

ISSN: 2773-7772

Volumen 17 | Número 2 | Diciembre 2023

Revista Científica

Ciencias Naturales y Ambientales



UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL



Facultad
de Ciencias Naturales

ÁREA CIENCIAS DE LA VIDA

Facultad de Ciencias Naturales

Universidad de Guayaquil

Responsable Editora

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

Comité Ejecutivo

PhD. Francisco Morán Peña, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Rector de la Universidad de Guayaquil

PhD. Sofía Lovato Torres, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Vicerrectora Académica de la Universidad de Guayaquil

PhD. Luz Elvira Vásquez Luna, Universidad de Guayaquil, Ecuador

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

PhD. Amalín Ladayse Mayorga Albán, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Coordinadora de Investigación y Gestión del Conocimiento de la Universidad de Guayaquil

MSc. Miguel Botto-Tobar, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Editor General de Revistas de la Universidad de Guayaquil

MSc. Jenny Rosero Lozano, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Decana Facultad de Ciencias Naturales

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

Subdecano Facultad de Ciencias Naturales

Consejo Editorial

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

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

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

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

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

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

Comité Científico Internacional

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

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

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

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

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

Traducción

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

Coordinación Editorial

Jessy Santana Pincay

Impresión y acabados

Imprenta de la Universidad de Guayaquil

Resultados del proyecto de aguas subterráneas en la provincia de Chimborazo

Results of the groundwater project in chimborazo province

César Patricio Borja Bernal¹, Luis Gerardo Aucancela Concha², Clelia Isabel Naranjo Freire¹, Nancy Rocio Castillo Castro¹, Vinicio Xavier Macas Espinoza¹

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador.

² Gobierno Autónomo Descentralizado de Chimborazo, Primera Constituyente y Carabobo esquina, Riobamba, Ecuador.

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Resumen

El trabajo presente es un artículo de divulgación en el área de recursos hídricos. El objetivo es comunicar los logros de trabajos sobre dotación de agua potable por medio de perforación de acuíferos subterráneos en comunidades rurales y urbano marginales en la provincia Chimborazo. La metodología del escrito es descriptiva y explicativa de la forma en la que fue llevado a cabo el proyecto. Los resultados obtenidos son: ejecución de 250 sondeos eléctricos verticales, perforación de 1 888 metros de formaciones geológicas y colocación de 1 811,20 metros lineales de tuberías y filtros para proveer 40,83 litros por segundo de agua subterránea distribuida a 11 870 habitantes en 10 comunidades a nivel provincial. Conclusiones, 1) Se deben actualizar las metodologías y sistemas de prospección y explotación de aguas subterráneas a nivel nacional, 2) La problemática sobre crecimiento poblacional y falta de agua dejan inconclusos los esfuerzos para disminuir el impacto negativo causado por desabastecimiento de agua segura, 3) Seguir estudiando los acuíferos de Ecuador para obtener información hidrogeológica de detalle la cual permita obtener recursos económicos para la explotación sostenible y sustentable de acuíferos subterráneos.

Palabras clave: Acuíferos, Subterráneo, Hidrogeología.

Abstract

The work presented is a popularization article in the area of water resources. The objective is to communicate the achievements of work on the provision of drinking water through drilling of underground aquifers in rural and marginal urban communities in the province of Chimborazo. The methodology of the writing is descriptive and explanatory of the way in which the project was carried out. The results obtained are: execution of 250 vertical electrical surveys, drilling of 1,888 meters of geological formations and placement of 1,811.20 linear meters of pipes and filters to provide 40.83 liters per second of groundwater distributed to 11,870 inhabitants in 10 communities at the provincial level. Conclusions, 1) The methodologies and systems for prospecting and exploiting groundwater at the national level must be updated, 2) The problems of population growth and lack of water leave unfinished efforts to reduce the negative impact caused by the shortage of safe water, 3) Continue studying the aquifers of Ecuador to obtain detailed hydrogeological information which allows obtaining economic resources for the sustainable and sustainable exploitation of underground aquifers.

Keywords: Aquifers, Groundwater, Hydrogeology.

Introducción

El 97 % del agua en el planeta es salada y sólo el 3 % es apta para consumo humano (Tarbuck, E.J. y Lutgens 2005). La escasez de agua en la región andina está ligada al deterioro ambiental producido por el cambio

climático. Esto trae sequías prolongadas o precipitaciones extremas, las misma que afectan negativamente a las cuencas hidrográficas locales. El crecimiento de la población va en aumento en la región, lo que provoca presión sobre los recursos hídricos existentes, ocasionando a su vez, conflictos por el control y uso del agua (Yáñez-Yáñez and Villacis-Aldaz 2016).

* Correspondencia del autor:

E-mail: cesar.borjab@ug.edu.ec



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

En Ecuador, la provincia de Chimborazo presenta deterioro en los parámetros físicos y químicos del agua como: color, turbidez, sólidos disueltos totales (STD), conductividad, acidez o alcalinidad (pH), nitratos, nitritos y flúor (JICA 2004). Todos están ligados a la cercanía o no de industrias, efluentes o sistemas productivos. Sin embargo, la contaminación bacteriológica producida por Coliformes, totales y fecales en vertientes no depende de la cercanía del punto de contaminación. Esto puede asegurarse debido a que el análisis parasitológico realizado a múltiples muestras distantes unas de otras, así como de potenciales focos de contaminación en diferentes lugares de la provincia, demostraron que todas están contaminadas y no cumplen con la inocuidad requerida, en este caso se convierte en un vehículo para la transmisión parasitaria y bacteriana. Estudios realizados en Chimborazo confirman que la bacteria *Escherichia coli* está presente en las aguas de consumo humano, se determinó que la bacteria es resistente a diferentes antibióticos y que la enfermedad que genera pueda no ser contrarrestada fácilmente (Yubaille 2017) química, microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia Punín, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, a cargo de la Junta Administradora de Agua y Alcantarillado Punín. Siguiendo la norma NTE INEN 1108:2014 "Agua potable. Requisitos", para poder verificar la calidad del agua que consume esta parroquia rural. En cada uno de los puntos de muestreo se realizó el análisis de parámetros físico-químico, microbiológicos de la red de distribución, en los cuales se analizaron color, sólidos disueltos, conductividad, turbidez, pH, nitritos, nitratos, flúor, Coliformes fecales, usando métodos como: Espectrofotometría, Petrifilm, y el Número Más Probable; en cuanto a determinación de parásitos se usó 2 métodos la centrifugación y flotación por saturación. También se estudió la resistencia microbiana de *Escherichia coli*, bacteria que fue aislada y purificada. De estos parámetros los resultados para análisis físicos, fueron el color con un promedio de 29,67 (Pt-Co).

Desde los indicadores sociales, las necesidades básicas insatisfechas (NBI) es un índice que trata sobre el número de personas que viven en condiciones de pobreza o extrema pobreza ligadas al no acceso de servicios básicos, entre ellos, la dotación de agua limpia (Unicef 2017). La tendencia de este indicador a largo plazo y a nivel nacional muestra decrecimiento de 64,94 % (1995) a 35,84 % (2014). En el Chimborazo, el 22% equivalente a 105 244 habitantes se encuentran en esta situación (INEC 2010; SIISE 2018) [Instituto Nacional de Estadística y Censos; Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador].

El alumbramiento de aguas subterráneas se ha transformado en una de las alternativas viables ante la problemática global por la falta de recursos hídricos para sanidad y agua potable, pues suple las necesidades de calidad y cantidad de recursos hídricos. Estudios internacionales determinan que por ejemplo en Estados Unidos se cubre el déficit de recursos hídricos explotando acuíferos subterráneos (Macías 2017).

Condiciones geológicas

La provincia de Chimborazo presenta un mosaico de alturas, la cota más baja la encontramos en el cantón Cumandá el cual se ubica a 300 m s.n.m con su contraparte el volcán Chimborazo el cual alcanza los 6 310 m s.n.m. La mayor parte de la provincia está cubierta por ceniza volcánica (Cangaguas) producto de las últimas erupciones de los volcanes que dominan la provincia. La zona norte tiene áreas con relieves pronunciados formados por estratos volcánicos. La zona sur abarca extensas áreas de altiplanicies con inclinaciones suaves. Los relieves montañosos son propensos a erosiones representadas en las múltiples quebradas que brindan un panorama peculiar de socavación. La base geológica está constituida por rocas ígneas y metamórficas cubiertas por rocas volcánicas formadas a partir del terciario, además, podemos encontrar vastas zonas de lahares y sedimentos. La carta geológica en su parte norte demuestra que la provincia está cubierta por rocas volcánicas sin exposición de formaciones de basamento, en el sur se encuentran estratos del Mesozoico, al este y oeste rocas intrusivas formadas durante el cretácico y el terciario (IGM 1971) [Instituto Geográfico Militar]. Cumandá está localizada en las cotas más bajas y con tierras llanas de abanicos aluviales. Los suelos están representados por arenas y gravas que superan en ocasiones los 100 metros de potencia.

Las fuentes más representativas de agua para uso doméstico en la provincia de Chimborazo están relacionadas con vertientes o manantiales, quebradas y ríos. Sin embargo, la tendencia en los últimos años se caracteriza por la escasez de lluvias (JICA 2004) lo que provoca disminución de fuentes hídricas acompañada de la marcada degradación ambiental. En las comunidades rurales cercanas a zonas montañosas, la situación es más compleja porque están emplazadas en zonas de recarga y no en lugares de circulación o reserva de recursos hídricos subterráneos (Diario el Comercio 2012).

Otro factor preocupante es la deforestación a causa de la actividad agrícola y la necesidad de los habitantes por conseguir más tierra para cultivos y cría de animales (Armenteras and Rodríguez Eraso 2014). Tal esquema afecta directamente el balance hídrico de las cuencas hidrográficas locales. También se suman otras actividades económicas como construcción desordenada, falta de buenas prácticas ambientales y contaminación cruzada (Solarte, Peña, and Madera 2006). En materia de salud, la disminución de agua incrementa las enfermedades que afectan a la población más vulnerable como niños y adultos mayores (JICA 2004).

Ante esta situación, el Gobierno Autónomo Descentralizado [GAD] de la Provincia Chimborazo junto a Japan's International Cooperation Agency [JICA] y la Embajada del Japón aunaron esfuerzos para elaborar múltiples proyectos que mejoraron las condiciones de vida de la población ecuatoriana, uno de ellos es la explotación de recursos hídricos subterráneos para

Tabla 1 Parámetros analizados en el estudio básico sobre condiciones existentes y requerimiento de dotación de agua subterránea a comunidades rurales y urbano marginales de Chimborazo.

Nombre de la comunidad objeto del proyecto	Población objeto proyectada (personas)	Unidad de suministro de agua (l/persona/día)	N° de pozos construido	Tubería de conducción y alimentación (m)	Tanque de distribución
Licán	2 900	100	1	590	2 de 30 y 50 m ³
San Martín de Veranillo	1 740	100	1	640	-
Santa Ana de Tapi	1 700	100	1	430	-
Yaruquies	1 600	100	1	1 600	2 de 30m ³
Punin	1 500	60	1	460	-
Los Galtes San Juan	910	60	1	330	1 de 30m ³
Los Tipines San Juan	690	40	1	680	1 de 10 m ³
Los Chingazos	1 450	60	1	1 270	-
Santa Cruz	1 300	60	1	800	-
Barrío San Antonio	1 020	60	1	860	-

Fuente: Diseño Básico JICA 2 004. Elaboración: JICA.

la dotación de agua a comunidades rurales y urbanas marginales de Chimborazo (Tabla 1).

La cooperación financiera no reembolsable otorgada por Japón, constó de maquinarias, herramientas, materiales y equipos necesarios para la construcción de pozos profundos e instalaciones de abastecimiento, también se trabajó en la transferencia tecnológica y de conocimiento técnico necesario para operar equipos de prospección y perforación de aguas subterráneas así como la puesta en funcionamiento de los sistemas de bombeo y distribución (GAD Chimborazo 2006), [Gobierno Autónomo Descentralizado, GAD].

Materiales y métodos

Etapa de estudio

Ecuador posee cuatro regiones naturales bien delimitadas en insular, costa, sierra y oriente. Su territorio está dividido políticamente en veinticuatro provincias. La provincia Chimborazo pertenece a la sierra ecuatoriana y se encuentra ubicada aproximadamente en el centro de Ecuador.

El equipo consultor de JICA (2004) realizó el diagnóstico hidrogeológico y social de la provincia para determinar las necesidades de las comunidades. Utilizando los siguientes criterios básicos para implantación del proyecto:

Estudio geológico y geofísicos de superficie, el cual estableció que las máximas profundidades de perforación podrían alcanzar los 220 a 250 metros de profundidad, requiriéndose un equipo de perforación con una capacidad mínima efectiva cercana a los 300 metros de profundidad. El método de perforación

y herramienta de corte requerida es tipo rotativo con circulación directa de lodos y uso de brocas de carburo de tungsteno o dientes de acero para materiales consolidados y no consolidados. Además, martillo de fondo tipo *direct to home* (DTH) para las formaciones rocosas. Los elementos para elaboración de lodo de perforación fueron agua, bentonita y carboximetilcelulosa (CMC), lo que permite minimizar el impacto ambiental generado por la perforación de acuíferos.

Las condiciones geológicas determinaron que el diámetro final del entubado para pozos sería 8 pulgadas y el diámetro de perforación superior a 12 1/4 de pulgadas. Esto permite mejorar la explotación del recurso, minimizando los costos, facilitando la perforación de materiales volcánicos y evitando daños irreparables a los acuíferos.

Los perfiles geológicos de las diferentes formaciones geológicas demostraron que la mayoría de los lugares a perforar presentan estratos superficiales de materiales no consolidados e intemperizados, razón por la cual se recomienda perforar el tramo inicial en un diámetro de 17 1/2 pulgadas y colocación de tubos de revestimiento de 14 pulgadas.

La posición de las tuberías de acero y filtros son definidos por el registro de perforación y el perfilaje eléctrico, motivo por el cual en el diseño básico se aproxima lo más posible a las cantidades requeridas.

Los criterios descritos permitieron determinar y cuantificar los equipos, herramientas y suministros que fueron utilizados en el Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en Chimborazo (AOD 2006) (Figura 1) (Tabla 2). Las empresas japonesas Kyowa

Tabla 2. Equipos, cantidades y especificaciones técnicas de los equipos y suministros utilizados en el Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en Chimborazo.

Fase	Nombre de equipo	Especificación	Cantidad
I de perforación	Máquina perforadora	Montada de camión para perforar 300 m, uso común para métodos de circulación de lodo y DTH.	1 Juego
	Herramientas de perforación	Herramientas de perforación.	1 Juego
	Compresora montada en camión	Tipo hélice, compresora de alta presión, montada en maquina o camión.	1 Juego
	Camión de transporte de carga larga	Camión con grúa de 6 toneladas.	1 Juego
	Camión de transporte de carga mediana	Camión con grúa de 3 toneladas.	1 Juego
	Camión cisterna	Tanquero de 8 metros cúbicos para transportar agua a la obra.	1 Juego
	Vehículo de trabajos pequeños	Camioneta (cabina simple)	1 Unidades
		Camioneta (cabina doble)	1 Unidades
Equipo de comunicación por radio	Montado de vehículo, VHF con potencia de salida de 25 watts.	2 Unidades	
II de prueba	Equipo geo eléctrico	Prospección horizontal de 2 dimensiones, programa de análisis, GPS y walkie-talkie de mínima energía.	1 Juego
	Equipo de registro	Ítems de medición potencial, espontánea, resistividad, conductividad eléctrica, etc.	1 Unidad
	Equipo de bombeo	200 litros por minuto x 250 metros x 15 watts (200 voltios, 60 herzios, trifásico)	1 Unidades
		600 litros por minuto x 120 metros x 18,5 watts (200 voltios, 60 herzs, trifásico)	1 Unidades
	Generador de bombeo	60 kilovatios, 2020 vatios, 60 herz, trifásico.	1 Unidad
	Equipo de análisis de calidad de agua	Tipo portátil, medición de items básicos, metales pesado, etc.	1 Juego
Computadora personal	CPU 2,4 giga hertz, memoria ram 256 mega bytes, pantalla alta definición, CD-RW, monitos 17 pulgadas.	1 Juego	
III equipos y materiales para pozos	Bomba sumergible	1,1 - 13 kilowatts	14 Unidades
	Tubo de revestimiento	14 pulgadas, L = 6,0 metros, ASTM, SCH40.	17 Piezas
		7 pulgadas, L = 6,0 metros, ASTM, SCH40.	102 Piezas
	Filtro	8 pulgadas, L = 3,0 metros, SUS30, lmm de ranura, 20% de profundidad.	87 Piezas
Bomba de alimentación	30 litro por minuto x 165 metros x 2,2 kilowatts.	2 Juego	

Fuente: Diseño Básico JICA y KYOWA del Japón 2004. Elaboración: JICA.

Engineering Consultant Cia Ltda. y Urban Tone Cia. Ltda., fueron las encargadas de la supervisión, perforación, acompañamiento y transferencia tecnológica del proyecto.

Facilidades auxiliares

El equipo principal utiliza suministros complementarios como: diagramas de instalación para bombas electro sumergibles, planos estándares de caseta de control



Figura 1 Secuencia cronológica de actividades ejecutadas durante el Proyecto de desarrollo de aguas Subterráneas incluidos equipos, herramientas y suministros asociados; 1) Equipos para prospección geofísica de superficie mediante métodos eléctricos, 2) Equipos y suministros de perforación de pozos profundos, 3) Equipo para registro y diseño de pozo, 4) equipos y herramientas para entubado de pozo y construcción de sello sanitario, 5) equipos y herramientas para pruebas de bombeo, 6) construcción de estación de bombeo, instalación de paneles eléctricos equipo de bombeo y tendido de líneas de impulsión.

de pozo, tableros y paneles electrónicos, tuberías, accesorios, cables eléctricos para las casetas de bombeo, y electrodos de control para evitar las marchas en vacío de las bombas.

