MPs y el contenido de limos en ambos ríos (Tena: r = 0,46, p = 0,009; Pano: r = 0,40, p = 0,00244). Los resultados demuestran que la granulometría influye fuertemente en la acumulación de MPs y debe reportarse para evitar estimaciones sesgadas.

Palabras clave: Abundancia; Amazonía del Ecuador; Eventos de precipitaciones intensas; Contenido sedimentario; Sistemas de ríos.

Abstract

Microplastic (MPs) abundances are often used as pollution indicators, yet neglecting sedimentary processes may bias their estimation. This study examines the relationship between sediment granulometry and MPs accumulation in two rivers of the Ecuadorian Amazon. Six zones were selected in the Tena River and twelve in the Pano River using the Van Zuidam slope classification (<8°). After a single strong rainfall, 30 sediment samples were collected in the Tena and 60 in the Pano. MPs were quantified from 2.5 g of sediment per sample, while granulometry was determined by sieving 100 g into seven fractions (>2 mm to <63 µm). In total, 564 MPs were recorded in the Tena and 567 in the Pano river. A significant positive correlation was found between MPs and muds content in both rivers (Tena: $r = 0.46$, $p = 0.009$; Pano: $r = 0.40$, $p = 0.00244$). Results demonstrate that granulometry strongly influences MPs accumulation and must be reported to avoid biased estimates.

Keywords: Abundance; Ecuadorian Amazon; Heavy rainfall events; Sediment content; River systems.

Introducción

Microplastic pollution (MPs, <5 mm) is one of the main problems in aquatic ecosystems due to its persistence, mobility, and potential impacts on biota (Andrady, 2011; Cole et al., 2011; Thompson et al., 2004). Its transport and fate depend on anthropogenic pressure, hydrodynamic and sedimentary processes that control its retention (Waldschläger & Schüttrumpf, 2019).

Recent research shows that MPs tend to accumulate in low-energy environments and in fine fractions, highlighting the importance of particle size in their retention patterns (Gerolin et al., 2020). Furthermore, it has been suggested that normalizing data by grain size improves comparability between river studies (Enders et al., 2019).

However, gaps remain regarding how sedimentation processes influence MPs accumulation, with flow dynamics and decantation being key (Enders et al., 2019; Waldschläger & Schüttrumpf, 2019). This aspect is particularly relevant in the Amazon, where seasonality and the input of fine sediments influence contaminant mobility.

Within this framework, this study evaluates the relationship between particle size distribution

and MPs abundance in sediments from the Tena and Pano rivers.

Metodología

Study area

The study was conducted in two river systems, the Tena and the Pano River, both located in the Napo province of the Ecadorean Amazon. These rivers are characterized by high annual rainfall and flow patterns influenced by intense precipitation events.

Sample collection and preparation

Six zones were selected in the Tena and twelve in the Pano River, choosing areas with slopes <8° following Van Zuidam criteria (1986) associated with low energy and potential accumulation of fine sediments and MPs. Thirty samples were obtained from the Tena basin and 60 from the Pano basin immediately after a heavy rainfall event. Surface sediments (0–5 cm) were collected with stainless steel spatulas and stored in pre-washed bags. In the laboratory, the samples were dried at 60°C for three days (100–500 g), and controls were maintained to rule out contamination. In the laboratory, the sediment samples were placed in aluminum containers and oven-dried at 60°C for three days. After drying, the samples weighed between 100 and 800 g. They were then homogenized, quartered, and divided into two fractions: 100 g for particle size analysis and 2.5 g for MPs quantification. To assess possible contamination during drying and weighing, a control (clean Petri dish) was kept open in the work area.

Granulometric analysis

To determine the textural composition of the sediment, 100 g of each sample was analyzed by dry sieving. The material was separated into seven particle size fractions: >2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm, >63 µm, and <63 µm. Each fraction was weighed on a precision analytical balance (±0.001 g), obtaining the percentage distribution of grain size per sample.

Extraction and quantification of MPs

The 2.5 g fraction was subjected to density separation with 2.0 g/ml sodium metatungstate solution, left to stand for 48 hours, and then filtered through 0.45 µm cellulose-nitrate membranes. Digestion with 30% H_2O_2 and Fenton's solution for 24 hours was followed by further filtration, rinsing with filtered distilled water, and staining with Rose Bengal (200 mg/L). After drying at 60 °C for 1 hour, the MPs were identified and classified (fibers, fragments, films, pellets) under a stereomicroscope.

Statistical analysis

The relationship between MPs abundance and sediment particle size distribution was evaluated using Pearson's correlation coefficient, with a significance level of $p < 0.05$.

Resultados y Discusión

Microplastic abundance

In the Tena River, 564 MPs were recorded in 30 samples (range: 3–63 particles/sample; 18.8 ± 13.6 on average). In the Pano River, 567 MPs were counted in 60 samples (range: 2–25 particles/sample; 9.5 ± 5.3 on average). Although total abundance was similar, the Tena River showed greater variability and local accumulation peaks.

Sediment granulometry

In both rivers, the fine fraction (muds) (<63 μm) predominated, reaching up to 50% of the total weight in most of the samples (Tena M_24: 50.3%; Pano M-025: 59.6%). Coarse fractions (>1 mm) were a uncommon (<10%) s, with the exception of two Pano samples where they exceeded 20% (M-033 and M-039)

Relationship between MPs and granulometry

The correlation analysis showed a significant positive association between MPs abundance and the fine fraction (muds) in both Tena ($r = 0.46$; $p = 0.009$) and Pano ($r = 0.40$; $p = 0.0024$). In contrast, the coarse fractions did not show significant correlations. This supports the hypothesis that fine sediments (muds) function as efficient "traps" for MPs, favored by their higher specific surface area and lower resuspension (Hurley et al., 2018; Waldschläger & Schüttrumpf, 2019).

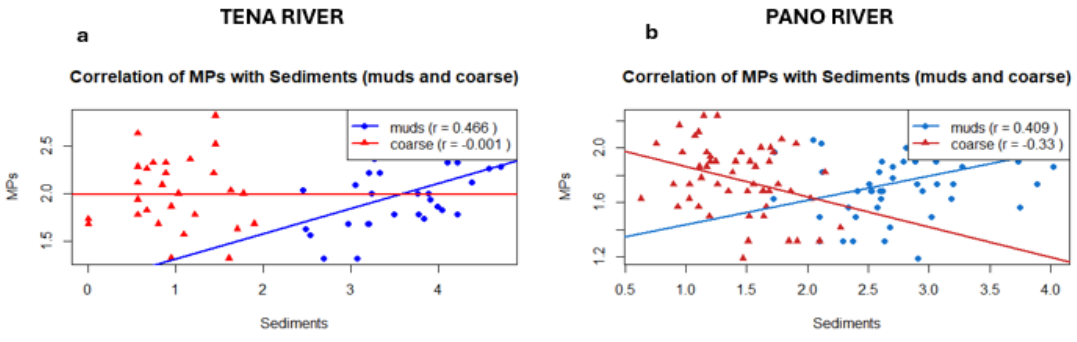


Figure 1. Correlation between microplastics and fine (muds) and coarse (coarse)

sedimentary fractions in the Tena (a) and Pano (b) rivers, Ecuadorian Amazon.

Ecological implications

The higher retention of MPs in fine fractions suggests that low-energy river zones act as natural sinks for microplastics, limiting their downstream transport but increasing the risk of exposure to benthic organisms (Gerolin et al., 2020). The consistency of results across two independent rivers indicates that sediment grain size is a key predictor that should be considered when estimating MPs accumulation. Ignoring this factor can lead to differences in estimates of up to an order of magnitude (Enders et al., 2019).

Conclusiones

Particle size distribution is a determining factor in the accumulation of microplastics (MPs) in Amazonian rivers. The fine fraction (muds) (<63 μm) retains more MPs than coarse fractions, acting as a "natural sink." The positive correlation between MPs and muds in the Tena ($r = 0.46$) and Pano ($r = 0.40$) rivers confirms that particle size distribution is a reliable predictor of MPs abundance and should be considered in sediment contamination studies. Although total abundance was similar in both rivers, spatial and particle size distribution determined local accumulation points. Future research recommends including temporal dynamics, MPs typology, and other Amazonian rivers to generate robust predictive models of retention and transport.

Referencias Bibliográficas

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. In Marine Pollution Bulletin (Vol. 62, Issue 8, pp. 1596–1605). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. In Marine Pollution Bulletin (Vol. 62, Issue 12, pp. 2588–2597). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Enders, K., Käppler, A., Biniasch, O., Feldens, P., Stollberg, N., Lange, X., Fischer, D., Eichhorn, K. J., Pollehne, F., Oberbeckmann, S., & Labrenz, M. (2019). Tracing microplastics in aquatic environments based on sediment analogies. Scientific Reports, 9(1). https://doi.org/10.1038/s41598-019-50508-2

Gerolin, C. R., Pupim, F. N., Sawakuchi, A. O., Grohmann, C. H., Labuto, G., & Semensatto, D. (2020). Microplastics in sediments from Amazon rivers, Brazil. Science of the Total

Environment, 749. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141604

Hurley, R., Woodward, J., & Rothwell, J. J. (2018). Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. Nature Geoscience, 11(4), 251-257.

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? Science, 304(5672), 838. https://doi.org/10.1126/science.1094559

Waldschläger, K., & Schüttrumpf, H. (2019). Effects of particle properties on the settling and rise velocities of microplastics in freshwater under laboratory conditions. Environmental Science & Technology, 53(4), 1958–1966.

Caracterización de la unidad volcano-sedimentaria en Tena, Napo

Characterization of the volcano-sedimentary unit in Tena, Napo

Diana Cisneros[1], Oswaldo Guzman[2]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0009-7741-0941

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-7326-1082

Autor de correspondencia: diana.cisneros@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e8

Resumen

La investigación se centró en la caracterización geoquímica de la unidad volcano-sedimentaria de Tena, ubicada en la Amazonía ecuatoriana, la cual no había sido incorporada en los modelos estratigráficos de la Cuenca Oriente. El objetivo fue determinar la composición elemental y ambiente de formación de los depósitos piroclásticos y sedimentos asociados. Se realizaron trabajos de cartografía geológica, levantamiento de columnas estratigráficas y descripción litológica en afloramientos del cantón Tena. Se recolectaron 33 muestras de sedimentos, que fueron secadas, tamizadas y encapsuladas para su análisis mediante fluorescencia de rayos X (XFR), aplicando el método Geoexploration-Óxidos-Fase 3, con 5 mediciones consecutivas por cápsula para determinar su composición elemental. Los resultados mostraron un predominio de SiO_2, característico de composiciones félsicas, la presencia y proporciones Al_2O_3 y K_2O evidenciaron meteorización y alteración hidrotermal. Se concluyó que la unidad se originó a partir de erupciones explosivas ácidas y fue posteriormente modificada por procesos sedimentarios y químicos.

Palabras clave: Pyroclastic deposits; X-ray fluorescence (XRF); Geochemistry; Sediments.

Abstract

The research focused on the geochemical characterization of the volcano-sedimentary unit of Tena, located in the Ecuadorian Amazon, which had not been incorporated into the stratigraphic models of the Oriente Basin. The objective was to determine the elemental composition and depositional environment of the associated pyroclastic deposits and sediments. Geological mapping, measurement of stratigraphic columns, and lithological

descriptions were conducted at outcrops in Tena Canton. Thirty-three sediment samples were collected, dried, sieved, and encapsulated for analysis by X-ray fluorescence (XRF), applying the Geoexploration Oxides Phase 3 method, with five consecutive measurements per capsule to determine elemental composition. The results showed a predominance of SiO_2 characteristic of felsic compositions while the presence and proportions of Al_2O_3 and K_2O evidenced weathering and hydrothermal alteration. It is concluded that the unit originated from acidic explosive eruptions and was subsequently modified by sedimentary and chemical processes.

Keywords: Pyroclastic deposits; X-ray fluorescence (XRF); Geochemistry; Sediments.

Introducción

La unidad volcano-sedimentaria de Tena, localizada en la provincia de Napo perteneciente a la región amazónica ecuatoriana, no había sido registrada en los modelos estratigráficos de la cuenca Oriente, a pesar de su relevancia en la reconstrucción geológica regional. Estos depósitos piroclásticos corresponden al Cretácico Superior (Baby et al.,2004) y, por su edad, no pueden asociarse a los volcanes activos actuales de la región, como el Reventador, Sangay o Sumaco. La pregunta de investigación se centró en determinar si existió actividad volcánica durante el Cretácico en esta zona y si los materiales piroclásticos presentes son evidencia de un sistema volcánico extinto. La hipótesis alterna planteó que los depósitos corresponden a erupciones explosivas ocurridas en dicho periodo. La investigación se justificó en la necesidad de precisar la composición química y el ambiente de formación de la unidad, con implicaciones para la comprensión de la evolución tectono-magmática y el potencial de recursos minerales en la cuenca Oriente (Christophoul et al.,2004; Baldock, 1982).

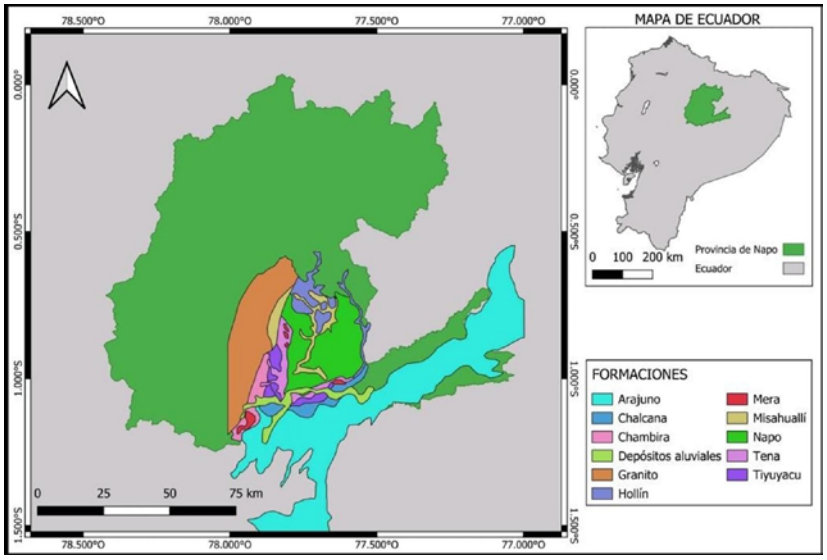


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en Napo donde se muestra las formaciones Napo y Tena. La Formación Napo representada de un color verde claro y la Formación Tena representada de un color rosa oscuro. Realizado por: Diana Cisneros, 2025.

Metodología

El estudio se desarrolló en afloramientos del cantón Tena, donde se reconoció material volcano-sedimentario. Se aplicaron técnicas de cartografía geológica. Elaboración de columnas estratigráficas y descripción litológica. Se recolectaron muestras de rocas pumitas y 33 muestras de sedimentos piroclásticos, que fueron secadas, tamizadas y encapsuladas para su análisis geoquímico. La composición elemental se determinó mediante fluorescencia de rayos X (XFR), empleando un equipo portátil Titan S1 bajo el método estándar Geoexploration-Óxidos-Fase 3. Cada cápsula fue analizada durante 1 minuto mediante cinco mediciones consecutivas. Los resultados fueron tratados y promediados para ser sometidos a un control estadístico para garantizar la validez de los datos. Las variables principales fueron los contenidos de SiO_2, Al_3O_2 y K_2O, elementos clave en la interpretación del origen magmático y los procesos post-eruptivos de meteorización y alteración hidrotermal (Frydrych & Jurowski, 2023).

Resultados y Discusión

El análisis mostró un predominio SiO_2 en todas las muestras, con valores superiores al 65%, característicos de composiciones félsicas asociadas a magmas ácidos riolíticos. Las concentraciones de Al_3O_2 y K_2O reflejaron variaciones atribuibles a meteorización, potasificación y alteración hidrotermal. Estas tendencias apoyaron la hipótesis de que la unidad se originó por erupciones explosivas ácidas del Cretácico Superior. En comparación

con estudios de sucesiones volcano-sedimentarias en México (Lira-Beltrán et al.,2022) y China (Du et al., 2024), los resultados fueron consistentes con procesos post-eruptivos donde la interacción volcánica y sedimentaria modificó la composición inicial. Las implicaciones de estos hallazgos resaltan la necesidad de incorporar esta unidad en los modelos estratigráficos de la Cuenca Oriente, lo que permitiría una interpretación más completa de la evolución tectono-magmática regional y de su potencial mineralógico.

Tabla 1. Resultados obtenidos mediante fluorescencia de rayos X (XFR).

File #	Muestras	N Disparos	Al2O3	SiO2	K20
13392	A1-001	D01	104,293	540,773	32,401
13393	A1-001	D02	107,398	544,081	32,432
13394	A1-001	D03	105,043	544,534	32,615
13395	A1-001	D04	104,175	542,818	32,422
13396	A1-001	D05	103,140	541,935	32,730
13397	A1-002	D01	107,310	573,718	34,052
13398	A1-002	D02	105,370	572,919	33,853
13399	A1-002	D03	104,619	574,350	33,992
13400	A1-002	D04	107,888	575,182	33,886
13401	A1-002	D05	106,201	577,140	33,962
13402	A1-003	D01	91,236	512,853	29,437
13403	A1-003	D02	93,188	515,433	29,609
13404	A1-003	D03	89,664	514,482	29,677
13405	A1-003	D04	93,760	514,440	29,653
13406	A1-003	D05	94,565	517,517	29,440
13407	A1-004	D01	90,095	499,891	28,056
13408	A1-004	D02	89,445	499,275	28,055
13409	A1-004	D03	91,385	501,448	28,263
13410	A1-004	D04	88,596	500,745	28,115
13411	A1-004	D05	89,778	498,436	28,263
13412	A1-005	D01	100,285	558,182	33,036
13413	A1-005	D02	99,753	555,756	33,110
13414	A1-005	D03	101,360	557,121	33,044
13415	A1-005	D04	100,471	559,800	32,818
13416	A1-005	D05	98,773	561,882	32,917
13417	A1-006	D01	91,760	502,139	27,808
13418	A1-006	D02	91,090	501,615	28,054
13419	A1-006	D03	90,512	499,740	27,978
13420	A1-006	D04	88,966	501,420	28,004
13421	A1-006	D05	89,301	501,865	28,184

Conclusiones

La unidad volcano-sedimentaria de Tena presentó un predominio SiO_2 confirmando un origen félsico vinculado a erupciones explosivas ácidas. Las relaciones Al_3O_2 y K_2O evidenciaron procesos de meteorización y alteración hidrotermal posteriores al depósito. Estos resultados confirmaron la hipótesis alternativa, demostrando la existencia de actividad volcánica durante el Cretácico en la región. El estudio aportó información clave para la reconstrucción geológica de la cuenca Oriente y abre perspectivas para investigaciones futuras enfocadas en análisis petrográficos e isotópicos, que permitan precisar la cronología y fuentes magmáticas de la unidad.

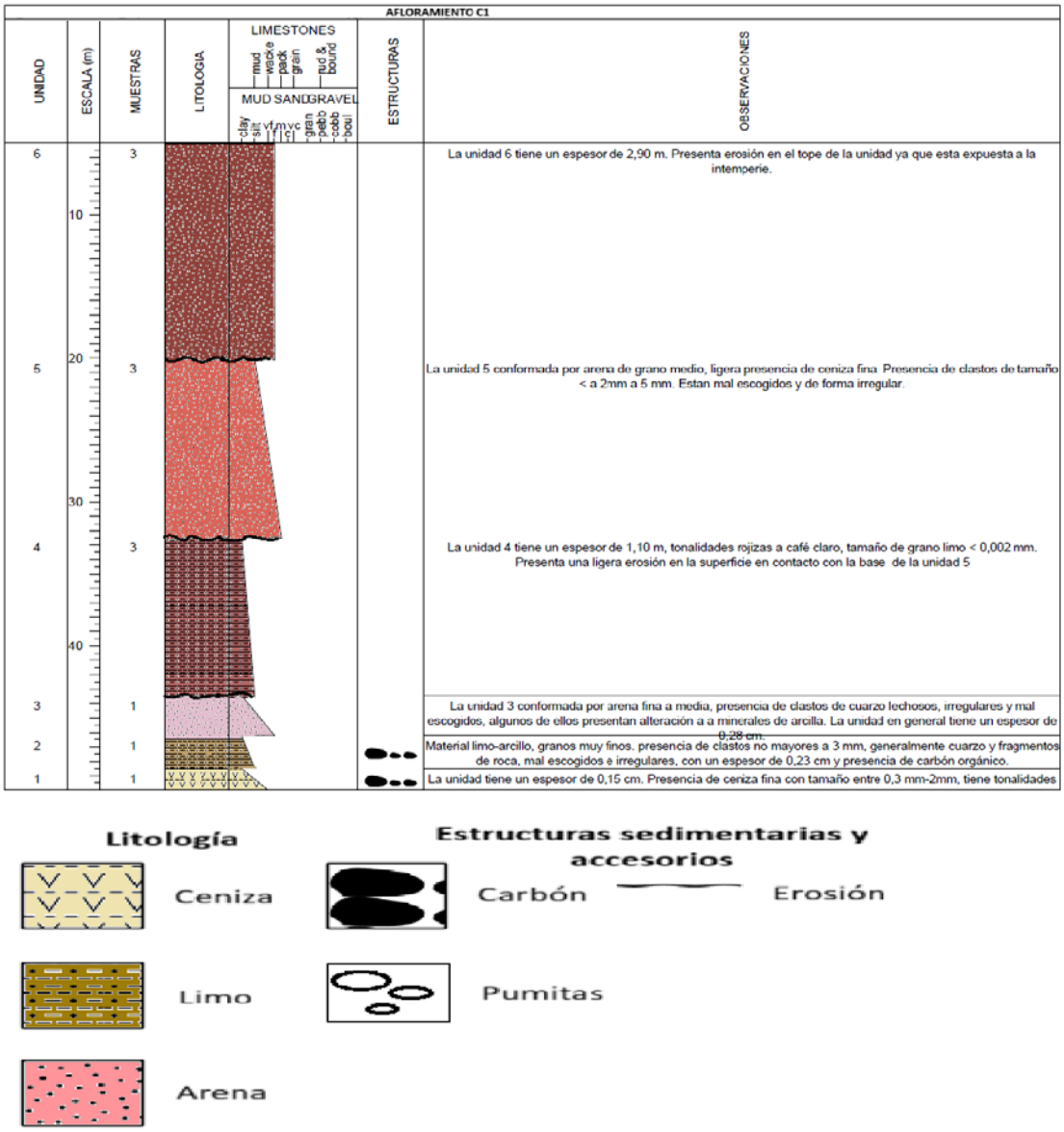


Figura 2. Columna estratigráfica digitalizada afloramiento C1.Realizado por: Diana Cisneros, 2025.

Figura 3. A. Trabajo de campo, identificación del material. B. Clasto de lodo. C. Presencia de carbón orgánico.

Referencias bibliográficas

Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). *La cuenca oriente: geología y petróleo.* https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34- 08/010036207.pdf

Baldock, J. W. (1982). *Geología del Ecuador.* https://archive.org/details/1982- baldock-boletin-explicativo-mapa-geologico/page/2/mode/2up

Barragán, R., Campos-Madrigal, E., Ferrusquía-Villafranca, I., López-Palomino, I., Tolson, G., Christophoul, F., Burgos, J. D., Baby, P., Soula, J.-C., Bes de Berc, S., Dávila, C., Rosero, M., & Rivadeneira, M. (2004). *Dinámica de la cuenca de antepaís Oriente desde el Paleógeno* (Institut français d'études andines, Ed.) https://doi.org/10.4000/books.ifea.2997

Du, Q., Han, J., Wu, S., Li, G., Han, Z., Lv, D., Shen, X. (2024). Carboniferous–Early Permian volcano-sedimentary units from the northern margin of the North China Craton recorded subduction initiation in the Paleo-Asian Ocean. *Lithos, 474–475,* 107582. https://doi.org/10.1016/J.LITHOS.2024.107582

Frydrych, A., & Jurowski, K. (2023). Portable X-ray fluorescence (pXRF) as a powerful and trending analytical tool for in situ food samples analysis: A comprehensive review of application - State of the art. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry 166*, 117165. https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117165

Lira-Beltrán, R. M., Macías, J. L., García-Tenorio, F., García-Sánchez, L., Osorio-Ocampo, S., González-Barba, G., & Schwennicke, T. (2022). Sucesión volcano-sedimentaria del Plioceno superior-Pleistoceno inferior, previa a la erupción de las calderas La Reforma y El Aguajito, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 39*(3), 26-4.

Impacto del ENSO en Ecuador: Análisis multiescala con wavelets, su relación con eventos extremos y ocupaciones humanas en el Antropoceno

Impact of ENSO in Ecuador: A multiscale wavelet analysis, its relationship with extreme events, and human settlements in the Anthropocene

Bruce Tumbaco[1], Estefania Garcia[2], Sandra Torres[3], Enzo Loor[4], Darwin Rosero[5], Oscar Ayala[6]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). https://orcid.org/0000-0002-3558-2923

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0000-8559-866X

3 Sandra Torres, Universidad Central del Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). https://orcid.org/0000-0003-3581-9086

4 Enzo Loor, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. https://orcid.org/0009-0003-8081-5559

5 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). https://orcid.org/0009-0003-4037-5093

6 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). https://orcid.org/0000-0003-2038-8631

Autor de correspondencia: brucetumbac@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e9

Resumen

El fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) constituyó un modulador clave de la variabilidad climática en Ecuador, generando impactos diferenciados entre regiones y condicionando tanto los ecosistemas como a las sociedades. El objetivo de este estudio fue analizar la señal ENSO mediante transformadas wavelets aplicadas a series históricas de precipitación de 17 estaciones meteorológicas convencionales entre 1964 y 2020, con el fin de identificar oscilaciones de alta y baja frecuencia. Se relacionaron estas señales con registros de eventos extremos reportados en las 4 regiones del Ecuador. Los resultados mostraron que las oscilaciones de 2–8 años coincidieron con los principales episodios de inundaciones y sequías, mientras que las señales multidecadales reflejaron patrones persistentes. En conclusión, el ENSO ejerció una influencia sostenida sobre la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, resaltando la vulnerabilidad de las ocupaciones humanas durante el Antropoceno.

Palabras clave: Antropoceno. ENSO. Eventos extremos. Wavelets.

Abstract

The El Niño–Southern Oscillation (ENSO) has been a key modulator of climate variability in Ecuador, generating differentiated impacts across regions and influencing both ecosystems and human societies. The objective of this study was to analyze the ENSO signal through wavelet transforms applied to historical precipitation series from 17 conventional meteorological stations between 1964 and 2020, in order to identify high- and low-frequency oscillations. These signals were related to records of extreme events reported across the four regions of Ecuador. The results showed that 2–8-year oscillations coincided with the main flood and drought episodes, whereas multidecadal signals reflected persistent patterns. In conclusion, ENSO exerted a sustained influence on the occurrence of extreme hydrometeorological events, highlighting the vulnerability of human settlements during the Anthropocene.

Keywords: Anthropocene. ENSO. Extreme events. Wavelets.

Introducción

El fenómeno El Niño–Oscilación del Sur (ENSO) constituye el principal forzante interanual de variabilidad climática en los trópicos, con repercusiones directas en la dinámica hidrometeorológica de Ecuador (Grimm & Tedeschi, 2009; Stevenson et al., 2010; Tedeschi et al., 2013). La recurrencia de episodios El Niño y La Niña ha generado impactos diferenciados en las regiones Costa, Sierra, Amazonía y región Insular, afectando tanto los ecosistemas como las sociedades humanas. Ante esta complejidad, el presente estudio planteó dos preguntas centrales: (i) ¿Existen diferencias en los impactos asociados al ENSO de baja y alta frecuencia?, y (ii) ¿Cómo se manifestaron dichos impactos en las cuatro regiones del Ecuador?

El estado del arte ha documentado ampliamente la relación entre ENSO y anomalías en precipitación en Sudamérica, pero con enfoques aún limitados para Ecuador. Investigaciones recientes han analizado la variabilidad de la precipitación en distintas escalas temporales, destacando la influencia de ENSO en sequías y excesos de lluvia (Santos et al., 2025). Así mismo, se han evaluado los riesgos climáticos en servicios locales de salud, evidenciando que la vulnerabilidad se incrementa durante episodios ENSO intensos (Vilema-Escudero & Orellana, 2024). Otros estudios han resaltado las percepciones sociales sobre ENSO y su impacto en comunidades costeras, mostrando cómo el conocimiento local complementa las evaluaciones científicas (Pollnac et al., 2024).

De manera complementaria, se ha evidenciado que los ecosistemas estratégicos, como los manglares, cumplen un rol fundamental en la mitigación de los impactos ENSO, al reducir riesgos de inundación y proveer servicios de regulación climática (Pelckmans et al., 2024). Sin embargo, persiste un vacío en los análisis multiescala que integren señales de alta y baja frecuencia del ENSO con registros históricos de eventos extremos en Ecuador, así como en la evaluación de su relación con las ocupaciones humanas.

La justificación de este estudio radicó en la necesidad de avanzar hacia una comprensión multiescala de la influencia del ENSO en el país, utilizando herramientas como las transformadas wavelets que permiten descomponer la señal en diferentes bandas temporales. Este enfoque resulta crucial para fortalecer la gestión del riesgo, orientar políticas de adaptación y comprender cómo las dinámicas climáticas han condicionado históricamente la vulnerabilidad y resiliencia de las poblaciones ecuatorianas.

Metodología

Los datos históricos de precipitación fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) para 17 estaciones meteorológicas convencionales distribuidas en el territorio ecuatoriano (M0001, M0002, M0003, M0004, M0005, M0006, M0007, M0008, M0025, M0026, M0031, M0033, M0103, M0221, M0258, M1036, M1094), abarcando el período 1964–2024. Con el fin de evitar el efecto del cono de influencia en los bordes de la serie, las transformadas wavelets se aplicaron a los datos de precipitación hasta el año 2020 (Torrence & Compo, 1998).

El análisis wavelet produjo mapas de calor en los cuales el eje x representa el tiempo y el eje y las periodicidades. A partir de estos resultados se identificaron las regiones significativas dentro de la banda de 2–8 años, correspondientes a la señal ENSO. Las regiones significativas, delimitadas por el contorno de confianza al 95 %, fueron reclasificadas como presencia (1), mientras que las no significativas se asignaron como ausencia (0). Para realizar una comparación, la banda de 2–8 años se dividió en dos grupos: oscilaciones de alta frecuencia (2–4 años) y oscilaciones de baja frecuencia (5–8 años). Se aplicó la prueba de McNemar para determinar si había o no una diferencia significativa entre los dos grupos. La señal ENSO se relacionó con eventos hidrometeorológicos en el período 2010–2020.

Resultados y discusión

¿Existen diferencias en los impactos asociados al ENSO de baja y alta frecuencia?

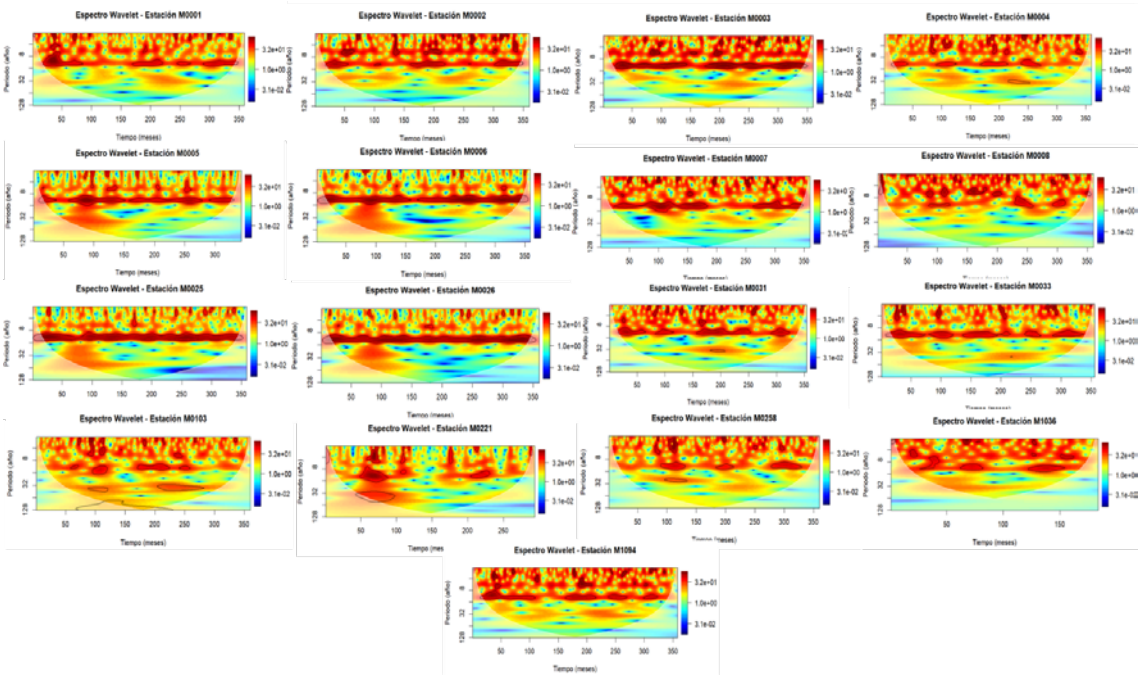


Figura 1: Wavelets generados con datos de precipitación de las 17 estaciones meteorológicas

La comparación entre los grupos de alta frecuencia (2–4 años) y baja frecuencia (5–8 años) (figura 1) mostró que en la mayoría de estaciones analizadas existieron diferencias significativas en la ocurrencia de eventos ENSO (Tabla 1). En particular, estaciones como M0001, M0003, M0004, M0006, M0007, M0008, M0025, M0026, M0031, M0033, M0103, M0221, M0258 y M1094 registraron valores de p menores a 0.05, lo que evidenció que las oscilaciones de alta frecuencia tendieron a concentrar un mayor número de episodios ENSO en comparación con las de baja frecuencia. Esto sugiere que la señal ENSO en Ecuador se manifestó con mayor fuerza en los ciclos cortos de 2–4 años, coincidiendo con la recurrencia típica de los eventos El Niño y La Niña.

En contraste, solo en tres estaciones (M0002, M0005 y M1036) no se encontraron diferencias significativas, lo que indica que en estas localidades la influencia ENSO se distribuyó de manera más homogénea entre ambas escalas de frecuencia. En conjunto, los resultados muestran que, si bien ENSO está presente tanto en la banda de 2–4 años como en la de 5–8 años, los impactos fueron más marcados en los ciclos cortos, lo que refuerza la importancia de considerar los eventos recurrentes de alta frecuencia como moduladores principales de las anomalías hidrometeorológicas en Ecuador.

Tabla 1: P value de la comparación entre ENSO de alta y baja frecuencia

Estación	Enso (2-4)	Enso (5-8)	P-Value
MO001	57	28	2.99E-05
MO002	62	78	0.1179
MO003	79	45	6.29E-05
MO004	64	38	0.0008355
MO005	42	43	1
MO006	35	13	0.002437
MO007	49	16	7.21E-05
MO008	57	97	0.0001519
MO025	49	8	2.48E-09
MO026	42	18	0.002985
MO031	59	20	7.53E-07
MO033	63	3	2.60E-14
MO103	48	33	0.04995
MO221	52	36	0.0022
MO258	58	13	1.38E-10
M1036	26	32	0.4292
M1094	67	48	0.03514

¿Cómo se manifiestan dichos impactos en las cuatro regiones del Ecuador?

Tabla 2: Eventos hidrometeorológicos extremos por región natural del Ecuador (2010–2020)

Región	Inundaciones	Sequías	Deslizamientos	Otros	Total
Costa	186	32	47	21	286
Insular	14	6	3	2	25
Sierra	142	27	89	18	276
Amazonía	79	24	42	8	153
Total	**421**	**89**	**181**	**49**	**740**

En la región Costa, los impactos del ENSO se manifestaron principalmente en forma de inundaciones, que representaron cerca del 65 % de los eventos registrados en 2010–2020 (Tabla 2). Provincias como Guayas, Manabí y Esmeraldas concentraron los casos más recurrentes, con afectaciones tanto urbanas como rurales, asociadas a episodios de El Niño. En la región Insular, aunque el número total de eventos fue bajo (3 % del total nacional), destacan las sequías y la variabilidad interanual de las precipitaciones, que afectaron el abastecimiento de agua y la producción local en Galápagos.

En contraste, la Sierra registró una combinación de deslizamientos (32 % de sus eventos) e inundaciones vinculadas a lluvias intensas, especialmente en las provincias de Pichincha, Azuay y Tungurahua (Tabla 2). La Amazonía, por su parte, mostró una mayor proporción de sequías (16 % de sus eventos), que impactaron la navegabilidad de los ríos y el acceso a recursos hídricos en comunidades rurales. Estos resultados evidencian que, aunque ENSO influyó en todas las regiones, sus manifestaciones fueron espacialmente diferenciadas, respondiendo a las características fisiográficas y socioeconómicas de cada territorio.

Conclusiones

El análisis multiescala con wavelets aplicado a 17 estaciones (1964–2020) evidenció que la señal ENSO moduló de forma sostenida la ocurrencia de extremos hidrometeorológicos en Ecuador y que, en la mayoría de los casos, las oscilaciones de alta frecuencia (2–4 años) concentraron más eventos que las de baja frecuencia (5–8 años), diferencia corroborada estadísticamente con la prueba de McNemar. Al contrastar la señal ENSO con los registros 2010–2020, los impactos fueron marcadamente regionales: inundaciones predominantes en la Costa, sequías y variabilidad hídrica en la región Insular, deslizamientos e inundaciones en la Sierra y sequías en la Amazonía, lo que confirmó que la magnitud del impacto dependió tanto de la fase/frecuencia del ENSO como de la exposición y vulnerabilidad propias de cada territorio.

Referencias bibliográficas

Grimm, A. M., & Tedeschi, R. G. (2009). ENSO and extreme rainfall events in South America. *Journal of Climate*, *22*(7), 1589–1609. https://doi.org/10.1175/2008JCLI2429.1

Pelckmans, I., Belliard, J.-P., Gourgue, O., Dominguez-Granda, L. E., & Temmerman, S. (2024). Mangroves as nature-based mitigation for ENSO-driven compound flood risks in a large river delta. *Hydrology and Earth System Sciences*, *28*(6), 1463–1476. https://doi.org/10.5194/hess-28-1463-2024

Pollnac, R. B., Beitl, C. M., Vina, M. A., & Gaibor, N. (2024). Perceptions of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and La Niña Shape Fishers' Adaptive Capacity and Resilience. *Social Sciences*, *13*(7). https://doi.org/10.3390/socsci13070356

Santos, F., Jara, J., Acosta, N., Galeas, R., & de Bièvre, B. (2025). Assessing Annual and Monthly Precipitation Anomalies in Ecuador Bioregions Using WorldClim CMIP6 GCM Ensemble Projections and Dynamic Time Warping. *International Journal of Climatology*, *45*(2). https://doi.org/10.1002/joc.8685

Stevenson, S., Fox-Kemper, B., Jochum, M., Rajagopalan, B., & Yeager, S. G. (2010). ENSO model validation using wavelet probability analysis. *Journal of Climate*, *23*(20), 5540–5547. https://doi.org/10.1175/2010JCLI3609.1

Tedeschi, R. G., Cavalcanti, I. F. A., & Grimm, A. M. (2013). Influences of two types of ENSO on South American precipitation. *International Journal of Climatology*, *33*(6), 1382–1400. https://doi.org/10.1002/joc.3519

Torrence, C., & Compo, G. (1998). *A Practical Guide to Wavelet Analysis*. *79*(1), 61–78. https://doi.org/https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2

Vilema-Escudero, S. F., & Orellana, M. M. (2024). Climate risk in local health services in ecuador; riesgo climático en los servicios de salud local en ecuador. *Granja*, *40*(2), 37–49. https://doi.org/10.17163/lgr.n40.2024.02

Sedimentología y geoquímica del contacto entre las formaciones Napo y Tena en el afloramiento de Puerto Napo, Tena: Descifrando cambios en las condiciones deposicionales en la Cuenca Oriente, Ecuador

Sedimentology and geochemistry of the contact between the Napo and Tena formations at the Puerto Napo outcrop, Tena: Deciphering changes in depositional conditions in the Oriente Basin, Ecuador

Jordy Morocho[1], Oswaldo Guzman[2], Corina Campos[3], Juan Escobar[4]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0004-9982-2481

2 Grupo de Investigación en Ciencias de La Tierra y Clima. Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-7326-1082

3 Grupo de Investigación en Ciencias de La Tierra y Clima. Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-2785-5469

4 Universidad Amawtay Wasi.

Autor de correspondencia: jordy.morocho@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e10

Resumen

El presente estudio caracteriza el contacto entre las formaciones Napo y Tena en el afloramiento de Puerto Napo Cuenca Oriente del Ecuador mediante análisis sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos. Los resultados evidencian que el límite entre ambas unidades corresponde a una transición gradual, sin presencia de superficies erosivas ni disconformidades. La Formación Napo se compone de litologías carbonatadas con abundante microfauna planctónica, mientras que la Formación Tena está dominada por areniscas y limolitas siliciclásticas con aporte terrígeno andino y fragmentos volcánicos. Los perfiles geoquímicos (Ca/Fe, Ca/Si, Ca/Ti, Ca/Al, Ca/Sr) muestran un comportamiento gradual desde la Napo hacia la Tena, reflejando la disminución progresiva de la influencia marina y el incremento del aporte continental. El carbono orgánico (COT) evidencia variabilidad en la Formación Napo con valores de hasta 0,8%, mientras que en la Formación Tena los valores son bajos y estables (0,1–0,3%). La susceptibilidad magnética presenta valores bajos en la Napo, asociados a un ambiente marino con predominio carbonatado, y valores más altos en la Tena, vinculados a un mayor contenido de minerales ferromagnesianos. Estos resultados permiten interpretar

el contacto transicional ligada a un evento transgresivo–regresivo durante el Maastrichtiense, controlado por procesos eustáticos y tectónicos.

Palabras clave: Sedimentología, Geoquímica, Cuenca Oriente, Napo, Tena, Maastrichtiense.

Abstract

This study characterizes the contact between the Napo and Tena formations at the Puerto Napo outcrop in the Oriente Basin of Ecuador through sedimentological, petrographic, and geochemical analyses. The results indicate that the boundary between both units corresponds to a gradual transition, without evidence of erosive surfaces or unconformities. The Napo Formation is composed of carbonate lithologies with abundant planktonic microfauna, whereas the Tena Formation is dominated by siliciclastic sandstones and siltstones with Andean terrigenous input and volcanic fragments. Geochemical profiles (Ca/Fe, Ca/Si, Ca/Ti, Ca/Al, Ca/Sr) display a gradual trend from the Napo to the Tena formations, reflecting the progressive decrease in marine influence and the increase in continental input. Total organic carbon (TOC) showed variability within the Napo Formation, with values reaching up to 0.8%, whereas the Tena Formation exhibited low and stable values (0.1–0.3%). Magnetic susceptibility presented low values in the Napo Formation, associated with a marine carbonate-dominated environment, and higher values in the Tena Formation, linked to a greater content of ferromagnesian minerals. These results support the interpretation of a transitional contact related to a transgressive–regressive event during the Maastrichtian, controlled by eustatic and tectonic processes.

Keywords: Sedimentology, Geochemistry, Oriente Basin, Napo, Tena, Maastrichtian.

Introducción

La Cuenca Oriente del Ecuador constituye un registro geológico fundamental para comprender la interacción entre procesos tectónicos y eustáticos durante el Cretácico Superior. A lo largo de su evolución, esta cuenca ha experimentado múltiples fases tectónicas y transgresiones marinas globales, que han dejado registros sedimentarios bien preservados (Jaillard et al., 2005; Baby et al., 2013). En este contexto, las formaciones Napo y Tena representan unidades contrastantes que reflejan la transición desde ambientes marinos someros carbonatados con abundante fauna planctónica (Rivadeneira et al., 2015) hacia sistemas fluvio-deltaicos de alta energía con aporte terrígeno y volcánico derivado del arco andino (Romero-Cóndor et al., 2024). El estudio detallado del contacto entre estas formaciones en el afloramiento de Puerto Napo constituye una oportunidad clave para refinar los modelos de evolución sedimentaria y tectónica de la región, aportando evidencia sobre el control combinado de procesos eustáticos

y subsidencia cortical en la acomodación de sedimentos (Vallejo et al., 2018; Jaillard et al., 2020). De esta manera, la investigación contribuye al entendimiento paleoambiental de la cuenca y tiene aplicaciones directas en la estratigrafía y la exploración de recursos naturales.

Metodología

El estudio se desarrolló en dos fases: campo y laboratorio. En campo, se realizó la descripción sedimentológica del afloramiento de Puerto Napo, construyendo una columna estratigráfica detallada y aplicando un muestreo sistemático de 33 muestras de roca, con 2 kg por metro en las unidades principales y 1 kg cada 20 cm en la zona de transición para asegurar un control estratigráfico preciso (Vallejo et al., 2018). En laboratorio, se aplicaron análisis de fluorescencia de rayos X (FRX) para determinar concentraciones elementales (Ni Zou et al., 2010; Sánchez et al., 2019), carbono orgánico total (COT) mediante combustión controlada (Wang et al., 2011; Pons et al., 2013), y susceptibilidad magnética (SM) para identificar el aporte mineralógico continental (Estupiñán et al., 2010; Enríquez et al., 2023). Además, se elaboraron láminas delgadas analizadas en microscopio de polarización para caracterizar mineralogía, texturas y fósiles, resaltando la presencia de foraminíferos planctónicos como evidencia del carácter transicional del contacto Napo–Tena (Jaillard et al., 2005; Romero-Cóndor et al., 2024).

Resultados y discusión

La caracterización litológica y petrográfica del afloramiento de Puerto Napo permite reconocer la transición entre las formaciones Napo y Tena. La Formación Napo se compone de rocas carbonatadas como grainstones, packstones y wackestones, con abundantes foraminíferos planctónicos, lo que evidencia un ambiente marino somero (Rivadeneira et al., 2015; Jaillard et al., 2005). La Formación Tena presenta areniscas feldespáticas, limolitas y fragmentos volcánicos, asociados a un sistema fluvio-deltaico con fuerte aporte terrígeno del arco andino (Romero-Cóndor et al., 2024; Vallejo et al., 2018). La presencia residual de foraminíferos indica cierta influencia marina en la zona de transición (Dashwood & Abbots, 1999).

Los análisis geoquímicos muestran un cambio gradual entre ambas unidades. La Formación Napo registra altos niveles de calcio (Ca) y manganeso (Mn), característicos de ambientes marinos carbonatados (Ni Zou et al., 2010). En la Formación Tena se incrementa progresivamente la sílice (Si) y el aluminio (Al), evidenciando aporte siliciclástico continental (Sánchez et al., 2019). Las relaciones elementales (Ca/Fe, Ca/Si, Ca/Ti, Ca/Al y Ca/Sr) mantienen tendencias continuas, lo que descarta un contacto erosivo y respalda un límite transicional (Jaillard et al., 2020). Asimismo, el carbono orgánico refuerza este patrón, con mayores valores en la Napo y bajos registros en la Tena, vinculados a cambios eustáticos y

tectónicos (Pons et al., 2013; Piva et al., 2008).

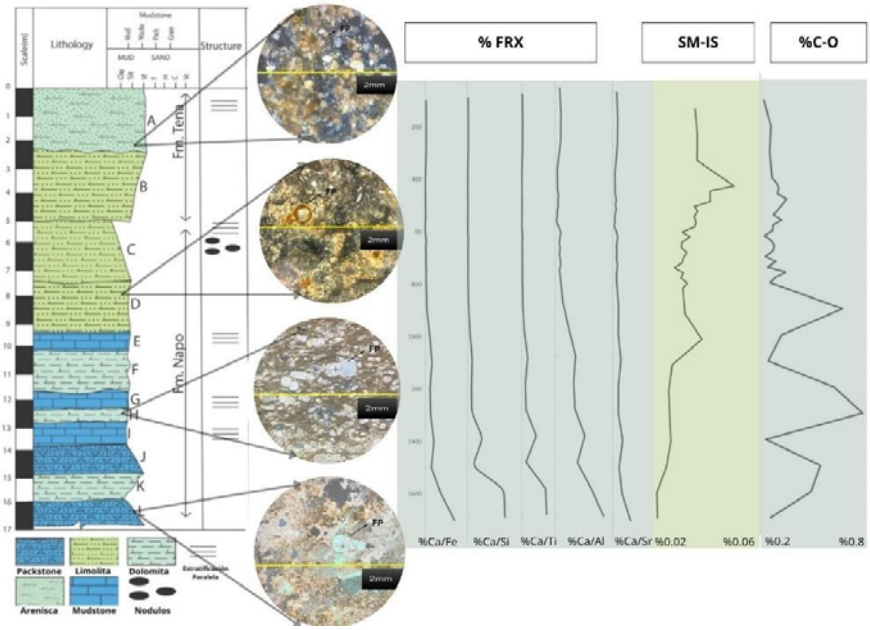


Figura 5. Columna estratigráfica del afloramiento de Puerto Napo

La figura presenta la columna estratigráfica del afloramiento de Puerto Napo, integrando descripciones litológicas, petrográficas y geoquímicas. En la base se observa la Formación Napo, de origen marino somero, mientras que hacia la parte superior aflora la Formación Tena, dominada por depósitos siliciclásticos continentales. Las imágenes petrográficas evidencian fósiles, principalmente foraminíferos planctónicos, que confirman el carácter transicional entre ambas unidades. Los perfiles geoquímicos y la susceptibilidad magnética muestran cambios graduales en la procedencia sedimentaria, mientras que el carbono orgánico total refleja variaciones ligadas a fluctuaciones eustáticas y a la preservación de materia orgánica.

La susceptibilidad magnética (SM) confirma estas diferencias. En la Formación Napo los valores son bajos, reflejando su carácter marino con escasa influencia volcánica (Estupiñán et al., 2010). En la Tena los valores aumentan, indicando aporte de minerales paramagnéticos de origen andino (Enríquez et al., 2023; Baby et al., 1999). Este contraste valida un cambio progresivo en el sistema de sedimentación, influido tanto por variaciones eustáticas como por subsidencia tectónica (DeCelles & Giles, 1996). En conjunto, las evidencias permiten interpretar el contacto Napo–Tena como una transición transgresiva–regresiva del Maastrichtiense temprano, vinculada a la máxima transgresión marina global y a procesos tectónicos regionales (Haq et al., 1987; Jaillard et al., 2020).

Conclusiones

El análisis integrado de campo y laboratorio en el afloramiento de Puerto Napo demuestra que el contacto entre las formaciones Napo y Tena corresponde a un contacto transiciónal, sin evidencias de erosión ni disconformidad (Dashwood & Abbots, 1999). La Formación Napo registra un dominio marino carbonatado con abundante fauna planctónica (Rivadeneira et al., 2015), mientras que la Formación Tena refleja un sistema fluvio-deltaico siliciclástico con aporte terrígeno y volcánico de procedencia andina (Romero-Cóndor et al., 2024).

Las relaciones geoquímicas, junto con los perfiles de carbono orgánico total y susceptibilidad magnética, sustentan un cambio progresivo desde condiciones marinas hacia ambientes continentales, controlado por un evento transgresivo-regresivo durante el Maastrichtiense temprano (Haq et al., 1987; Jaillard et al., 2005). Este contacto constituye una superficie clave en la estratigrafía de la Cuenca Oriente, ya que documenta la interacción entre pulsos eustáticos y procesos tectónicos de subsidencia (Vallejo et al., 2018; Montero & Bachmann, 2023).De esta manera, los resultados permiten descartar la existencia de un contacto erosivo o abrupto, en el afloramiento de Puerto Napo y plantean un ambiente de depositación como un régimen marino–continental transicional (DeCelles & Giles, 1996; White et al., 2005).

Referencias Bibliográficas

Haq, B. U., Hardenbol, J., & Vail, P. R. (1987). Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science, 235(4793), 1156–1167. https://doi.org/10.1126/science.235.4793.1156

DeCelles, P. G., & Giles, K. A. (1996). Foreland basin systems. Basin Research, 8(2), 105–123. https://doi.org/10.1046/j.1365-2117.1996.01491.x

Dashwood, M. F., & Abbots, I. L. (1999). Aspects of stratigraphic and structural evolution of the Oriente Basin, Ecuador. In Petroleum basins of South America (pp. 415–425). AAPG Memoir.

Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (1999). La cuenca Oriente: Geología, evolución y recursos. Revista Geológica del Ecuador, 12, 67–85.

Jaillard, E., Soler, P., Carlier, G., & Mourier, T. (2005). Andean geodynamics: main issues and contributions from the Ecuadorian Andes. Journal of the Geological Society, 162(3), 535–541. https://doi.org/10.1144/0016-764904-017

Piva, A., Tribovillard, N., Montanari, A., Dinelli, E., & Trincardi, F. (2008). Cycle-related productivity and diagenesis in the Mediterranean during the Late Quaternary. Paleoceanography, 23(1), PA1203. https://doi.org/10.1029/2007PA001566

Ni Zou, S., et al. (2010). Geochemistry as a proxy for paleoenvironmental reconstructions in sedimentary basins. Sedimentary Geology, 229(1–2), 95–110.

Estupiñán, J., Vallejo, C., & Barragán, R. (2010). Magnetic susceptibility as an indicator of terrigenous input in Andean basins. Revista Escuela Politécnica Nacional, 31(1), 23–34.

Wang, G., et al. (2011). Organic carbon preservation and paleoenvironmental implications in foreland basins. Marine and Petroleum Geology, 28(6), 1236–1248.