Diagnóstico para perforación

La metodología se encuentra ordenada cronológicamente. Explica en detalle las fases seguidas en el Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en Chimborazo para la prospección, exploración y explotación de acuíferos subterráneos, basados en el resultado del estudio inicial de cada comunidad

objeto. Estado de las instalaciones existentes. En una primera etapa se confirma el estado del servicio de agua potable cantones Cumandá, Riobamba, Guano y Guamote. Se analiza el estado de las instalaciones considerando algunos aspectos:

Aforo de caudales y condición de las fuentes de abastecimiento existente al momento del levantamiento de información.

Posibilidad de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas.

Tabla 3. Instalaciones entregadas, datos de beneficiarios según población, ubicación geográfica del punto de perforación y sistema de bombeo.

Pozo para comunidad objeto	Cantón	Población proyectada (personas)	Suministro de agua (litros diarios/persona)	Pozos construidos	Conducción-alimentación (m*)	Tanque de distribución*	Caudal	Coordenadas	
Yaruquiez	Riobamba	1600	100	1	280	2 de 30 m ³	1	758949	9812990
Buenos Aires	Cumandá	480	100	1	160		2,5	705563	9755914
Punin	Riobamba	1500	60	1	1325		8,33	762684	9806696
Lican	Riobamba	1200	100	1	1450	2 de 50 m ³	3	754270	9816744
Santa Ana	Riobamba	1700	100	1	756		5,5	757920	9819274
San Martín de Veranillo	Riobamba	1740	100	1	678		8	764099	9816445
Tipines San Juan	Guamote	690	60	1	660	1 de 10 m ³	1,67	741019	9766169
Tipines San Carlos	Guamote	600	60	Captación	1620	1 de 10 m ³	2,5	740450	9766460
Galtes	Guamote	910	60	1	260	1 de 30 m ³	3,33	746195	9774720
Chingazos	Guano	1450	100	1	1160		5	768773	9821780

Fuente: *Archivo, Solicitud de aprobación de materiales para la ejecución de los pozos Urban Tone Corporation Idioma Japonés Español; GADPCH, 2006. Elaborado por: Los autores

Reconocimiento de captaciones de agua, líneas de conducción, tuberías de distribución y tanques de reserva de agua.

Estado de servicio de agua

Con la finalidad de determinar la prioridad de agua para las comunidades se analizaron los siguientes criterios:

Alimentación intermitente desde camiones cisterna. Cantidad de habitantes de sectores urbano-marginales y comunidades no muy lejanas al centro poblado principal del cantón.

Captación de agua por vertientes y transporte del recurso vital. Las comunidades situadas en zonas montañosas consiguen agua de esta manera.

A las comunidades también se las clasifica como: Comunidades concentradas. El sistema de distribución está bien establecido y presenta caudales de agua aceptables para suplir los requerimientos de la comunidad.

Comunidades dispersas. El acceso al agua proviene con tuberías de distribución de tipo ramal o inexistentes,

sin conexión directa a domicilios, falta de caudal o transporte desde vertientes alejadas.

Según los resultados obtenidos de los criterios básicos descritos con anterioridad a más de otros específicos, se determinó las comunidades objeto de estudio hidrogeológico por métodos geofísicos y posterior perforación de pozos profundos.

Método geofísico de resistividad eléctrica

Una vez que se determina la comunidad prioritaria se ejecuta el estudio geofísico de la zona de interés, el cual consiste en inducir al terreno con una corriente eléctrica y obtener una respuesta conforme a las características litológicas propias del sector. Esta respuesta está ligada a las particularidades de cada formación geológica la cual tiene diferentes parámetros hidrogeológicos (Gómez-Hernández and Wen 1994). La resistividad del medio geológico puede ser asociada con algunos factores como porosidad, granulometría, humedad, contenido de agua libre, mineralogía, salinidad, etc. (Leucci, Margiotta, and Negri 2004; García-Menéndez et al. 2018). En la actualidad el método eléctrico es el más aplicado en Ecuador para detectar acuíferos subterráneos, debido a que presenta múltiples ventajas en su aplicación e

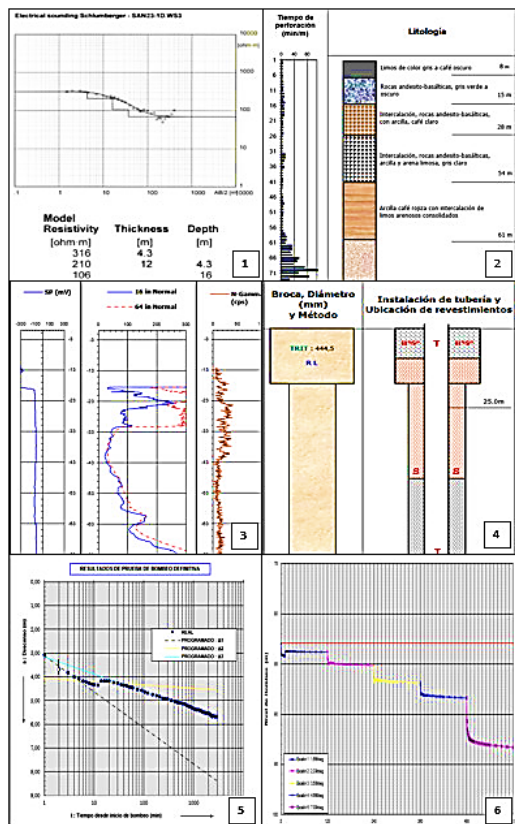


Figura 2. Resultados obtenidos en las diferentes etapas del proceso; 1) interpretación de sondeos eléctricos verticales para determinar resistividad, profundidad y espesor de las capas subterráneas de la zona de interés, 2), resultado del control litológico de pozos y velocidad de perforación, 3) registro de pozo, curvas de resistividad, gama y SP, 4) Diseño de pozo y cuantificación de suministros para entubado final, 5) Resultados de pruebas de bombeo para cálculo de caudales máximos de extracción y parámetros hidrogeológicos de los acuíferos perforados.

interpretación (Kelly and Reiter 1984; Curtis and Kelly 1990). Además, y si las condiciones lo permiten se puede determinar la ubicación de un manto freático sin necesidad de pozos exploratorios (Al-Ruwaih and Ali 1986).

En el presente estudio se utilizó principalmente la configuración Schlumberger que consiste en insertar en el terreno cuatro electrodos metálicos, dos de potencial y dos de corriente con separación estándar a lo largo de una sección promedio. El método solicita abrir los electrodos de potencial o corriente en secciones homogéneas para alcanzar una mayor profundidad (Silva 1972).

De acuerdo con la prospección hidrogeológica de superficie (fase 1 y 2), 10 puntos fueron considerados como prioritarios para el Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas y sobre los cuales se realizó la perforación para alumbramiento de recursos hídricos subterráneos.

Método para perforación de pozos profundos

La perforación seleccionada inicia con la construcción de la plataforma para la instalación de equipos. Con la colaboración de los comuneros se realiza la excavación manual de dos fosas para la preparación del lodo de perforación, con estas obras construidas previamente se realiza la movilización de herramientas, suministros, materiales y equipo de perforación. Las diferentes maniobras de perforación responden exclusivamente a las demandas de los materiales geológicos existentes en cada punto de perforación. Como se determinó en el diseño básico las perforaciones ejecutadas alcanzaron los 250 metros de profundidad en promedio. Una vez perforado el pozo se ejecutan los siguientes trabajos:

Registro de pozo

Culminada la perforación, se realizan el registro geofísico de pozo en el cual se miden parámetros como Resistividad (N16” y N64”), Potencial Espontáneo (SP) y Gamma Ray (GR).

Diseño del pozo.

Cada pozo requiere un diseño particular basado en parámetros como perfil litológico, apuntes de campo (tiempos y observaciones de perforación), interpretación de curvas del registro de pozo y correlaciones con pozos aledaños. Después se establece la profundidad y longitud de tuberías, número de filtros y profundidades a las cuales han de ser implantadas las bombas electro sumergibles.

Entubado del pozo.

El diseño del pozo guía la construcción (entubo) utilizando tubería de acero (casing) de tipo ASTM A 53 - Gr. B; y la rejilla (filtros) de acero inoxidable del tipo Johnson AISI304. Los dos suministros con diámetro de 8 pulgadas y roscables.

Colocación del filtro de grava.

Una vez colocada la tubería y filtros de acero se realiza la colocación del filtro de grava el cual es aplicado por medio de circulación directa del agua desde superficie en el espacio existente entre las paredes del pozo perforado y la tubería y filtro de acero instalados en campo. La circulación directa desde superficie permite evitar la formación de puentes (espacios sin relleno de grava) y lograr que la grava llegue a la cota máxima de perforación. La grava y ripio triturado, aproximadamente 12 m³, son desinfectados con cloro previo a su colocación en profundidad.

Construcción de sello sanitario.

Inicia con la colocación a quince metros de profundidad y sobre el filtro de grava de un primer sello impermeabilizante de bentonita el cual sirve para evitar que las aguas meteóricas lleguen a los acuíferos subterráneos. Posteriormente y hasta superficie se instala el sello sanitario que es básicamente una capa de hormigón simple fundida in situ.

Limpieza del pozo

Se utiliza agua limpia introducida por la tubería de perforación. En su parte inicial presenta un chorro jetting el cual se introduce hasta la zona de los

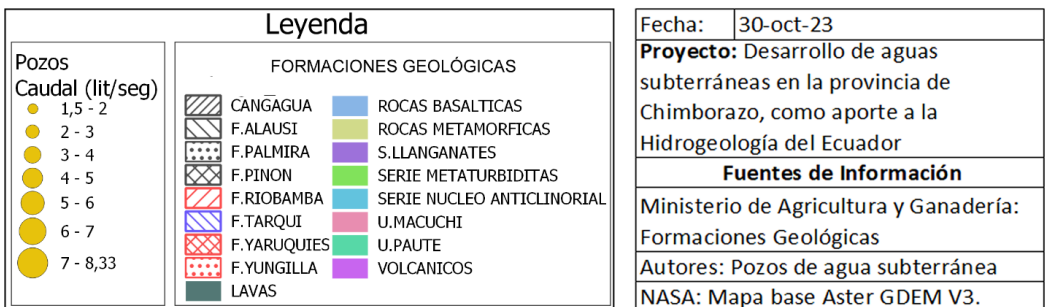
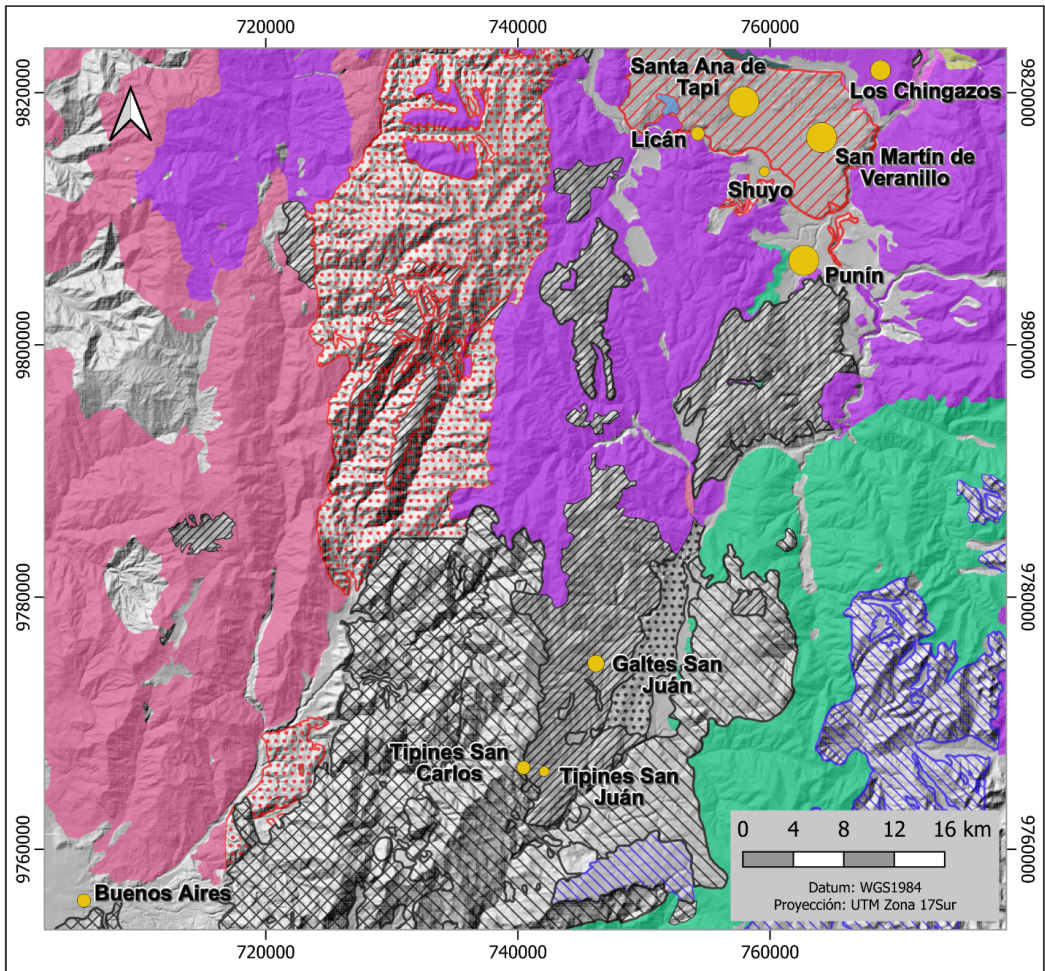


Figura 3 Formaciones geológicas y ubicación espacial de pozos perforados para alumbramiento de aguas subterráneas como resultado final del Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas Fase I y II.

filtros. Así, con estas maniobras se consigue eliminar una gran cantidad de lodo (Bentonita) y partículas finas de arena o limos pegadas en las tuberías y filtros. Se utiliza el método de circulación directa con duración de hasta tres días por pozo. Además, se realiza la circulación de aire a presión, para acomodar firmemente la grava en el espacio entre las paredes del pozo y tubería. Esto último tiene una duración de cuatro días para cada pozo perforado.

Pruebas de bombeo. Los ensayos son en esencia el método para analizar en directo los caudales en los pozos de captación de aguas subterráneas. Este trabajo permite definir el comportamiento hidráulico de los acuíferos en cada pozo perforado.

Cada pozo es analizado con dos tipos de métodos. El primero a caudal variado y el segundo a caudal constante. Se monitorea la evolución del nivel

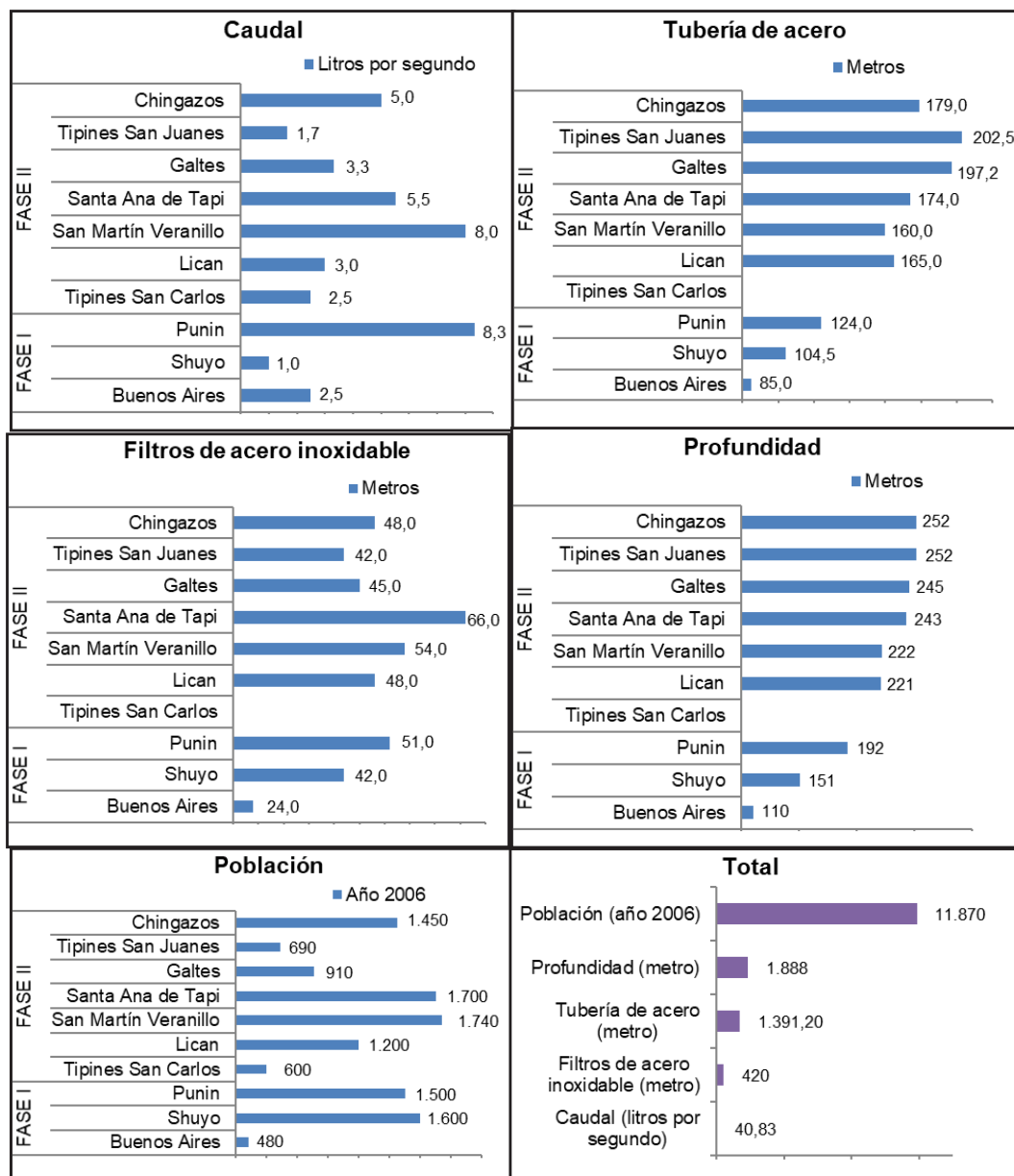


Figura 4 Análisis estadístico y representación gráfica de resultados obtenidos en el proyecto de desarrollo de aguas subterráneas relacionados con caudales máximos de explotación, consumo total de suministros para terminación de pozos, comunidades y población beneficiaria.

dinámico provocado por el bombeo. Lo más importante es que estas pruebas si son bien ejecutadas permiten determinar un caudal seguro de explotación sin causar daños permanentes a los acuíferos locales. Este trabajo también permite obtener la permeabilidad y transmisibilidad de los mantos acuíferos (Figura 2).