Pons, J., et al. (2013). Organic matter accumulation and preservation in different depositional environments. International Journal of Coal Geology, 120, 25–36.

Rivadeneira, M., Baby, P., & Barragán, R. (2015). Estratigrafía y paleoambientes de la Formación Napo en la Cuenca Oriente del Ecuador. Revista Geológica del Ecuador, 28, 15–32.

Vallejo, C., et al. (2018). Tectonic controls on sedimentation in the foreland basins of Ecuador. Journal of South American Earth Sciences, 87, 240–255.

Sánchez, J., et al. (2019). Geochemical proxies for sedimentary environments: A review from South American basins. Sedimentary Geology, 385, 1–15.

Jaillard, E., et al. (2020). Stratigraphic architecture and tectonic evolution of the Oriente Basin (Ecuador). Basin Research, 32(3), 565–585. https://doi.org/10.1111/bre.12415

Enríquez, M., Romero-Cóndor, J., & Vallejo, C. (2023). Magnetic susceptibility and provenance in foreland basin successions, Ecuadorian Andes. Andean Geology, 50(2), 223–242.

Montero, J., & Bachmann, G. (2023). Eustatic and tectonic signals in the stratigraphic record of the Ecuadorian Oriente Basin. Sedimentary Geology, 431, 106223.

Romero-Cóndor, J., Vallejo, C., & Enríquez, M. (2024). Petrography and provenance of Cretaceous–Paleogene siliciclastic successions in the Oriente Basin, Ecuador. Journal of South American Earth Sciences, 123, 104207.

Influencia del tipo de sustrato en la eficiencia de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal y vertical para el tratamiento de aguas residuales domésticas

Influence of substrate type on the efficiency of horizontal and vertical subsurface flow constructed wetlands for the treatment of domestic wastewater

Jefferson Hernández[1], Rocío Jiménez-Paute[2], Jaime Martí-Herrero[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-4037-8326

2 Rocío Jimenez, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0003-4230-526X

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-5020-1896

Autor de correspondencia: jeffersonh189@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e11

Abstract

This systematic review (Scopus, 2015–2024) and bibliometric analysis assess the influence of substrate in subsurface constructed wetlands (horizontal and vertical) for treating domestic wastewater. Nine media were compared: gravel, zeolite, biochar, steel slag, volcanic rock, expanded clay (LECA), laterite, ceramic/brick, and sugarcane bagasse. Evidence indicates that the granular matrix not only provides structural support but also governs filtration, adsorption/ion exchange, precipitation (P), and biofilm development, thereby conditioning BOD/COD and nitrogen removal. For phosphorus, steel slag, laterite, and ceramic outperform inert media; for nitrogen, biochar and bagasse supply carbon for denitrification, while zeolite enhances ammonium retention. A stratified design is proposed with replaceable reactive layers (for P) and carbon amendments (10–30%) for N, tailored to local objectives and resource constraints. Bibliometric mapping shows growth since 2018 and an emphasis on alternative substrates and process intensification. The study concludes that strategic selection and layering of substrates can match or surpass classical design variables.

Keywords: wastewater treatment, constructed wetlands, zeolite, wetland bed.

Resumen

Esta revisión sistemática (Scopus, 2015–2024) y análisis bibliométrico evalúan la influencia del sustrato en los humedales construidos de flujo subsuperficial (horizontal y vertical) para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Se compararon nueve medios filtrantes: grava, zeolita, biocarbón (biochar), escoria de acero, roca volcánica, arcilla expandida (LECA), laterita, materiales cerámicos/ladrillo y bagazo de caña de azúcar. La evidencia indica que la matriz granular no solo proporciona soporte estructural, sino que también regula los procesos de filtración, adsorción/intercambio iónico, precipitación (P) y desarrollo de biopelículas, condicionando así la remoción de DBO/DQO y nitrógeno. En cuanto al fósforo, la escoria de acero, la laterita y los materiales cerámicos presentan un desempeño superior al de los medios inertes; para el nitrógeno, el biocarbón y el bagazo aportan carbono para la desnitrificación, mientras que la zeolita mejora la retención de amonio. Se propone un diseño estratificado con capas reactivas reemplazables (para fósforo) y enmiendas carbonosas (10–30 %) para nitrógeno, adaptado a los objetivos locales y a las limitaciones de recursos. El mapeo bibliométrico evidencia un crecimiento sostenido de las investigaciones desde 2018, con énfasis en sustratos alternativos y la intensificación de procesos. El estudio concluye que la selección estratégica y la disposición en capas de los sustratos pueden igualar o superar la influencia de las variables clásicas de diseño.

Palabras clave: tratamiento de aguas residuales; humedales construidos; zeolita; lecho de humedal.

Introduction

HCS replicate natural wetland processes and have proven effective, robust, and low-cost for decentralized sanitation (Kadlec & Wallace, 2009; Vymazal, 2018). Functionally, the substrate is a major determinant of performance: it provides root support, high specific surface area for biofilms, and active sites for sorption/precipitation reactions (García et al., 2010; Wu et al., 2015; Langergraber, 2013). Although gravel/sand remain the standard due to availability and hydraulic stability, their limited phosphorus capacity compels the exploration of reactive media (Weber & Drizo, 2021). Over the past decade, there has been a shift toward enriched or valorized substrates—zeolite for ammonium (cation exchange), biochar for adsorption of organics and denitrification (carbon supplementation), steel slag and laterite for phosphates (precipitation/adsorption on Ca/Fe/Al), and volcanic rock/pumice as multifunctional porous supports—which, when properly combined and coupled to hydraulic retention time (HRT) and aeration, can overcome the limits of inert media (Wang et al., 2024; El Barkaoui et al., 2023; Zhang et al., 2022; de Rozari et al., 2021; Jethwa et al., 2017). This manuscript

comparatively evaluates the influence of substrate in HCS (2015–2024) and synthesizes the field's bibliometric trends (Scopus only).

Methodology

PRISMA 2020 was followed (Page et al., 2021). The Scopus search (2015–2024, English/Spanish) used: "constructed wetland*" AND (substrate OR media OR fill) AND (gravel OR sand OR zeolite OR biochar OR "steel slag" OR pumice OR laterite) AND ("domestic wastewater" OR sewage). Inclusion criteria: subsurface flow constructed wetlands (HF/VF) with domestic wastewater; explicit evaluation of the substrate; quantitative metrics (BOD/COD/N/P/coliforms); peer-reviewed. Exclusion: surface-flow systems, non-extrapolable industrial matrices, absence of comparable data. A total of 420 records were identified, with 102 duplicates; after screening/abstracts and full texts, 52 were included. For each study, the following were extracted: substrate, HF/VF configuration, HRT, loadings, vegetation, and removal efficiencies; due to heterogeneity, a comparative descriptive synthesis (weighted typical ranges) was performed. The bibliometric analysis (Scopus only) characterized annual volume and keyword co-occurrence (threshold ≥5) using VOSviewer.

Results

In general, gravel/sand achieve 75–90% BOD/COD under appropriate designs, with NH_4^+ removal of 60–80% in VF and TP of 10–30%. Zeolite markedly increases NH_4^+ removal (84–99%) and enables TN >80% when coupled with anoxic zones. Biochar raises BOD/COD (85–95%) and improves TN (60–85%) through adsorption and carbon supply for denitrification; NO_3^- often decreases by ~60–75% in VF with 15–25% biochar. Steel slag and laterite excel for TP (≥60–>90%); with slag, high initial alkalinity can penalize nitrification unless blended with aggregates and vegetation. Pumice/volcanic rock maintains 80–90% COD and 70–85% NH_4^+ with TP 50–70%, offering good microbial support and moderate costs (depending on local availability).

Table 1. Typical efficiencies by substrate (synthesis, 2015–2024).

Substrate	BOD_5 (%)	COD (%)	NH_4^+-N (%)	TN (%)	TP/ PO_4^{3-} (%)	Notes	References
Gravel/sand	75–90	75–90	60–80 (VF)	50–75	10–30	Robust; low P capacity	(Ntountounakis et al., 2025a)
Zeolite	60–85	50–85	84–99	80–92	20–40	Excellent for NH_4^+; use in blends	(Yang et al., 2023)
Biochar	85–95	85–93	70–95*	60–85	20–50	Adsorption + C for denitrification	(Y. Zhang et al., 2021)
Steel slag	75–90	75–90	40–70	40–65	70–>90	Very high P removal; monitor pH and blend	(Barca et al., 2013)
Volcanic rock/pumice	80–90	80–90	70–85	60–80	50–70	Porous support; local alternative	(de Rozari et al., 2021)
Laterite	75–85	75–85	55–70	55–70	60–70	P adsorption (Fe/Al)	(Menon & Holland, 2013)

In VF with biochar + intermittent aeration, very high NH_4^+ removal has been observed due to combined adsorption/nitrification effects.

In mixtures, Table 2 synthesizes common configurations and conditions. Gravel+sand (VF), with granulometric stratification and HRT of 2–3 days, enhances nitrification and reaches 85–95% COD removal. Gravel+zeolite exceeds 85% NH_4^+ and TN >80% if an anoxic stage is added or HRT is increased (1–3 days). Gravel+biochar (±zeolite) shows adsorption–biological synergy; with HRT of 2–3 days, COD removals of 90–100% and consistent TN improvements are reported.

Table 2. Recommended blends and operating conditions.

Substrate	BOD_5 (%)	COD (%)	NH_4^+-N (%)	TN (%)	TP/ PO_4^{3-} (%)	Notes	References
Gravel/sand	75–90	75–90	60–80 (VF)	50–75	10–30	Robust; low P capacity	(Ntountounakis et al., 2025a)
Zeolite	60–85	50–85	84–99	80–92	20–40	Excellent for NH_4^+; use in blends	(Yang et al., 2023b)
Biochar	85–95	85–93	70–95*	60–85	20–50	Adsorption + C for denitrification	(Y. Zhang et al., 2021)
Steel slag	75–90	75–90	40–70	40–65	70–>90	Very high P removal; monitor pH and blend	(Barca et al., 2013)
Volcanic rock/pumice	80–90	80–90	70–85	60–80	50–70	Porous support; local alternative	(de Rozari et al., 2021)
Laterite	75–85	75–85	55–70	55–70	60–70	P adsorption (Fe/Al)	(Menon & Holland, 2013b; Sharma et al., 2014; Zheng et al., 2015)

In the bibliometric analysis (Scopus), sustained growth is observed since 2018 with peaks in 2020–2024; the most frequent emerging keywords were biochar, steel slag, zeolite, and emerging contaminants, along with intensification strategies (intermittent aeration, bioelectrochemical hybrids). China, India, and Spain stand out for publication volume and citations (Wang et al., 2024).

Discussion

The results confirm that the substrate governs contaminant-transformation pathways by shaping biofilm structure and redox gradients (Langergraber, 2013; Wu et al., 2015). In wetlands with inert media, organic matter removal depends on filtration and aerobic/anoxic biodegradation; however, phosphorus retention is intrinsically low unless reactive sites are incorporated (Weber & Drizo, 2021). The adoption of enriched media directly addresses this limitation: zeolite increases ammonium retention via cation exchange, stabilizing nitrification (He et al., 2017) and raising TN when an anoxic zone and available carbon are present (through blends or biochar). Biochar, in turn, combines adsorption of organics with carbon provision for denitrification, improving TN in influents with low C/N ratios; it also

buffers load shocks thanks to its high specific surface area (El Barkaoui et al., 2023; Panghal et al., 2024). For phosphorus, steel slag and laterite offer sustained sorption/precipitation capacity (Ca–P; Fe/Al–P), achieving efficiencies that far exceed gravel (Zhang et al., 2022; Jethwa et al., 2017). Nevertheless, slag elevates pH and can inhibit nitrification if used alone; hence the recommendation to blend it with neutral aggregates and maintain vegetation that moderates the microenvironment (Zhang et al., 2022). Volcanic rock/pumice provides a porous structure, high surface area, and roughness that promote microbial colonization and solids retention, yielding consistent improvements in COD and NH_4^+ relative to smoother aggregates (de Rozari et al., 2021).

From an engineering standpoint, three practical messages emerge. First, a modular/stratified design maximizes synergies: layers of slag/laterite at the inlet for TP, followed by a vertical-flow (VF) bed with sand+gravel (intermittent aeration) for nitrification, and a zone with biochar for denitrification and COD polishing; this spatial logic avoids antagonisms (e.g., high slag pH impacting nitrifying microflora). Second, HRT should be tuned to the limiting contaminant: 1–3 days are usually sufficient for BOD/N in well-aerated VF systems, whereas ≥5 days allow one to exploit the saturable capacity of media for TP (Weber & Drizo, 2021). Third, operational risks must be managed: (i) clogging with very fine grain sizes (fine laterite/pumice or unwashed biochar), mitigated by stratification and prefiltration; (ii) saturation of reactive capacity (for TP), which requires periodic monitoring and partial replacement; and (iii) alkalinity with slag, addressable through blending and media maturation (Zhang et al., 2022; Weber & Drizo, 2021).

These findings align with the Scopus bibliometrics (Wang et al., 2024): the research community is converging on reactive/valorized substrates and hybrid configurations, with growing attention to emerging contaminants. Future research is trending toward functionalized media (e.g., Fe/Al/Ca-doped biochar, granular iron sulfide) that enable simultaneous N and P removal and, in parallel, recovery of P as a resource.

Conclusions

Substrate selection is a design lever as influential as HRT or flow type, determining the overall efficiency of subsurface constructed wetlands (HCS). (2) Gravel/sand ensure robustness for BOD/COD removal but require amendments if the goal is TP reduction. (3) Zeolite and biochar enhance NH_4^+/TN removal through complementary mechanisms, while steel slag and laterite maximize TP with proper pH and clogging management. (4) Blends (gravel+zeolite; gravel+biochar; gravel+sand in VF) allow tuning of the system to the limiting contaminant. (5) The bibliometric trend confirms the shift toward reactive and valorized media, consistent with efficiency and cost–benefit goals in rural and peri-urban sanitation.

References

Abedi, T., & Mojiri, A. (2019). Constructed wetland modified by biochar/zeolite addition for enhanced wastewater treatment. *Environmental Technology & Innovation, 16*, 100472. https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100472

El Barkaoui, S., et al. (2023). A critical review on using biochar as constructed wetland substrate/additive. *Ecological Engineering, 190*, 106927. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106927

de Rozari, P., et al. (2021). The use of pumice amended with sand media in vertical flow constructed wetlands for domestic wastewater. *Heliyon, 7*(7), e07562. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07562

García, J., Rousseau, D. P. L., Morató, J., Lesage, E., Matamoros, V., & Bayona, J. M. (2010). Contaminant removal processes in subsurface-flow constructed wetlands: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 40*(7), 561–661. https://doi.org/10.1080/10643380802471076

He, H., Duan, Z., Wang, Z., & Yue, B. (2017). Removal efficiency of CWs filled with zeolite–slag hybrid substrate for rural leachate. *Environmental Science and Pollution Research, 24*(21), 17547–17555. https://doi.org/10.1007/s11356-017-9471-2

Jethwa, K., et al. (2017). Phosphorus retention in lateritic soil constructed wetlands (lab scale). In *World Environmental and Water Resources Congress 2017* (pp. 216–226). https://doi.org/10.1061/9780784482025.025

Kadlec, R. H., & Wallace, S. (2009). *Treatment Wetlands* (2nd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420012514

Langergraber, G. (2013). Are constructed treatment wetlands sustainable sanitation solutions? *Water Science and Technology, 67*(10), 2133–2140. https://doi.org/10.2166/wst.2013.093

Page, M. J., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Panghal, V., Singh, A., Arora, D., & Kumar, S. (2024). Biochar-modified constructed wetlands using *Eclipta alba*. *Environmental Science and Pollution Research, 31*(11), 17299–17310. https://doi.org/10.1007/s11356-024-32144-0

Vymazal, J. (2018). Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water, 10*(9), 1068. https://doi.org/10.3390/w10091068

Wang, Y., Chen, Y., Lu, S., & Guo, X. (2024). Development and trends of constructed wetland substrates (CiteSpace). *Environmental Science and Pollution Research, 31*(10), 14537–14552. https://doi.org/10.1007/s11356-024-32139-x

Weber, P. A., & Drizo, A. (2021). Phosphorus removal by engineered media in constructed wetlands: A review. *Journal of Environmental Management, 287*, 112322. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112322

Wu, H., et al. (2015). A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: design and operation. *Bioresource Technology, 175*, 594–601. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.068

Zhang, J., Zou, Y., Yu, X., Ding, S., Yan, J., & Min, Y. (2022). Vegetated steel-slag substrate CWs achieve simultaneous N and P removal. *Frontiers in Environmental Science, 10*, 947783. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.947783

Análisis comparativo de la liberación de microplásticos en simulaciones de uso real en recipientes desechables de poliestireno

Comparative analysis of microplastic release under real-use simulations in disposable polystyrene containers

David Portillo[1], Mishell. E Cabrera[2], Bryan G. Valencia[3], Pedro Daniel Cadena Nogales[4]

1 Grupo de investigación de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0005-7089-4462

2 Grupo de investigación de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0007-0756-1897

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-5970-4964

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena. https://orcid.org/0000-0002-9726-8972

Autor de correspondencia: mishell.cabrera@est.ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e12

Resumen

El poliestireno es un potencial carcinogénico cuando es ingerido; sin embargo, los recipientes en los que se transportan y consumen alimentos son de poliestireno. El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la liberación de microplásticos (MPs) empleando dos tratamientos: durante el transporte de alimentos y cuando se consume alimentos del recipiente que implica daños mecánicos producidos por utensilios de plástico. Se analizaron veinte envases nuevos de poliestireno (n =10 por tratamiento). En el primer grupo se lavaron los recipientes y se filtró el agua, mientras que en el segundo se empleó gelatina simulando alimentos sólidos y se aplicaron cortes y pinzados por tres minutos. Los resultados mostraron liberaciones promedio de 25,4 ± 9,3 MPs en el transporte y 72,7 ± 29,1 MPs durante el consumo, con diferencias significativas (H = 15,42; p= 0,0015). El poliestireno libera MPs incluso sin manipulación y el daño mecánico triplica su emisión, cuestionando su seguridad para usos alimentario y su sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: Envases desechables para alimentos; Liberación de partículas; Microplásticos; Poliestireno expandido.

Abstract

Polystyrene is considered a potential carcinogenic material when ingested; however, food containers used for transporting and consuming food are commonly made from polystyrene. The objective of this study was to evaluate and compare microplastic (MP) release under two scenarios: food transportation and food consumption involving mechanical damage caused by plastic utensils. Twenty new polystyrene containers were analyzed (n = 10 per treatment). In the first treatment, the containers were washed and the resulting water was filtered, whereas in the second treatment, gelatin was used to simulate solid food and cutting and pinching actions were applied for three minutes. The results showed mean releases of 25.4 ± 9.3 MPs during transportation and 72.7 ± 29.1 MPs during consumption, with significant differences between treatments ($H = 15.42$; $p = 0.0015$). Polystyrene releases MPs even without manipulation, and mechanical damage increases their emission by approximately threefold, raising concerns about its safety for food-related applications and its environmental sustainability.

Keywords: Disposable food containers; particle release; microplastics; expanded polystyrene.

Introducción

En las últimas dos décadas, la contaminación por microplásticos (MPs) ha pasado de ser un tema emergente a constituir una prioridad global en los ámbitos científico, regulatorio y de salud pública. Definidos como partículas plásticas menores de 5 mm, los MPs se generan tanto por la degradación de residuos como por procesos industriales y han sido detectados en agua potable, aire, tejidos animales, órganos humanos y ecosistemas de agua dulce, como ríos urbanos y lagos (Leslie et al., 2022; Thompson et al., 2024).

Un vector de exposición poco estudiado, pero altamente frecuente, es el uso de envases plásticos desechables, especialmente aquellos elaborados con poliestireno expandido (PS). Este material, ampliamente utilizado en la industria alimentaria por su bajo costo y capacidad aislante, puede liberar partículas plásticas al entrar en contacto con los alimentos, sobre todo bajo condiciones de estrés térmico o mecánico (cortes, raspados o perforaciones; Du et al., 2020). Estos procesos de liberación, a menudo subestimados por la falta de regulación específica, representan un riesgo directo para la salud humana (Thompson et al., 2024).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo comparar la liberación de microplásticos a partir de envases de poliestireno bajo dos condiciones experimentales: (i) transporte de alimentos sin daño mecánico y (ii) consumo directo desde el envase, con

acciones que implican cortes y perforaciones mediante utensilios plásticos. Este trabajo busca determinar la magnitud de la liberación de microplásticos en envases alimentarios desechables de poliestireno. Los resultados pueden servir como referencia para fortalecer las regulaciones sobre inocuidad alimentaria vinculadas al uso de envases plásticos en la cadena de suministro de alimentos.

Metodología

Se seleccionaron veinte envases alimentarios desechables de poliestireno expandido, divididos en dos tratamientos (n = 10). Todos los envases presentaron tamaño, espesor y color uniformes. El área de cada envase fue de 234 cm^2 (18 cm × 13 cm), lo que aseguró una superficie de contacto plástico–alimento similar en todas las condiciones experimentales (Liu et al., 2021).

En el tratamiento (i) se simuló el uso de los recipientes únicamente para el transporte de alimentos, evitando cualquier tipo de estrés mecánico. En el tratamiento (ii) se simuló el consumo directo desde el recipiente, generando estrés mecánico mediante el uso de una mezcla de gelatina como sustituto alimenticio por su similitud con comidas sólidas y su facilidad de filtración. Diez recipientes con gelatina fueron asignados aleatoriamente a tres participantes, quienes realizaron acciones de pinchar, cortar y raspar durante tres minutos, emulando prácticas comunes de consumo. La duración se limitó a tres minutos, considerando que el consumo real suele oscilar entre cinco y diez minutos. Tras la manipulación, la gelatina se disolvió a baja temperatura en un agitador orbital durante aproximadamente ocho minutos. La solución recuperada se filtró posteriormente para cuantificar las partículas de microplásticos liberadas en ambos tratamientos.

Filtración y análisis microscópico

Las soluciones derivadas de ambos tratamientos se filtraron mediante filtros de membranas de nitrato de celulosa de 0,75 µm. Los filtros se secaron a 60 °C durante quince minutos bajo condiciones controladas. Posteriormente, las partículas de microplásticos fueron identificadas y cuantificadas manualmente mediante un microscopio estereoscópico, caracterizándolas morfológicamente según su forma, color y longitud, conforme a protocolos estandarizados. Las mediciones de longitud se obtuvieron mediante análisis de imágenes calibradas con el software ImageJ.

Control de contaminación

Para descartar contaminación externa por microplásticos y garantizar la validez de los

resultados, los experimentos se realizaron en un ambiente controlado, utilizando equipos de protección libres de fibras sintéticas. Se colocaron cajas Petri con filtros como controles de contaminación aérea en cada tratamiento. Las partículas detectadas en estos controles se descontaron del conteo final, con el fin de excluir cualquier contaminación generada durante la preparación y cuantificación de microplásticos.

Resultados y discusión

El análisis cuantitativo reveló un total de 981 partículas de microplásticos (MPs) liberadas por los recipientes de poliestireno. En el escenario de transporte sin interacción mecánica se identificaron 254 partículas (media = 25,4 ± 9,3), mientras que en el consumo directo con manipulación mecánica se registraron 727 partículas (media = 72,7 ± 29,1), lo que representa un incremento de casi tres veces respecto al primer tratamiento. La prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis confirmó diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos ($H = 15,42$; $p = 0,0015$). Los controles de contaminación mostraron valores mínimos (6 y 9 partículas), lo que sugiere que la mayoría de los MPs provinieron directamente de los recipientes.

Estos resultados evidencian que el estrés mecánico generado durante el consumo directo (corte, perforación y raspado con utensilios) es un factor determinante en la liberación de microplásticos. Este hallazgo concuerda con estudios previos que destacan la fragilidad estructural del poliestireno y su susceptibilidad a fragmentarse ante el daño físico (Du et al., 2020), así como con investigaciones que documentan un incremento de MPs bajo condiciones de agitación y calor (Zhou et al., 2023).

La longitud media de las partículas (1532 µm) resulta relevante desde una perspectiva toxicológica, ya que las partículas pequeñas pueden atravesar barreras biológicas y acumularse en órganos humanos. Este resultado coincide con reportes de MPs en sangre, pulmones y placenta (Leslie et al., 2022; Chi et al., 2025), así como con los efectos inmunológicos y metabólicos descritos en exposiciones crónicas (Luo et al., 2025).

En conjunto, los datos obtenidos confirman que el consumo directo en recipientes de poliestireno incrementa significativamente el riesgo de exposición a microplásticos. Este hallazgo resalta la necesidad de revisar las regulaciones sobre envases plásticos de un solo uso (Thompson et al., 2024) y de promover alternativas más seguras. Además, el estudio aporta evidencia empírica sobre un problema de salud pública frecuentemente subestimado, en concordancia con estimaciones que indican que una persona promedio puede ingerir decenas de miles de MPs al año a través de alimentos y bebidas (Jin et al., 2021).

Conclusiones

El estudio demostró que los recipientes de poliestireno liberan microplásticos durante el transporte de alimentos y que el consumo directo con utensilios casi triplica esta liberación. Dado que estas partículas pueden ser ingeridas y acumularse en órganos humanos, se resalta la urgencia de regular los envases plásticos de un solo uso, fomentar alternativas más seguras y concienciar a los consumidores sobre los riesgos asociados.

Referencias bibliográficas

Chi, J., Patterson, J., Jin, Y., Kim, K., Lalime, N., Hawley, D., Lewis, F., Li, L., Wang, X., Campen, M., Cui, J., & Gu, H. (2025), Metabolic Reprogramming in Gut Microbiota Exposed to Polystyrene Microplastics. *Biomedicines.* https://doi.org/10.3390/biomedicines13020446

Du, F., Cai, H., Zhang, Q., Chen, Q., & Shi, H. (2020).Microplastics in take-out food containers. *Journal of Hazardous Materials*, 339, 122969. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122969

Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., et al. (2022). *Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environment International*, 163, https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199

Luo, Q., Tan, H., Ye, Mao., Hea, E., Wang, P., Zhao, X., Shi, H., Lu, H. & Li, G. (2025). Microplastics as an emerging threat to human health: An overview of potential health impacts. *Journal of Environment Management. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125915*

Jin, M., Wand, X., Ren, T., Wang, J. & Shan, J. (2021). Microplastics contamination in food and beverages: Direct exposure to humans. *Journal of food science, 86(7),* 2816-2837.https://doi.org/10.1111/1750-3841.15802

Thompson, R. C., Courtene-Jones, W., Boucher, J., Pahl, S., Raubenheimer, K., & Koelmans, A. A. (2024). *Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned? Journal of Bio-X Research*, 386(6720). https://doi.org/10.1126/science.adl2746

Zhou, G., Wu, Q., Tang, P., Chen, C., Cheng, X., Wei, X-F., et al. (2023). How many microplastics do we ingest when using disposable drink cups? *Journal of Hazardous Materials*, 441, 129982. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129982

Simposio Construcción Sostenible, Bio-Hábitats y Biomateriales desde Ecosistemas Neotropicales

Introducción

El simposio Construcción Sostenible, Biohábitats y Biomateriales desde Ecosistemas Neotropicales se concibe como un espacio interdisciplinario dedicado a explorar soluciones constructivas innovadoras y culturalmente pertinentes que respondan a las características ambientales, sociales y biológicas de los ecosistemas tropicales. Frente a los desafíos globales relacionados con el cambio climático, la degradación ambiental y el crecimiento de los asentamientos humanos, surge la necesidad de arquitecturas regenerativas capaces de armonizar los sistemas constructivos con los ciclos ecológicos y la diversidad biocultural del neotrópico.