Resultados

El resultado final es la entrega de 10 sistemas de abastecimiento de agua potable (Tabla 3) y (Figura 3)

los cuales entregan 40,83 litros por segundo de aguas subterráneas de buena calidad para el consumo de 11 870 habitantes de comunidades rurales y urbano marginales de Chimborazo (Figura 4), atendiendo directamente a un porcentaje considerable de habitantes en situación de extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas en el período de análisis.

Al final de los sondeos mecánicos efectuados para la explotación de agua subterránea se perforan 1 888

metros de estratos volcánicos y sedimentarios con ratas de perforación promedio de 5 a 10 minutos por metro para estratos suaves y de 15 a 45 minutos por metro para estratos duros. El resultado final fueron nueve pozos profundos operativos y una captación de vertiente superficial. El perfilaje de pozo determino la ubicación de los acuíferos en cada perforación y por consiguiente se diseñaron diferentes configuraciones para los entubados finales. En total se utilizan 1 391,20 metros de tubería de acero tipo ASTM A 56, grado B de 8 pulgadas por 5,8 metros SCH-40 y 420 metros de filtros de acero inoxidable IASI 304 ranurado tipo Johnson.

Durante el desarrollo del proyecto y en la mayoría de los casos, se procuró realizar el aprovechamiento de estructuras implantadas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) desde los años setenta para el transporte, almacenamiento y distribución del líquido vital.

En cuanto a la desinfección del agua de pozo, se dotó para cada estación de bombeo con un sistema automático de cloración, esto en virtud de que las aguas subterráneas dieron positivo para pruebas de unidad formadora de colonias (UFC) en coliformes totales y fecales.

Conclusiones

El Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas es un medio técnico para captar agua subterránea y dotar de agua segura a habitantes de comunidades sin acceso al recurso vital.

Es preciso actualizar los sistemas de prospección y explotación de aguas subterráneas, para lograr mejores resultados en los caudales de extracción y rendimiento de equipos.

La problemática existente en la provincia de Chimborazo influye en que los resultados obtenidos por el proyecto y los esfuerzos para disminuir la falta de agua potable sean solo un paliativo provisional y no una solución definitiva. Por ello, se recomienda seguir trabajando en convenios internacionales con organizaciones de países desarrollados para una efectiva transferencia técnica y tecnológica de métodos y técnicas que puedan ser replicables y adoptables a nuestro país.

Es indispensable seguir estudiando el comportamiento de los acuíferos a nivel local y nacional, no solo para obtener un caudal óptimo de agua subterránea, sino para entender las particularidades de los acuíferos, su entorno y evitar de esta forma el deterioro actual que sufre el recurso hídrico subterráneo ocasionado por la sobre explotación y depredación de acuíferos subterráneos.

Referencias

Al-Ruwaih, Fawzia, and Hamid Omer Ali. 1986. "Resistivity

Measurements for Groundwater Investigation in the Umm Al-Aish Area of Northern Kuwait." *Journal of Hydrology* 88 (1): 185-98. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(86\)90204-0](https://doi.org/10.1016/0022-1694(86)90204-0).

AOD. 2006. "Exchange of Notes in Fiscal Year 2005 Grant Aid by Date." 2006. <https://www.mofa.go.jp/policy/oda/note/grant-5.html>.

Armenteras, Dolores, and Nelly Rodríguez Eraso. 2014. "Dinámicas y Causas de Deforestación En Bosques de Latino América: Una Revisión Desde 1990." *Colombia Forestal* 17 (2): 233-46.

Curtis, B, and W E Kelly. 1990. "Resistivity-Recharge Relationships – Field Study." *Journal of Hydrology* 118 (1): 39-53. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(90\)90249-W](https://doi.org/10.1016/0022-1694(90)90249-W).

Diario el Comercio. 2012. "El Chimborazo No Es Una Fuente Inagotable de Agua." 2012. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/chimborazo-no-fuente-inagotable-agua.html>.

GAD Chimborazo. 2006. "Gobierno Autónomo Descentralizado de Chimborazo." 2006. <http://chimborazo.gob.ec/principal/>.

García-Menéndez, Olga, Bruno J Ballesteros, Arianna Renau-Pruñonosa, Ignacio Morell, Tania Mochales, Pedro I Ibarra, and Félix M Rubio. 2018. "Using Electrical Resistivity Tomography to Assess the Effectiveness of Managed Aquifer Recharge in a Salinized Coastal Aquifer." *Environmental Monitoring and Assessment* 190 (2). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6446-9>.

Gómez-Hernández, J J, and X -H. Wen. 1994. "Probabilistic Assessment of Travel Times in Groundwater Modeling." *Stochastic Hydrology and Hydraulics* 8 (1): 19-55. <https://doi.org/10.1007/BF01581389>.

IGM. 1971. "53.- Hoja Geológica Chimborazo - Escala 1 100." 1971. https://drive.google.com/file/d/1f94TrNiTbqqN3TVf308mZ6f_YfHpPfp9/view.

INEC. 2010. "Instituto Nacional de Estadísticas y Censos." 2010. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>.

JICA. 2004. "Japan International Cooperation Agency." Proyecto Para Suministrar Agua a Cuatro Cantones de La Provincia de Chimborazo (Cantón Riobamba, Colta, Guamote Alausi). 2004. <https://www.jica.go.jp/english/index.html>.

Kelly, W E, and P F Reiter. 1984. "Influence of Anisotropy on Relations between Electrical and Hydraulic Properties of Aquifers." *Journal of Hydrology* 74 (3): 311-21. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(84\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0022-1694(84)90021-0).

Leucci, Giovanni, Stefano Margiotta, and Sergio Negri. 2004. "Geophysical and Geological Investigations in a Karstic Environment (Salice Salentino, Lecce, Italy)." *Journal of Environmental and Engineering Geophysics* 9 (1): 25 - 34. <https://doi.org/10.4133/JEEG9.1.25>.

Macias, Hernando J. 2017. "El Agua Subterránea, Una Alternativa de Abastecimiento Para Ocaña." Las 2 Orillas. 2017. El agua Subterránea, una alternativa de abastecimiento para Ocaña (las2orillas.co).

SIISE. 2018. "Sistema Integrado de Indicadores Sociales Del Ecuador." 2018. <https://www.infancia.gob.ec/sistema-integrado-de-indicadores-sociales-del-ecuador-siise-2/>.

Silva, E O. 1972. *Prospección Geoelectrica En Corriente Continua*. Biblioteca Técnica Philips. Paraninfo. https://books.google.com.ec/books?id=nou_RwAACAAJ.

Solarte, Yezid, Miguel Peña, and Carlos Madera. 2006. "Transmisión de Protozoarios Patógenos a Través Del Agua Para Consumo Humano." *Colombia Médica* 37 (1): 74-82.

Tarback, E.J. y Lutgens, F.K. 2005. *Ciencias de La Tierra: Una Introducción a La Geología Física*. Pearson Prentice Hall. Vol. 8.

Unicef. 2017. "Agua Saneamiento e Higiene (WASH)." 2017. <https://www.unicef.org/es/agua-saneamiento-higiene>.

Yáñez-Yáñez, Ángel Wilfrido, and Luis Alfredo Villacís-Aldaz.

2016. "El Agua En América Latina." *Journal of the Selva Andina Biosphere* 4 (2): 46-47. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2016.040200046>.
- Yubaille, Diana Carolina Caluña. 2017. "Evaluación de La Calidad Física, Química, Microbiológica y Resistencia Bacteriana Del Agua de Consumo Humano de La Parroquia Punin, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo." *Facultad de Ciencias*, 115. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6354/1/56T00684.PDF>.

Análisis de las emisiones de la fabricación artesanal de productos arcillosos estructurales mediante un muestreo isocinético

Analysis of emissions from the artisan manufacturing of structural clay products using isokinetic sampling

Carlos Junior Chinga Pinargote¹, Diana Katherine Zambrano Carranza¹, Holanda Teresa Vivas Saltos¹, Verónica Monserrate Vera Villamil¹

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, campus politécnico El Limón, Calceta, Ecuador.

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Resumen

Esta investigación tuvo como fin analizar las emisiones de la fabricación artesanal de productos arcillosos estructurales mediante un muestreo isocinético. Se recabó información del proceso productivo mediante entrevistas, para diagramarlo en el software Microsoft Visio. Se siguió el procedimiento específico PEE.EL.003 para estimar la concentración de gases en fuentes fijas de combustión. Como alternativa de mejoramiento al proceso productivo, se presenta el prototipo de un horno tipo MK3. Los principales resultados indican que las emisiones de la producción artesanal de productos arcillosos estructurales son 3506 ppm de CO, 30,25 ppm de NO y 3,21% de CO₂ en promedio. El CO excede el límite establecido en el estándar nacional vigente, ante lo cual alternativas como un horno tipo MK3, permitirían mejorar el proceso productivo en las ladrilleras artesanales. En conclusión, el diagnóstico integral a este sector es vital, para mejorar sus procesos y mitigar, en la medida de lo posible, sus impactos.

Palabras clave: emisiones, ladrillos artesanales, horno MK3

Abstract

The aim of this study was to use isokinetic sampling to examine the emissions from the artisanal production of structural clay products. In order to draw the production process using the Microsoft Visio software, information about it was gathered through interviews. For the special purpose of measuring gases in fixed combustion sources, PEE.EL.003 was used. The prototype of an oven of the MK3 type is provided as an alternative to enhance the production process. The major findings show that the average emissions from the production of handmade bricks are 3506 ppm of CO, 30.25 ppm of NO, and 3.21% of CO₂. The production process in artisanal brickyards could be improved by using alternatives like an MK3 type kiln because the CO level exceeds the limit specified in the existing national standard. In conclusion, a thorough diagnostic of this industry is essential to enhance its operations and, to the greatest extent feasible, lessen its effects.

Keywords: emissions, handmade bricks, MK3 oven

Introducción

En los últimos años, las mejoras en los niveles de vida, el desarrollo tecnológico sostenido y la mayor demanda de nueva infraestructura han llevado a un crecimiento significativo en el consumo de insumos para construcción, tanto así que, la industria de la construcción utiliza materias primas por peso más que cualquier otro sector industrial (Valdes et al., 2020). El ladrillo, como uno de los materiales estructurales de construcción más arcaicos, ha mantenido su

popularidad debido a sus características de costos, durabilidad y facilidad para trabajar; específicamente los ladrillos de arcilla se emplean en la cimentación de paredes (exteriores e interiores), pilares, tabiques, zapatas, entre otras estructuras en todo el planeta (Duggal, 2017).

También, el ladrillo es el único material creado por el hombre que ha desafiado al tiempo a pesar de que fue inventado hace 5000 años (Naveen, 2016). Actualmente, Asia es el mayor productor de ladrillos

* Correspondencia del autor:

E-mail: teresa.vivas@spam.edu.ec



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

con 1 300 millones al año, China, India, Pakistán y Vietnam representan el 67%, 13%, 3% y 1,7% de la producción mundial, respectivamente (Mitra & Valette, 2017). Por otra parte, en América Latina existen aproximadamente 41 000 productores de ladrillos, con una gran diversidad en los niveles de producción, rentabilidad y tecnología, los problemas más relevantes de esta industria comprenden la escasa o nula regulación (emisiones, ordenamiento territorial, salud ocupacional, trabajo infantil); invisibilidad del sector para la gestión pública; falta de conocimiento del impacto en la salud y el clima, así como de los costos relacionados con estos impactos; acceso limitado a financiamiento; falta de información sobre la disponibilidad y rentabilidad de tecnología de bajas emisiones; necesidad de desarrollar estudios de referencia acerca de los escenarios del sector; alta informalidad; entre otros (Valdes et al., 2020).

Los países con los más bajos niveles tecnológicos son Ecuador, Argentina, México, Chile y países centroamericanos, lo cual se refleja también en la baja capacidad de los hornos, alrededor del 40%-50% de la producción de ladrillos de América Latina proviene de hornos ladrilleros artesanales, que utilizan hornos abiertos (antiguas construcciones rurales), de baja eficiencia y altas emisiones sin ningún control (Valdes et al., 2020). En cifras, la fabricación de ladrillos en el Ecuador es principalmente artesanal (uso de hornos convencionales) y el 92% de las fábricas producen ladrillos macizos (Cajamarca & Campos, 2023).

Los hornos de ladrillos convencionales son energéticamente ineficientes y sus emisiones constituyen un aporte permanente a la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO_2), entre otros contaminantes: material particulado, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), etcétera (Darain et al., 2016).

En absoluto, las operaciones necesarias para la producción de ladrillos van acompañadas de generación de material particulado (MP), por lo que la contaminación atmosférica se produce tanto a través de las emisiones de chimenea como de las emisiones fugitivas, las que consisten principalmente en partículas finas de polvo y carbón, materia orgánica y pequeñas cantidades de gases como SO_2 , NO_x , H_2S , CO, entre otros (Subhanullah et al., 2022).

Se ha determinado que la cantidad de polvo que se desprende de los hornos de ladrillos es muy alta y se agrava cuando la velocidad del viento es elevada; estudios en India, refieren que la emisión de contaminantes atmosféricos individuales de los hornos de ladrillos varía significativamente durante un lote de cocción y entre los diferentes tipos de hornos, estimándose el siguiente rango de factores de emisión por cada 1 000 ladrillos: 6,35-12,3 kg de CO, 0,52-5,9 kg de SO_2 y 0,64-1,4 kg de material particulado (Saha et al., 2014).

Por tanto, se necesitan investigaciones exploratorias sobre este sector, como la que se expone en este manuscrito, para identificar y, en lo posibles, subsanar las deficiencias del proceso. La información presentada en este manuscrito permite analizar las emisiones de la fabricación artesanal de productos arcillosos estructurales mediante un muestreo isocinético.

Materiales y métodos

Las ladrilleras donde se desarrolló la investigación se encuentran localizadas en el cantón Chone, provincia de Manabí, situada en la región Costa Ecuador (figura 1). En la zona de estudio los regímenes térmico y pluvial se caracterizan por una alta estacionalidad,

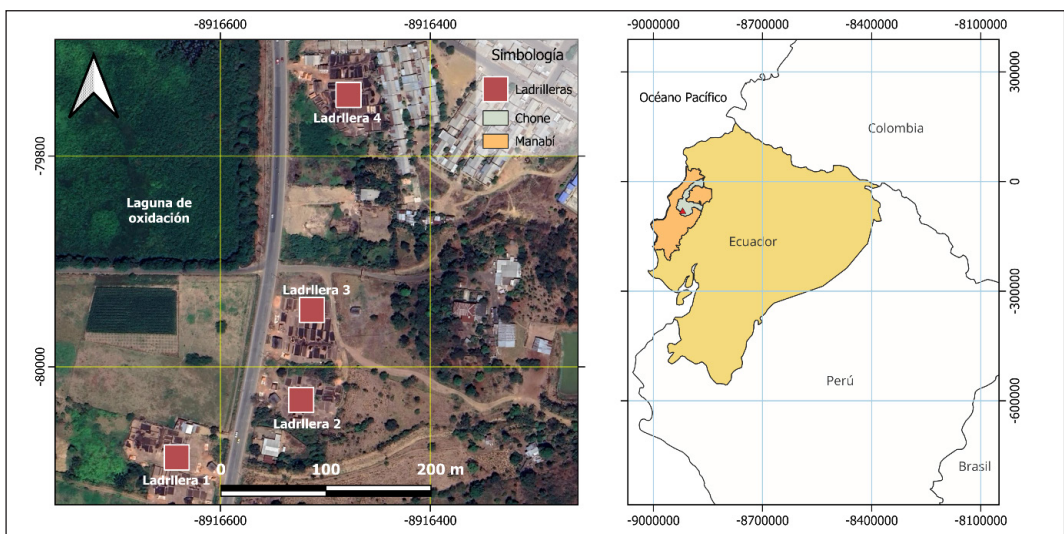


Figura 1. Ubicación geográfica de la Granja Avícola Velasco.








Símbolo	Acción	Resultado
	Operación	Producir o realizar
	Transporte	Desplazar, movilizar
	Control	Verificar, inspeccionar
	Espera	Interferir
	Almacén	Conservar
	Condiciona	Decidir
	Combinada	Varias actividades simultáneas

Tabla 1. Simbología empleada para diagramar el proceso productivo de la fabricación artesanal de ladrillos.

relacionada con el calentamiento estacional del Pacífico ecuatorial y el desplazamiento de la zona de convergencia intertropical, durante esta estacionalidad se presentan anomalías con alta incidencia de eventos climáticos extremos como el fenómeno de El Niño y La Niña; estos fenómenos producen dos condiciones extremas como son períodos intensos de sequía o precipitaciones, dependiendo la ocurrencia de uno de ellos de la zona geográfica en que se presentan (Macías et al., 2019). Por lo tanto, la dispersión de contaminantes emitidos en la producción artesanal de ladrillo está sujeta a estos cambios. Adicionalmente, las lagunas de oxidación del casco urbano de Chone están localizadas en la misma zona, sumándose a la perturbación de la calidad del aire.

Esta investigación presenta un enfoque descriptivo y los instrumentos aplicados incluyen entrevistas para recabar información sobre el proceso productivo de la elaboración de ladrillos, mismo que se diagramó en el software Microsoft Visio empleando la simbología propuesta por Muther (1968), detallada en la tabla 1.

El tipo de fuente monitoreada corresponde a una fuente fija de combustión abierta que tiene como objetivo “desarrollar operaciones o procesos, que emite o puede emitir contaminantes debido a un proceso de combustión, en el que no se puede controlar el ingreso de aire a la fuente...” (Acuerdo Ministerial 097, 2015). El tipo de combustible es la leña, definida como “biomasa leñosa sin procesar extraída de los troncos, las ramas u otras partes de los árboles”.