Las investigaciones presentadas en este simposio revelan una amplia gama de enfoques orientados a repensar los modos de habitar desde la sostenibilidad. Un eje central lo constituyen los saberes ancestrales y las prácticas locales, abordados mediante estudios que destacan el rol del conocimiento Shuar y de las tradiciones amazónicas en la conservación de palmas y en la construcción de biohábitats resilientes. Estos aportes evidencian cómo el patrimonio cultural puede guiar el diseño de soluciones arquitectónicas integradas con los sistemas de vida locales, incluyendo prácticas alimentarias y la organización comunitaria vinculada al territorio.

La innovación en tecnología constructiva y confort ambiental se refleja en investigaciones dedicadas al diseño de baños ecológicos comunitarios amazónicos, la seguridad de la avifauna frente a edificaciones con envolventes vidriadas y el análisis de la doble-cubierta como estrategia de regulación térmica en edificaciones de la Amazonía ecuatoriana. De forma complementaria, los estudios sobre eficiencia energética en edificios educativos y sobre sistemas de aislamiento térmico basados en especies vegetales introducidas muestran el potencial de la arquitectura bioclimática para reducir el impacto energético y mejorar el bienestar en contextos tropicales.

Otro conjunto de trabajos se centra en el desarrollo y caracterización de biomateriales,

destacándose la síntesis de materiales innovadores a partir de micelio de *Ganoderma lucidum*, la degradación de lignocelulosa mediante organismos constructores de nidos, y el potencial de residuos agroindustriales para la elaboración de materiales sostenibles. Estas investigaciones evidencian la importancia de los subproductos agrícolas y biológicos como insumos para infraestructuras ecoeficientes, alineadas con los principios de economía circular y bioinspiración.

El simposio también incluyó aportes desde la planificación territorial y la conservación, mediante estudios sobre co-producción de información socioambiental, modelamiento de amenazas a la biodiversidad y análisis de corredores ecológicos en zonas de amortiguamiento de áreas protegidas. Asimismo, se presentaron trabajos que emplean soluciones basadas en la naturaleza para mejorar el uso de espacios públicos urbanos en la Amazonía, orientados a promover ciudades más verdes, participativas y coherentes con el entorno ecológico.

Finalmente, investigaciones sobre la capacidad de materiales semiconductores para la degradación de contaminantes, así como la formulación de anteproyectos arquitectónicos comunitarios, refuerzan la visión integral del simposio: una arquitectura que no solo construye espacios, sino que repara, restaura y reconecta a las poblaciones con los ecosistemas que las sostienen.

En conjunto, los trabajos presentados posicionan a los ecosistemas neotropicales como verdaderos laboratorios vivos de experimentación, donde convergen la bioinspiración, los saberes locales, la tecnología y la sostenibilidad. Este simposio busca fortalecer redes de colaboración que impulsen un modelo de construcción regenerativa, capaz de ofrecer soluciones habitables, equitativas y ambientalmente responsables para el presente y el futuro.

Evaluación y propuesta de medidas de eficiencia energética en edificios educativos amazónicos: caso de estudio en la Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena

Evaluation and proposal of energy efficiency measures in amazonian educational buildings: a case study at Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena

Diego Herrera Riofrío[1], Mónica Mabel Dazzini Langdon[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: diego.herrera@ikiam.edu.ec

Resumen

Esta investigación aborda la problemática del consumo energético en los edificios educativos de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, Alto Tena, ubicada en la Amazonía ecuatoriana. El clima tropical húmedo de la región genera demandas significativas de climatización que actualmente se resuelven con sistemas convencionales de alto consumo energético, generando altos costos operativos y una considerable huella de carbono. La investigación propone evaluar el desempeño energético actual de las edificaciones universitarias y desarrollar estrategias de eficiencia energética adaptadas al contexto bioclimático amazónico, integrando saberes locales y tecnologías apropiadas. La metodología integra análisis cuantitativos y cualitativos mediante simulaciones energéticas dinámicas con software especializado, mediciones in situ de parámetros ambientales y una evaluación integral del confort térmico mediante encuestas estandarizadas aplicadas a la comunidad universitaria. Se examinan críticamente las características de la envolvente térmica, los sistemas de climatización y las oportunidades de implementación de estrategias pasivas de ventilación y asoleamiento. Los resultados preliminares identifican deficiencias significativas en el aislamiento térmico y oportunidades de mejora mediante la implementación de ventilación cruzada, protección solar avanzada y uso de materialidades locales de baja transmitancia térmica. Las propuestas de intervención priorizan soluciones pasivas de diseño bioclimático complementadas con sistemas activos de alta eficiencia, buscando optimizar la relación costo-beneficio y minimizar el impacto ambiental. El estudio demuestra la viabilidad técnica de implementar medidas de eficiencia energética que permitirían reducir sustancialmente el consumo energético institucional, al tiempo que establece pautas replicables para otras edificaciones educativas en contextos tropicales húmedos. La investigación contribuye al desarrollo de protocolos de diseño

arquitectónico sostenible adaptados a las condiciones específicas de la Amazonía ecuatoriana, promoviendo la resiliencia y la sostenibilidad en la edificación pública.

Abstract

This research addresses the issue of energy consumption in the educational buildings of Universidad Regional Amazónica Ikiam, located in Alto Tena, within the Ecuadorian Amazon. The region's humid tropical climate creates significant cooling demands that are currently met through conventional, high-energy-consumption systems, resulting in elevated operating costs and a considerable carbon footprint. The study aims to evaluate the current energy performance of university buildings and to develop energy efficiency strategies adapted to the Amazonian bioclimatic context, integrating local knowledge and appropriate technologies. The methodology combines quantitative and qualitative approaches through dynamic energy simulations using specialized software, on-site measurements of environmental parameters, and a comprehensive thermal comfort assessment based on standardized surveys conducted with the university community. The study critically examines the characteristics of the thermal envelope, air-conditioning systems, and the potential for implementing passive ventilation and solar control strategies.

Preliminary results reveal significant deficiencies in thermal insulation and identify opportunities for improvement through the implementation of cross ventilation, advanced solar shading, and the use of locally sourced materials with low thermal transmittance. The proposed interventions prioritize passive bioclimatic design solutions complemented by high-efficiency active systems, seeking to optimize cost-benefit ratios while minimizing environmental impact.The study demonstrates the technical feasibility of implementing energy efficiency measures that could substantially reduce institutional energy consumption, while establishing replicable guidelines for other educational buildings in humid tropical contexts. Furthermore, the research contributes to the development of sustainable architectural design protocols adapted to the specific conditions of the Ecuadorian Amazon, promoting resilience and sustainability in public construction.

Saberes ancestrales en el patrimonio alimentario de la Amazonía, un enfoque desde la arquitectura

Ancestral knowledge in the food heritage of the Amazon, an architectural perspective

Robinson Balcázar[1], Melissa Sánchez Ávila[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: robinson.balcazar@ikiam.edu.ec

Resumen

El trabajo examina la relación entre identidad cultural, simbolismo del espacio y patrimonio alimentario en contextos urbanos amazónicos, con el propósito de evidenciar cómo los saberes ancestrales fortalecen la construcción de espacios habitables sostenibles y resilientes desde la arquitectura. Un eje central es la chakra kichwa, sistema de policultivo ancestral revalorizado por políticas públicas como la ordenanza de la chakra en Tena, que no solo asegura seguridad alimentaria y generación de ingresos familiares, sino que también refuerza la identidad cultural y promueve la sostenibilidad. La integración de este patrimonio en mercados y espacios públicos, impulsada por colectivos como la Asociación de Mujeres Sinchi Tarbak Warmikuna, fomenta la circulación de productos, la soberanía alimentaria y la interculturalidad, alineándose con los ODS 1, 11 y 12 en territorios con altos índices de pobreza. La metodología se basó en un estudio de caso en Tena, Ecuador, mediante observación directa, análisis socioespacial y levantamiento gráfico de espacios de comercio informal, articulados con referentes teóricos sobre la memoria colectiva y apropiación comunitaria. Los resultados muestran que las prácticas de ocupación temporal de calles y plazas, aún en condiciones de informalidad, constituyen dinámicas de cohesión social y transmisión de saberes, donde la chakra se resignifica como un elemento simbólico que conecta producción agrícola, comercio y arquitectura. Se concluye que reconocer el valor simbólico de la chakra y su incorporación en la planificación urbana son esenciales para consolidar una arquitectura regenerativa en los neotrópicos, entendiendo a los ecosistemas amazónicos como laboratorios vivos que articulan innovación tecnológica, economía circular y bioinspiración en soluciones constructivas sostenibles coherentes con la biodiversidad y los ciclos ecológicos.

Abstract

This work examines the relationship between cultural identity, spatial symbolism, and food heritage in Amazonian urban contexts, aiming to demonstrate how ancestral knowledge strengthens the creation of sustainable and resilient living spaces through architecture. A central focus is the Kichwa chakra, an ancestral polyculture system revalorized through public policies, such as the chakra ordinance in Tena, which not only ensures food security and generates family income but also reinforces cultural identity and promotes sustainability. The integration of this heritage into markets and public spaces, promoted by collectives such as the Asociación de Mujeres Sinchi Tarbak Warmikuna, encourages the circulation of products, food sovereignty, and interculturality, aligning with SDGs 1, 11, and 12 in territories with high poverty rates. The methodology was based on a case study in Tena, Ecuador, using direct observation, socio-spatial analysis, and graphic mapping of informal trading spaces, articulated with theoretical references on collective memory and community appropriation. The results show that temporary occupation of streets and plazas, even under informal conditions, constitutes dynamics of social cohesion and knowledge transmission, where the chakra is re-signified as a symbolic element connecting agricultural production, commerce, and architecture. It is concluded that recognizing the symbolic value of the chakra and its incorporation into urban planning are essential to consolidating regenerative architecture in the Neotropics, understanding Amazonian ecosystems as living laboratories that integrate technological innovation, circular economy, and bio-inspired solutions for sustainable construction coherent with biodiversity and ecological cycles.

¿Las propiedades físicas de los semiconductores BixOyIz influyen en su capacidad fotocatalítica? Análisis del potencial fotocatalítico de tres tipos diferentes de estructuras BixOyIz para la degradación de propilparabeno

Do the physical properties of BixOyIz semiconductors influence their photocatalytic capacity? Analysis of the photocatalytic potential of three different BixOyIz structures for propylparaben degradation

Vicente Quezada[1], Luis Miguel Quishpe Quishpe[1], Michael Zuarez Chamba[2], Leonardo Francisco Proaño Rhon[1], Maria Jose Auquilla Villamagua[1], Karla Vizuete[3], Alexis Debut[3], Miguel Herrera Robledo[4]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

2 Universidad Nacional de San Martín

3 Universidad de las Fuerzas Armadas

4 Universidad Yachay Tech

Autor de correspondencia: vicente.quezada@ikiam.edu.ec

Resumen

El inquietante incremento en la concentración de contaminantes orgánicos emergentes usados comúnmente en actividades cotidianas, son un riesgo inminente para la salud y bienestar humano. En respuesta, varios métodos de tratamiento y purificación de agua se han ido mejorando con el tiempo, siendo el uso de materiales semiconductores un método de pretratamiento y degradación de contaminantes emergente prometedor y dinámico. En ese contexto, es importante conocer los factores físicos idóneos para que estos materiales semiconductores muestren un buen rendimiento fotocatalítico. Para evaluar y entender como influencia los tipos de estructuras de semiconductores BixOyIz en su rendimiento fotocatalítico, se sintetizaron tres semiconductores por medio de síntesis hidrotermal-alcalinización, hidrotermal-calcinación, y solvotermal-calcinación. En dónde, se obtuvo microbarras nanocompuestas mono dimensionales (1D), nanoplatos bidimensionales (2D), y microesfereas tridimensionales nanocompuestas (3D). Los materiales obtenidos fueron caracterizados usando técnicas de microscopía como Espectroscopía Electrónica de Barrido (SEM), acoplado a un detector EDS, análisis de isotermas por la técnica Brunauer-

Emmett-Teller (BET), y por último Difracción de Rayos X (XRD). Los resultados obtenidos demostraron una alta eficiencia (cercana al 97%) para las microbarras y microesferas sintetizadas para la degradación fotocatalítica de propilparabeno. En contraste, los nanoplatos no evidenciaron una eficiencia comparable, lo cual se atribuye a la presencia exclusiva de la única fase cristalina presente en los nanoplatos ($Bi_4O_5I_2$), a diferencia de las fases mixtas ($Bi_4O_5I_2$ y Bi_5O_7I) observadas en las microesferas y microbarras. Asimismo, parámetros estructurales como el tamaño de cristalito, el área superficial específica y el volumen de poro determinados en los nanoplatos influyeron de manera significativa en la disminución de su rendimiento fotocatalítico. Esto demuestra que, las características físicas (tipo de estructura sintetizada) y cristalográficas de los materiales BixOyIz sintetizados, influencian su capacidad fotocatalítica para degradar propilparabeno.

Abstract

The alarming increase in the concentration of emerging organic contaminants commonly used in daily activities poses an imminent risk to human health and well-being. In response, various water treatment and purification methods have been progressively improved, with the use of semiconductor materials emerging as a promising and dynamic method for pre-treatment and degradation of these contaminants. In this context, it is important to understand the physical factors that allow these semiconductor materials to exhibit optimal photocatalytic performance. To evaluate and understand how different BixOyIz semiconductor structures influence their photocatalytic performance, three semiconductors were synthesized using hydrothermal-alkalinization, hydrothermal-calcination, and solvothermal-calcination methods. These procedures produced one-dimensional (1D) nanocomposite microbars, two-dimensional (2D) nanoplatelets, and three-dimensional (3D) nanocomposite microspheres. The resulting materials were characterized using microscopy and spectroscopy techniques, including Scanning Electron Microscopy (SEM) coupled with an EDS detector, Brunauer–Emmett–Teller (BET) isotherm analysis, and X-ray Diffraction (XRD). The results demonstrated high efficiency (close to 97%) for the microbars and microspheres in the photocatalytic degradation of propylparaben. In contrast, the nanoplatelets did not exhibit comparable efficiency, which is attributed to the presence of a single crystalline phase ($Bi_4O_5I_2$), unlike the mixed phases ($Bi_4O_5I_2$ and Bi_5O_7I) observed in the microbars and microspheres. Additionally, structural parameters such as crystallite size, specific surface area, and pore volume in the nanoplatelets may have significantly influenced their reduced photocatalytic performance. These findings demonstrate that the physical (synthesized structure type) and crystallographic characteristics of the BixOyIz materials significantly influence their photocatalytic capacity for degradation.

Ingeniería de Biomateriales innovadores a partir de micelio *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst.

Engineering innovative biomaterials from the mycelium of Ganoderma lucidum *(Curtis) P. Karst.*

Kevin Javier Altamirano Cabay[1], Angela Sofía Ortiz Bastidas[2]

1 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

2 Universidad Estatal de Milagro

Resumen

La presente investigación se evaluó la capacidad de los residuos lignocelulósicos como *Hordeum vulgare* L., *Tibouchina lepidota* (Bonpl.) Baill., *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. y *Saccharum officinarum* L. para la fabricación de biomateriales a partir de micelio *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. mediante la técnica de fermentación en estado sólido. Se aplicó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones para cada tratamiento, evaluando variables como: tiempo de colonización, rendimiento de biomasa seca, dureza, resistencia máxima a la compresión, deformación, fuerza y presión. *Hordeum vulgare* L. registró rendimientos mayores de biomasa seca (68,92%) después de 30 días de colonización, coincidiendo que residuos con bajo contenido de lignina y alto contenido de polisacáridos simples favorecen la producción y desarrollo de la biomasa fúngica. Además, sus propiedades físico-mecánicas registraron valores máximos de resistencia a la compresión (697,06 kgf), presión (227,94 KPa) y dureza (26,5 HR), directamente determinadas por la composición 60–70 % de celulosa, 15–20 % de lignina y 5–15 % de hemicelulosa cual favoreció la velocidad de colonización, mayor rigidez y cohesión estructural a la red hifal. Así mismo, se comparó las propiedades físico-mecánicas y la biodegradabilidad de los biomateriales obtenidos respecto a materiales convencionales con revisión de estudios científicos coincidiendo que son aptos para aplicaciones en aislamientos térmicos o acústicos. Finalmente, su análisis estadístico evidenció diferencias notables para el tiempo de colonización: $p \approx 0{,}0039$, el rendimiento de la biomasa seca $p \approx 0{,}0118$ y dureza $p \approx 0{,}0039$, a diferencia de las propiedades físicas-mecánicas registró valores mayores a su significancia de 0,05, respaldando que, por su composición con compuestos fenólicos, flavonoides y taninos de los sustratos inhiben directamente el crecimiento y compactación del biomaterial. Los biomateriales demostraron ser opciones sostenibles a los polímeros artificiales, resaltando por su capacidad de biodegradarse y método de producción.

Abstract

This research evaluated the capacity of lignocellulosic residues *Hordeum vulgare* L., *Tibouchina lepidota* (Bonpl.) Baill., *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud., and *Saccharum officinarum* L. to manufacture biomaterials from the mycelium of *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. using solid-state fermentation. A completely randomized design with five replicates per treatment was applied, assessing variables such as colonization time, dry biomass yield, hardness, maximum compressive strength, deformation, force, and pressure. *Hordeum vulgare* L. recorded higher dry biomass yields (68.92%) after 30 days of colonization, consistent with the notion that residues with low lignin and high simple polysaccharide content favor fungal biomass production and development. Moreover, its physico-mechanical properties reached maximum values for compressive strength (697.06 kgf), pressure (227.94 kPa), and hardness (26.5 HR), directly determined by a composition of 60–70% cellulose, 15–20% lignin, and 5–15% hemicellulose, which favored colonization rate, greater rigidity, and structural cohesion of the hyphal network. Likewise, the physico-mechanical properties and biodegradability of the resulting biomaterials were compared against conventional materials through a review of scientific studies, converging on their suitability for thermal or acoustic insulation applications. Finally, statistical analysis showed notable differences for colonization time ($p \approx 0.0039$), dry biomass yield ($p \approx 0.0118$), and hardness ($p \approx 0.0039$), while the remaining physico-mechanical properties yielded p-values above 0.05, supporting that phenolic compounds, flavonoids, and tannins in the substrates directly inhibit growth and compaction of the biomaterial. The biomaterials proved to be sustainable alternatives to synthetic polymers, standing out for their biodegradability and production method.

Anteproyecto arquitectónico de un centro comunitario agrícola que abarque espacios para sistemas productivos, económicos y sociales de la comunidad Las Nieves del Cantón Shushufindi

Preliminary architectural design for a community agricultural center encompassing spaces for the productive, economic, and social systems of the Las Nieves community in Shushufindi Canton

Kengy Naranjo[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: kengy.naranjo@est.ikiam.edu.ec

Resumen

El anteproyecto arquitectónico del Centro Comunitario Agrícola "Las Nieves" en el cantón Shushufindi aborda la necesidad de infraestructura adecuada para la comunidad agrícola de Las Nieves, que actualmente carece de espacios apropiados para reuniones, talleres y capacitaciones. La comunidad, ubicada en la Amazonía ecuatoriana, se dedica principalmente a la agricultura, piscicultura y ganadería, pero enfrenta limitaciones debido a la falta de instalaciones adecuadas. Este proyecto busca proporcionar un espacio donde los agricultores puedan aprender y aplicar nuevas técnicas agrícolas, promoviendo la sostenibilidad y el desarrollo económico de la zona. La metodología utilizada en este anteproyecto incluye una investigación aplicada y documental, dividida en tres fases. La primera etapa establece el contexto social y productivo de la comunidad Las Nieves, a través de la revisión de documentos del GAD y PDOT, la observación en el lugar y las entrevistas con actores sociales y técnicos del MAGAP. La segunda etapa recolecta datos de modelos arquitectónicos nacionales e internacionales en áreas tropicales, tomando en cuenta elementos de diseño y tácticas bioclimáticas pasivas. La tercera etapa utiliza estos datos en la construcción del Centro Comunitario Agrícola, argumentando su importancia y su capacidad de adaptación a las demandas de la comunidad. Dentro de las conclusiones del anteproyecto se destaca que el Centro Comunitario Agrícola Las Nieves no solo impactará positivamente en el ámbito económico, sino también en el social, al proporcionar un espacio para capacitaciones y actividades comunitarias. El diseño funcional y sostenible del centro, que incluye estrategias bioclimáticas pasivas y el uso de materiales locales como el ladrillo, busca ser un referente de desarrollo rural sostenible en la provincia de Sucumbíos. Se recomienda realizar estudios

de suelo y de impacto ambiental, así como gestionar financiamiento para la construcción del proyecto, garantizando su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

Abstract

The architectural preliminary design of the "Las Nieves" Community Agricultural Center in Shushufindi Canton addresses the need for adequate infrastructure for the agricultural community of Las Nieves, which currently lacks appropriate spaces for meetings, workshops, and training. Located in the Ecuadorian Amazon, the community is primarily engaged in agriculture, aquaculture, and livestock, yet faces constraints due to the absence of suitable facilities. This project seeks to provide a space where farmers can learn and apply new agricultural techniques, promoting sustainability and the area's economic development. The methodology employed in this preliminary design includes applied and documentary research, divided into three phases. The first stage establishes the social and productive context of the Las Nieves community through a review of GAD and PDOT documents, on-site observation, and interviews with social stakeholders and MAGAP technicians. The second stage gathers data from national and international architectural models in tropical areas, taking into account design elements and passive bioclimatic strategies. The third stage uses these data in the construction proposal for the Community Agricultural Center, arguing its importance and its capacity to adapt to community demands. The conclusions highlight that the Las Nieves Community Agricultural Center will have a positive impact not only economically but also socially, by providing a space for training and community activities. The center's functional and sustainable design, which includes passive bioclimatic strategies and the use of local materials such as brick, aims to serve as a benchmark for sustainable rural development in Sucumbíos Province. It is recommended to conduct soil and environmental impact studies and to secure financing for the project's construction, ensuring its long-term feasibility and sustainability.

Sistema de aislamiento térmico mediante el uso de especies vegetales introducidas

Thermal insulation system using introduced plant species

Nestor Emmanuel Mendoza Zambrano[1], Pedro Borja[1], Enríquez Pavel[1], Jadira Larrea[1]

1 Autor Independiente

Autor de correspondencia: nmendoza1291@gmail.com

Resumen

El Sistema de aislamiento térmico mediante el uso de especies vegetales introducidas, se desarrolla en el Reto de Innovación, como parte de la convocatoria del Living Lab para la de Edificaciones existentes en el Insular de Ecuador. El prototipo es un sistema constructivo que se implementa en el contexto de las islas Galápagos, en la isla de Puerto Ayora donde la especie introducida de la mora (Rubus niveus) predomina. El objetivo del panel modular es reducir la radiación térmica en las construcciones vigentes, mejorando así la incidencia en las cubiertas a través de una solución colocada bajo el techo, al incorporar estrategias bioclimáticas. Mediante Metodología aplicada y un proceso participativo de la comunidad, en toda la cadena de valor, al trabajar la fibra vegetal. Esta evaluación se apoya en La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para la disminución del aislamiento y reflectividad del techo impactos socioeconómicos. En fin de subrayar el potencial de replicabilidad de esta técnica, el aprendizaje colectivo sobre materiales locales y la importancia de enfrentar resistencias sociales a favor de soluciones sostenibles. Este prototipo representa una aportación interdisciplinaria al Diseño arquitectónico climático en contextos insulares del ecuador.

Abstract

The thermal insulation system through the use of introduced plant species is developed within the Innovation Challenge, as part of the Living Lab call for existing buildings in the Insular region of Ecuador. The prototype is a construction system implemented in the context of the Galápagos Islands, on Puerto Ayora Island where the introduced blackberry species (Rubus niveus) predominates. The objective of the modular panel is to reduce thermal radiation in existing constructions, thus improving the incidence on the roofs through a solution placed under the roof by incorporating bioclimatic strategies. Through applied methodology and a participatory community process throughout the value chain, working with the plant fiber. This evaluation is supported by the Ecuadorian Construction Standard (NEC) for the reduction of roof insulation and reflectivity socioeconomic impacts. Ultimately, it highlights the potential replicability of this technique, the collective learning about local materials, and the importance of addressing social resistance in favor of sustainable solutions. This prototype represents an interdisciplinary contribution to climatic architectural design in insular contexts of Ecuador.

Planificación participativa en territorios neotropicales: co-producción de información socioambiental y económica para la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas

Participatory planning in neotropical territories: co-production of socio-environmental and economic information for the buffer zone of the Colonso Chalupas Biological Reserve

Noemí Verónica López Pazmiño[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: noemi.lopez@ikiam.edu.ec

Resumen

Los ecosistemas neotropicales enfrentan amenazas significativas derivadas de las actividades humanas, y la pérdida y fragmentación del hábitat. En la amazonía ecuatoriana, el proceso de urbanización y la rápida expansión de las ciudades vinculados a la falta de planificación urbana y territorial, están generando fuertes focos de presión humana sobre estos ecosistemas, y en muchos casos sobre áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento. Espacios altamente sensibles, como la reserva Biológica Colonso Chalupas (RBCC) en su borde oriental y su zona de amortiguamiento (ZA), están soportando fuertes presiones antrópicas, a pesar de su rol fundamental para garantizar el acceso al agua potable de los habitantes del Tena y Archidona, el control de inundaciones en la cuenca baja, y su aporte con varios servicios ecosistémicos para comunidades rurales y urbanas. Esta problemática se intensifica, considerando que la ZA de la RBCC todavía no ha sido formalmente definida. En este sentido, el proyecto Análisis multidimensional de la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas: Insumos para el manejo sostenible del Territorio, a través de varios talleres con metodologías participativas con las comunidades que se encuentran en la ZA, levantó información socioeconómica y ambiental, la cual dio a conocer actores claves, problemáticas y oportunidades que permitan delinear estrategias de desarrollo sostenible alineadas a la sostenibilidad social, económica y ambiental de la ZA, con lógicas de planificación y gobernanza territorial. Dentro de los hallazgos de este estudio, destacan la deficiencia de servicios básicos, la contaminación de las fuentes de agua y la dependencia de los recursos naturales en la economía local. Además, resalta la necesidad de la implementación de un plan de manejo sostenible en la ZA de la RBCC que disminuya la presión ejercida sobre el área

protegida y que genere oportunidades de desarrollo sostenible a las comunidades de la zona.