Se siguió el procedimiento específico PEE.EL.003 para la medición de gases en fuentes fijas de combustión, según los parámetros de la Norma Técnica Internacional CTM30 Determination of NOx, CO y O2 Emissions from Natural Gas-Fires engines, boilers and process heaters using portable analyzers y el Acuerdo Ministerial N°097 A Anexo 3 (Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión). El levantamiento de información de campo para

esta investigación se llevó a efecto mediante visitas técnicas a cuatro fábricas artesanales de ladrillos. Además, se ejecutaron las fases principales, que se enumeran a continuación:

Cálculo de la emisión de contaminantes atmosféricos

Para estimar la emisión de todos los contaminantes, se tomó en cuenta el nivel de fabricación, seleccionándose la ladrillera de mayor rendimiento (ladrillera 4), con una producción de 11000 ladrillos por semana (44000 ladrillos por el mes) y un período de cocción tres a cinco días para lo cual se emplean 3554,76 kg de leña. La concentración de contaminantes se midió siguiendo los lineamientos de Jaya & Gomezcoello (2012), según las expresiones:

$$V = m * \rho$$

Donde:

- ρ Densidad
- m Masa
- V Volumen

$$CC = \frac{V * \rho}{P}$$

Donde:

- CC Consumo de combustible por ladrillo
- V Consumo energético en volumen necesario por producción
- ρ Densidad de la leña

P = Producción generada (lad/tiempo de producción)

$$Ec = FE * CC * Na$$

Donde:

- Ec = Emisión de contaminante (ton/tiempo de producción)
- FE = factor de emisión del contaminante (ton/kg)
- CC = consumo de combustible
- Na = Producción de ladrillos por quema

$$ET = FE * NA$$

Donde:

- ET = Emisiones totales (ton/año)
- FE = factor de emisión de contaminantes totales por la actividad
- NA = Nivel de actividad en unidades por tiempo

Los factores de emisión se detallan en la tabla 2.

Evaluación de la concentración de contaminantes atmosféricos

La evaluación de la concentración de contaminantes atmosféricos se llevó a cabo en 8 repeticiones con un intervalo de tiempo de tres minutos de 16h30 a 16h51, simulando un muestreo isocinético con un analizador de gases Testo modelo T360. Los cálculos se basan en las mediciones in situ.

Tabla 2. FE de los contaminantes atmosféricos.

Contaminante	FE (ton/kg)
NO _x	1,18 x 10 ⁻⁶
CO	1,97 x 10 ⁻⁵
CO ₂	2,10 x 10 ⁻⁴
SO ₂	1,80 x 10 ⁻⁷
COV ₂	2,10 x 10 ⁻⁵
PM ₁₀	1,57 x 10 ⁻⁵
Σ ₁₀	2,68 x 10 ⁻⁴

Propuesta de alternativa de mejoramiento al proceso productivo de los productos arcillosos estructurales

Como alternativa de mejoramiento al proceso productivo de los productos arcillosos estructurales, se presenta el prototipo de un horno tipo MK3, constituido por tres unidades con su respectiva chimenea, para que la quema se realice sin circulación forzada de aire (Luján & Guzmán, 2015). Las dimensiones del horno siguieron los criterios de los autores antes mencionados y se procesaron en AutoCAD 2016, con las siguientes medidas:

1. Número de cámaras = 3
2. Altura de cada cámara = 5 m
3. Diámetro = 3 m
4. Distancia entre los 3 hornos = 1,7 m
5. Ubicación de los hornos = Triangular
6. Altura quemadores de gas = 1,5 m
7. Dimensión de las chimeneas de evacuación de gases = 0,30 m x 0,45 m

Resultados y discusión

Atendiendo al proceso productivo desarrollado en las cuatro fábricas, en la figura 2 se muestra el diagrama que refleja las operaciones de dicho proceso, el cual incluye: extracción de tierra, mezclado (tierra, agua y aserrín), fermentación de la mezcla, moldeado y secado en el suelo, limpieza de imperfecciones en los filos del bloque, secado en pila y cocción del ladrillo, los tiempos de espera del proceso productivo varían en cada ladrillera. Este proceso es similar a lo reportado en países como Egipto, donde se especifica que la adición de agua permite lograr la consistencia, plasticidad y trabajabilidad adecuadas, el resto de ingredientes aumentan la maleabilidad y la permeabilidad, materiales como el aserrín actúa como compensador de la contracción y como refuerzo y ayuda a que todo el bloque se seque uniformemente por dentro y por fuera, también aumenta la compactación, lo que reduce las grietas y mantiene el ladrillo más sólido (Dabaieh et al., 2020).

Por lo general las herramientas utilizadas para este proceso son: azadón, cajones de madera, pala, machete y carreta; mientras que el guasmo (*Guazuma ulmifolia*), laurel (*Cordia alliodora*) y pela caballo

(*Leucaena trichode*) son las especies preferidas para extraer la leña, pues debido su característica de leña dura, generan una llama corta y de larga duración. La mayoría de los productos arcillosos estructurales artesanales se someten a cocción a temperaturas bajas que van de 900°C a 950°C, por lo que presentan características como alta absorción y rugosidad superficial, resistencia a la compresión y baja densidad específica aparente, además, su propiedad blanda los hace tendenciosos a deteriorarse por diversas condiciones circunstanciales (Monatshebe et al., 2019).

En la tabla 3 se presentan los valores de la medición realizada in situ de cada contaminante atmosférico. Al comparar los resultados con lo establecido en la normativa nacional, se evidencia que el CO, con 4015,71 mg/Nm3, excede en un 223% el límite máximo establecido (1800 mg/Nm3); mientras que el NO se encuentra por debajo de 36,81 mg/Nm3 especificados en la norma; es de indicar que las emisiones del CO2 no se regulan a nivel nacional.

El CO y el CO₂ son los gases más comunes liberados en el transcurso de la cocción de los productos arcillosos estructurales; la liberación de CO se debe a una combustión incompleta de la materia orgánica presente en los ladrillos; mientras que

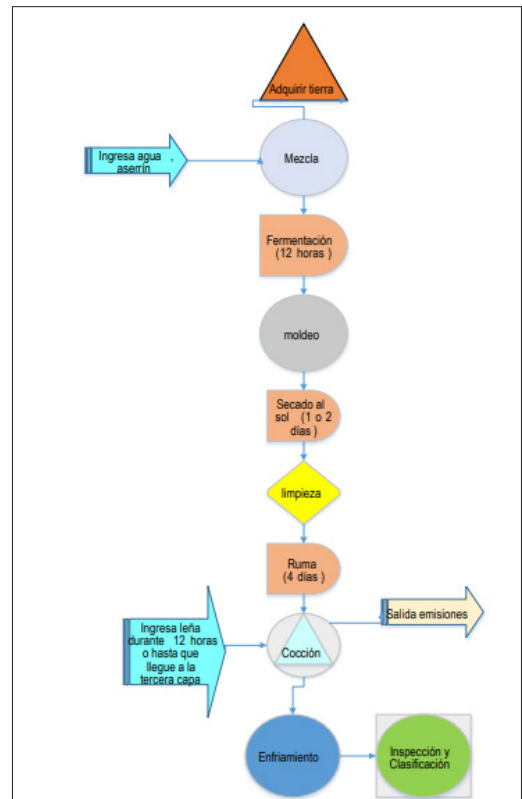


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación artesanal de ladrillos.

Tabla 3. Concentración de contaminantes atmosféricos según el muestreo isocinético en la fabricación artesanal de ladrillos.

Monitoreo	CO (ppm)	NO (ppm)	CO ₂ (%)
1	6445	67	8,75
2	2248	21	2,68
3	3392	22	3,68
4	4645	32	5,44
5	4278	33	2,48
6	4597	26	1,38
7	1025	22	1,30
8	1418	19	-
Promedio (ppm)	3506	30,25	3,21
Promedio ⁵ (mg/Nm ³)	4015,71	36,81	5,39

las emisiones de CO₂, reconocido como GEI por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, son producto de la oxidación de la materia orgánica presente en el cuerpo cerámico, la cual es predominante a mayores temperaturas (Adnan & Balasbaneh, 2021). Las emisiones de NO en procesos de este tipo son relativamente pequeñas, en este estudio fue de 30,25 ppm en promedio, lo cual se relaciona con los 38,69 ppm de NO en promedio encontrados en la publicación de (Ukwatta et al., 2018).

La emisión de contaminantes atmosféricos, según el nivel de actividad, acorde al FE total, se detalla en la tabla. En este caso, los COV se emiten en mayor medida (8,87x10⁻¹ ton/semana), seguidos por el CO₂ (7,39x10⁻¹ ton/semana) y el SO₂ (7,39x10⁻² ton/semana); al realizar el cálculo de la emisión anual, conforme la ecuación (4), se obtuvo un total de 1,53x10² ton/año. Lo reportado en la literatura hace referencia a la emisión de CO₂ en toneladas y se ha estimado que cada metro cuadrado construido con material común conlleva una concentración media de 0,5 toneladas de CO₂e (Restrepo & Cadavid, 2019).

Otros autores han expuesto que, los ladrillos de arcilla secados al sol son un material de construcción con casi cero emisiones de carbono y baja energía incorporada (Dabaieh et al., 2020). Sin embargo, otros resultados sostienen que mientras el hormigón contribuye con un impacto más negativo en comparación con la fabricación de productos arcillosos estructurales en términos de agotamiento de la capa de ozono, calentamiento global, formación de partículas finas y formación de ozono; la producción de productos arcillosos estructurales contribuye con un impacto más negativo a la radiación ionizante, la eutrofización del agua dulce y la escasez de recursos minerales (Adnan & Balasbaneh, 2021).

Tabla 4. Nivel de emisión de contaminantes según los FE.

Contaminante	Emisión (ton/semana)
NO _x	4,15x10 ⁻³
CO	6,9x10 ⁻²
CO ₂	7,39x10 ⁻¹
SO ₂	7,39x10 ⁻²
COV	8,87x10 ⁻¹
PM ₁₀	5,53x10 ⁻²

Ahora bien, el factor de emisión de CO es de 0,28 toneladas / producción mensual, alcanzándose 3 621,90 mg/Nm³, valor que excede en algo más del doble el límite de 1 800 mg/Nm³ especificados para las emisiones de fuentes fijas de combustión de la normativa ecuatoriana. En zonas ladrilleras del Estado de Puebla, México, se han reportado hasta 747,80 toneladas de CO al año (Berumen et al., 2021). Para entender mejor este proceso, se acota que, la concentración de CO muestra una tendencia en la que inicia en niveles bajos; aumentando gradualmente y alcanzando concentraciones máximas, que luego de alcanzar el pico, caen gradualmente a niveles bajos, dicho de otra forma, es la representación típica del proceso de combustión en horno que calienta gradualmente el combustible, hasta agotarlo con el tiempo, donde una gran proporción de las emisiones de CO durante los periodos pico provienen de la combustión incompleta y un uso ineficiente del combustible (Akinshipe & Kornelius, 2018).

Además de la emisión de contaminantes atmosféricos, la elaboración de productos arcillosos estructurales genera material particulado total en suspensión de tamaños: PM₁₀, PM_{2,5} y PM₁₀; metales pesados como Pb, Cu, Ni, Cr, Zn, Cd, Mn y Fe; fluoruros y compuestos orgánicos (compuestos orgánicos volátiles metano, etano, compuestos orgánicos persistentes y algunos contaminantes atmosféricos peligrosos como el cloruro de hidrógeno (HCl) y el cianuro de hidrógeno (HCN) (Akinshipe & Kornelius, 2018). El pequeño tamaño de las partículas de los contaminantes promueve enfermedades respiratorias (Arif et al., 2018); asimismo, causa estrés ambiental a las especies de plantas (Nath et al., 2018). Por tanto, las inversiones destinadas a nuevas tecnologías para reducir las emisiones están plenamente justificadas. El sector ladrillero artesanal se encuentra en un periodo en el que debe adoptar tecnologías y prácticas productivas eficientes con un enfoque integral. Por tanto, los productores de ladrillos deben ser conscientes de los beneficios que traería el cambio tecnológico más allá del cumplimiento normativo como el uso de tecnologías validadas y prácticas de bajas emisiones. En tal sentido, la cocción de los ladrillos (horno) debería considerar: una zona de fuego larga para permitir una combustión casi completa y eficiencia de combustible; techo, ya que implica importantes beneficios económicos y laborales;

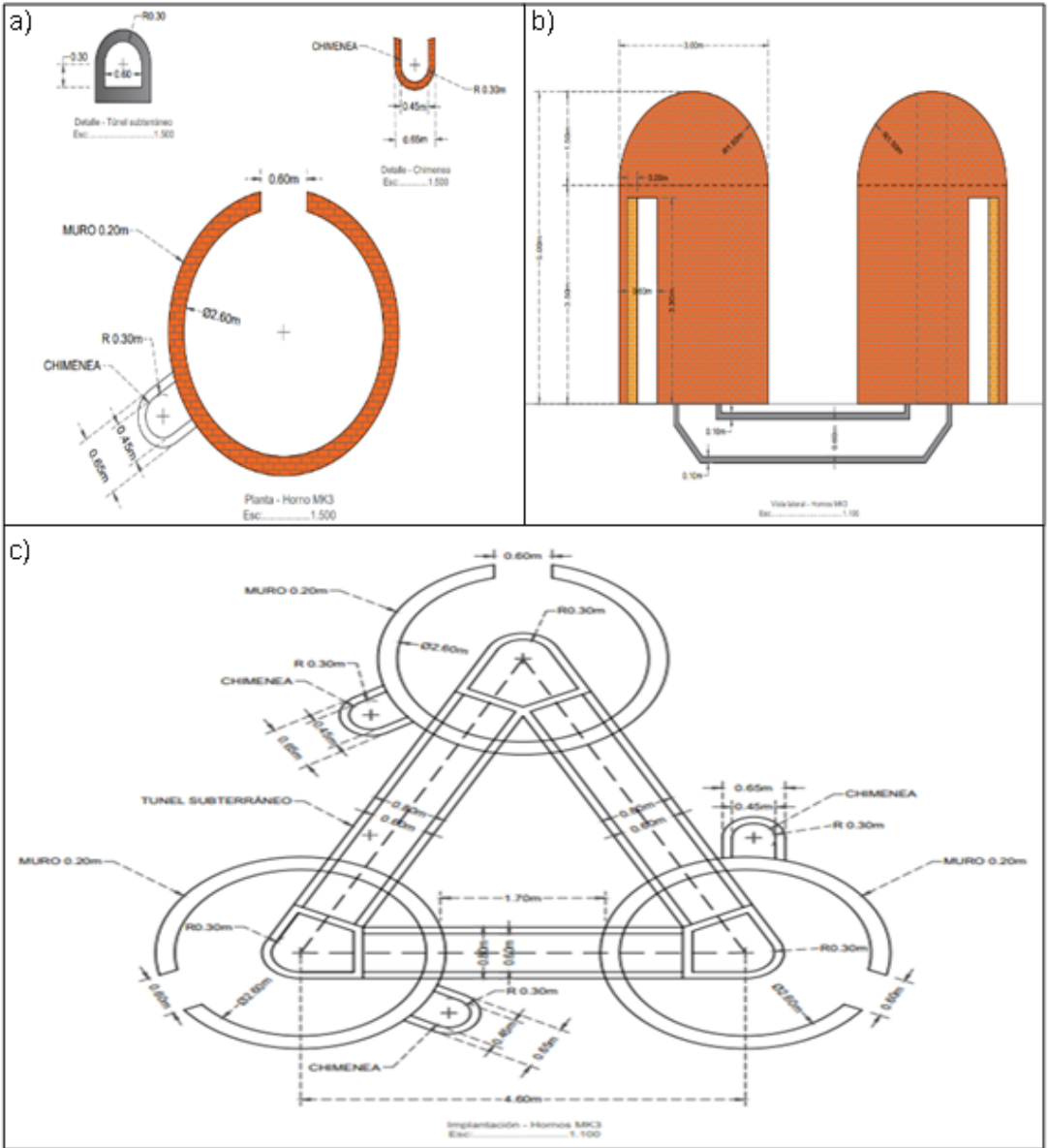


Figura 3. Prototipo del horno MK3: a) detalles planta, túnel y chimenea, b) vista lateral, c) plano general de las tres cámaras.

chimenea baja para minimizar el desperdicio de combustible; escalabilidad tanto en modo continuo como semicontinuo y fácil implementación de mecanización (Valdes et al., 2020).

En la figura 3, se resume el plano del horno tipo MK3, el cual ha sido considerado como una propuesta para que se mejore el proceso productivo en las ladrilleras artesanales.

En los resultados de Luján & Guzmán (2015), se detalla que el principio de operación de este tipo de horno consiste en usar una de las cámaras como horno, otra como medio de filtración de emisiones contaminantes

mientras que la tercera tiene la finalidad de recuperar energía; el combustible en este caso es gas natural por lo que se elimina el uso de carbón y leña, reduciendo el consumo de energía en un 48% y las emisiones de contaminantes (CO_2 70%, CO 73%, y NO_x 55%); además, se minimiza el ma Nath et al., 2018).

Material particulado de este proceso. Danciulescu et al. (2020) compararon dos líneas de producción de ladrillos, para la primera, con tecnología antigua, los contaminantes emitidos al aire fueron hasta un 90% mayor que en la segunda, la cual utiliza un horno de túnel.

Conclusión

La fabricación de ladrillos en Ecuador ha mantenido una tecnología antigua, por lo que debido a la baja tecnificación durante el proceso de cocción de ladrillos esta industria emite contaminantes atmosféricos como CO (3506 ppm), NO (3,21 ppm) y CO₂ (30,25 %), por lo que el CO excede en más del 100% lo establecido en el estándar nacional. El diseño del horno tipo MK3 debe considerarse como una alternativa viable que reduce las emisiones de contaminantes en la obtención de productos arcillosos estructurales. De este modo, este manuscrito ayuda a desarrollar un enfoque científico consistente a través de los resultados presentados. Adicionalmente, se expone un tema que aún no ha sido investigado masivamente, por ejemplo, la cuantificación de contaminantes atmosféricos emitidos en los hornos artesanales de ladrillos. Por otro lado, el diagnóstico integral al sector ladrillero artesanal es de gran importancia, pues permite identificar las características del área donde se implementarán los cambios, realizar ajustes a la tecnología existente y crear estrategias. Además, la modificación de la actividad del ladrillo artesanal es un desafío cultural y profesional, convirtiéndose en la dimensión que puede hacer que el entorno y la percepción tengan efectos positivos en la adopción del cambio tecnológico, para propiciar la planificación de acciones encaminadas a moldear actitudes hacia la tecnología, en función del entorno y las características de la población.

Recomendaciones

Se recomienda efectuar monitoreos continuamente a las emisiones de contaminantes atmosféricos de los hornos artesanales en toda la provincia.

Se recomienda a las autoridades examinar la Normativa Ambiental para que se consideren más contaminantes en el marco legal ambiental, con sus respectivos límites máximos.

Referencias Bibliográficas

Acuerdo Ministerial 97. Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI. (04 de noviembre de 2015). <https://up-pe.libguides.com/c.php?g=1043492&p=7615241>

Adnan, H., & Balasbaneh, A. (2021). Study of life cycle assessment of bricks and the impacts to the environment in Malaysia. *IOP conference series. Materials science and engineering*, 1200(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1200/1/012012>

Akinshipe, O., & Kornelius, G. (2018). Quantification of atmospheric emissions and energy metrics from simulated clamp kiln technology in the clay brick industry. *Environmental Pollution*, 236, 580-590. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.074>

Arif, M., Kumar, R., Zusman, E., & Gourav, P. (2018). Corrigendum to "Ambient black carbon, PM 2.5 and PM 10

at Patna: influence of anthropogenic emissions and brick kilns. *The Science of the Total Environment*, 644, 1649-1649. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.354>

Berumen, A., Pérez, F., Díaz, F., Márquez, L., & Flores, R. (2021). Revisión del impacto del sector ladrillero sobre el ambiente y la salud humana en México. *Salud Pública de México*, 63(1), 100-108. <https://doi.org/10.21149/11282>

Cajamarca, D., & Campos, D. (2023). Definition of the most commonly used ceramic brick for construction in Ecuador: Type and dimensions. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.299>

Dabaieh, M., Heinonen, J., El-Mahdy, D., & Hassan, D. (2020). A comparative study of life cycle carbon emissions and embodied energy between sun-dried bricks and fired clay bricks. *Journal of Cleaner Production*, 275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122998>

Danciulescu, V., Bucur, E., Petrescu, M., Bratu, M., Cozea, A., & Tanase, G. (2020). Comparative assessment of air pollutant emissions from brick manufacturing. *Romanian Journal of Ecology & Environmental Chemistry*, 2(2), 180-184. <https://doi.org/10.21698/rjeec.2020.222>

Darain, K., Jumaat, M., Islam, A., Obaydullah, M., Iqbal, A., Adham, M., & Rahman, M. (2016). Energy efficient brick kilns for sustainable environment. *Desalination and Water Treatment*, 57(1), 105-114. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1012335>

Duggal, S. (2017). *Building materials*. Routledge. Estados Unidos de América.

Jaya, J. y Gomezcoello, J. (2012). *Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles*. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6359/1/UPS-CT002924.pdf>

Luján, M., & Guzmán, D. (2015). Diseño, Construcción y Evaluación de un Horno (MK3) para la Cocción de Ladrillos Artesanales. *Acta Nova*, 7(2), 165-193. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892015000200006&lng=es&tlng=es

Macías, J., Cuenca, G., Intriago, F., Caetano, C., Menjivar, J., & Pacheco, H. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder cocoa producers in the province of Manabí, Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(1), 8707-8716. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.72564>

Mitra, D., & Valette, D. (2017). Environment, Human Labour, and Animal Welfare: Unveiling the Full Picture of South Asia's Brick Kilns and Building the Blocks for Change; International Labour Office, The Brooke Hospital for Animals, The Donkey Sanctuary. *ILO: Geneva, Switzerland*.

Monatshebe, T., Mulaba, A., & Kasongo, D. (2019). Mechanical properties and mineralogy of artisanal clay bricks manufactured in Didi, Limpopo, South Africa. *Construction and Building Materials*, 225, 972-982. doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.07

Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial (método SLP)*. Editores Técnicos Asociados S.A.

Nath, A. J., Lal, R., & Das, A. K. (2018). Fired bricks: CO₂ emission and food insecurity. *Global Challenges*, 2(4). <https://doi.org/10.1002%2Fgch2.201700115>

- Naveen, S. (2016). Production and marketing network chain of brick kiln product: A case study of Hyderabad City. *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, 7(1), 27-37.
- Restrepo, G., & Cadavid, C. (2019). Mejora del desempeño ambiental y energético de la vivienda de interés prioritario en Medellín con el uso de ladrillos cerámicos modificados. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35), 33-49. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n35a3>
- Saha, M., Ahmed, S., Sheikh, A., Ahsan, N., & Mostafa, M. (2014). Impacts of Brick Kiln Emissions on Air Quality around Kiln Areas. *Pollution Effects & Control*, 2(2), 59-69. <http://dx.doi.org/10.4172/jpe.1000112>
- Subhanullah, M., Ullah, S., Javed, M., Ullah, R., Akbar, T., Ullah, W., Baig, S., Aziz, M., Mohamed, A., & Sajjad, R. (2022). Assessment and impacts of air pollution from brick kilns on public health in Northern Pakistan. *Atmosphere*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/atmos13081231>
- Ukwatta, A., Mohajerani, A., Setunge, S., & Eshtiaghi, N. (2018). A study of gas emissions during the firing process from bricks incorporating biosolids. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 74, 413-426. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.006>
- Valdes, H., Vilches, J., Felmer, G., Hurtado, M., & Figueroa, J. (2020). Artisan brick kilns: State-of-the-art and future trends. *Sustainability*, 12(18), 7724. <https://doi.org/10.3390/su12187724>

Valoración económica del servicio ambiental hídrico de la comunidad La Pita, Manabí - Ecuador

Economic valuation of the environmental water service of the La Pita community, Manabí - Ecuador

María Isabel Delgado Moreira^{1*}, Holanda Teresa Vivas Saltos¹, María Virginia Moreira Macías¹, Rody Fernando Reyes García¹

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Resumen

El recurso hídrico presenta serios problemas de abastecimiento y gestión. En la comunidad La Pita (Manabí-Ecuador) existe una amplia gama de actividades antrópicas, para las que se extrae el recurso hídrico, así, esta investigación tuvo como objetivo valorar el servicio ambiental hídrico de la comunidad. Se aplicó el método de valoración contingente y mediante encuestas se determinaron las características socioeconómicas de los habitantes. Luego de recolectar la información, se estableció el valor económico del servicio hídrico aplicando el modelo logit. Se identificaron 24 fuentes de agua que prestan aprovisionamiento a 32 viviendas, cada fuente fue georeferenciada utilizando el Sistema de Información Geográfica ArcGIS 10.4.1. La valoración económica del servicio hídrico de La Pita es de 195,00 USD mensuales, mediante este estudio se ha demostrado que es posible valorar los servicios ambientales y generar propuestas con enfoque en el mejoramiento de la calidad de vida en zonas rurales.

Palabras clave: Recurso hídrico, comunidad rural, valoración contingente, modelo logit.

Abstract

There are significant supply and management issues with the water resource. An extensive range of anthropogenic activities are carried out in the La Pita community in Manabí, Ecuador, and as a result, the research's goal was to evaluate the community's environmental water service. Surveys were used to establish the socioeconomic characteristics of the population and the contingent value method was used. After gathering the data, the logit model was used to calculate the water service's economic value. The ArcGIS 10.4.1 Geographic Information System was used to georeference each of the 24 water sources that serve 32 residences. La Pita's water service is economically valued at \$195.00 per month. This study has demonstrated that it is possible to value environmental services and produce ideas aimed at enhancing rural residents' quality of life.

Keywords: Water resource, rural community, contingent valuation, logit model.

Introducción

El recurso hídrico presenta serios problemas de abastecimiento y gestión, lo que afecta su sostenibilidad y evidencia su naturaleza no renovable (Islam *et al.*, 2018; Justes *et al.*, 2014; Ojea *et al.*, 2012). Hoy en día aproximadamente 4 mil millones de personas (o dos tercios de la población mundial) viven en condiciones severas de escasez de agua al menos un mes al año (Al-Jawad, 2019). De ahí que, la escasez del agua se considera como el mayor riesgo para la economía mundial, pues este recurso garantiza la supervivencia y el crecimiento económico (World Wildlife Fund, 2015). Por otro lado, no conocer

el valor económico del recurso hídrico puede conducir al detrimento y agotamiento del mismo (Ojea *et al.*, 2012).

Y es que, la asignación de un valor económico al recurso hídrico desempeña un papel importante en la planificación de la conservación y la gestión basada en el ecosistema (Jones *et al.*, 2008; Ojea *et al.* 2012; Ojeda *et al.*, 2008). Dicha valoración también garantiza que las acciones humanas no dañen los procesos ecológicos de los que depende el bienestar de las generaciones presentes y futuras, permitiendo un desarrollo sostenible (Constanza *et al.*, 1997; Islam *et al.*, 2018).

* Correspondencia del autor:

E-mail: maria.i.delgado@espam.edu.ec



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

En la comunidad La Pita (Manabí-Ecuador) existe una amplia gama de actividades antrópicas, para las que se extrae el recurso hídrico directamente desde las montañas (Cedeño & Macías, 2018). Por lo cual, esta investigación plantea la siguiente hipótesis: mediante la valoración del servicio ambiental hídrico se mejorará la gestión de dicho recurso. Para lo que se planteó como objetivo valorar el servicio ambiental hídrico de la comunidad La Pita de la microcuenca del río Carrizal.

Materiales y métodos

Dado que el servicio ambiental hídrico no es de mercado, se aplicó el método de valoración contingente en el cual los experimentos de elección se aplican e implementan ampliamente a través de encuestas (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2013; Constanza *et al.*, 1997; Justes *et al.*, 2014). El proceso para valorar el servicio ambiental hídrico se detalla a continuación:

Determinación de las características socioeconómicas y demográficas de los habitantes de La Pita. El diseño de la encuesta se realizó de acuerdo a varias partes específicas que se definieron de la siguiente manera:

- Preguntas socioeconómicas y demográficas: se elaboraron preguntas generales sobre las principales características del hogar (por ejemplo, número de personas del hogar).
- Preguntas generales sobre el aprovisionamiento de agua: en esta sección, se pidió a los participantes que respondieran las preguntas generales sobre el aprovisionamiento de agua (cualquiera que dispongan en sus viviendas). La finalidad fue recibir información más detallada sobre la valoración.
- Preguntas de valoración: Posteriormente, los participantes se enfrentaron a escenarios hipotéticos. Con base a esos escenarios, se les pidió que declararan su disponibilidad a pagar; en cada escenario, se presentaron razones que conducirían a diferentes condiciones del servicio.

Para la aplicación de la encuesta se tomó una muestra de un universo finito, según lo propuesto por Herrera (2011) aplicando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{NZ^2_{\alpha} p^* q}{d^2(N-1) + Z^2_{\alpha} p^* q}$$

Donde:

n = muestra
 N = Total de la población
 $Z_{\alpha} = 1,96$ al cuadrado (seguridad del 95%)



p = proporción esperada (en este caso 5% = 0,05)
 q = 1 - p (en este caso 1-0,05 = 0,95)
 d = precisión (5%)

Mediante los resultados obtenidos en la encuesta se creó una base de datos en el software SPSS y se realizó el respectivo análisis estadístico. Además, de georreferenciaron las fuentes de agua de la comunidad usando la herramienta ArcGIS 10.4.1.

Identificación de las fuentes de aprovisionamiento de agua

Se realizaron conversatorios con líderes comunitarios y autoridades locales para obtener información de la zona de estudio. A través de esta técnica se pudieron determinar datos importantes para la redacción de los instrumentos de valoración (encuesta) que se aplicó en forma de encuesta personal del método contingente a una muestra de la población de interés, siguiendo las especificaciones del (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2010).

Establecimiento del valor económico del servicio hídrico en la comunidad La Pita

El valor económico del servicio hídrico de la comunidad La Pita se determinó aplicando el modelo logit. Para la obtención de este valor solamente se utilizaron las preguntas de valoración de la encuesta, donde estaban planteados los escenarios hipotéticos diseñados para que los participantes indicaran sus preferencias económicas.

Análisis de resultados

En la comunidad La Pita existen 65 viviendas en la actualidad, por lo que se aplicaron encuestas en 32 viviendas. Las variables socioeconómicas y demográficas se describen en la tabla 1.

La mayoría de las familias de la comunidad La Pita están compuestas por más de 5 personas (40,62 %). Un 34,38 % de las familias están constituidas por 3 o 4 personas y el menor porcentaje (25 %) están formadas por 1 o 2 personas. De manera similar, Carreño *et al.* (2019) encontraron que en las comunidades Julián, Severino y Balsa en Medio en el 44% de las viviendas habitan menos de 5 personas y en el 56% habitan más de 5, lo cual es indicativo del predominio de condiciones de hacinamiento.

Tabla 1. Características socioeconómicas y demográficas de los habitantes de La Pita

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Número de personas por familia	1 a 2	8	25,00
	3 a 4	11	34,38
	Más de 5	13	40,62
Actividades económicas en la microcuenca	Sí	19	59,38
	No	13	40,62

En todas las viviendas encuestadas el aprovisionamiento de agua se da por pozos privados. La época de mayor dificultad para el aprovisionamiento de agua considerada por los entrevistados es la época seca (75,00 %), mientras que un 15,63 % considera que es la época lluviosa y un 9,37 % manifestó que tiene dificultad en ambas épocas. Según Pourrut (1995) este tipo de situaciones es muy común pues el rango de precipitación en la época (tabla 2) seca es muy bajo en comparación con la época lluviosa.

A pesar de las dificultades de aprovisionamiento, un 96,87 % de los entrevistados afirmó que la cantidad de agua que tienen es suficiente para satisfacer todas sus necesidades, sólo un 3,13 % manifestó que el agua no es suficiente para cubrir sus necesidades. Por su parte, Carreño, Lucas, Hurtado, Barrios y Silva (2019) en las comunidades Julián, Severino y Balsa en Medio, encontraron que sólo 85 de 102 familias poseen suministro directo de agua hasta sus casas.

Todos los entrevistados afirmaron ser conscientes de la importancia del bosque primario dentro de la comunidad para proveer de agua a sus hogares; el agua que más se valora según los entrevistados es la provista por los bosques (90.63 %), mientras que un 3,13 % valora el servicio que ya dispone y el 6,21 % restante afirmó que tienen igual valor. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Vélez (2017) quien argumenta que los moradores de comunidades rurales conocen historias tradicionales sobre los manantiales que existen en el bosque y también poseen conocimiento ancestral sobre el consumo de este recurso.

En cuanto a la disponibilidad para pagar el 75 % de los entrevistados afirmó no tener disponibilidad para pagar argumentando que no poseen recursos financieros para hacerlo; el 25 % restante accedió a tener disponibilidad para pagar al menos un valor mínimo. Chaves (2008) encontró que a medida que el monto de pago propuesto aumenta, el porcentaje de personas que está de acuerdo a pagar disminuye por lo que la distribución sigue una curva aproximadamente exponencial decreciente. Aunque en este estudio no se especifica el ingreso mensual fijo de las familias; en el estudio de Carreño *et al.* (2019), realizado en 3 comunidades colindantes con La Pita, el 42% de las familias subsisten con ingresos mensuales entre 100 y 150 USD, cerca del 14% de las familias tienen ingresos superiores a 150 USD y el 6% sobreviven con menos de 50 USD, evidenciándose ingresos muy bajos.

En la comunidad La Pita, existe una vasta cantidad de fuentes de aprovisionamiento de agua. En total se identificaron 24 fuentes de agua que prestan aprovisionamiento a las 32 viviendas donde se aplicaron las encuestas, cada fuente fue georreferenciada utilizando el Sistema de Información Geográfica ArcGIS 10.4.1, como se muestra en la Figura 1.

La mayor parte de los entrevistados posee una red de mangueras desde la fuente hasta el domicilio

Tabla 2. Características del servicio aprovisionamiento de agua.

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Fuente	Privada de pozo	32	100,00
	Agua de río	0	0
	Servicio de Tanquero	0	0
	Potable	0	0
	colectiva	0	0
	Purificada de supermercados	0	0
	Otros	0	0
Medidor de agua	Sí	32	100,00
	No	0	0
Época de dificultad	Seca	24	75,00
	Lluviosa	5	15,63
	Ambas	3	9,37
	Ninguna	0	0
La cantidad de agua es suficiente	Sí	31	96,87
	No	1	3,13
Disponibilidad para pagar	Sí	8	25,00
	No	24	75,00
Importancia del bosque primario para proveer agua	Sí	32	100,00
	No	0	0
Agua que valora más	Provista por un bosque	29	90,63
	Provista por el servicio	1	3,13
	que ya dispone	2	6,24
	Tienen igual valor	0	0
	No sabe	0	0

aprovechando la gravedad para surtirse de agua; sin embargo, en algunas fuentes es necesario implementar bombas eléctricas para realizar el aprovisionamiento. Aquellas familias con menos recursos financieros, utilizan canecas de 20 litros u otros recipientes para poder abastecerse del líquido vital sin que se realice ningún tratamiento.

De igual forma, Carreño *et al.* (2019) encontraron que en las comunidades Julián, Severino y Balsa en Medio el suministro de agua se da por mangueras tendidas desde agua albarrada proveniente de tomas directas de las vertientes del Río Carrizal, distribuidas aprovechando la fuerza gravitatoria sin tratamiento previo. Según Franco (2010) la disponibilidad de agua para consumo humano es uno de los aspectos que más influyen sobre la salud, pues a más del riesgo de consumir agua contaminada también existe riesgo ergonómico al acarrear recipientes con agua hasta el hogar.