Abstract

Neotropical ecosystems face significant threats stemming from human activities and habitat loss and fragmentation. In the Ecuadorian Amazon, urbanization and the rapid expansion of cities coupled with a lack of urban and territorial planning are generating intense human pressures on these ecosystems and, in many cases, on protected areas and their buffer zones. Highly sensitive spaces, such as the eastern margin of the Colonso Chalupas Biological Reserve (RBCC) and its buffer zone (BZ), are under strong anthropogenic pressure despite their fundamental role in ensuring access to potable water for the inhabitants of Tena and Archidona, controlling floods in the lower basin, and providing multiple ecosystem services to rural and urban communities. This problem is compounded by the fact that the RBCC's BZ has not yet been formally defined. In this context, the project "Multidimensional analysis of the buffer zone of the Colonso Chalupas Biological Reserve: Inputs for sustainable territorial management," through a series of participatory-method workshops with communities located in the BZ, gathered socioeconomic and environmental information that revealed key stakeholders, problems, and opportunities to outline sustainable development strategies aligned with the social, economic, and environmental sustainability of the BZ, following principles of territorial planning and governance. Among the study's findings are deficiencies in basic services, contamination of water sources, and the local economy's dependence on natural resources. It also highlights the need to implement a sustainable management plan for the RBCC's BZ that reduces pressure on the protected area and generates sustainable development opportunities for the zone's communities.

Modelamiento de las amenazas sobre la biodiversidad y corredores de conectividad estructural del paisaje para la planificación de la conservación en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas

Modeling threats to biodiversity and structural landscape connectivity corridors for conservation planning in the buffer zone of the Colonso Chalupas Biological Reserve

Pablo Esteban Meneses Játiva[1]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam

Autor de correspondencia: pablo.meneses@ikiam.edu.ec

Resumen

Las zonas de amortiguamiento (ZA) cumplen un rol esencial en la conservación de la biodiversidad al mitigar presiones antrópicas y facilitar la conectividad ecológica entre áreas protegidas y los ecosistemas aledaños sin estatus de protección. En la Amazonía ecuatoriana, estas zonas enfrentan crecientes presiones asociadas a la deforestación, la expansión agropecuaria, el turismo y la minería. En este contexto, este estudio modela la distribución espacial de las amenazas sobre la biodiversidad y la idoneidad estructural del paisaje para el establecimiento de corredores de conectividad en la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas. La metodología combinó talleres participativos con actores locales, análisis multicriterio mediante el Proceso de Análisis Jerárquico Ponderado (AHP), sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica. Se identificaron y modelaron ocho amenazas para la biodiversidad distribuidas en el borde oriental del área protegida y se evaluó la idoneidad del paisaje para el establecimiento de corredores de conectividad estructural entre la Reserva Biológica Colonso Chalupas y los bosques del campus de la Universidad Regional Amazónica Ikiam (URAI). Los resultados muestran una distribución espacial no aleatoria de las amenazas, con cinco núcleos principales de presión humana relacionados con la minería, la deforestación y la accesibilidad vial. El modelo de idoneidad identificó la presencia de condiciones favorables para el establecimiento de corredores de conectividad estructural, destacando dos rutas estratégicas que conectan la RBCC con los bosques de URAI. Este estudio resalta la necesidad de integrar la ZA-RBCC en la planificación territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, con la finalidad de incorporar políticas

públicas que garanticen a largo plazo la conservación de los ecosistemas protegidos y el flujo de especies entre la RBCCC y los remanentes de bosque localizados en su zona de amortiguamiento.

Abstract

Buffer zones (BZ) play an essential role in biodiversity conservation by mitigating anthropogenic pressures and facilitating ecological connectivity between protected areas and adjacent ecosystems without protection status. In the Ecuadorian Amazon, these zones face increasing pressures associated with deforestation, agricultural expansion, tourism, and mining. In this context, this study models the spatial distribution of threats to biodiversity and the structural suitability of the landscape for establishing connectivity corridors in the buffer zone of the Colonso Chalupas Biological Reserve. The methodology combined participatory workshops with local stakeholders, multicriteria analysis using the Analytic Hierarchy Process (AHP), remote sensing, and Geographic Information Systems. Eight threats to biodiversity distributed along the eastern edge of the protected area were identified and modeled, and landscape suitability for establishing structural connectivity corridors between the Colonso Chalupas Biological Reserve and the forests of the Universidad Regional Amazónica Ikiam (URAI) campus was evaluated. The results show a non-random spatial distribution of threats, with five main nuclei of human pressure related to mining, deforestation, and road accessibility. The suitability model identified favorable conditions for establishing structural connectivity corridors, highlighting two strategic routes that connect the RBCC with URAI forests. This study underscores the need to integrate the RBCC buffer zone into the territorial planning of Decentralized Autonomous Governments in order to incorporate public policies that, over the long term, ensure the conservation of protected ecosystems and the flow of species between the RBCC and forest remnants located within its buffer zone.

Innovación y sostenibilidad en baños ecológicos comunitarios amazónicos: integración de tecnologías contemporáneas y materiales locales

Innovation and sustainability in amazonian community ecological toilets: integration of contemporary technologies and local materials

José Aguirre-Déleg[1], Pablo Maita-Zambrano[2], Aimee Delgado-Cruz[3]

1 Universidad de Guayaquil. https://orcid.org/0000-0002-2971-7916

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-5745-4562

3 Universidad de Guayaquil. https://orcid.org/0000-0002-9014-837X

Autor de correspondencia: jose.aguirre@ug.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.csbb.e1

Resumen

El saneamiento sostenible en la Amazonía ecuatoriana, particularmente en Misahuallí-Tena, enfrenta un desafío crítico debido a la limitada infraestructura y la necesidad urgente de mitigar la contaminación sobre el Río Napo. Ante este contexto, se desarrolló un prototipo de Baño Ecológico Comunitario (BEC) en el centro turístico Kamak Maki. El objetivo central fue implementar una solución funcional de bajo costo y rápida ejecución que combinara tecnologías contemporáneas con materiales locales, bajo principios de economía circular y diseño adaptativo. El proyecto fue desarrollado mediante una alianza tripartita entre la comunidad, la Universidad Regional Amazónica Ikiam y el Fondo Ecuatoriano de Cooperación para el Desarrollo (FECD), que proveyó los fondos para materiales, complementados por la contraparte de trabajo comunitario y recursos académicos. Adicionalmente, se integraron soluciones de economía circular como la cimentación con terracemento y llantas recicladas donadas por SEGINUS. La metodología incorporó el enfoque de Dragon Dreaming, asegurando la participación activa en todas las fases. El prototipo integró un sistema de baño seco con separación de residuos y captación de agua lluvia. Los resultados demostraron eficiencia hídrica total en el saneamiento y mitigación directa de la contaminación fluvial, validando la construcción ágil, adaptable y socialmente apropiada del modelo, lo cual promueve la gestión ambiental responsable y resiliente en biohábitats neotropicales.

Palabras clave: Baño ecológico; sostenibilidad; tecnologías contemporáneas; materiales

locales; Amazonía.

Abstract

Sustainable sanitation in the Ecuadorian Amazon, particularly in Misahuallí–Tena, faces a critical challenge due to limited infrastructure and the urgent need to mitigate pollution in the Napo River. In response, a prototype of a Community Ecological Toilet (BEC) was developed at the Kamak Maki tourist center. The main objective was to implement a functional, low-cost, and rapidly deployable solution that combined contemporary technologies with local materials, following the principles of circular economy and adaptive design. The project was developed through a tripartite partnership among the local community, the Universidad Regional Amazónica Ikiam, and the Ecuadorian Fund for Development Cooperation (FECD), which provided material funding, complemented by community labor and academic resources. Additionally, circular economy strategies were integrated, such as foundations made with *terracement* and recycled tires donated by SEGINUS. The methodology incorporated the Dragon Dreaming approach, ensuring active participation throughout all phases. The prototype featured a dry toilet system with waste separation and rainwater harvesting. The results demonstrated total water-use efficiency in sanitation and direct mitigation of river pollution, validating the model's agile, adaptable, and socially appropriate construction — thereby promoting responsible and resilient environmental management in neotropical biohabitats.

Keywords: Ecological toilet; sustainability; contemporary technologies; local materials; Amazon.

Introducción

Contextualización del Problema: Desafíos Ambientales y Sanitarios en la Amazonía Ecuatoriana

La Amazonía ecuatoriana se caracteriza por su vasta riqueza hídrica, sin embargo, las comunidades rurales y centros turísticos como Kamak Maki en Misahuallí-Tena a menudo carecen de infraestructura sanitaria adecuada (Secretaría General de Comunicación, 2022; Ministerio de Salud Pública, 2018). Este déficit compromete tanto la salud pública como la sostenibilidad del desarrollo local, especialmente en zonas designadas para el ecoturismo. La ubicación del proyecto exigió una solución funcional y de bajo impacto que fuese coherente con el entorno.

En Ecuador, la evidencia de brechas en acceso WASH (Water, Sanitation and Hygiene - Agua,

Saneamiento e Higiene) y mayor carga de enfermedad hídrica en población indígena refuerza la urgencia de soluciones locales culturalmente pertinentes (Ortiz-Prado et al, 2022).

La justificación primordial del proyecto fue la presión ambiental que sufre la cuenca hídrica local. Aunque la contaminación de los afluentes del Río Napo es multifactorial, incluyendo efectos de actividades extractivas (Castro, 2020), la descarga de aguas negras sin tratamiento representa un vector de contaminación biológica significativo. El BEC se postuló como una solución para erradicar esta problemática a través de una estrategia de "cero vertido". La viabilidad a largo plazo del centro Kamak Maki como atractivo turístico depende directamente de la calidad prístina de su entorno natural (BAQ, 2024; González & Rengifo, 2023). Un sistema de saneamiento inadecuado amenazaría la ecología local y, por ende, la base económica del centro. Por consiguiente, al garantizar la mitigación total de la contaminación fecal y promover la gestión ambiental, el BEC se establece como un activo crucial para la sostenibilidad turística, justificando la inversión comunitaria y la adopción de prácticas circulares de gestión de residuos.

Estado del arte: diseño participativo y saneamiento descentralizado

El co-diseño trasciende la simple consulta, ya que busca trayectorias de participación significativa, distribuyendo agencia y decisión en todas las fases del proyecto. En este sentido, experiencias recientes en la Amazonía ecuatoriana muestran que procesos interculturales —construidos desde la comunicación comunitaria, símbolos y lenguajes propios— no solo aumentan la apropiación, sino que además legitiman las infraestructuras y mejoran su mantenimiento. Asimismo, marcos contemporáneos proponen redefinir el co-diseño enfatizando reflexividad y creatividad para orientar resultados, lo cual resulta útil como andamiaje metodológico complementario a Dragon Dreaming (Pinto, 2024).

Por otra parte, desde la perspectiva arquitectónica, la sostenibilidad se sustentó en el diseño adaptativo y en el uso de recursos locales y reciclados. De hecho, la literatura sobre arquitectura participativa destaca la necesidad de incorporar las tradiciones constructivas locales. En concordancia con ello, la caña Guadua (bambú) se ha consolidado como un material constructivo sostenible y resiliente, ideal para la bioarquitectura en la Amazonía ecuatoriana, pues facilita la estandarización y la optimización de los tiempos y costos de construcción (González & Rengifo, 2023; Guerra, 2021). En la misma línea de la economía circular, la cimentación del prototipo BEC integró llantas recicladas, donadas por el Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados del Ecuador (SEGINUS), y terracemento. Esta técnica de construcción con residuos (earthship) no solo optimiza los materiales disponibles, sino que también ofrece una base robusta y minimiza aún más la huella ambiental del proyecto.

Ahora bien, la adopción y mantenimiento a largo plazo de proyectos de infraestructura social requiere de una metodología que promueva la apropiación comunitaria. En este marco, el enfoque holístico de Dragon Dreaming (DD), con sus fases de soñar, planificar, hacer y celebrar, fue crucial (White, 2014). Cabe señalar que esta metodología se basa en la colaboración y la inteligencia colectiva para asegurar que los objetivos del proyecto —individuales, colectivos y globales— se mantengan alineados, garantizando así la resiliencia social de la infraestructura (White, 2014; Croft, 2025).

Desde el punto de vista técnico, los baños ecológicos secos (BES) se confirman como una estrategia eficiente para la conservación del agua y la reducción de la contaminación de fuentes hídricas superficiales y subterráneas (Hart-Davis, 1996; U.S. EPA, 2015). En particular, el modelo seleccionado fue el Baño Seco con Separación de Residuos (BSSR), optimizado para el clima tropical, ya que minimiza la humedad de las heces, facilita el vaciado en intervalos largos (6 a 12 meses) y acelera la neutralización de patógenos para un compostaje seguro (Taller Karuna, 2020; U.S. EPA, 2015).

Finalmente, el diseño participativo del BEC fue una iniciativa conjunta entre la comunidad Kamak Maki y estudiantes y docentes de Arquitectura Sostenible de la Universidad Regional Amazónica Ikiam (Maita, 2022). De esta manera, esta colaboración institucional-comunitaria fue gestionada y financiada por el Fondo Ecuatoriano de Cooperación para el Desarrollo (FECD), que orienta su trabajo al fortalecimiento de sectores vulnerables mediante alternativas que fomentan la agricultura sostenible y el desarrollo humano (Maita, 2022).

Pregunta de investigación e hipótesis

La investigación principal se formuló para determinar: ¿De qué manera la combinación estratégica de un sistema de saneamiento seco (tecnología), construcción modular con bambú local y materiales reciclados (arquitectura), y la gestión social basada en Dragon Dreaming (metodología) puede establecer un modelo de infraestructura sostenible, resiliente y replicable en el contexto bioclimático y socioeconómico de la Amazonía ecuatoriana?

La hipótesis central estableció que la integración efectiva de materiales locales, materiales reciclados y tecnologías contemporáneas, mediada por un proceso de planificación participativa y holística (Dragon Dreaming), y respaldada por una alianza tripartita de cofinanciamiento, resulta en una infraestructura sanitaria con la capacidad de lograr alta eficiencia hídrica, mínimo impacto ambiental y un elevado nivel de apropiación social en biohábitats neotropicales.

Metodología

Diseño experimental y enfoque de estudio de caso

El proyecto se implementó como un estudio de caso de desarrollo de prototipo de arquitectura participativa sustentable. La ejecución siguió un ciclo definido que abarcó: el análisis contextual de los sistemas constructivos disponibles, la adquisición y gestión de los materiales de bajo impacto, la ejecución de la obra mediante prefabricación modular, y finalmente, una rigurosa fase de pruebas de funcionamiento para evaluar el desempeño integrado de los sistemas (BAQ, 2024). La localización en Kamak Maki, bajo condiciones de clima tropical húmedo, dictó la necesidad de soluciones constructivas que fueran autónomas, duraderas y de mínimo impacto sobre el suelo.

Cofinanciamiento y contraparte:

La viabilidad económica del proyecto se fundamentó en un modelo de cofinanciamiento tripartito (Maita, 2022). El Fondo Ecuatoriano de Cooperación para el Desarrollo (FECD) proveyó el apoyo económico para la adquisición de materiales. La Corporación Ecuatoriana de Gestión Integral de Neumáticos Usados (SEGINUS) contribuyó con la donación de llantas recicladas para la cimentación. El empleo de llantas fuera de uso en cimentaciones se alinea con prácticas de economía circular; estudios comparativos del sistema ecuatoriano de neumáticos aportan contexto regulatorio y de desempeño ambiental. (Padilla, 2025)

Esta inversión financiera y en especie fue compensada por una contraparte en especie de los aliados: el trabajo comunitario no remunerado de la población Kamak Maki y la dedicación de horas por parte de docentes y estudiantes de Ikiam, además del uso de la maquinaria y laboratorios especializados de la universidad (Maita, 2022). Este modelo aseguró la sostenibilidad financiera al maximizar los recursos locales y fomentar la reutilización de residuos.

Aplicación de la metodología dragon dreaming (DD)

La gestión del proyecto utilizó la metodología Dragon Dreaming (DD), que organizó la participación comunitaria y el trabajo colaborativo entre la comunidad, FECD y los estudiantes de Ikiam a través de sus cuatro etapas clave (White, 2014; Croft, 2025; Maita, 2022):

1. **Soñar:** La fase inicial se centró en la identificación colectiva de las necesidades funcionales, de higiene y de diseño, a través de talleres inclusivos (White, 2014). Los

estudiantes de Arquitectura de Ikiam guiaron este proceso, mientras que el FECD acompañó la sensibilización sobre las consecuencias ambientales de la falta de saneamiento, asegurando que el sueño se transformara en un objetivo de proyecto claro y viable (BAQ, 2024; Maita, 2022).

2. **Planificar:** Se estandarizó el diseño arquitectónico a partir de módulos de paneles de 60x210 cm, seleccionando específicamente la madera y el bambú local (*Guadua*) como materiales principales (BAQ, 2024). En esta fase, los estudiantes aplicaron el conocimiento teórico sobre bioarquitectura y el FECD, junto con la cooperación de SEGINUS, participó en la definición del plan logístico que aseguró la adquisición eficiente de los materiales y la gestión de residuos reciclados (llantas).

3. **Hacer:** La ejecución de la construcción empleó el modelo de prefabricación y montaje rápido, integrando la mano de obra comunitaria (contraparte de trabajo). Se implementó la cimentación de terracemento y llantas recicladas. Los docentes y estudiantes lideraron la aplicación de las técnicas modulares, utilizando también recursos técnicos de Ikiam (maquinaria/laboratorios).

4. **Celebrar:** Esta etapa consistió en la evaluación funcional del prototipo y la documentación de las lecciones aprendidas, garantizando la retroalimentación y fortaleciendo el compromiso de la comunidad con el mantenimiento a largo plazo del sistema de compostaje.

Tecnologías integradas y diseño bioclimático

El núcleo tecnológico del BEC fue el Baño Seco con Separación de Residuos (BSSR), esencial para reducir la necesidad de manipular heces frescas y mitigar los problemas de olor y patógenos en un clima cálido (U.S. EPA, 2015; Taller Karuna, 2020).

En la gestión hídrica, el diseño logró una eficiencia hídrica total en la función de saneamiento al implementar un sistema de captación de agua lluvia para el lavamanos, desvinculando completamente la demanda del inodoro del suministro de agua potable (Hart-Davis, 1996; BAQ, 2024). Esta dualidad tecnológica es un factor determinante de la resiliencia operativa del sistema. Aunque la región amazónica dispone de agua, el acceso a servicios constantes de agua potable segura es a menudo incierto (Secretaría General de Comunicación, 2022; Ministerio de Salud Pública, 2018). El BSSR mantiene su funcionalidad al requerir cero agua para la descarga, mientras que la captación pluvial asegura el suministro para la higiene básica (lavamanos) incluso durante fallas en la red principal, haciendo el sistema significativamente más robusto que la infraestructura sanitaria convencional.

Arquitectónicamente, se priorizó el uso de paneles modulares prefabricados de madera y latillas de bambú, materiales que son duraderos y adecuados para el clima selvático, facilitando la replicabilidad y reduciendo los tiempos de montaje (BAQ, 2024; Guerra, 2021). La elección de la cimentación con llantas recicladas refuerza el compromiso del proyecto con la economía circular, transformando un residuo de difícil manejo ambiental en un material de construcción de bajo costo y alta resistencia, lo que ejemplifica la innovación constructiva en biohábitats neotropicales.

Variables y análisis empleados

El estudio empleó un enfoque mixto para evaluar el desempeño integral del BEC. El Análisis Cuantitativo se enfocó en: la Eficiencia Hídrica (ahorro de agua potable) y la Reducción de la Contaminación (verificación del cero vertido de efluentes) (Hart-Davis, 1996; Ministerio de Salud, 2017). El Análisis Cualitativo utilizó técnicas de recolección de datos basadas en la observación participativa y las entrevistas para medir la Aceptación Social y la Apropiación Comunitaria, variables cruciales que determinan la viabilidad de la infraestructura social y la reducción de riesgos de salud (PROINVERSIÓN, 2025; AMAI, 2017).

Resultados

Resultados constructivos y validación del diseño adaptativo

La fase de ejecución demostró que el diseño modular es altamente efectivo para la construcción en el contexto amazónico. La estandarización de los paneles de 60x210 cm permitió un proceso de ensamblaje rápido y eficiente (BAQ, 2024), superando los desafíos logísticos comunes en la región. Se constató que esta aproximación de bioarquitectura, que combina la prefabricación con materiales locales como la *Guadua*, optimiza los recursos y los tiempos de obra, un hallazgo que valida la integración de técnicas constructivas modernas con la tradición local (Guerra, 2021).

La elección del diseño modular con bambú se interpretó no solo como una decisión eficiente, sino como un mecanismo de transferencia de tecnología endógena. La estandarización de los módulos facilita la creación de un modelo físico que es fácilmente replicable por la comunidad o por comunidades vecinas, sin la intervención continua de profesionales externos. Este aspecto es fundamental para impulsar la replicabilidad endógena, garantizando que la infraestructura sostenible pueda expandirse de manera autónoma en áreas rurales con acceso limitado a servicios de ingeniería y arquitectura.

Desempeño ecológico: cero vertido, economía circular y uso de residuos

El prototipo BEC demostró un desempeño ambiental exitoso, especialmente en la protección de los recursos hídricos y la gestión de residuos sólidos (Tabla 1). La cimentación con llantas recicladas, apoyada por SEGINUS, transformó un problema de residuo en una solución constructiva duradera, ampliando el alcance de la economía circular del proyecto más allá de la gestión de excretas.

Tabla 1: Matriz de Desempeño Ecológico y Funcional del Prototipo BEC

Indicador de Desempeño	Métrica Evaluada	Resultado (Síntesis)	Implicación Ambiental
Eficiencia Hídrica	Consumo de agua para saneamiento (descarga)	Cero litros (100% de ahorro frente a sistemas convencionales).	Conservación del recurso hídrico local, promoviendo la gestión ambiental (Hart-Davis, 1996).
Gestión Hídrica Complementaria	Uso de agua lluvia (Captación)	Uso exclusivo de agua pluvial para lavamanos.	Reducción total de la demanda de agua potable para usos no críticos (BAQ, 2024).
Contaminación de Efluentes	Descarga de aguas negras y patógenos	Eliminación total del vertido al río Napo o subsuelo.	Mitigación directa de la contaminación fluvial (U.S. EPA, 2015).
Economía Circular (Saneamiento)	Conversión de residuos (heces y orina)	Transformación en compost (abono) y reutilización de nutrientes (N, P).	Cierre del ciclo de nutrientes, minimizando impacto y generando valor (Ministerio de Salud, 2017).
Economía Circular (Construcción)	Uso de materiales reciclados	Cimentación basada en llantas recicladas y terracemento.	Transformación de residuos sólidos (llantas) en infraestructura, mitigando el impacto de desechos.

La eliminación del vertido de aguas residuales fue crítica para la mitigación de la contaminación fluvial (U.S. EPA, 2015). La gestión de los subproductos sanitarios mediante compostaje y separación de orina convierte lo que tradicionalmente es un residuo contaminante en un recurso agrícola (abono rico en N y P) (Ministerio de Salud, 2017), cerrando el ciclo de nutrientes y reforzando los principios de la economía circular aplicados al desarrollo de infraestructura turística sostenible.

Apropiación social, resiliencia y proceso pedagógico

El éxito del prototipo en términos de funcionamiento fue respaldado por la alta aceptación y la apropiación comunitaria, elementos gestionados por la metodología Dragon Dreaming (Tabla 2).

Tabla 2: Aplicación de la Metodología Dragon Dreaming (DD) y Resultados Socio-Comunitarios

Fase Dragon Dreaming (DD)	Acción Específica en el Proyecto BEC	Resultado Clave de Apropiación
Soñar	Talleres de diseño inclusivo y diagnóstico de necesidades funcionales (Comunidad, FECD y Estudiantes Ikiam).	Diseño que satisface las necesidades específicas del centro Kamak Maki; alta apropiación inicial (BAQ, 2024; White, 2014; Maita, 2022).
Planificar	Definición del diseño modular de bambú (*Guadua*) y plan de ejecución, incluyendo el presupuesto cofinanciado y gestión de donaciones (SEGINUS).	Utilización de conocimiento constructivo ancestral, reduciendo la dependencia externa (Guerra, 2021).
Hacer	Construcción con mano de obra comunitaria mediante paneles prefabricados. Implementación de cimentación con llantas recicladas.	Adquisición de habilidades técnicas locales y validación de la metodología de bajo impacto.
Celebrar	Evaluación de uso, mantenimiento y documentación para replicabilidad.	Refuerzo del compromiso colectivo, garantizando la sostenibilidad de la gestión del compost.

La participación comunitaria promovida por el DD fortaleció la identificación del grupo con el proyecto, mitigando el riesgo de abandono y falta de mantenimiento que afecta a muchos proyectos de saneamiento rural.

Reflexión sobre el Proceso Pedagógico: La ejecución del BEC se alineó con la misión educativa de la Universidad Regional Amazónica Ikiam de fomentar proyectos de transformación del espacio habitable con base en la construcción sostenible y métodos alternativos (Universidad Regional Amazónica Ikiam, 2023). La colaboración activa en todas las fases del proyecto (Soñar, Planificar, Hacer, Celebrar) ofreció a los estudiantes de Arquitectura Sostenible un laboratorio de aprendizaje real. Este proceso no solo consolidó conocimientos técnicos sobre bioarquitectura y saneamiento descentralizado, sino que también fortaleció habilidades blandas esenciales, como la gestión de proyectos comunitarios, la inteligencia colectiva (White, 2014) y la valoración del conocimiento constructivo ancestral amazónico (Guerra,

2021). La experiencia pedagógica del BEC es un caso ejemplar de cómo la academia puede generar soluciones integrales a problemáticas sociales y ambientales, aportando al perfil de egreso de profesionales con un enfoque multi e interdisciplinario y una profunda conciencia de la diversidad cultural y el contexto natural amazónico (Universidad Regional Amazónica Ikiam, 2024).

Conclusiones

El estudio del Baño Ecológico Comunitario en Kamak Maki confirmó la validez de la hipótesis central, demostrando que la integración de tecnología de saneamiento seco, bioarquitectura adaptativa y gestión participativa holística es la estrategia más robusta para infraestructura sostenible en la Amazonía. Los hallazgos principales incluyen: la verificación del cero vertido de efluentes sanitarios, crucial para la protección del Río Napo; el logro de la eficiencia hídrica total en la función del inodoro, complementada por un sistema de captación pluvial resiliente; el uso innovador de llantas recicladas en la cimentación, extendiendo la economía circular a los materiales de construcción; y el establecimiento de un alto nivel de apropiación social, garantizado por la metodología Dragon Dreaming, que asegura la continuidad del manejo de residuos. Además, se validó la pertinencia de los proyectos de vinculación académica como herramientas de transferencia de conocimiento bidireccional entre la universidad y la comunidad, en un modelo de cofinanciamiento exitoso impulsado por el FECD y SEGINUS.

Aportes del estudio

Este proyecto ofrece un modelo replicable y de bajo costo que prioriza la economía circular, la resiliencia operativa y la baja huella de carbono, mediante el uso innovador del bambú modular y la valorización de residuos sólidos. El principal aporte metodológico radica en la validación de Dragon Dreaming como herramienta esencial para transformar la infraestructura sanitaria de una solución meramente técnica a un activo social y ecológico plenamente sostenible, demostrando que la innovación tecnológica debe estar intrínsecamente ligada a la cooperación comunitaria para lograr la resiliencia en biohábitats neotropicales. Finalmente, el caso BEC establece un precedente pedagógico para la Arquitectura Sostenible, al demostrar el valor formativo de la intervención en campo para los estudiantes, vinculando la teoría con la realidad socio-ambiental amazónica (Universidad Regional Amazónica Ikiam, 2023). El modelo de cofinanciamiento FECD-Comunidad-Ikiam y la gestión de residuos con SEGINUS demostraron ser una estrategia robusta para ejecutar proyectos de infraestructura social en contextos de recursos limitados.

Recomendaciones para futuras investigaciones

Se recomienda que las futuras líneas de investigación profundicen en la sostenibilidad a largo plazo y la escalabilidad del modelo. Es imperativo establecer un protocolo de monitoreo continuo del compostaje, realizando análisis microbiológicos detallados para confirmar la inocuidad y la completa higienización de los residuos bajo las condiciones tropicales específicas de Misahuallí-Tena (Taller Karuna, 2020). Asimismo, se sugiere llevar a cabo un estudio comparativo de replicabilidad en al menos dos comunidades adyacentes para evaluar la transferencia de capacidades constructivas locales y la viabilidad económica de estandarizar la producción del panel modular de bambú a nivel regional. Se recomienda evaluar formalmente el impacto de este tipo de proyectos de vinculación en el perfil de egreso de los estudiantes de Arquitectura Sostenible de Ikiam y analizar la efectividad del modelo de cofinanciamiento para futuros proyectos de infraestructura social, incluyendo la gestión de residuos sólidos como las llantas para aplicaciones constructivas.

Referencias bibliográficas

AMAI. (2017). *Resultados de la investigación cualitativa.*

Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito. (2024). *Allichi Pacha: Prototipo de baño ecológico comunitario en la Amazonía ecuatoriana*. Arquitectura Panamericana BAQ 2024. https://baq2024.arquitecturapanamericana.com/?p=71474

Castro, M. (2020, marzo 10). Ecuador: Contaminación en afluentes del río Napo apunta a la minería. *Mongabay Latam*. https://es.mongabay.com/2020/03/mineria-de-rio-afecta-afluentes-rio-tena-en-ecuador/

Croft, J. (2014). *Dragon Dreaming: Cuatro pasos para conseguir que un proyecto se concrete. La Tercera.* https://www.latercera.com/pulso/dragon-dreaming-cuatro-pasos-para-conseguir-que-un-proyecto-se-concrete/

García Ramírez, W. (2012). Arquitectura participativa: las formas de lo esencial. *Revista de Arquitectura, 14*(1), 8–15.

González, F. J., & Rengifo, B. M. (2023). Análisis de la caña guadua como material de construcción sostenible para el desarrollo del ecoturismo en la Amazonía ecuatoriana. *Religación: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 8*(38).

Guerra, B. (2021). *Análisis del ciclo de vida de una vivienda unifamiliar de bambú* (Tesis de grado).

Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hart-Davis, A. (1996). Rev. Henry Moule y el armario de tierra. *Online Science and Technology*.

Maita Zambrano, P. A. (2022). *BEC Baño ecológico comunitario - Proyecto de concientización ambiental y saneamiento en el Centro de Turismo Kamak Maki*. Universidad Regional Amazónica Ikiam.

Ministerio de Salud. (2017). *Directrices sanitarias para baños secos*. https://www.susana.org/_resources/documents/default/1-1521-47-1503502055.pdf

Ministerio de Salud Pública. (2018). *Habitantes de la provincia del Napo se benefician de dos nuevos centros de salud*. https://www.salud.gob.ec/habitantes-de-la-provincia-del-napo-se-benefician-de-dos-nuevos-centros-de-salud/

Ortiz-Prado, E., Simbaña-Rivera, K., Cevallos, G., Gómez-Barreno, L., Cevallos, D., Lister, A., Fernandez-Naranjo, R., Ríos-Touma, B., Vásconez-González, J., & Izquierdo-Condoy, J. S. (2022). Waterborne diseases and ethnic-related disparities: A 10 years nationwide mortality and burden of disease analysis from Ecuador. *Frontiers in Public Health, 10,* 1029375. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1029375

Padilla, L., Díaz, Á., & Anzules, W. (2024). Eco-management of end-of-life tires: Advances and challenges for the Ecuadorian case. *Waste Management & Research, 43*(2), 181–191. https://doi.org/10.1177/0734242X241237104

Pinto, N., Botero, A., & Julier, G. (2024). Politicizing the pictogram: Participatory design approaches within Indigenous community communication. *International Journal of Design, 18*(1). https://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/4973/1060

PROINVERSIÓN. (2025). *Impacto de los proyectos de infraestructura sobre el desarrollo sostenible*. Agencia de Promoción de la Inversión Privada del Perú. https://info.investinperu.pe/publicaciones/proyectos-de-infraestructura-sobre-el-desarrollo-sostenible/

Secretaría General de Comunicación de la Presidencia. (2022). *Habitantes de 30 comunidades, en Misahuallí, contarán con agua potable*. https://www.comunicacion.gob.ec/habitantes-de-30-comunidades-en-misahualli-contaran-con-agua-potable/

Taller Karuna. (2020). *Baños secos ecológicos: Guía de modelos y funcionamiento*. https://tallerkaruna.org/banos-secos-ecologicos/

United States Environmental Protection Agency. (2015). *Composting toilet systems*. https://www.epa.gov/

Universidad Regional Amazónica Ikiam. (2023). *Maestría en Arquitectura con mención en Construcción Sostenible*. https://ikiam.edu.ec

Universidad Regional Amazónica Ikiam. (2024). *Programa de la carrera de Arquitectura Sostenible*. https://ikiam.edu.ec

White, S. (2014). *Dragon Dreaming: Design for success*. Gaia Foundation.

Saberes ancestrales Shuar y conservación de palmas amazónicas: hacia la creación de bio hábitats resilientes en el neotrópico

Ancestral Shuar knowledge and the conservation of amazonian palms: toward the creation of resilient biohabitats in the neotropics

Myrian Larco[1], María Soledad Salazar[2], María Susana Grijalva[3]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0002-1846-8440

2 URBANADATA. https://orcid.org/0000-0003-0950-6211

3 URBANADATA. https://orcid.org/0000-0002-8414-1892

Autor de correspondencia: myrian.larco@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.csbb.e2

Resumen

La desaparición progresiva de técnicas constructivas ancestrales en la Amazonía representa una amenaza tanto para la continuidad cultural de los pueblos originarios como para la conservación de especies vegetales clave en la arquitectura vernácula. Este trabajo tuvo como objetivo rescatar y aplicar los saberes constructivos del pueblo Shuar, con énfasis en el tejido de cubiertas mediante el uso de palmas locales, valorando su potencial en la generación de hábitats sostenibles que promuevan la conservación activa de la biodiversidad. La investigación se desarrolló en el marco del Seminario de Arquitectura Vernácula Amazónica en la Universidad Ikiam, como cierre de un proceso de formación teórico-práctico. Se construyó un prototipo-escenario como reinterpretación contemporánea de la arquitectura Shuar, guiado por un maestro tejedor de la comunidad de Kuamar (Morona Santiago), empleando Attalea butyracea, Carludovica palmata e Iriartea deltoidea sobre estructura de bambú. Los resultados evidenciaron que las cubiertas presentaron un desempeño térmico e impermeable muy favorable, a la vez que fortalecen la transmisión intergeneracional de saberes y la conservación activa de especies. En conclusión, la integración de estos conocimientos en la arquitectura contemporánea constituye una estrategia efectiva para articular biodiversidad, sostenibilidad y cultura.

Palabras clave: arquitectura vernácula; bioconstrucción amazónica; biohábitats resilientes; conservación activa; saberes ancestrales Shuar; resiliencia socioecológica

Abstract

The progressive disappearance of ancestral construction techniques in the Amazon represents a threat both to the cultural continuity of Indigenous peoples and to the conservation of key plant species used in vernacular architecture. This study aimed to recover and apply the construction knowledge of the Shuar people, with emphasis on roof weaving using local palm species, highlighting its potential in creating sustainable habitats that promote the active conservation of biodiversity. The research was carried out within the framework of the Amazonian Vernacular Architecture Seminar at Ikiam University, as the culmination of a theoretical–practical training process. A prototype–scenario was built as a contemporary reinterpretation of Shuar architecture, guided by a master weaver from the Kuamar community (Morona Santiago), using *Attalea butyracea*, *Carludovica palmata*, and *Iriartea deltoidea* over a bamboo structure. The results showed that the roofs exhibited excellent thermal and waterproof performance while strengthening the intergenerational transmission of knowledge and the active conservation of species. In conclusion, the integration of this knowledge into contemporary architecture represents an effective strategy to connect biodiversity, sustainability, and culture.

Keywords: vernacular architecture; Amazonian bioconstruction; resilient biohabitats; active conservation; Shuar ancestral knowledge; socioecological resilience

Introducción

La arquitectura amazónica constituye un testimonio vivo de la estrecha relación entre las comunidades indígenas y su entorno natural. En particular, el pueblo Shuar ha desarrollado un profundo conocimiento sobre el uso de recursos vegetales en la construcción, destacando las palmas amazónicas como materiales esenciales en la configuración de viviendas, rituales y espacios comunitarios. Sin embargo, la progresiva desaparición de estas prácticas, motivada por la deforestación, la presión de materiales industrializados y la pérdida de maestros artesanos, amenaza tanto la continuidad cultural como la diversidad biológica.

Este estudio se enmarca en la pregunta: ¿cómo pueden los saberes ancestrales Shuar contribuir a la conservación activa de palmas amazónicas y a la creación de bio hábitats resilientes en el contexto neotropical? Se plantea la hipótesis de que la integración de prácticas tradicionales en procesos arquitectónicos contemporáneos fortalece simultáneamente la sostenibilidad ecológica y la transmisión cultural.

El estado del arte revela que la etnobotánica y la arquitectura vernácula amazónica han sido abordadas en diversos estudios, pero pocos han documentado la experiencia de transmisión directa de conocimientos en escenarios académicos que vinculan teoría y práctica. Por ello, este trabajo justifica su relevancia en la articulación entre conservación biológica, rescate cultural y aplicación arquitectónica.

En este sentido, recuperar los conocimientos constructivos del pueblo Shuar vinculados al uso de palmas amazónicas no solo representa un ejercicio de conservación cultural, sino también una oportunidad para fortalecer la conservación de estas especies vegetales y replantear la sostenibilidad arquitectónica desde una mirada biocultural coherente con los ecosistemas neotropicales.

Metodología

La investigación se desarrolló en el marco del Seminario de Arquitectura Vernácula Amazónica en la Universidad Regional Amazónica Ikiam. Se adoptó un diseño cualitativo de tipo participativo, empleando las siguientes técnicas:

-Talleres aplicados con estudiantes, docentes y artesanos Shuar.
-Entrevistas semiestructuradas al maestro tejedor: Manuel Maiche de Kuamar, Cantón Taisha, considerado último portador de la técnica en su comunidad.
-Observación etnográfica durante el proceso de recolección y preparación de palmas.
-Registro audiovisual de las etapas de tejido y montaje.

El ejercicio práctico consistió diseñar[1] y construir un prototipo-escenario, reinterpretación contemporánea de la arquitectura Shuar, sobre estructura de bambú. Se emplearon tres especies de palmas: palma de locata (Attalea butyracea), paja toquilla (Carludovica palmata) y pambil o kily (Iriartea deltoidea). Las variables analizadas fueron: desempeño climático de la cubierta (impermeabilización, confort térmico), transmisión de conocimientos y percepción de los participantes sobre la conservación de especies.

1 Desarrollado por el equipo de URBANADATA.

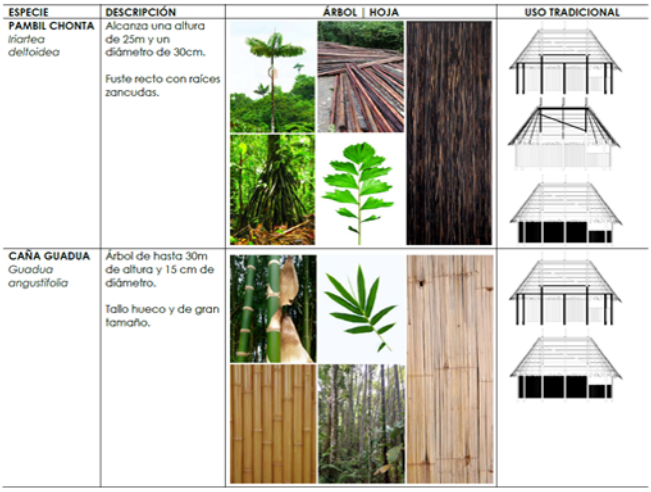


Figura 1. Especies utilizadas en la arquitectura vernácula shuar.

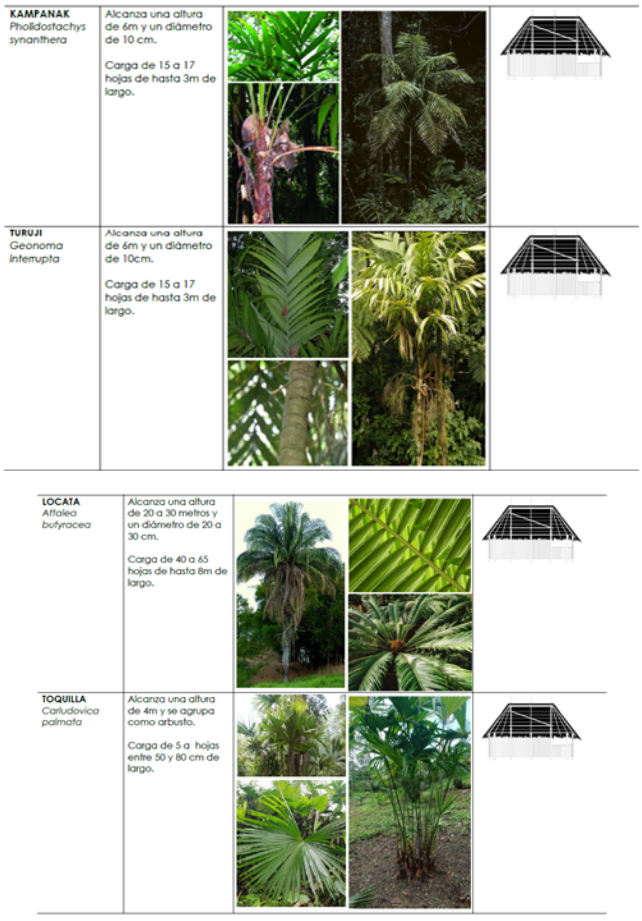


Figura 2. Especies utilizadas en el escenario.

Figura 3. Proceso de recolección de hojas, apilamiento construido en ikiam y tejido de cubierta del escenario.

Fotografías tomadas de internet | Fuente: URBANADATA 2025. Proceso de construcción del Esquemas elaborados por María Susana Grijalva Escenario. Investigación propia.

De izquierda a derecha, arriba hacia abajo. Foto 1: Palma de Locata recolectada. Foto 2: Recolección de Paja Toquilla en la Comunidad de Tumanango Foto 3: Tejido de la hoja de Pambil para el detalle de trenzado en la cubierta. Foto 4: Participación estudiantil para la Minga de tejido. Foto 5: Avance del tejido mixto de Pambil sobre medias hojas de Locata. Foto 6: Equipo de Coordinación del Taller de Tejido, constructores de bambú y en el centro Manuel Maiche, maestro tejedor.

Resultados y discusión

Los resultados evidenciaron que las cubiertas de diseño contemporáneo elaboradas con palmas amazónicas presentaron un desempeño notable en impermeabilización y control térmico, ofreciendo condiciones de habitabilidad adaptadas al clima húmedo tropical. La textura y densidad de Attalea butyracea y Carludovica palmata mostraron particular eficacia en la protección contra lluvias, mientras que Iriartea deltoidea aportó rigidez estructural y durabilidad.

Desde el punto de vista sociocultural, la experiencia marca un hito en la transmisión del conocimiento, al permitir que los estudiantes recibieran directamente las enseñanzas del maestro artesano y las aplicaran en una estructura contemporánea, fortaleciendo la transmisión intergeneracional de saberes. Asimismo, se evidenció una revalorización del rol de los artesanos en la arquitectura vernácula, reconociéndolos como guardianes de conocimientos aplicables a la sostenibilidad contemporánea. Esta práctica, reivindicó la razón de "aprender haciendo" que entre los jóvenes Shuar de Kuamar en Morona Santiago se está perdiendo debido a los cambios estructurales en las mismas comunidades.

Figura 2. Escenario completo edificado en los predios del Ikiam, mayo 2025.

Fuente: UrbanaData 2025. Investigación propia

Comparado con estudios previos sobre arquitectura vernácula amazónica, este trabajo aporta una dimensión aplicada que vincula la conservación de especies útiles con la regeneración cultural. La integración de palmas en el diseño arquitectónico actual no solo responde a criterios de eficiencia climática, sino que también promueve una estrategia de conservación activa, al mantener vigentes los usos que garantizan la supervivencia de estas especies en paisajes intervenidos.

Conclusiones

1. Los saberes ancestrales Shuar sobre el uso de palmas amazónicas constituyen un patrimonio cultural y ecológico clave para el diseño de hábitats sostenibles.

2. Las cubiertas elaboradas con Attalea butyracea, Carludovica palmata e Iriartea deltoidea presentan un óptimo desempeño en impermeabilización y confort térmico,

evidenciando su vigencia frente a las condiciones climáticas neotropicales.

3. La transmisión intergeneracional de conocimientos ligados a la academia fortalece un nicho de producción en las comunidades que no sólo aporta a la conservación activa de especies, sino al sostenimiento real de una forma de vida que puede vincular el uso de estos biomateriales con prácticas arquitectónicas contemporáneas de nuevos actores, es este particular caso estudiantes y futuros arquitectos con visiones sostenibles a largo plazo.

4. La articulación entre saberes ancestrales y ciencia arquitectónica permite generar bio hábitats resilientes, que integran biodiversidad, sostenibilidad y cultura.

5. Estos resultados evidencian que la arquitectura basada en palmas amazónicas no solo conserva especies clave del Neotrópico, sino que también revitaliza las relaciones simbióticas entre cultura y naturaleza, fundamentales para la resiliencia socioecológica de la región.

   Se recomienda profundizar en estudios comparativos con otras comunidades amazónicas y explorar la aplicabilidad de estas técnicas en proyectos de arquitectura sostenible a mayor escala.

Referencias bibliográficas

Balée, W. (2013). Cultural forests of the Amazon: A historical ecology of people and their landscapes. University of Alabama Press.

Descola, P. (2012). La selva culta: Simbolismo y praxis en la ecología de los Achuar. Abya-Yala.

Maiche, M. (2025). Comunicación personal durante el Seminario de Arquitectura Vernácula Amazónica, Universidad Ikiam, Tena, Ecuador.

Padoch, C., & Pinedo-Vasquez, M. (2010). Saving slash-and-burn to save biodiversity. Biotropica, 42(5), 550–552. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00681.x

Rival, L. (2016). The Amazon: Anthropological insights into the rainforest. Routledge. Valencia, R., Montúfar, R., Navarrete, H., & Balslev, H. (Eds.). (2013). Palmas ecuatorianas: Biología y uso sostenible. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Weigand, A., Abrahamczyk, S., Aubin, I., Bita-Nicolae, C., Bruelheide, H., Carvajal-Hernández, C., ... & Kessler, M. (2020). Global fern and lycophyte richness explained: How regional and local factors shape plot richness. Journal of Biogeography, 47(1), 59–71. https://doi.org/10.1111/jbi.13765

Hacia una arquitectura segura para la avifauna: integración del análisis morfo-edilicio en el diseño de envolventes vidriadas

Toward bird-safe architecture: integrating morpho-architectural analysis into the design of glazed building envelopes

Viviana Stefanía Cárdenas Loor[1], Mónica Dazzini Langdon[2], Sheila Tobar Vallejo[3], Vinicio Velásquez Zambrano[4], Juan Carlos Soria Aguas[5]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0004-5801-9748

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-7045-2887

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-4268-8985

4 Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP). https://orcid.org/0000-0002-0161-6654

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0001-4172-1571

Autor de correspondencia: viviana.cardenas@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.csbb.e3

Resumen

La colisión con superficies vidriadas representa una causa esencial de mortalidad aviar de origen antropogénico. Este fenómeno, ampliamente estudiado en regiones templadas, ha experimentado una incidencia creciente en el contexto amazónico, donde la expansión urbana utiliza envolturas de vidrio para maximizar la ventilación y las visuales del paisaje, creando así barreras invisibles para la fisiología visual de las aves que no perciben el obstáculo. Este riesgo es particularmente agudo para las especies forestales de vuelo rápido y directo. Además, la contaminación lumínica confunde a las aves migratorias y locales, alterando sus trayectorias. Esta investigación realizó una revisión sistemática de referentes para el análisis edilicio y las estrategias de diseño para climas cálidos-húmedos. Como objetivo central se plantearon estrategias integradas de mitigación y presentar un marco conceptual que incorpore el diseño consciente y sostenible como componente esencial del diseño en la Amazonía y la coexistencia entre hábitats humanos y biodiversidad.

Palabras Clave: Mortalidad aviar; Contaminación lumínica; Confort térmico; Amazonía-Tena; Biodiversidad.

Abstract

Collisions with glazed surfaces are a major cause of anthropogenic avian mortality. This phenomenon, extensively studied in temperate regions, has shown a rising incidence in the Amazonian context, where urban expansion employs glazed envelopes to maximize ventilation and landscape views, thereby creating invisible barriers for the visual physiology of birds, which fail to perceive the obstacle. The risk is particularly acute for forest species with fast, direct flight. In addition, light pollution disorients migratory and resident birds, altering their flight paths. This study conducted a systematic review of precedents for building analysis and design strategies suitable for warm–humid climates. The central objective was to propose integrated mitigation strategies and to present a conceptual framework that incorporates conscientious, sustainable design as an essential component of design practice in the Amazon and of the coexistence between human habitats and biodiversity.

Keywords: Bird mortality; Light pollution; Thermal comfort; Amazon—Tena (Ecuador); Biodiversity.

Introducción

La Amazonía ecuatoriana, ubicada en la parte oriental del país, es una selva rica en biodiversidad, hábitat de muchas especies de aves endémicas (Shiguango-Yumbo & Bañol-Pérez, 2020). Actualmente, las intervenciones antropogénicas en edificios tienen un impacto adverso que amenaza a las aves (Kornreich, et al. 2024). Existe una relación entre la presión antropogénica y la expansión urbana. Este tipo de intervención propone una arquitectura peligrosa con proximidad a zonas verdes (Gámiz, 2021) debido al uso de envolturas invisibles que obstruyen la visión aviar. El diseño de un edificio puede afectar el porcentaje de impactos de aves. Las estrellas y constelaciones orientan a las aves migratorias de norte a sur (Adams, et al.2021). Actualmente, la contaminación lumínica es una atracción importante para las aves migratorias, lo que hace que se desorienten y choquen. Otoño es el periodo en que la migración de aves alcanza su punto máximo (Magaña, 2003), aumenta el número de especies reportadas como colisionadas (Amigo, 2025).

Una de las principales razones por las que las aves chocan con el vidrio es su percepción limitada de su entorno debido a la transparencia del vidrio (Menacho-Odio, 2018). Bajo ciertas condiciones durante el día, se comporta como un espejo porque el interior del edificio se vuelve más oscuro (Guzmán, 2023). En estos casos, refleja el entorno, como el cielo y los

árboles, creando una percepción real para las aves (Scott Winton, et al. 2018). Las fachadas con más del 30 y 40% de vidrio incrementan el consumo de energía. El diseño respetuoso con las aves es reconocido como un diseño sostenible, convirtiéndose en la actualidad en requisito dentro de la legislación norteamericana norteamericana (American Bird Conservancy, 2025)

Cuando las personas chocan con un vidrio, lo hacen a una velocidad más lenta que las aves, que no perciben el obstáculo y chocan a una velocidad vertiginosa, lo que a menudo resulta en un golpe fatal. Generalmente, las aves mueren por hemorragia o inflamación intracraneal, las aves pueden quedar inválidas con extremidades deterioradas (Ordoñez, 2025) y /o sufrir daños neurológicos.

Estados Unidos es el país que ha realizado la mayor cantidad de investigaciones sobre colisiones aviares en edificios (Magaña, 2003). En el caso de Ecuador, no existe una normativa específica que regule el uso del vidrio en construcciones en zonas amazónicas para la conservación de aves. Esto pone de manifiesto la falta de atención a un problema creciente que supone un riesgo para la convivencia entre hábitats y presiones antrópicas urbanas (Ordoñez, 2025).

Esta investigación tiene como objetivo resaltar y poner en la agenda académica el tema de la mortalidad aviar resultante de colisiones con edificios. Asimismo, fomentar regulaciones nacionales con flexibilidad de diseño que regulen diferentes variables de ventana para envolventes de superficie especialmente en zonas protegidas o de gran porcentaje de hábitats naturales o poco antropizados colindantes con zonas ribereñas y bosques. Igualmente, promover diseños arquitectónicos eco-amigables que se adapten a la estética de los proyectos en su contexto inmediato. Esta investigación plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo se pueden prevenir las colisiones entre aves y envolventes arquitectónicas acristaladas? Además, ¿qué consideraciones de análisis morfo edilicios deben tenerse en cuenta de antemano en una construcción que mitiga las colisiones de aves? siendo la Amazonía el epicentro de la biodiversidad en Ecuador.

De esta manera, se pretende contribuir al conocimiento relacionado con las tipologías constructivas y las posibles perturbaciones que contribuyen a la mortalidad de la avifauna por colisiones en la Amazonía. Es esencial promover prácticas sostenibles para la coexistencia de un hábitat equilibrado, con la arquitectura como mecanismo de preservación y no como amenaza para la avifauna.