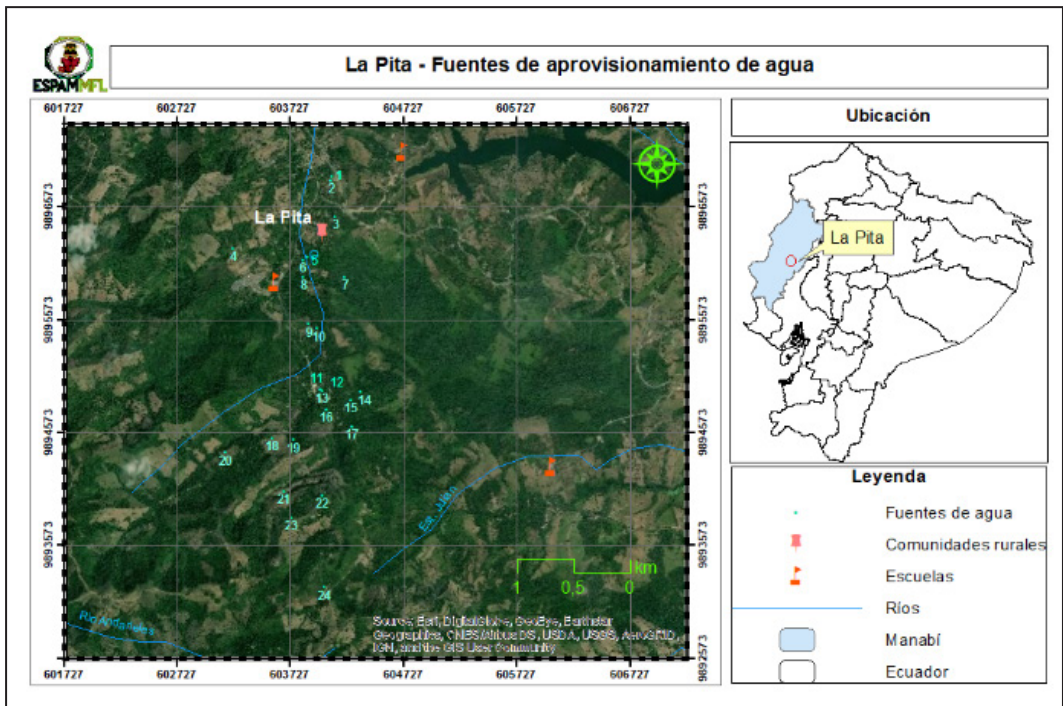


Figura 1. Fuentes de aprovisionamiento de agua de la comunidad La Pita.

Las exploraciones realizadas a las fuentes de agua han denotado severos problemas como deforestación y falta de protección de árboles en las fuentes, a pesar de que según Calde *et al.*, (2007) las repercusiones de la remoción de la cubierta forestal son evidentes solo a nivel micro y en asociación con fenómenos de pluviosidad breves y de baja intensidad (que por lo general son los más frecuentes) pues al aumenta la duración o la intensidad de las precipitaciones, o a medida que aumentar la distancia que separa la zona interesada por la pluviosidad de la cuenca, disminuye la influencia ejercida por la cubierta arbórea sobre la regulación de los flujos.

En un estudio realizado por López (2015) se encontró que la tasa de deforestación en otra cuenca de Manabí era de 16,55% argumentando además que la deforestación en la mayoría de casos se realiza con fines agrícolas, concordando con los hallazgos de este estudio.

Tabla 3. Porcentaje de aceptación y rechazo a las tarifas de los escenarios hipotéticos.

Tarifa de oferta (USD)	0	1 a 3	4 a 5	6 a 7
Aceptación de la oferta	62,50%	31,25%	6,25%	0,00%
Rechazo de la oferta	37,50%	68,75%	93,75%	100,00%

La expedición realizada a cada una de las fuentes o corrientes de agua permitió verificar que todas las fuentes o manantiales que nacen en zonas con cobertura arbórea abundante en la mayoría de casos, estas fuentes albergan un volumen de agua considerable durante todo el año, sobre todo en época lluviosa según testimonio de los entrevistados. Estas características son similares a las encontradas por Vélez (2017) en la comunidad Mocerita provincia de Manabí.

Para confirmar la disponibilidad a pagar de los habitantes, se establecieron 4 escenarios: el primero consistía en el rechazo al pago, en los siguientes se estableció un rango de pago mensual: en el segundo se estableció una tarifa de 1 a 3 dólares, el tercero presentaba una tarifa de 4 a 5 dólares y el cuarto planteaba pagar de 6 a 7 dólares. La aceptación de estos escenarios se muestra en la tabla 3.

Se realizó una pregunta para confirmar las razones de rechazo de las tarifas establecidas, el 43,75 % de los

Tabla 4. Análisis estadístico bivariado.

Paso	Variables	No pagar	Puntuación	gl	Sig.
0			32,000	1	,000
		1 a 3	8,727	1	,003
		4 a 5	1,280	1	,258
	Estadísticos globales		32,000	3	,000

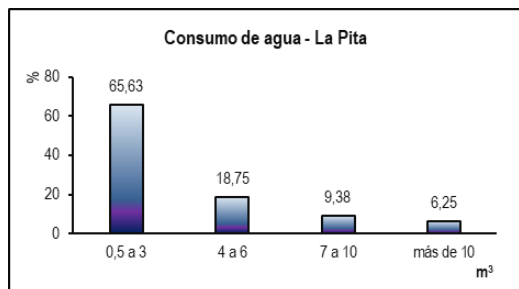


Figura 2. Consumo de agua mensual en La Pita.

entrevistados afirmó no tener suficiente dinero y el 18,75 % restante manifestó que está satisfecho con el aprovisionamiento de agua que ya dispone. Vélez (2017) encontró que las razones por las que decae la aceptación de la oferta, a medida que ésta aumenta, son en su gran por deficiencia económica.

En cuanto al consumo de agua, en La Pita un 65,63 % de los habitantes consumen entre 0,5 y 3 m³ de agua al mes; 18,75 % consumen de 4 a 6 m³; 9,38 % consumen de 7 a 10 m³ de agua; y un 6,25 % consume más de 10 m³ de agua al mes (Figura 2). Lógicamente, el número de integrantes del hogar influye mucho en el consumo del recurso. En el estudio realizado por Vélez (2017) se encontró un consumo mayor de agua (8 m³ en promedio aproximadamente) debido a la operación de licorerías artesanales en la comunidad, principalmente. Al aplicar modelo logit para estimar la probabilidad de pago por el servicio ambiental del recurso hídrico se obtuvo que las únicas probabilidades que deberían considerarse es la tarifa de 1 a 3 dólares (p valor = 0,03), siendo la única significancia aceptable (tabla 4).

En cuanto al diseño del modelo, las variables consideradas (tarifas de pago) resultaron adecuadas pues los valores de R cuadrado de Cox y Snell y de Nagelkerke son cercanos a 1 (Tabla 5).

Con el análisis estadístico realizado se pudo determinar que el rango de valor de la tarifa aceptable es de 1 a 3 dólares por lo que para realizar la valoración se multiplicó la cantidad de viviendas existentes en La Pita por 3 dólares, obteniéndose un valor del servicio hídrico de 195,00 dólares mensuales (Tabla 6).

Este resultado es inferior al calculado por Vélez (2017) quien estableció un valor de 344,08 dólares para el servicio hídrico de la comunidad Mocerita aplicando el método de valoración contingente; sin embargo, en ese estudio la tarifa de mayor aceptación era de USD 7,82.

Tabla 5. Resumen del modelo.

Paso	Logaritmo de la verosimilitud -2	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	,000	,734	1,000

Tabla 6. Valoración económica del servicio hídrico de La Pita

Detalle	Viviendas	Tarifa mensual (USD)	Valor del servicio mensual (USD)
Cantidad	65	3,00	195,00

Mediante esta investigación, se propone la aplicación de un Pago por Servicio Ambiental (PSA) para la protección de recursos hídricos, en atención a los sujetos implicados se propone un sistema mixto, como ciclo cerrado de ingreso-egreso. En el cual exista una relación lineal entre el oferente (moradores de La Pita) que prestan el servicio ambiental al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal del cantón Bolívar en su calidad de garante de la calidad ambiental y titular de los recursos naturales y los demandantes que obtienen beneficios (habitantes del cantón Bolívar) paguen por medio de un aporte en su planilla de agua, el cual se transfiere a los generadores del servicio.

Para que se otorgue este aporte, deberá aplicarse una ordenanza a nivel municipal. Pues tal como indica Matus (2014), debe existir un correcto diseño de políticas públicas y leyes que permitan la adecuada gestión de recursos. Por lo cual, el GAD Municipal del cantón Bolívar, haciendo uso de sus facultades, deberá crear una ordenanza exclusiva sobre PSA, mediante la cual se logrará una adecuada gestión del recurso hídrico en el cantón.

Además de la compensación monetaria, se proponen pagos en especie, es decir, medios de trabajo o conocimiento que ayuden al oferente de los servicios ambientales en el ejercicio de su actividad con la finalidad de preservar la microcuenca alta del río Carrizal.

Conclusión

En la comunidad La Pita existen 24 fuentes de aprovisionamiento de agua, de las cuales 4 presentan deforestación severa, siendo las actividades agrícolas las que generan gran presión sobre los recursos hídricos. La valoración económica del servicio hídrico de La Pita, aplicando el método de valoración contingente es de USD 195,00 mensuales, tomando en cuenta la tarifa con mayor aceptación (USD 3,00). Mediante este estudio se ha podido establecer que, a pesar de las limitaciones económicas, es posible valorar los servicios ambientales y generar propuestas con enfoque en el mejoramiento de la calidad de vida en zonas rurales.

Recomendaciones

La valoración económica del servicio hídrico puede llegar a convertirse en una herramienta de gestión para los gobiernos locales que sirva como base para la adecuada gestión de este recurso y sobre todo,

que potencie la sostenibilidad ambiental en las zonas rurales. Por lo que se recomienda que los resultados de esta investigación sean tomados en cuenta en los planes de desarrollo locales.

Referencias bibliográficas

- Al-Jawad, J., Alsaffar, H., Bertram, D., & Kalin, R. (2019). A comprehensive optimum integrated water resources management approach for multidisciplinary water resources management problems. *Journal of Environmental Management*, 239, 211-224.
- Calde, I., Hofer, T., Vermont, S., & Warren, P. (2007). Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua. *Unasylva*, 58(229), 34-56.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2010). *Water Valuation Guidance Document: Canadian Council of Ministers of the Environment*. Canadá
- Carreño, L., Lucas, L., Hurtado, E., Barrios, R., & Silva, R. (2019). Características socioeconómicas y problemas sanitarios asociados a la calidad del agua en las comunidades de Balsa en medio, Julián y Severino del Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 12(30), 23-34.
- Cedeño, D., & Macías, D. (2018). *Valoración de la captación de carbono para la conservación ambiental en el Sector la Pita de la Parroquia Quiroga*. [Tesis de pregrado Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Calceta-Ecuador.
- Chaves, E. (2008). Valoración del agua en la cuenca del río Tempisque: un ejemplo sobre el método de valoración contingente. *UNICIENCIA*, 22, 19-31.
- Constanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P., & Van den Bel, R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-261.
- Franco, I. (2010). *Análisis socioeconómico de la comunidad el junco de la parroquia La Unión del cantón Santa Ana - Manabí*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial. Portoviejo-Manabí].
- Herrera, M. (2011). *Fórmula para cálculo de la muestra poblaciones finitas*. Guatemala: Hospital Roosevelt.
- Islam, A., Ahmad, S., & Islam, R. (2018). Estimating Willingness to Pay for Improving River Water Quality Using Contingent Valuation Method: A Conceptual Framework. *International Journal of Management, Accounting and Economics*, 5(8), 643-657.
- Jones, N., Sophoulis, C., & Malesios, C. (2008). Economic valuation of coastal water quality and protest responses: A case study in Mitilini, Greece. *The Journal of Socio-Economics*, 37, 2478-2491.
- Justes, A., Barberán, R., & Farizo, B. (2014). Economic Valuation of domestic water uses. *Science of the Total Environment*, 472, 712-718.
- López, G. (2015). *Análisis de deforestación por medio de percepción remota en las cuencas del río Portoviejo - Chone*. [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta-Ecuador].
- Matus, F. (2014). Pagos por Servicios Ambientales Hídricos; Propuesta de un modelo funcional de gestión ambiental en Nicaragua. *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 2(3), 120-145.
- Ojea, E., Martin, J., & Chiabai, A. (2012). Defining and classifying ecosystem services for Economic valuation: the case of Forest water service. *Environmental Science & Policy*, 1-15.
- Ojeda, M., Mayer, A., & Solomon, B. (2008). Economic valuation of environmental services sustained by water flows in the Yaqui River Delta. *Ecological Economics*, 65, 155-166.
- Pourrut, P. (1995). *El agua en el Ecuador. Clima, precipitaciones, escorrentía*. Quito.
- Vélez, L. (2017). *Valoración económica del aprovisionamiento de agua del bosque de la comunidad Mocerita-Junín usando los métodos contingente y precio de mercado*. [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta-Ecuador].
- World Wide Fund. (2015). *THE VALUE OF WATER: A framework for understanding water valuation, risk and stewardship*. Ginebra: World Bank.

Estrategias de propagación del Mangle Piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), sector Uleam, río Mache, Ecuador

Propagation strategies of the Piñuelo Mangrove (*Pelliciera rhizophorae*), Uleam sector, Mache River, Ecuador

Ever Morales Avendaño^{1*}, Luis Madrid Jiménez², Villegas Rosado Joel³, Gema Navarrete Pinargote³, Mallerly Arroyo Ruiz³ y Xavier Cornejo⁴

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador.

²Docente Carrera de Biología. Extensión Pedernales. ULEAM, Ecuador

³Estudiante de la Carrera de Biología. Extensión Pedernales. ULEAM, Ecuador

⁴Herbario GUAY, Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s.n. y Av. Juan Tanca Marengo (campus Mapasingue), Guayaquil, Ecuador.

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Resumen

Se presenta una estrategia de propagación de mangle piñuelo *Pelliciera rhizophorae* ensayada en el estuario del río Cojimíes, provincia de Manabí, costa de Ecuador. Se seleccionaron los sectores de Guillermina, Uleam y Siberia y se establecieron las densidades poblacionales. El sector Siberia y Guillermina fueron seleccionados para la colecta semillas maduras y germinadas; así como de lodos para propagación del mangle piñuelo en el sector Uleam. Se destaca el sector Siberia como un vivero natural, por la mayor población de mangle piñuelo adultos, plántulas y de semillas germinadas. De acuerdo al método de propagación mediante fase de vivero y de siembra directa, se refleja un crecimiento sostenible y supervivencia del 95% a una densidad de 0,32 plantas/m² en 407,7m²; también se observó que el crecimiento es favorecido en espacios sombreados con 39,93 ±17,99 cm; respecto a los expuestos al sol directamente con una altura promedio de 29,46 ±15,36cm. Entre otras estrategias aplicadas se incluyeron aplicación de lodos, poda controlada y sitio con acceso al régimen de mareas. Esta Modalidad de siembra es la primera que se realiza en Ecuador con *Pelliciera rhizophorae* y la segunda en el mismo sector como experiencias de reforestación de esta especie amenazada.

Palabras clave: Cojimíes, *Pelliciera rhizophorae*, río Mache, propagación *in vitro*.

Abstract

A propagation strategy for piñuelo mangrove *Pelliciera rhizophorae* tested in the Cojimíes River estuary, Manabí province, coast of Ecuador is presented. The sectors of Guillermina, Uleam and Siberia were selected, and population densities were established. The Siberia and Guillermina sectors were selected for the collection of mature and germinated seeds; as well as sludge for the propagation of the piñuelo mangrove in the Uleam sector. The Siberia sector stands out as a natural nursery, due to the largest population of adult piñuelo mangroves, seedlings and germinated seeds. According to the propagation method through the nursery phase and direct sowing, a sustainable growth and survival of 95% is reflected at a density of 0.32 plants/m² in 407.7m²; It was also observed that growth is favored in shaded spaces with 39.93 ±17.99 cm; compared to those exposed to the sun directly with an average height of 29.46 ±15.36cm. Other strategies applied included sludge application, controlled pruning and a site with access to the tidal regime. This planting modality is the first to be carried out in Ecuador with *Pelliciera rhizophorae* and the second in the same sector as reforestation experiences of this threatened species.

Keywords: Cojimíes, *Pelliciera rhizophorae*, Mache River, *in vitro* propagation.

Introducción

Es reconocido a nivel mundial el aporte del ecosistema de manglar en cuanto a servicios ambientales,

aprovisionamiento, regulación, resguardo de flora y fauna y de servicios ecosistémicos. Sin embargo, dada la deforestación no controlada y su impacto ambiental, es necesario la aplicación de planes de conservación

* Correspondencia del autor:

E-mail: edmorales@espam.edu.ec



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

de las áreas de manglares a nivel de Ecuador y de todos los países costeros donde se encuentran. Entre las principales áreas de manglares se cuentan los siguientes: Archipiélago de Jambelí, Golfo de Guayaquil, Río Chone, Río Cojimies, río Muisne y Estuario Cayapas Mataje. Actualmente, las amenazas en torno a los manglares del cantón Pedernales se hacen visibles, por la tala de manglar debido a la actividad camaronera, no aplicación de la normativa ambiental vigente, sedimentación de los estuarios por deforestación de sus cuencas hidrográficas, poca generación de investigación científica en torno a los servicios ecosistémicos y vulnerabilidad al cambio climático.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) clasifica a *Pelliciera rhizophorae* como una especie en categoría vulnerable; además por ser una especie restringida en América; contrario a las cosmopolitas como; tales como, mangle rojo y negro. En tal sentido, las poblaciones de mangle piñuelo están separadas en decenas o cientos de kilómetros y en cuanto a población, a veces están representados por pocos ejemplares en los sitios identificados. Sus semillas se dispersan con dificultad por vía acuática y su hábitat, está siendo degradado por actividades antropogénicas (Ellison *et al.*, 2010).