Metodología

Se realizó un análisis y una revisión sistemática de las referencias entre la forma y la materialidad del vidrio en las ventanas que mitigan las colisiones. Se exploraron referencias a protocolos y

estándares de gestión de iluminación artificial que regulan el tipo de vidrio de ventana utilizado en envolventes arquitectónicas en América del Norte y países neotropicales. Las entrevistas se realizaron con grabaciones como técnica de recolección de datos, con los expertos en ornitología Leonardo Ordoñez, curador del Museo de Zoología de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), y Xavier Amigo, experto observador de aves. Adicionalmente, se analizó la encuesta periódica por muestreo realizada por el Museo de Zoología de la UTPL por iniciativa propia de las provincias de El Oro, Loja, Manabí, Orellana y Zamora Chinchipe, que forman parte de la compilación neotropical de encuestas con más de 100 colaboradores en 11 países.

Resultados y Discusión

a. Análisis morfo-edilicio y estrategias de mitigación

El análisis morfo-edilicio para mitigación de colisiones en envolventes favorece condiciones de hábitat digno y control de recursos autóctonos (Varini, 2012). Las superficies transparentes permiten una relación directa con el paisaje, pero deben diseñarse considerando la fisiología visual aviar. Una envolvente sensible al clima identifica flujos de viento, ventilación cruzada y disposiciones verticales o diagonales. El estudio de (Varini, 2012) en clima cálido-húmedo (24-32°C) demostró que el uso de paneles de bambú laminado o madera inmunizada en superficies ciegas mejora el confort térmico hasta en 5°C durante 9 horas. Las cubiertas vegetales no superan los 25°C, funcionando como aislamiento adicional, aunque deben descartarse en climas húmedos para evitar microhábitats de insectos.

Velasco & Robles (2011) exploraron estrategias pasivas para climas cálido-húmedos, priorizando sistemas de doble capa para ventilación. Analizaron parámetros de cerramientos no coplanares y perforados, con configuraciones de mallado uniforme (horizontal, hexagonal, triangular) para persianas y superficies.

Figura 1. Parámetros de mallado uniforme en morfologías superficiales. Fuente: Velasco & Robles.

b. Contaminación lumínica y estrategias de mitigación

Adams, et al. 2021 analizaron 490 metadatos, encontrando una relación entre condiciones meteorológicas, lunares y colisiones. La reducción de luz artificial nocturna mitiga colisiones (Adams, et al. 2021). El uso de láser UV/violeta puede persuadir aves, pero requiere más estudios (Adams, et al. 2021). La guía "Cielo Seguro" de Chile (Chile, 2024) propone ordenanzas municipales, luminarias certificadas, luces ámbar, filtros espectrales en LEDs y asesoramiento técnico para proyectos sustentables.

c. Legislación y casos de estudio

En EE. UU., la (American Bird Conservancy, 2025) promueve legislaciones que regulan características de alto riesgo (pasarelas, esquinas, acristalamiento adyacente a patios o techos verdes). Para renovaciones, se considera reemplazar 25% del vidrio existente. Vidrios amigables incluyen superficies <12", fachadas de doble piel no vidriadas, pantallas metálicas, protección solar fija, paneles solares o mosquiteras. El 100% del vidrio en todo edificio debe ser amigable para aves.

d. Datos de colisiones en Ecuador (2019-2025)

El Museo de Zoología de la UTPL reporta en el inventario de colisión aviar 2009-2005, 38 registros de colisiones: 22 aves fallecidas y 16 sobrevivientes. La provincia de Loja presenta el mayor número (29), seguida de Zamora Chinchipe (4), El Oro (3), Orellana (1) y Manabí (1). El orden Passeriformes presenta la mayor incidencia (8 muertes, 8 supervivientes). Las colisiones son más frecuentes en planta baja (17 casos vs. 10 en planta alta) y con vidrio reflectivo (27 casos vs. 11 translúcidos). El vidrio reflectivo registra 19 muertes frente a 3 del translúcido.

Figura 2. Número de colisiones por provincias de Ecuador (2019-2025), ubicación en Ecuador y tabla resumen. Fuente: Museo de Zoología UTPL.

Se cuantificó el tipo de vidrio de mayor impacto, siendo el reflectivo con mayor incidencia, de un total de 27 colisiones registradas:

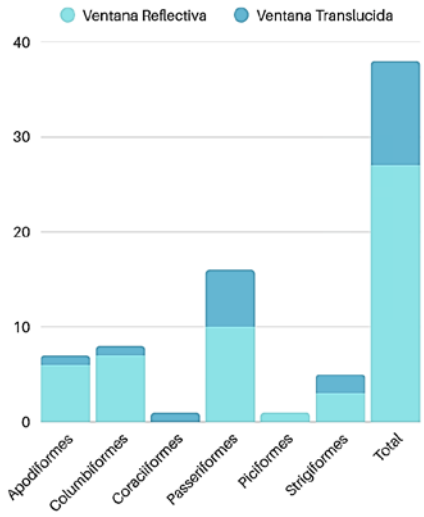


Figura 3. Número de colisiones por tipo de ave y tipo de ventana en Ecuador (2019-2025). Fuente: Museo de Zoología UTPL.

El mayor número de incidencia de muertes según el tipo de vidrio, de este levantamiento, resulta el mayor número de colisiones por tipo de vidrio reflectivo como las más frecuentes, con un total de 27 muertes por colisión de 38 casos:

Figura 4. Número de colisiones por tipo de ventana en Ecuador (2019-2025). Fuente: Museo de Zoología UTPL.

e. Recomendaciones para mitigación

No existe un vidrio especial que evite colisiones. Las marcas visibles (4mm individuales o 2x8mm lineales, con separación ≤5cm y contraste diferenciado en superficie externa) son efectivas (American Bird Conservancy, 2025). Otra alternativa considerada es colocar tiras plásticas coloreadas de 2.5cm de ancho, con separaciones de 5cm (Agudelo-Álvarez, Moreno-Velasquez, & Ocampo-Peñuela, 2010). El Museo de Zoología de la UTPL recomienda marcas de 10x5cm cada 10cm vertical u 5cm horizontal. La ABC señala que las ventanas más peligrosas son aquellas con fondo oscuro y brillo en primer plano, donde la reflectividad es el principal riesgo.

Conclusiones

La ubicación de un edificio determina la tipología y porcentaje de aves que morirán por colisión. La Amazonía esta presionada por parte del sector construcción. Construir en zonas selváticas con alta biodiversidad incrementa las víctimas, especialmente a la altura de follajes. La luz artificial y la mayor área vidriada son factores mortales. Los arquitectos, constructores y diseñadores de edificaciones no suelen considerar este problema. Diseños que simulan túneles, ventanas que reflejan árboles o polarizadas (espejo total) son percibidos como pasadizos, no como obstáculos. Es urgente integrar estrategias de diseño consciente y promover regulaciones nacionales y concretar la coexistencia segura con la avifauna.

Referencias Bibliográficas

Adams, C., Fernández-Juricic, E., Bayne, E., & CassaySt.Clair, C. (2021). Effects of artificial light on bird movement . Environmental Evidence, 1-28.

Agudelo-Álvarez, L., Moreno-Velasquez, J., & Ocampo-Peñuela, N. (2010). Colisiones de aves contra ventanales en un campus universitario de Bogotá, Colombia. Ornitología Colombiana, 3-10.

American Bird Conservancy. (21 de septiembre de 2025). ABC. Obtenido de Bird-Friendly Building Design: https://abcbirds.org/wp-content/uploads/2020/09/Bird-Friendly-Building-Design.pdf

Amigo, X. (16 de septiembre de 2025). Entrevista a Directeur géneral Nature Experience - Reponsable fixing - Guide ornithologique. (V. Cárdenas, Entrevistador)

Asamblea, N. (2017). Código Orgánico del Ambiente. Quito: Presidencia de la República del Ecuador.

Chile, M. d. (diciembre de 2024). Ministerio de Energía de Chile. Buenas prácticas para el resguardo de aves en el sector energía. Santiago de Chile, Chile: Ministerio de Energía, División de Desarrollo de Proyectos, Unidad de Proyectos y Medio Ambiente.

Gámiz, E. P. (2021). La prevención de accidente de la avifauna por colisión contra cristales en ambientes urbanos. Papel del Centro de Conservación Zoo de Córdova. Córdova: Universida de Córdova.

Guzmán, S. G. (noviembre de 2023). Guía para evitar la colisión de las aves con las ventanas. Veracruz, México, México.

Kornreich, A., Partridge, D., Youngblood, M., & Parkins, K. (2024). Resultados de la rehabilitación de víctimas de colisiones de aves con edificios en el noroeste de Estados Unidos. PLOS One, 19(8).

Magaña, F. G. (2003). Notas sobre colisiones de aves en las ventanas de edificios universitarios en Puerta Vallarta, México. Revista Mexicana de Ornitología, vol. 4, núm. 2, 17-21.

Menacho-Odio, R. M. (2018). Colisión de aves con ventanas: problemas, prevención y

mitigación. Zeledonia, 59-76.

Ordoñez, L. (11 de septiembre de 2025). Entrevista a Investigador del Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - Museo de Zoología (UTPL). (V. Cárdenas, Entrevistador)

Pastrana Buelvas, E., Cabrera Ortiz, F., & Sandner, J. (2023). Estrategias de seguridad ambiental en América Latina y el Caribe: construyendo resiliencia. Bogotá: Fundación Konrad.

Scott Winton, R., Ocampo-Peñuela, N., & Cagle, N. (2018). Geo-referencing bird-window collisions for targeted mitigation. PeerJ, 1-11.

Shiguango-Yumbo, W., & Bañol-Pérez, C. (2020). Evaluación rápida de la avifauna en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), provincia de Napo, Amazonía Ecuatoriana. Ciencia y Tecnología, 89-96.

Varini, C. (2012). Envolventes arquitectónicas sensibles al clima. Investigar para hacer ciudad, 33-44.

Velasco, R., & Robles, D. (2011). Diseño de eco-envolventes. Modelo para la exploración, el diseño y la evaluación de envolventes arquitectónicas para climas tropicales. Revista de Arquitectura, 92-105.

Caracterización del comportamiento de construcción de nidos, degradación de lignocelulosa y el potencial de residuos agroindustriales en la construcción sostenible

Characterization of nest-building behavior, lignocellulose degradation, and the potential of agroindustrial waste in sustainable construction

Mónica M. Dazzini Langdon[1], Leonardo Ortega López[2], Gabriela Salazar Mogollón[3], David Romero Estévez[4], Franklin Sánchez Pila[5]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Facultad de Arquitectura Sostenible, Tena, Ecuador. https://orcid.org/0000-0001-7045-2887

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Ecuador. https://orcid.org/0000-0002-0819-0721

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Ecuador. https://orcid.org/0000-0002-0756-6184

4 Pontificia Universidad Católica del Ecuador, CESAQ-PUCE, Quito, Ecuador. https://orcid.org/0000-0003-1381-9464

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Ecuador. https://orcid.org/0000-0002-6840-4576

Autor de correspondencia: monica.dazzini@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.csbb.e4

Resumen

Este estudio investiga el comportamiento de construcción de nidos en insectos sociales y su potencial aplicación en el desarrollo de materiales sostenibles a partir de residuos agroindustriales lignocelulósicos. La investigación se centra en comprender los mecanismos de degradación de lignocelulosa que realizan las termitas mediante simbiosis microbianas, y cómo estos procesos naturales pueden inspirar el tratamiento de residuos para fabricar materiales constructivos. Asimismo, en una primera etapa se identificarán y caracterizarán los biocompuestos como, enzimas y en una segunda etapa, se realizarán experimentos de formulación de composites con residuos agrícolas locales. Asimismo, los patrones de construcción de nidos informan el diseño de materiales con mejor desempeño térmico-estructural. Se prevee que esta integración reduce el impacto ambiental y contribuye a la economía circular, ofreciendo una alternativa viable a los materiales convencionales, mientras al mismo tiempo se explora el potencial insecticida y/o fungicida reportado por saberes

locales de comunidades indígenas e informado escasamente en la literatura científica.

Palabras clave: Biocompuestos. Compuestos bioactivos. Control de plagas. Diálogo de saberes. Termitas.

Abstract

This study investigates nest-building behavior in social insects and its potential application in the development of sustainable materials from lignocellulosic agroindustrial waste. The research focuses on understanding the lignocellulose degradation mechanisms carried out by termites through microbial symbiosis, and how these natural processes can inspire waste treatment for manufacturing construction materials. In a first stage, biocompounds such as enzymes will be identified and characterized; in a second stage, composite formulation experiments will be conducted using local agricultural waste. Likewise, nest construction patterns inform the design of materials with improved thermal-structural performance. This integration is expected to reduce environmental impact and contribute to the circular economy, offering a viable alternative to conventional materials, while simultaneously exploring the insecticidal and/or fungicidal potential reported by local knowledge of indigenous communities and scarcely documented in the scientific literature.

Keywords: Biocompounds. Bioactive compounds. Pest control. Dialogue of knowledge. Termites.

Introducción

El presente estudio investiga el comportamiento de construcción de nidos en insectos sociales, como hormigas y termitas, y su potencial aplicación en el desarrollo de materiales de construcción sostenibles a partir de residuos agroindustriales lignocelulósicos. Estos residuos, abundantes en desechos de pulpa de frutas y otros subproductos agrícolas, representan una oportunidad para la creación de compuestos estructurales innovadores y ecológicos. La investigación se centra en comprender los mecanismos de degradación de lignocelulosa —constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina— que las termitas realizan de manera eficiente gracias a simbiosis microbianas, así como en analizar cómo estos procesos naturales pueden inspirar el tratamiento y la reutilización de residuos en la fabricación de materiales constructivos.

Por otro lado, el uso excesivo de plaguicidas sintéticos en la agricultura y la construcción ha generado impactos ambientales y en la salud humana, como la contaminación de suelos y agua, y la resistencia de plagas (FAO, 2021). Paralelamente, la acumulación de residuos

agroindustriales lignocelulósicos representa un desafío global, con aproximadamente 1,300 millones de toneladas generadas anualmente (FAO, 2021). En este contexto, las soluciones basadas en la naturaleza y los saberes locales emergen como alternativas promisorias para abordar estos problemas. Comunidades indígenas de la Amazonia utilizan material de nidos de termitas abandonados como sahumerio para ahuyentar insectos, observando que estos nidos no son colonizados por otros insectos ni parasitados una vez abandonados (entrevistas etnográficas, 2023).

Este estudio busca integrar saberes locales con metodologías científicas para validar estas propiedades y explorar su potencial aplicación. Estos saberes sugieren la presencia de compuestos bioactivos con propiedades insecticidas y/o fungicidas en los nidos, lo que coincide con estudios previos que reportan metabolitos secundarios en termitas con actividad biológica (Watanabe & Tokuda, 2010; Chouvenc et al., 2021). La hipótesis de esta investigación propone que los montículos de termitas contienen compuestos bioactivos con actividad insecticida y fungicida, los cuales pueden ser incorporados en biocompuestos derivados de residuos agroindustriales para aplicaciones sostenibles en la construcción y el control de plagas. Asimismo, se observa que la organización espacial y los patrones de construcción de nidos en insectos pueden informar el diseño de materiales con mejor desempeño térmico-estructural.

Metodología

a. Diseño experimental

Se plantea un diseño experimental en fases, que incluye: 1) Recolección de muestras: Se recolectarán nidos de termitas de especies como Nasutitermes sp. y Cornitermes sp. en colaboración con las comunidades locales. Las muestras se transportarán en condiciones controladas para preservar su integridad química, 2) Caracterización química: a) Extracción de compuestos: Se emplearán técnicas de extracción y métodos de maceración asistida por sonicación, b) Análisis cromatográfico: Se utilizará GC-MS para compuestos volátiles y semivolátiles, y UPLC-QTOF-MS para compuestos no volátiles.

b. Bioensayos

En una segunda etapa, se evaluará la actividad insecticida frente a insectos modelo (ej. Aedes aegypti) y la actividad fungicida contra hongos fitopatógenos (ej. Fusarium oxysporum), para el desarrollo de biocompuestos, Identificando los componentes, se establecerán los protocolos para incorporar en estudios futuros matrices de residuos agroindustriales (cáscaras de mango, plátano y coco) para la fabricación de prototipos de paneles con propiedades potenciales

insecticidas y/o fungicidas.

c. Análisis estadístico

Los datos se analizarán mediante estadística descriptiva, ANOVA y análisis multivariante (PCA) para identificar correlaciones entre la composición química y la actividad biológica.

Resultados y discusión

Resultados preliminares y observaciones etnográficas

Las comunidades indígenas reportan que el material de los nidos de termitas, utilizado como repelente de insectos, mosquitos y moscas, previene el crecimiento de hongos en espacios cerrados. Estas observaciones coinciden con estudios que atribuyen a las termitas la producción de compuestos con actividad antimicrobiana, como terpenos y fenilpropanoides (Sun & Scharf, 2010; Grace, 2014) los que deberán ser verificados para estas especies locales.

Asimismo, existiría una potencial aplicación en biocompuestos, para lo cual se desarrollarán protocolos para la incorporación de compuestos en matrices de residuos agroindustriales podría resultar en materiales de construcción con funcionalidades adicionales, como la reducción de plagas en almacenes o invernaderos. Esta aproximación alinearía con los principios de la economía circular (Geissdoerfer et al., 2017), transformando residuos en recursos de alto valor agregado.

Conclusiones

Los hallazgos preliminares sugieren según los saberes locales de comunidades indígenas que los nidos de termitas pudieran poseer propiedades insecticidas y fungicidas, lo que justifica su estudio científico. Esta investigación integra conocimientos tradicionales, "diálogo de saberes", con metodologías analíticas contemporáneas, promoviendo la valorización de recursos naturales y residuos agroindustriales. Se recomienda, a) Realizar estudios químicos y biológicos para validar las propiedades insecticidas y/o fungicidas de los nidos, b) Explorar sinergias entre compuestos bioactivos y matrices de residuos para el desarrollo de biocompuestos funcionales, c) Establecer colaboraciones con comunidades locales para asegurar un enfoque ético y sostenible. Se concluye que la integración de estos residuos en la construcción no solo reduce el impacto ambiental, sino que también contribuye a la economía circular, ofreciendo una alternativa viable y sostenible a los materiales convencionales.

Referencias bibliográficas

Ali, S. S., Al-Tohamy, R., & Sun, J. (2020). Recent advances in the biodegradation of lignocellulose by termite gut symbionts. Bioresource Technology, 315, 123261.

Ashori, A. (2008). Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries! Bioresource Technology, 99(11), 4661-4667.

Chouvenc, T., Li, H. F., Austin, J., Bordereau, C., Vargo, E. L., & Su, N. Y. (2021). Comparative study of the gut microbiomes and defense capabilities of termites with different nesting strategies. Environmental Entomology, 50(2), 268-279.

Contour-Ansel, D., Garnier-Sillam, E., & Lachaud, J. P. (2000). The role of organic matter in the structure of nests of termites (Isoptera) in tropical forests. Sociobiology, 36, 1-14.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Global food losses and food waste - Extent, causes and prevention.

Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. Progress in Polymer Science, 37(11), 1552-1596.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy–A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production, 143, 757-768.

Grace, J. K. (2014). Microbial degradation of termite mounds and implications for construction durability. International Biodeterioration & Biodegradation, 86, 244-249.

Jeanson, R. (2012). Long-term dynamics in proximity networks in ants. Animal Behaviour, 83(4), 915-923.

King, H., Ocko, S., & Mahadevan, L. (2015). Termite mounds harness diurnal temperature oscillations for ventilation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(37), 11589-11593.

Li, Z., & Greening, C. (2022). The role of termite gut microbiota in lignocellulose digestion. Current Opinion in Microbiology, 65, 1-9.

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2022). Anuario de Estadísticas Agropecuarias.

Pickering, K. L., Efendy, M. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 83, 98-112.

Pie, M. R., Rosengaus, R. B., & Traniello, J. F. (2004). Nest architecture, activity pattern, worker density, and the dynamics of disease transmission in social insects. Journal of Theoretical Biology, 226(1), 45-51.

Pinter-Wollman, N. (2015). Nest architecture shapes the collective behaviour of harvester ants. Biology Letters, 11(10), 20150695.

Poletto, M., Zattera, A. J., & Santana, R. M. C. (2012). Thermal decomposition of natural fibers: Kinetics and degradation mechanisms. In Thermal Decomposition of Polymer (pp. 115-132). Springer.

Sun, J. Z., & Scharf, M. E. (2010). Exploring the integrative processes of termite digestion. Insectes Sociaux, 57(1), 1-10.

Theraulaz, G., & Bonabeau, E. (1999). A brief history of stigmergy. Artificial Life, 5(2), 97-116.

Turner, J. S., & Soar, R. C. (2008). Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building. First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction, 1-18.

United Nations Environment Programme. (2020). Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector.

Wang, L., Zhang, Y., & Gao, P. (2020). A novel approach for the extraction of carotenoids from fruit wastes and their application in composites. Waste Management, 118, 1-9.

Watanabe, H., & Tokuda, G. (2010). Cellulolytic systems in insects. Annual Review of Entomology, 55, 609-632.

Weigand, A., Abrahamczyk, S., Aubin, I., Bita-Nicolae, C., Bruelheide, H., Carvajal-Hernández, C. I., ... & Kessler, M. (2020). Global fern and lycophyte richness explained: How regional and local factors shape plot richness. Journal of Biogeography, 47(1), 59-71.

La paradoja de la doble-cubierta en edificaciones de la Amazonía ecuatoriana, estrategias de confort térmico, implicaciones de estas construcciones en la imagen urbana

The double-roof paradox in buildings of the Ecuadorian Amazon: Thermal comfort strategies and the implications of these constructions for the urban landscape

Juan Carlos Soria[1], Mónica M. Dazzini Langdon[2], Viviana Cárdenas[3], Sheila Tobar[4], Vinicio Velásquez Zambrano[5]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0001-4172-1571

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-7045-2887

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0004-5801-9748

4. Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-4268-8985

5 Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP). https://orcid.org/0000-0002-0161-6654

Autor de correspondencia: monica.dazzini@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.csbb.e5

Resumen

En las ciudades amazónicas de Ecuador se ha consolidado una práctica empírica de adaptación climática: la construcción autogestionada de doble-cubiertas sobre edificaciones de hormigón. Esta estrategia surgió como respuesta de mitigación para controlar la incidencia del clima cálido-húmedo, caracterizado por altas temperaturas, intensa radiación solar y lluvias constantes. Su proliferación evidenció deficiencias en la práctica constructiva convencional y falta de integración de criterios bioclimáticos en el diseño inicial. Urbanísticamente, la repetición constante de esta práctica genera lecturas singulares en la imagen de la ciudad, creando tipologías no previstas que contribuyen a una identidad urbana no planificada. Normativamente, este fenómeno refleja vacíos regulatorios que dejan margen a consolidaciones de ampliaciones informales. Esta práctica manifiesta una tensión entre soluciones individuales de los habitantes y sus impactos colectivos en el paisaje urbano. El estudio concluye que es urgente y necesario repensar los modelos constructivos amazónicos, integrando estrategias bioclimáticas desde fases iniciales de diseño.

Palabras clave: arquitectura sostenible, confort adaptativo, doble-cubierta, imagen urbana.

Abstract

In Amazonian cities of Ecuador, an empirical climate adaptation practice has become widespread: the self-managed construction of double roofs over concrete buildings. This strategy emerged as a mitigation response to control the effects of the warm-humid climate, characterized by high temperatures, intense solar radiation, and constant rainfall. Its proliferation has revealed deficiencies in conventional construction practices and a lack of integration of bioclimatic criteria in the initial design stages. From an urban perspective, the repeated implementation of this practice generates distinctive interpretations of the cityscape, creating unforeseen typologies that contribute to an unplanned urban identity. From a regulatory standpoint, this phenomenon reflects legal and planning gaps that allow the consolidation of informal extensions. This practice reveals a tension between individual solutions adopted by inhabitants and their collective impacts on the urban landscape. The study concludes that it is urgent and necessary to rethink Amazonian construction models by integrating bioclimatic strategies from the earliest design phases.

Keywords: sustainable architecture, adaptive comfort, double roof, urban image.

Introducción

El fenómeno de la doble-cubierta en las ciudades amazónicas del Ecuador, como Tena, representa una paradoja contemporánea: una solución empírica efectiva para el confort térmico individual que genera un impacto colateral negativo en la imagen y la planificación urbana colectiva. La región amazónica del Ecuador extendida desde las estribaciones de la cordillera oriental de los Andes hasta el ecosistema selva de la Amazonia, alberga cinco capitales de provincia, ciudades intermedias donde gran parte de su territorio se ubica en las zonas de temperaturas más elevadas, Zona húmedo calurosa y Húmeda muy calurosa de alta pluviosidad anual (PDOT. p. 128, 2018). Son precisamente las condiciones climáticas en estas ciudades las preponderantes en cuanto a la respuesta de los sistemas constructivos idóneos para sus edificaciones. Es así que los habitantes han implementan soluciones empíricas para mejorar el confort térmico de su entorno construido. Esta práctica constructiva, no prevista en los proyectos originales, consiste en la superposición de una estructura ligera de acero y planchas metálicas sobre las losas planas de cubierta de hormigón, buscando crear una cámara de aire que mitigue la ganancia de calor y proteja de las intensas lluvias al edificio. Investigaciones recientes sobre adaptaciones climáticas informales, como la desarrollada por Vera y Sordi (2021) en contextos tropicales periféricos, destacan cómo estas prácticas emergen como respuestas resilientes a diseños arquitectónicos inapropiados, su recurrencia creciente plantea preguntas de investigación críticas: ¿Qué motivaciones técnicas

y perceptuales impulsan a los habitantes a adoptar esta solución? ¿Cómo impacta esta práctica en la configuración morfológica y la legibilidad de la imagen urbana? Y, fundamentalmente, ¿qué vacíos en la normativa y en la práctica proyectual permiten su proliferación?

En el plano urbano, la repetición masiva de estas estructuras genera transformaciones perceptibles en la imagen de la ciudad, "*Una ciudad legible sería aquella cuyos distritos, sitios sobresalientes o sendas son identificables fácilmente y se agrupan, también fácilmente, en una pauta global.*" (Lynch, 2008, p. 11). Se configuran así, nuevas tipologías no previstas en la planificación, contribuyendo a la construcción de una identidad urbana no planificada, en ocasiones negativa. A nivel normativo, la facilidad con que estas estructuras se incorporan tras la aprobación inicial de los proyectos refleja vacíos regulatorios que favorecen la consolidación de ampliaciones informales. La práctica de construcción de estas doble-cubiertas genera ciertas tensiones entre soluciones funcionales a nivel particular y sus impactos colectivos en la imagen de la ciudad. La mirada crítica de esta investigación posiciona el fenómeno no como un mero problema estético o de desviación normativa, también como un síntoma de un fallo sistémico más profundo: la desconexión entre la práctica arquitectónica convencional, anclada en sistemas constructivos genéricos como el hormigón armado, y las demandas específicas del entorno bioclimático amazónico. La doble-cubierta es, por tanto, un paliativo que revela una carencia de origen.