En este sentido, la vulnerabilidad de los ecosistemas de manglar conformados por las siguientes especies: *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle*, *Mora oleífera* y la constante presión a la que han sido sometidos por la acción antropogénica, han generado diversos ensayos para su recuperación en las costas ecuatorianas (Cornejo, 2014).

Según Duke (2020) en su estudio con el género *Pelliciera* (Tetrameristaceae)", considera una mayor vulnerabilidad la combinación de *Pelliciera rhizophorae* y *Pelliciera benthamii* en América Ecuatorial y aunque sus diferencias taxonómicas están demostradas (Cornejo y Bonifaz, 2023) son más susceptibles, especialmente para *P. benthamii*,

por estar más restringida que *P. rhizophorae*. Por lo tanto, han sido consideradas seriamente amenazadas por las actividades antropogénicas y cambio climático cada vez mayores (Blanco *et al.*, 2015).

El grado de vulnerabilidad de las comunidades de manglares en función de los tensores ambientales que puedan perturbar la vitalidad y permanencia de las diversas especies se registra de acuerdo con su incidencia y según su ubicación geográfica y factores que inciden en su dinámica. El término tensor (Guzmán *et al.*, 2011), representa cualquier factor o situación que obliga a un sistema a movilizar sus recursos y gastar más energía para mantener la homeostasis o equilibrio dinámico; y que en este caso corresponde a todos los producidos por actividades antropogénicas y los manifestados por la naturaleza.

Como ejemplo, Álvarez-León (2003) reportan en un estudio realizado en Colombia con especies presentes en el Caribe (*Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle*) y las del Pacífico (*A. germinans* y *P. rhizophorae*) y de los resultados obtenidos se confirmaron: la apertura de canales en ríos para transporte de insumos de camaroneras (ACR), arrastres de sedimentos en ríos (AS), asentamientos humanos (AH), aumento de la cota de agua de ríos y desprendimiento de árboles (ACAR), actividades camaroneras (AC), construcción de infraestructura (CI), contaminación por residuos sólidos y líquidos (CSL) y por la deforestación no controlada (DNC). De tal forma, que, dependiendo del efecto directo o indirecto para cada especie, los autores especificaron el nivel de vulnerabilidad detectado.

Por otra parte, Cruz y Pérez (2017) identificaron en Santiago de Cuba un sector de manglares con *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* y entre los tensores involucrados en el daño a estas especies se incluyeron: la sedimentación, construcción de caminos, incremento del área agrícola, ganadería, deforestación y entre estos determinaron los efectos perturbadores de los manglares en un 85% de origen

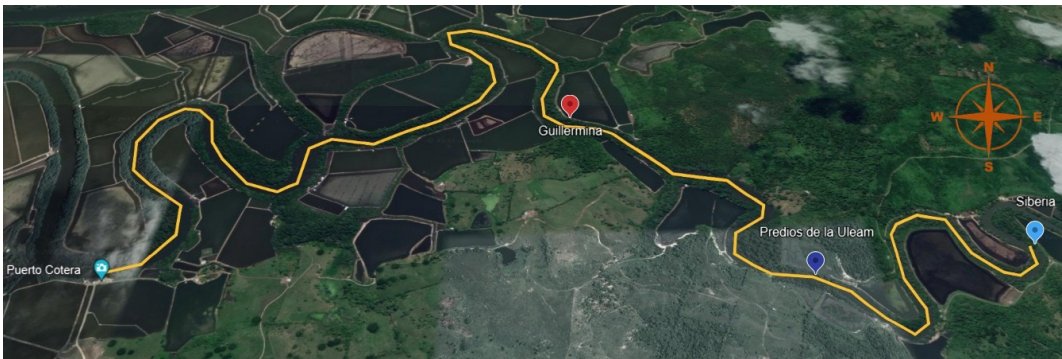


Figura 1: área de estudio en los márgenes del río Mache, Cojimies, Manabí con inclusión de Puerto Cotera y los sectores de Guillermina, Uleam y La Sibera

antrópico y de un 15% por eventos naturales. Estos resultados, estimaron la aplicación de planes de restauración y de mitigación temporales o permanentes.

Aun cuando los países con ecosistemas de manglares presentan planes de manejo y de restauración por el reconocimiento de los servicios ecosistémicos; se ha demostrado una disminución acelerada del área de cobertura de las comunidades de manglares; por lo que, se requiere de inmediato la ejecución de los programas de recuperación de poblaciones costeras y estuarinas.

Entre las experiencias de propagación se han reportado en costas del Caribe y del Pacífico colombiano con las especies *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle* y del Pacífico como *Avicennia germinans* y *Pelliciera rhizophorae*.

Los medios de propagación utilizados corresponden a la colecta de hipocótilos, propágulos y plántulas; además de estacas y acodos; incluso, en varios países con abundancia de áreas con diversidad de manglares se han utilizados como viveros naturales para la colecta de plántulas de ciertas especies (Alvarez, 2003).

La propagación vegetativa también se ha considerado para aquellas especies con capacidad de diferenciación meristemática para la obtención de individuos clonados (Carmona *et al*, 2014). El uso de viveros es una de las técnicas más utilizadas en proyectos sobre protección de reservas y sumideros de carbono en manglares (Castillo *et al.*, 2021; PNUD y Mi Ambiente. 2017) y entre las especies más utilizadas se destaca *R. mangle* por su capacidad de resistir condiciones extremas, supervivencia en vivero y disponibilidad permanente para su colecta; seguido por *Avicennia germinans*. En cuanto a *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, se han descrito mejores respuestas al trasplante de ramas defoliadas y así como también a la técnica de implantación de estacas y acodos (Pallares, 2002).

Entre las experiencias descritas sobre reforestación de mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) se ha reportado la metodología de siembra directa de plantas adultas en el sector de la finca de la Uleam del río Mache, Cojimies, Pedernales, Manabí (Madrid *et al.*, 2019) y entre los resultados obtenidos se obtuvo una supervivencia del 42% y una altura promedio de 134cm en 9 meses de siembra. Así mismo, se consideró que el método propuesto es recomendable, por su sencillez y bajo costo.

En el presente trabajo se describe una metodología de propagación relacionada con la producción de viveros temporales, a partir de semillas maduras, semillas germinadas y plántulas del mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), en tres sectores del río Mache, Cojimies de la provincia de Manabí, Ecuador; dada también que

está declarada en categoría vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-UICN) desde 2010 y por lo tanto se requiere contribuir con la reforestación en el área de estudio a fin de contribuir con la mitigación de los tensores ambientales que están ocasionando reducción de su población.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se seleccionaron tres sectores distinguidos por presencia de ejemplares de *Pelliciera rhizophorae* en las márgenes del río Mache y de acuerdo a la distancia desde Puerto Cotera (zona de embarque relativo a las actividades camaronera), se indica el sector Guillermina, Uleam (área de la Universidad) y La Siberia, con distancias de 5.2km, 6.84km y 8.61km; respectivamente (Figura 1)

Durante el periodo de estudio, entre febrero 2022 y agosto 2023 se colectaron muestras de aguas superficiales en cada orilla de los sectores e incluyendo a Puerto Cotera y mediante el uso de un equipo multiparamétrico de campo (Water quality tester) se realizaron medidas de pH, CE ($\mu\text{ms/cm}$), salinidad (%) y temperatura, tanto en marea baja como en la alta durante el desplazamiento del transporte fluvial. En las primeras visitas fueron reconocidos y seleccionados los sectores para los muestreos sobre poblaciones de mangle piñuelo.

Metodología de propagación de mangle piñuelo

Se seleccionaron los sectores de Guillermina, Uleam y La Siberia por presencia de mangle piñuelo. En estos tres sectores se identificaron y se contabilizaron ejemplares a fin de determinar la densidad poblacional de cada especie y según el área con presencia de mangle piñuelo. Los ejemplares de *Pelliciera rhizophorae* fueron numerados y etiquetados; mientras que los de mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) solo fueron censados.

Selección de sectores para colecta de semillas

La fase de estudio se realizó entre febrero 2022 y marzo 2023 para la cual, se seleccionaron tres sectores a orillas del río Mache: Guillermina, Uleam y La Siberia. En cada uno se programaron muestreos de acuerdo al área y accesibilidad. Los ejemplares de mangle piñuelo fueron numerados y etiquetados y las otras especies sólo contabilizadas.

Fase de colecta de semillas y plántulas.

Para el experimento de propagación se seleccionaron al azar semillas maduras (Figura 2), germinadas y plántulas en un 98% en La Siberia y en un 2% en Guillermina; en cuanto al lodo se realizó en un 100% en La Siberia y a un volumen suficiente para cubrir todas las bandejas donde eran insertadas la semillas maduras y germinadas; luego transferidas el material vegetal y el fango a los predios de la Extensión



Figura 2. Fruto maduro de mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) colectado en el sector Siberia, río Mache.



Figura 3: Traslado de plántulas de mangle piñuelo en condiciones de vivero hacia el sector Uleam para ser sembradas en la parcela experimental.

Pedernales-Uleam a campo abierto en condiciones *in vitro* y *ex situ*.

Fase de Vivero.

En cada bandeja con lodo y de dimensiones (10x20x30cm) se dispusieron 6 semillas entre maduras y germinadas; cada tres días se realizaban observaciones sobre desarrollo de los embriones (cotiledones, primordios foliares y pigmentación); mientras que para las plántulas se consideraba la supervivencia, talla y número de hojas. Durante esta fase se realizaban simulación de mareas mediante inundación de las bandejas. Una vez que las plántulas alcanzaban tallas entre 12-15cm se procedió a su traslado al sector Uleam del río Mache para su ubicación definitiva en el área de siembra seleccionada (Figura. 3).

Fase de siembra en el sector ULEAM del río Mache.

El método de siembra se realizó en tres etapas programadas para la expansión del área o parcela experimental; de las cuales el 85% procedían de plántulas mantenidas con la modalidad de vivero y el 15% de siembra directa de plántulas colectadas de Siberia y Guillermina (Figura. 4).

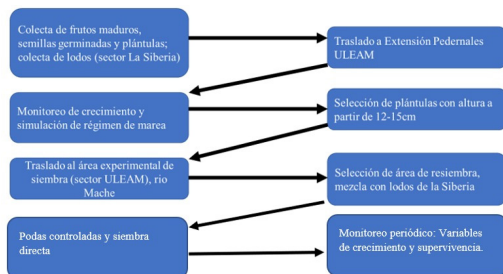


Figura 4: Fases del programa de propagación *in vitro* del mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*). Estuario río Mache-Cojimies-Pedernales.

La siembra en el sector Uleam fue progresiva en cuanto a las ampliaciones del área realizadas con eliminación de malezas, poda controlada de algunos mangles adultos y del helecho *Acrostichum aureum* (Berdiales, González y Vega, 2023). La programación de la siembra experimental se realizó en tres etapas de acuerdo a los lotes A, B y C; en estos se incluyeron las plántulas adaptadas a viveros en un 85% y 15% por siembra directa procedentes de La Siberia y de Guillermina; respectivamente.

En total, fueron plantados 122 ejemplares, de los cuales 27, 23 y 72 se ubicaron en los lotes A, B y C; respectivamente y con las dimensiones de 67,95mx6,0m, equivalentes a 407,7 m² (fig. 4). En el área de siembra se incluyen 6 plantas como ejemplo de reforestación natural y tres plántulas y un ejemplar adulto con floración y fructificación permanente en un sitio anexo a la parcela de siembra (cuadro parte superior de la figura 5).

Efecto del sombreado y de mayor exposición a la irradiación solar.

Con la finalidad de evaluar el efecto del sombreado y de iluminación en la parcela experimental de siembra de mangle piñuelo, se seleccionaron 16 ejemplares

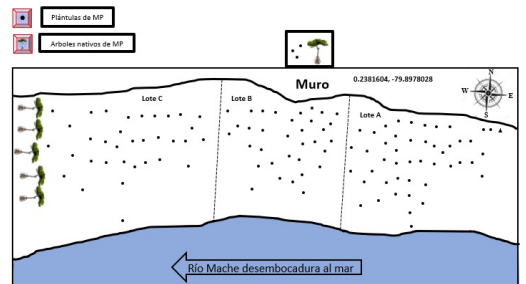


Figura 5. Croquis del área de propagación *in vitro* de mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) Sector Uleam, río Mache, Cojimies.

Tabla 1. Variables fisicoquímicas de muestras de aguas superficiales en sectores Puerto Cotera, La Guillermina, La Siberia y Uleam

Sector	pH	CE (µms/cm)	Salinidad (%)	Temperatura (°C)
Puerto Cotera	6,4±0,3	5810±32	0,28±0,2	24,5±1,4
Guillermina	6,5±0,9	245±25	0,01±0,05	26,7±0,3
Siberia	6,6±1,3	267±37	0,03±0,01	26,3±1,7
Uleam	6,1±1,5	775±87	0,05±0,02	27,8±2,2

Tabla 2: Población de mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), según area y densidad (planta/m²) en tres sectores del río Mache, Cojimies, Manabí.

Mangle Piñuelo	Población (plantas)	Área (m ²)	Densidad (plantas/m ²)
La Guillermina	52	462	0,11
La Siberia	1391	15240	0,072
Uleam	100	23200	0,004

más expuestos a la iluminación solar y 14 con una mayor área de sombreado. La medida en cada planta se realizó con una cinta métrica, considerando también la hoja apical con la mayor altura.

Resultados

De acuerdo al monitoreo de las variables de pH, CE (µms/cm), salinidad y temperatura durante el periodo de estudio y con un total de 15 muestreos, se aprecia un pH ligeramente ácido desde el sector del Puerto Cotera, hasta La Siberia, el más alejado respecto al sitio de embarque de Puerto Cotera. La CE relacionada con el contenido de sales y de compuestos generados de las descargas de efluentes de las camaronerías, sugiere la mas elevada en la sede de embarque y desembarque del Puerto Cotera de materiales, productos alimenticios y cosechas de camarones; además la diversidad de otros materiales y transporte de personas.

Estas actividades conducen a incrementar la conductividad eléctrica en las aguas del río Mache

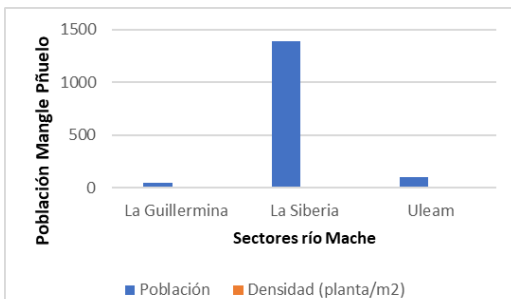


Figura 6. Población y densidad del mangle piñuelo (MP/m²) en los sectores: Uleam, Guillermina y Siberia.

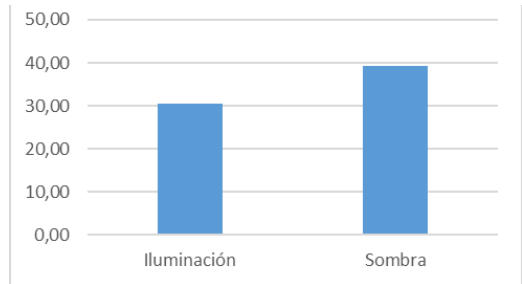


Figura 7. Efecto del área sombreada e iluminada sobre el crecimiento en mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*).

(Tabla 1). Así mismo, en La Siberia hay una tendencia al aumento; por cuanto este sector esta separado para la construcción de una canal de salida de los efluentes de una camaronería. En todos los sectores recorridos la salinidad se mantiene baja y no llega a alcanzar valores a nivel de agua salobre; sin embargo, en el sector Puerto Cotera del río Mache, por la proximidad relativa a la zona costera se mantiene un ligero aumento de la salinidad.

La densidad poblacional del mangle piñuelo en la Guillermina se realizó en una parcela al margen del río, de forma rectangular y con una superficie de 30x15 m (462m²), y se contabilizaron 51 ejemplares adultos a una densidad de 0,11 (plantas/m²) (Tabla 2) Esta área se caracterizó por mantener plantas con frutos y semillas en germinación en un 40% y 5%; respectivamente.

La mayor población de Mangle piñuelo por sectores fue observada en La Siberia con una población de 1391, equivalente a una densidad de 0,072 plantas/m² (figura 6); sin embargo, se observa una elevada velocidad de reducción del área por pérdida del suelo y de ejemplares adultos de mangle piñuelo en proceso de ser desprendidos de la orilla del río Mache. El sector Uleam seleccionado en el presente estudio estuvo ocupado por una piscina camaronería y en un área de 23200m² y en esta se establecieron diversas especies de manglares en orden descendente: *Avicennia germinans* (mangle negro)>*Rhizophora mangle* (mangle rojo)> *Laguncularia racemosa* (mangle blanco)> *Pelliciera rhizophorae* (mangle piñuelo)> *Tabebuia palustris* (barbasco). De estas especies, *Avicennia germinans* supera significativamente a las demás especies, en cambio *Tabebuia palustris* solo está representada por tres ejemplares.

Como resultado de la aplicación de la metodología de propagación en fase de vivero y de siembra directa de *Pelliciera rhizophorae* en el sector Uleam se ha mantenido una supervivencia del 95% en un área de 407,7m² y en un área de 0,32 plantas/m²; la cual representa un éxito para ser replicado en otros sectores.

Los resultados obtenidos en cuanto a la evaluación del efecto del sombreado y de la exposición a la irradiación solar sobre el crecimiento de mangle piñuelo, indicaron que las plantas bajo sombra (lote B) con ejemplares de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, presentaron una mayor altura con 39,21±13,93cm; en cambio las más expuestas al sol (lote C) alcanzaron un promedio de 30,39 ±20,36 cm (Figura 7).

Discusión

La mayor población de mangle piñuelo en cuanto a ejemplares adultos, plántulas, floración permanente, elevada producción de frutos y de semillas germinadas, se registró en La Siberia; lo que la convierte en un vivero natural como fuente de material genético para propagación en otros sectores del río Mache y así contribuir con la conservación de esta especie. De igual manera, la metodología de siembra progresiva en el lote "A", seguido del "B" y luego del "C" previa a la fase de vivero en un 90% y de siembra directa en un 15% ha sido efectiva en cuanto a la supervivencia y crecimiento.