Metodología

Se realizó un análisis comprehensivo del fenómeno en tres barrios del centro de la ciudad de Tena, en este resumen se expone una muestra del caso ubicada en el barrio Ciudadela del Chofer, en un sector delimitado por cinco manzanas comprendidas entre las calles Manuel M. Rosales, Edwin Enríquez, Av. Pano y Calle Cuenca. La ciudad de Tena fue seleccionada para el estudio al ser representativa por ubicarse en una zona Cálido Húmeda, y por la evidencia de casos existentes. Se realizó además un estudio de caso de la implementación de esta práctica en un ejemplo de un proyecto del galardonado arquitecto africano Francis Kéré, para contrastar sus resultados con los ejemplos locales. El trabajo se estructuró en tres fases:

La primera fase consistió en un trabajo de campo exhaustivo realizado entre junio y julio de 2025. A través de un levantamiento en sitio se identificó y catalogó las edificaciones con doble-cubierta. Se levantó un registro fotográfico detallado y un levantamiento de datos técnicos, como dimensiones, materiales, sistemas constructivos, ciclo de vida del edificio y estado de conservación. Adicional se aplicaron encuestas a una muestra de propietarios, once en total, para recabar data sobre sus motivaciones, el proceso de construcción, el costo percibido y la evaluación subjetiva del confort térmico antes y después de la intervención. La segunda fase se centró en el análisis de los datos recolectados. El análisis morfológico

examinó el impacto visual de las dobles cubiertas en la tipología arquitectónica original, losas planas frente a cubiertas inclinadas, y sobre todo vacíos en la volumetría. Se realizó un análisis térmico comparativo mediante mediciones de temperatura y humedad relativa en el interior de once viviendas tipo (con doble-cubierta y sin ella) en horarios de máxima carga térmica. Finalmente, se realizó una revisión crítica de la normativa urbanística local sobre el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Tena 2021-2023 y de la NEC-HS-EE para identificar vacíos, ambigüedades o permisividades que den lugar a interpretaciones particulares de la normativa. La tercera fase, de síntesis y proyección, integró los hallazgos para clasificar los factores que propician el problema a través de un abordaje de dimensiones arquitectónica, urbana y normativa, con el fin de transitar de soluciones reactivas a estrategias de diseño integrado.

Resultados y discusión

Los resultados del trabajo de campo confirmaron la alta prevalencia de la práctica, identificándose 13 casos en la muestra del sector de estudio (Figura 1). Las encuestas a los propietarios de estas edificaciones revelaron 3 motivaciones principales: la protección contra filtraciones de la losa por lluvia (87%), la mitigación del calor y humedad (62%), un 36% mencionó también la posibilidad de ganar un espacio cubierto adicional en la terraza para uso como bodega o espacios cubierto de servicio. (los datos se traslapan en porcentaje por constar en la encuesta respuesta múltiple).

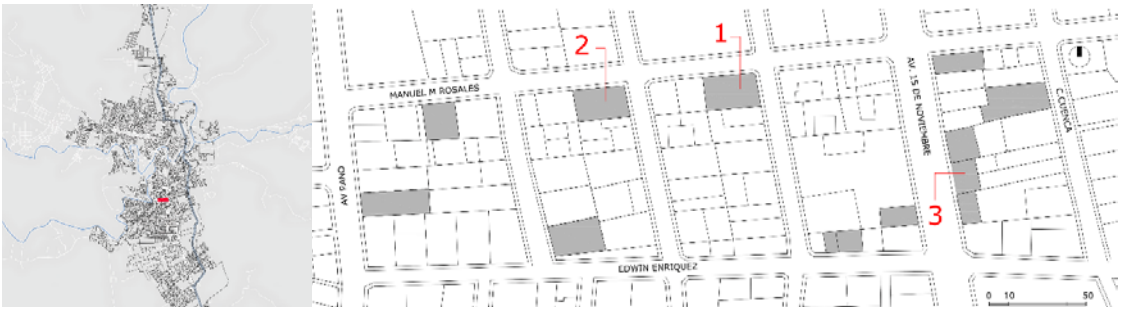


Figura 1. Izquierda, ubicación de la muestra en el sector de estudio en la ciudad de Tena. **Derecha,** área de estudio, Ciudadela del chofer, ubicación de predios con presencia de doble-cubiertas, 13 casos encontrados, total de predios 78.

Las mediciones térmicas preliminares indicaron una reducción promedio de 2.4°C en la temperatura interior bajo la doble cubierta en comparación con una losa de hormigón expuesta, validando su eficacia funcional desde la perspectiva del usuario. Este hallazgo corrobora estudios como el de López-Escamilla. (2022) quienes demostraron el potencial de las cámaras de aire ventiladas para mejorar el confort en climas tropicales.

Figura 2. Tres ejemplos encontrados en el área de estudio. De izquierda a derecha caso 01, caso 02, caso 03.

La revisión normativa identificó un vacío crucial: mientras la normativa se centra en regular las ampliaciones verticales que generan volumen habitable, las "cubiertas ligeras" no habitables a menudo escapan a un control estricto, siendo consideradas en muchos casos como "mejoras" menores. Esta permisividad, sumada a la falta de directrices claras de diseño bioclimático en los códigos de edificación, crea un marco regulatorio que facilita la solución individual sin tomar en cuenta los valores a nivel colectivo.

En contraste, el caso de estudio, la escuela en Gando, Burkina Faso, de Francis Kéré, sirve como contrapunto ilustrativo (Figuras 3 y 4) donde la doble cubierta fue concebida como un sistema integrado desde el diseño original, utilizando materiales locales y mejorando tanto el confort como la expresión formal del edificio. Esta configuración genera una cámara de aire intermedia que actúa como regulador térmico, permitiendo la ventilación cruzada pasiva, disipando el calor por convección y bloqueando la radiación solar directa. Perforaciones estratégicas en la bóveda interior facilitan el flujo de aire, mejorando el confort térmico. (Flannery, J. Smith, K. 2014). El proyecto, basado en materiales locales y participación comunitaria, demuestra cómo la arquitectura vernácula contemporánea puede responder eficazmente a desafíos climáticos y escasez de recursos. La diferencia radica en la intencionalidad proyectual.

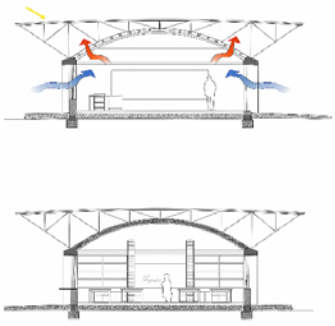


Figura 3. Corte detalle de la disposición de la doble cubierta de la escuela primaria en Gando,

Burkina Faso (Flannery & Smith, 2014).

Nota. Imagen tomada de *Gando School and Library* por J. A. Flannery & K. M. Smith, en *Eco-Library Design* (pp. 40-47), Springer, 2014 (https://doi.org/10.1007/978-94-007-4078-5_5). Copyright © 2014 Springer. Reproducida con fines académicos.

Figura 4. Vista exterior de la escuela primaria en Gando, Burkina Faso (Arquitectura Viva, 2018).

Nota. Imagen tomada de *Ampliación de la escuela primaria, Gando – Diébédo Francis Kéré / Kéré Architecture* (Arquitectura Viva, 2008).

Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación han identificado tres factores motivantes de la proliferación de doble-cubiertas en Tena. El primero es una respuesta sintomática a un diseño arquitectónico deficiente desde su fase inicial al no incorpora criterios técnicos bioclimáticos apropiados para el contexto amazónico. Segundo, los habitantes han implementado estas construcciones adicionales, para mitigar consecuencias de malas prácticas del uso del sistema constructivo de hormigón armado en el momento de la construcción, y, finalmente, se evidencia que existe un alto porcentaje de personas que han convertido los espacios de las terrazas cubiertas en área útil habitable, estrategia que frecuentemente elude la normativa urbanística local y tiene la clara intención de beneficio propio.

Urbanísticamente, esta práctica genera una paradoja a nivel morfológico, la arquitectura posee la capacidad de generar tipologías reconocibles a través de elementos formales y materiales que, al repetirse en el tiempo, configuran una imagen urbana reconocible con el lugar. En este caso, la instalación no regulada de doble-cubiertas en las ciudades amazónicas, la adición de elementos heterogéneos, con alturas, materiales y calidades de terminación diferentes, fragmenta la unidad visual de las manzanas urbanas y produce un paisaje caótico. Este desorden erosiona la legibilidad de la ciudad, dificultando que habitantes y visitantes formen una "imagen mental" coherente, principio fundamental para la calidad del espacio público como menciona Lynch, (2008). O lo que sería más preocupante, que esta lectura se vuelva

habitual y se convierta en un estándar de identidad.

El riesgo, por lo tanto, no reside solo en la posibilidad de que este elemento configure una nueva imagen urbana, sino en que lo haga sin un análisis crítico de su eficiencia técnica. La pregunta central es si, más allá de su origen espontáneo, la doble cubierta representa una solución adaptativa legítima a un problema local, como la mitigación del calor o la gestión de las lluvias, y, por tanto, debería ser estudiada, optimizada e integrada en el discurso arquitectónico; o si, por el contrario, es simplemente una respuesta deficiente que evidencia la falta de adecuación del diseño formal a las necesidades reales del contexto amazónico.

Esto conduce a una reflexión sobre elementos arquitectónicos emergentes que no provienen de un diseño consciente ni de una tradición vernácula ancestral, en contraste como en el caso de la escuela en Gando, Burkina Faso, diseñada por Francis Kéré, es ilustrativo para abordar esta cuestión. Allí, la doble cubierta fue concebida como un sistema integrado desde el diseño original, utilizando materiales locales y mejorando tanto la comodidad térmica como la expresión arquitectónica (Montjoy & Souza, 2022). La diferencia radica en la intencionalidad: mientras en Gando la solución surge de una profunda reflexión técnica y cultural, en Tena la emergencia del fenómeno responde a la ausencia de criterios bioclimáticos en el diseño inicial aprovechando las brechas normativas urbanísticas locales.

De estas consideraciones surge la necesidad de repensar los modelos constructivos en la Amazonía. El fenómeno de las dobles cubiertas, más allá de ser un problema aislado, constituye un campo de estudio relevante para la arquitectura sostenible, ya que permite comprender la interacción entre las prácticas locales, las necesidades sociales y la construcción de una imagen urbana planificada. En esta línea, se sugiere que las autoridades municipales revisen el marco normativo a fin de incluir directrices de diseño bioclimático y establecer criterios formales que controlen esta práctica de manera planificada. Solo así será posible transformar lo que hoy se percibe como un problema urbano en una oportunidad para reforzar la sostenibilidad y la identidad arquitectónica de la ciudad amazónica.

Referencias bibliográficas

Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I., & Angel, S. (1980). *El lenguaje de patrones*. Gustavo Gili.

Arquitectura Viva. (2018). *Ampliación de la escuela primaria, Gando – Diébédo Francis Kéré / Kéré Architecture*. Arquitectura Viva. Consultado, 01 sep. 2025, en https://arquitecturaviva.com/obras/ampliacion-de-la-escuela-primaria-en-gando

Codina, R., Zanni, E., & Pfund, M. (2020). *Construir también es diseñar*.

Flannery, J. A., & Smith, K. M. (2014). *Gando School and Library*. En *Eco-Library Design* (pp. 40-47). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4078-5_5

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena. (2022). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Tena 2021-2023*. SIL Napo. https://sil.napo.gob.ec/wp-content/uploads/2022/10/PDOT-Tena-2021-2023.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (s. f.). *Geoportal INEC*. Recuperado el [20-09-2025], de https://www.ecuadorencifras.gob.ec

López-Escamilla, Á., Herrera-Limones, R., & León-Rodríguez, Á. L. (2022). Evaluation of environmental comfort in a social housing prototype with bioclimatic double-skin in a tropical climate. *Building and Environment, 218*, 109119. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109119

Lynch, K. (2008). *La imagen de la ciudad* (E. L. Revol, Trad.). Editorial Gustavo Gili. (Trabajo original publicado en 1960).

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-HS-EE: Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales*. Registro Oficial, Edición Especial No. 358. MIDUVI.

Montjoy, V., & Souza, E. (2022, 2 de abril). ¿Cómo utiliza Francis Kéré los materiales para responder a las condiciones climáticas locales? *ArchDaily en Español*. Traducido por Piedad Rojas. https://www.archdaily.cl/cl/979231

Vera, F. & Sordi, J. (2021). *Diseño Ecológico: Estrategias para la ciudad vulnerable. Adaptando las áreas precarias de América Latina y el Caribe al cambio climático*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Zumthor, P. (1997). Pensar la arquitectura. Gustavo Gili.

Línea base para la identificación de problemáticas y estrategias de soluciones basadas en la naturaleza en espacios públicos de Archidona, Amazonía ecuatoriana

Nature-based solutions for climate resilience in public spaces of Archidona, Ecuadorian Amazon

Sheila Lizet Tobar Vallejo[1], Monica Mabel Dazzini Langdon[2], Vinicio Velásquez Zambrano[3], Viviana Cárdenas Loor[4], Juan Carlos Soria Aguas[5]

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0002-4268-8985

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0000-0001-7045-2887

3 Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP). https://orcid.org/0000-0002-0161-6654

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0004-5801-9748

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam. https://orcid.org/0009-0001-4172-1571

Correo de correspondencia: monica.dazzini@ikiam.edu.ec

DOI: https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.csbb.e6

Resumen

Las ciudades amazónicas intermedias enfrentan crecientes problemáticas asociadas al cambio climático, especialmente relacionadas con islas de calor, escorrentía urbana y pérdida de cobertura vegetal. El objetivo de esta investigación fue identificar problemáticas prioritarias en espacios públicos de Archidona, Amazonía ecuatoriana, y evaluar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) aplicables al contexto urbano local. La metodología combinó revisión normativa y bibliográfica, análisis de registros climáticos oficiales del INAMHI (1998–2023), así como análisis espacial y observación de campo en cinco espacios públicos seleccionados mediante criterios de representatividad urbana y cobertura vegetal. Los resultados evidenciaron insuficiencia de infraestructura verde, predominancia de superficies impermeables y limitaciones en confort térmico y drenaje urbano. Entre las SbN identificadas destacan pavimentos permeables, corredores bioclimáticos, arborización urbana y sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), considerados viables técnica y territorialmente para el contexto amazónico. Se concluye que las SbN constituyen estrategias replicables para fortalecer la resiliencia climática y mejorar la habitabilidad urbana en ciudades amazónicas intermedias, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 y

13.

Palabras clave: soluciones basadas en la naturaleza; resiliencia climática; infraestructura verde; drenaje urbano sostenible; ciudades amazónicas intermedias.

Abstract

Intermediate Amazonian cities face increasing challenges associated with climate change, particularly those related to heat islands, urban runoff, and loss of vegetation cover. The objective of this study was to identify priority issues in public spaces in Archidona, Ecuadorian Amazon, and to evaluate Nature-Based Solutions (NbS) applicable to the local urban context. The methodology combined regulatory and bibliographic review, analysis of official climate records from INAMHI (1998–2023), as well as spatial analysis and field observations in five selected public spaces based on criteria of urban representativeness and vegetation cover. The results revealed insufficient green infrastructure, predominance of impermeable surfaces, and limitations in thermal comfort and urban drainage. Among the identified Nature-Based Solutions were permeable pavements, bioclimatic corridors, urban tree planting, and sustainable urban drainage systems (SUDS), considered technically and territorially feasible for the Amazonian context. It is concluded that Nature-Based Solutions constitute replicable strategies to strengthen climate resilience and improve urban habitability in intermediate Amazonian cities, contributing to the achievement of Sustainable Development Goals 11 and 13.

Keywords: nature-based solutions; climate resilience; green infrastructure; sustainable urban drainage; intermediate Amazonian cities.

Introducción

El crecimiento urbano en ciudades amazónicas intermedias ha generado transformaciones aceleradas sobre el territorio, modificando las dinámicas ambientales y aumentando la presión sobre los espacios públicos urbanos. En contextos como Archidona, estos procesos se reflejan en la reducción de cobertura vegetal, incremento de superficies impermeables y limitaciones en la gestión de aguas pluviales, factores que intensifican problemáticas asociadas al confort térmico y la vulnerabilidad frente al cambio climático (IPCC, 2022).

En los últimos años, las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) han adquirido relevancia como estrategias para fortalecer la resiliencia urbana mediante la integración de infraestructura verde, sistemas urbanos de drenaje sostenible y mecanismos de adaptación climática (Kabisch et al., 2017; Raymond et al., 2017). Diversos estudios desarrollados en ciudades tropicales

han demostrado que las SbN contribuyen a reducir temperaturas superficiales, mejorar la infiltración hídrica y recuperar servicios ecosistémicos en entornos urbanos (Cook et al., 2025; Dunlop et al., 2024). Sin embargo, su aplicación en ciudades amazónicas ecuatorianas continúa siendo limitada, particularmente en espacios públicos de escala local.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo identificar las principales problemáticas urbanas presentes en espacios públicos de Archidona y evaluar SbN potencialmente aplicables al contexto amazónico. El estudio busca aportar una línea base técnica que contribuya a futuras intervenciones urbanas orientadas a la resiliencia climática, sostenibilidad urbana y mejora de la habitabilidad en ciudades amazónicas intermedias.

Figura 1. Localización de espacios públicos analizados en Archidona. Elaboración propia con base en Google Earth Pro (2025).

Metodología

La investigación adoptó un enfoque exploratorio-descriptivo orientado al análisis de problemáticas urbanas y estrategias de resiliencia climática en espacios públicos de Archidona, Amazonía ecuatoriana. El estudio se desarrolló en tres fases complementarias.

En la primera fase se realizó una revisión normativa y bibliográfica de documentos nacionales e internacionales relacionados con Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), infraestructura verde, resiliencia urbana y adaptación climática. Se analizaron normativas, lineamientos técnicos y literatura científica vinculada a contextos urbanos tropicales y amazónicos.

La segunda fase comprendió el análisis de registros climáticos oficiales del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) correspondientes al periodo 1998–2023, considerando variables como temperatura media anual, precipitación acumulada y frecuencia de lluvias intensas. Las diferencias temporales fueron evaluadas mediante comparación de medias.

Finalmente, se efectuó análisis espacial y observación de campo en cinco espacios públicos seleccionados mediante criterios de representatividad urbana, cobertura vegetal y uso social. La cobertura vegetal y las superficies impermeables fueron estimadas mediante fotointerpretación satelital y verificación visual in situ, identificando condiciones relacionadas con confort térmico, escorrentía urbana y potencial de implementación de SbN.

Tabla 1. Instrumentos normativos y técnicos relacionados con SbN urbanas

Escala	Instrumento	Aporte para SbN urbanas
Nacional	Código Orgánico del Ambiente (2018)	Promueve restauración ecológica, conservación y arbolado urbano
Nacional	Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible (2023)	Incorpora resiliencia climática y reducción de calor urbano
Nacional	Guía de Implementación de SbN en Quito (2022)	Referencia técnica para infraestructura verde y drenaje sostenible
Internacional	IUCN Global Standard for NbS (2020)	Define criterios técnicos para implementación y evaluación de SbN
Internacional	OMS Urban Green Spaces and Health (2020)	Relaciona áreas verdes con bienestar y salud urbana
Internacional	IPCC Adaptation and Vulnerability (2022)	Reconoce SbN como estrategia de adaptación climática urbana

Fuente: Elaboración propia con base en normativa nacional y literatura internacional especializada.

Tabla 2. Tendencias climáticas en Archidona (1998–2023)

Parámetro climático	1998–2002 (media ± DE)	2019–2023 (media ± DE)	Cambio	p
Temperatura media anual (°C)	24.3 ± 0.4	25.1 ± 0.6	+0.8 °C	<0.05
Precipitación acumulada anual (mm)	2850 ± 210	2930 ± 190	+80 mm	>0.05
Días con lluvias intensas (>50 mm/día)	12 ± 3	16 ± 4	+33 %	<0.01
Días con lluvias moderadas (1–20 mm/día)	142 ± 15	131 ± 12	−8 %	<0.05
Humedad relativa media (%)	85 ± 4	82 ± 5	−3 %	<0.05

Fuente: Elaboración propia con base en registros climáticos oficiales del INAMHI.

Resultados y discusión

Los resultados evidenciaron tres problemáticas principales en los espacios públicos analizados: (i) insuficiencia de infraestructura verde, asociada al incremento de temperaturas superficiales y formación de islas de calor; (ii) predominancia de superficies impermeables y limitaciones en la gestión de escorrentías urbanas; y (iii) escasa incorporación de criterios de confort térmico en el diseño urbano, reduciendo el uso social de los espacios durante periodos de alta radiación solar.

Los espacios con mayor nivel de vulnerabilidad correspondieron al Parque Antonio Cabri, Parque El Progreso y Parque Infantil 13 de Abril, donde la limitada cobertura vegetal y la alta impermeabilización favorecen procesos de acumulación térmica y escorrentía superficial. En contraste, el Parque Central presentó mejores condiciones de confort térmico y menor prioridad de intervención debido a su mayor presencia de vegetación urbana.

Estos resultados coinciden con investigaciones desarrolladas en ciudades tropicales latinoamericanas, donde la pérdida de cobertura vegetal incrementa la vulnerabilidad climática y reduce la habitabilidad urbana (Cook et al., 2025; Dunlop et al., 2024; Raymond et al., 2017). A partir del diagnóstico realizado, se identificaron Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) potencialmente aplicables al contexto amazónico, entre ellas pavimentos permeables, arborización urbana, corredores bioclimáticos y sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), considerados estrategias viables para fortalecer la resiliencia climática urbana y mejorar la sostenibilidad de ciudades amazónicas intermedias.

Tabla 3. Caracterización de espacios públicos analizados en Archidona

Espacio público	Cobertura vegetal (%)	Temp. superficial máxima (°C)	Superficie impermeable (%)	Área (m²)	Prioridad de intervención
Parque Central	≈ 80 %	≤ 35 °C	20 ± 4.2	4.270	Baja
Plaza Municipal	25.3 %	≈ 39 ± 2.8 °C	72.3 ± 3.8	11.500	Media
Parque Infantil 13 de Abril	5.4 %	≈ 42 °C	94.2 ± 2.1	10.080	Alta
Parque El Progreso	1 %	≈ 42 °C	96 ± 2.0	2.800	Crítica
Parque Antonio Cabri	1 %	≈ 45 °C	95 ± 2.5	3.240	Crítica

Fuente: Elaboración propia con base en observación de campo y registros climáticos del INAMHI.

Nota: Los valores de impermeabilización fueron estimados mediante observación de campo y fotointerpretación satelital.

Conclusiones

El estudio permitió identificar problemáticas asociadas a la insuficiencia de infraestructura verde, predominancia de superficies impermeables y limitaciones en confort térmico en espacios públicos de Archidona. Los resultados evidenciaron que los parques con menor cobertura vegetal presentan mayores niveles de vulnerabilidad frente a procesos de acumulación térmica y escorrentía urbana.

A partir del diagnóstico realizado, se identificaron Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) potencialmente aplicables al contexto amazónico, entre ellas pavimentos permeables, arborización urbana, corredores bioclimáticos y sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). Estas estrategias representan alternativas viables para mejorar la resiliencia climática y fortalecer la habitabilidad urbana en ciudades amazónicas intermedias.

La investigación constituye una línea base técnica para futuras intervenciones urbanas orientadas a la adaptación climática y sostenibilidad urbana, contribuyendo además al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 y 13 relacionados con ciudades sostenibles y acción por el clima.

Referencias bibliográficas

Adams, C., Frantzeskaki, N., & Moglia, M. (2023). Mainstreaming nature-based solutions in cities: A systematic literature review and a proposal for facilitating urban transitions. *Landscape and Urban Planning*, 102412.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: mecanismos de financiación para la replicación regional*. BID.

Cook, E. M., Kim, Y., Grimm, N. B., McPhearson, T., Anderson, P., Bulkeley, H., Collier, M. J., Diep, L., Morató, J., & Zhou, W. (2025). Nature-based solutions for urban sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 122*(29), e2315909122. https://doi.org/10.1073/pnas.2315909122

Dunlop, T., Khojasteh, D., Cohen-Shacham, E., Glamore, W., Haghani, M., van den Bosch, M., Brizuela, B., & Mitsch, W. J. (2024). The evolution and future of research on nature-based solutions to address societal challenges. *Communications Earth & Environment, 5*, 132. https://doi.org/10.1038/s43247-024-01308-8

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2023). *Base de datos meteorológicos 1998–2023*. INAMHI.

International Union for Conservation of Nature. (2020). *Global standard for Nature-based Solutions: A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS*. IUCN. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.08.en

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.). (2017). *Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2021). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2021–2030*. MAATE.

Organización Mundial de la Salud. (2020). *Urban green spaces and health*. WHO Regional Office for Europe.

Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., Geneletti, D., & Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy, 77*, 15–24. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008

Uchôa, J. G. S. M., dos Santos, B. D., & Costa, L. C. O. (2023). Tropical cities research

boundaries: A bibliometric analysis. *Frontiers in Sustainable Cities, 5*, 1154667. https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1154667

Memorias del III Congreso Internacional de Biotecnología y Ecosistemas Neotropicales CIBEN 2025

Registro Fotográfico

Ikiam

Ikiam

Dr. Pedro Jiménez
Dra. María Victoria Reyes
Dr. Roldán Torres
Dra. Zulay Núñez

Ikiam
Pablo

Mamíferos reservorios
de Trypanosoma cruzi en una
zona endémica de la costa de
Ecuador.

REI
Ikiam
Universidad Regional Amazónica
CIBEN 2025

Muchas
RACIAS

SALIDA
Ikiam
Congreso Internacional

Propiedades Mecanicas
Ensayo de compresion
Carga máxima (%)
Muestra
Control
C5
C10
C15
CK5
CK10
CK15
T5
T10
T15
CODE | P (kN) | f'm (MPa)
CONTROL | 216.621 | 86.6484
C5 | 31.063 | 12.6896
C15 | 6.499 | 2.5996
CK5 | 38.820 | 16.1750
CK10 | 6.104 | 2.3937

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Phytochemical profiling, antioxidant properties, and anticancer activity of Pourouma cecropiifolia Mart. and Maurita fleuxosa from the Ecuadorian Amazon
MSc. Carlos Méndez-Durazno
School of Chemical Sciences
Faculty of Exact and Natural Sciences
camendezd@puce.edu.ec
Fundamental and Applied Electrochemistry Group (@GEFA_PUCE)
Cell: +593 997958248
Address: Avenida 12 de Octubre 1076 y Vicente Ramón Roca
Zip code: 170525 / Phone: (+593) 299 1700 Ext. 1855, Ext. Lab. 2080
Quito - Ecuador / www.puce.edu.ec

Ikiam
CIBEN 2025

Ikiam

Conclusiones y Recomendaciones Finales

Ikiam
Universidad Regional Amazónica
CIBEN 2025
III Congreso Internacional
BIOTECNOLOGÍA Y ECOSISTEMAS NEOTROPICALES

Red Ecuatoriana de Ictiología
REI

CIBEN 2025

Ikiam
Universidad Regional Amazónica