A pesar de que, en la fase de vivero desarrollada en condiciones ambientales urbanas, ejecutada en tres etapas con sitios diferentes y expuestas a luz solar diaria; se obtuvo una supervivencia del 90% y con buen desarrollo de las plántulas en cuanto a raíz, tallo y hojas. Estos resultados, pudieran indicar una capacidad de adaptación ante estas condiciones extremas en relación a su hábitat natural bajo sombra e inundaciones naturales.

En el presente estudio, con la aplicación de la metodología de propagación producida en vivero y mediante siembra directa de *Pelliciera rhizophorae* en el sector Uleam, tomando en consideración otras condiciones diferentes a las de La Siberia y Guillermina, en relación a sombra, fango y mayor accesibilidad al régimen de mareas; se ha alcanzado una supervivencia exitosa del 95%. Es de indicar que, la mortalidad del 5%, ha estado relacionada con mordeduras de cangrejos en los cotiledones, pisadas accidentales y de plántulas colectadas de inmediato y sembradas directamente en la parcela.

Al respecto, se ha reportado también en planes de reforestación en el Pacífico colombiano con *R. Mangle*, una supervivencia del 100% para plántulas mantenidas en vivero y de un 67,36% para siembra directa en otra parcela (Álvarez-León, 2003). En otras experiencias,

también se han obtenido para *Rhizophora mangle* mejores resultados en el trasplante con plántulas provenientes de vivero, en comparación con aquellas que se obtuvieron por siembra directa de propágulos (Ulloa-Delgado, 2000).

El uso de fango también está descrito en un programa de restauración de 33 hectáreas con *Pelliciera rhizophorae* en un bosque inundable de la provincia de Chiriquí, Panamá donde utilizaron la germinación de semillas en vivero mediante la construcción de camas con inclusión de fango del sitio de colecta de las semillas y con resultados a los 35 días, con plantas de 4 hojas de promedio y buen desarrollo del sistema radicular; por lo que resaltaron la eficiencia del crecimiento de la población del mangle piñuelo bajo las condiciones establecidas en dicho estudio. Así mismo, resaltaron que "el uso del sustrato o lodo procedente del área en donde crecen los rodales de piñuelo y el agua salobre procedente de un estero, contribuyeron a la sobrevivencia de los plantones (Berdiales, Gonzalez y Vega, 2023).

Por otra parte, se tiene establecido el mangle piñuelo se mantiene "en ambientes hiposalinos o salobres saturados y mal ventilados, en suelos fangosos blandos ligeramente elevados y periódicamente inundados superficialmente durante las mareas altas" (Cornejo, 2014), información que respalda el mantenimiento de las condiciones de simulación de su hábitat natural, a la sombra, en fango y con inundaciones periódicas por el régimen de mareas en aguas no salinas.

El efecto de sombra y de la irradiación solar sobre el crecimiento de *Pelliciera rhizophorae* también fue reconocido en el presente estudio, por cuanto se determinó el mayor crecimiento en el área de la parcela sombreada por otras especies de mangles (*A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa*) y con relación al sector más expuesto a la iluminación solar. En este sentido, Dangremond *et al.*, (2015) indicaron que *Pelliciera rhizophorae*, comparada a otras especies de mangle fue la más sensible y con una mortalidad alta en condiciones combinadas de alta luz y salinidad media-alta; por lo que consideraron que esta especie es muy susceptible ante áreas abiertas expuestas al sol y a la salinidad. Entre otros de los condicionantes que favorecen el mantenimiento del mangle piñuelo se incluye sectores con abundante escorrentía de tierras altas más húmedas y de alta precipitación en pequeñas poblaciones de *P. rhizophorae* en las costas caribeñas de América Central y del Sur (Jiménez, 1984).

Con respecto a los tensores ambientales perturbadores de la estabilidad de las poblaciones de mangle piñuelo en la zona de estudio, se incluyen la apertura de canales en el río para transporte de insumos de camaronerías, deforestación no controlada (La Siberia); mientras que para el caso del sector Guillermina se han identificado arrastres de sedimentos, erosión hídrica de las orillas causando desprendimiento de especies adultas en fructificación y reducción continua del ancho de la parcela con un área rectangular actual de 750m²; sin

embargo, se mantiene una tasa de fructificación y de germinación de mangle piñuelo de un 40% y 5%; bajo esta premisa, se recomendaría que este sector, sea declarado en estado de alerta. En cambio, en el sector Uleam se aprecia mayormente la competencia interespecífica entre las siete especies de mangle presentes.

Conclusiones

Entre las estrategias utilizadas para la propagación de *Pelliciera rhizophorae* se seleccionaron todos como sustrato adicional, semillas y plántulas procedentes del sector Siberia y Guillermina durante la fase previa de vivero y de siembra directa en una parcela del margen del río Mache del sector Uleam.

Los resultados obtenidos en cuanto al mantenimiento de una supervivencia del 95%, constituyen un avance referente a la integración de factores ambientales que permiten el acondicionamiento de espacios accesibles a áreas sombreadas, poda controlada e inundación moderada con aguas hiposalinas durante las mareas para el desarrollo satisfactorio del mangle piñuelo.

Recomendaciones

Aplicar la metodología aquí propuesta de propagación de mangle piñuelo *Pelliciera rhizophorae* en otros sectores del río Mache, con la finalidad de repoblar las márgenes y como parte de un plan de conservación de esta especie que es menos común.

Estudiar el desempeño de *Pelliciera rhizophorae* en la captura y almacenamiento del CO₂.

Mantener monitoreo para análisis de parámetros fisicoquímicos en suelos, agua y hojas a fin de relacionarlos con los índices de crecimiento y supervivencia de Mangle Piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) en los sectores de estudio.

Realizar un mapeo de las poblaciones de las especies de mangles del río Mache y del Cojimíes, con la finalidad de garantizar el inicio de un plan de manejo integral y sustentable del ecosistema y así como también, lograr estrategias que permitan reducir el impacto de diversos factores ambientales sobre las poblaciones de *Pelliciera rhizophorae* en especial en todos los sectores donde se han observado poblaciones de este mangle.

Implementación de talleres participativos y acciones de difusión y educación ambiental entre los pobladores, unidades educativas y representantes gubernamentales y de las empresas acuícolas, para el cuidado y protección de los manglares.

Referencias

Agudelo, C., Bolívar, J., Polanía, J., Urrego, L., Yepes, A. y Sierra, A. 2015. Estructura y composición florística de los

manglares de la bahía de Cispatá, Caribe colombiano. Revista de Biología Tropical, 63 (4): 1137-1147. <https://www.scielo.sa.cr/scielo/pid=50034-774420>.

Álvarez-León R. 2003. Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias. Madera y Bosques, 9 (001): 3-25. https://www.redalyc.org/Resumen_61790101

Autoridad Nacional del Ambiente y Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá ANAM- [ARAP]. 2013. Manglares de Panamá: importancia, mejores prácticas y regulaciones vigentes. Panamá: Editora Novo Art, S.A., XX pp. ISBN 978-9962-651-86-4.

Barrantes Leiva R. y Cerdas Salas A. 2015. Distribución espacial de las especies de mangle y su asociación con los tipos de sedimentos del sustrato, en el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica. Rev. Biol. Trop, 63 (Suppl. 1): 47-60. ISSN-0034-7744).

Benjamín Castillo E., Gervacio Jiménez H. y Vences Martínez J. 2021. Propagación vegetativa del mangle (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn.) bajo condiciones de vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 12 (67): 168-184.

Berdiales J., González C. y Vega A. 2023. Restauración con mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) de áreas alteradas en el bosque inundable de manglar en una región del pacífico. Tecnociencia, 25 (1): 106-120.

Blanco-Libreros, J., Estrada-Urrea, E., Pérez-Montalvo, R., Taborda-Marín, A., Álvarez-León, R. 2015. Influencia antrópica en el paisaje de las poblaciones de *Pelliciera rhizophorae* (Ericales: Tetrameristaceae) más sureñas del Caribe (Turbo, Colombia). Revista de Biología Tropical, 64 (1): 79-94.

Carvajal R. y X. Santillán. 2019. Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Conservación Internacional Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Proyecto Conservación de Manglar en el Pacífico Este Tropical. Guayaquil, Ecuador.

Castillo-Cárdenas, M. F., & Toro-Perea, N. 2012. Low genetic diversity within Caribbean patches of *Pelliciera rhizophorae*, a Neotropical mangrove species with reduced distribution. Aquatic Botany, 96(1), 48-51.

CPPS/UNESCO/CI/Hivos. 2016. Plan de acción regional para la conservación de los manglares en el Pacífico Sudeste. CPPS, UNESCO, Conservación Internacional e Hivos. Guayaquil., Ecuador.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. 2018. Los manglares: Conocimiento e importancia. <http://www.conabio.gob.mx/manglares/doctos>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2020. Manglares de México: soluciones naturales al cambio climático. México. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/manglares-d>.

Cornejo, Xavier (ed). 2014. Plants of the south american pacific Mangrove swamps. Publicaciones del Herbario guay, Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Cornejo, X. 2014. Árboles y arbustos de los Manglares del Ecuador. MAE (Ministerio Del Ambiente Del Ecuador); FAO 48. <http://www.flacoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>

Cornejo, X. y C. Bonifaz. 2020. *Pelliciera benthamii* (Tetrameristaceae): a new status and lectotypification of an overlooked neotropical mangrove. *Harvard Papers in Botany* 25: 47-49.

Cruz-Portorreal Y, y Pérez-Montero O. 2017. Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. Madera y Bosques, 23(1): 23-37.

Dahdouh-Guebas F. (Ed.) 2022. World Mangroves database. *Pelliciera rhizophorae* Planch. & Triana. Accessed through:

- World Register of Marine Species at: https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=tax_details&id=344746
- Dangermond, E. M. y Feller, I. 2014. Functional traits and nutrient limitation in the rare mangrove *Pelliciera rhizophorae*. *Aquatic Botany*, 116: 1-7.
- Donato, D., Kauffman B., Murdiyardo D., Kurnianto S., Stidham M. y Kanninen M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*. Vol.4. No. 5. pp: 293-297.
- Duke NC. 2020. A Systematic revision of the vulnerable mangrove genus *Pelliciera* (Tetrameristaceae) in equatorial America. *Blumea* 65 (2): 107-120. <https://doi.org/10.3767/blumea.2020.65.02.04>.
- Ellison, A., Farnsworth, E. y Moore, G. 2010. *Pelliciera rhizophorae*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178833A7621318.en>
- Grellet V. 1995. Estructura y composición florística de rodales con *Pelliciera rhizophorae* del manglar del estero Guarumal, Sierpe, Costa Rica. Tesis de Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. Costa Rica.
- Guzmán, J., Menéndez L., Suarez R., y Rodríguez L. 2011. Estado actual de los humedales costeros en la provincia La Habana, Cuba. 125-134.
- Hernández-Blanco M., Costanza R. y Cifuentes-Jara, M. 2018. Valoración económica de los servicios ecosistémicos provistos por los manglares del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Conservación Internacional*. <https://www.researchgate.net/publication/318337777>.
- Hernández-Carmona, Gustavo Carmona-Díaz, G. y García-Ordu F. 2014. Potencial vegetativo de las especies de mangle para programas de propagación. *Revista Científica Biológico-Agropecuaria Tuxpan*, 2(4): 866-874.
- Jimenez, J. A. 1984. A Hypothesis to Explain the Reduced Distribution of the Mangrove *Pelliciera rhizophorae* Tr. & Pl. *Biotropica*, 16(4): 304-308. doi: 10.2307/2387939
- Madrid L., Zambrano D. y Barcia E. 2019. Restauración poblacional del mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) en el río Mache. Primer Congreso Manglares de América. Universidad Espíritu Santo. Samborondón. Ecuador. 230-239. Mangroves. http://www.mangrove.at/pelliciera-rhizophorae_tea-mangrove.html
- Miryeganeh M 2022 Mangrove Forests: Natural Laboratories for Studying Epigenetic and Climate Changes. *Front. Plant Sci.* 13:851518. doi: 10.3389/fpls.2022.851518
- Morocho, R. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2019. Módulo I Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia del Manglar (AUSCM), plan de manejo e informes semestrales. 76p.
- Ortiz Reyes, A., Robles López K., Urrego Giraldo L. y Romero Tavares M. 2018. Diversidad e interacciones biológicas en el ecosistema de manglar. *Revista de Ciencias*, 22 (2): 11-127.
- Parejo-Farnés, C., Aparicio, A., Albaladejo, R. 2019. Una aproximación a la ecología epigenética en plantas. *Ecosistemas* 28(1): 69-74. Doi.: 10.7818/ECOS.1605
- Perea Ardila, M., Murillo Sandoval, P. 2022. La ganancia de manglar y sus implicaciones en el reservorio de Carbono del Parque Nacional Natural Sanquianga en Colombia. *Ecosistemas* 31(3): 2386. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2386>
- PNUD y MIAMBIENTE. 2017. Guía de Buenas Prácticas para la Restauración de Áreas degradadas de Manglar. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá. PNUD, Ciudad del Saber, Panamá. 64p.
- Prahl, H. 1987. Notas sobre la historia natural del mangle piñuelo *Pelliciera rhizophorae* (Theaceae) *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 64 (1): 79-94, March 2016 93 en el Pacífico colombiano. *Actualidades Biológicas*, 15, 117-122.
- Quevedo O., Sierra W., Manzano P. y Barragán. A. 2017. Cuantificación de proteínas y clorofila como indicadores de polución en *Rhizophora harrisonii* en el Puerto de Guayaquil. *Conference Proceedings*. 1(1). ISSN 2588-056X. <http://investigation.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach>.
- Ramos Castañeda Y., Galván Ayala D., Leanis Pitre Ruiz L. 2016. Carbono biomásico en suelos de manglar en el delta del río ranchería-brazo el rito, la Guajira, Colombia. *Rev. Asoc. Col. Cienc.* (Col.); 28: 77-83.
- Rodríguez-Rodríguez, J., Mancera-Pineda, J. y Rodríguez, J. 2016. Validation and application of an individual based restoration model for tree mangrove species in Ciénega Grande de Santa Marta. *Caldasia*. 38: 285-299.
- Samper-Villarreal, J., Silva-Benavides, A. 2015. Complejidad estructural de los manglares de Playa Blanca, Escondido y Rincón de Osa, Golfo Dulce, Costa. *Rica Revista de Biología Tropical*, 63(1): 199-208.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales- UICN. 2021. Manual para la creación de proyectos de carbono azul en Europa y en el Mediterráneo. Otero Héctor Tavera Escobar, M. (Ed). 144 páginas.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Protección, conservación y gestión de los manglares. 2018. <https://portals.iucn.org/efiles/documents>. <http://www.iucn.org/>
- Tavera, E. 2010. Hacia el plan general de manejo integral de los manglares en el departamento de Nariño, Colombia. ISBN: 978-958-8353-19-7.
- Torres V., Infante D., Sánchez A., Espinoza-Tenorio A. y Barba E. 2017. Atributos estructurales, productividad (hojarasca) y fenología del manglar en la Laguna Mecoacán, Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.*, 65 (4): 1592-1608. ISSN-0034-7744.
- Vanegas, L. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 "Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras". CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. Recuperado de https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=160946
- Vargas-Fonseca E. 2014. Capacidad de regeneración natural del bosque de manglar del Estero Tortuga, Osa, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 63 (1): 209-218.
- Yáñez-Arancibia, A., Twilley, R., Lara Domínguez, A. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*. 4 (2): 3-19.
- Yáñez-Arancibia, Alejandro., Day, J., Twilley, R., Day, Richard, H. 2014. Manglares: Ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y Bosques*. 20: 39-75.
- Lira-Medeiros C., Parisod C, Fernandes R., Mata C., Cardoso M., Ferreira P. 2010 Epigenetic Variation in Mangrove Plants Occurring in Contrasting Natural Environment. *PLoS ONE* 5(4): e10326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010326>
- Ulloa-Delgado, G., Sánchez-Páez H. Gil-Torres W., Pino-Rengifo J., Rodríguez-Cruz H. y Álvarez-León R. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61790101.pdf>

Potencial del gavilán caracolero como controlador biológico del caracol manzana en cultivos de arroz

The potential of the snail hawk as a biological controller of the apple snail in rice crops

María Fernanda Pincay Cantos¹, María Virginia Moreira Macías¹,
Yomali Melissa Andrade Macías¹

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, campus
politécnico El Limón, Calceta, Ecuador

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Resumen

Hay muchas formas de controlar los caracoles manzana, lo que resalta el importante papel del Gavilán caracolero en el mantenimiento de los ecosistemas como depredador natural, ya que el 95% de la dieta del ave consiste en caracoles de agua dulce del género Pomacea. El objetivo principal de este estudio fue determinar el potencial del gavilán (*Rostrhamus sociabilis*) como agente de control biológico del caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) en cultivos de arroz en Luhr-Port Manavi. Este estudio utiliza el método analítico, el método inductivo y el método de encuesta de campo y consta de tres etapas y métodos: encuesta y observación. En una primera etapa se utilizó diagnóstico situacional para analizar el proceso de producción de arroz en las 25 parcelas identificadas. En la segunda fase se determinó el comportamiento de alimentación del gavilán caracolero. Con dos ejemplares, hembras y machos, se registraron 53 y 59 ciclos de alimentación, respectivamente, como referencia. Estos ciclos constaban de cuatro categorías: búsqueda de alimento, procesamiento de presas en vuelo, procesamiento de presas en reposo y búsqueda de la siguiente comida. Finalmente, se determinó el potencial del ave de estudio como agente de biocontrol mediante el monitoreo de su alimentación, arrojando resultados una densidad de consumo de 184 caracoles/semana*ha y un potencial 88.04% por encima del potencial de Álamos. 11,96%), lo que indica que el caracol gavilán tiene un gran potencial como control biológico del caracol manzana.

Palabras clave: Arroz, alimento, ave, plagas.

Abstract

There are many ways to control apple slugs, which highlights the important role of the Snail Sparrowhawk in maintaining ecosystems as a natural predator, since 95% of the bird's diet consists of freshwater snails of the genus Pomacea. The main objective of this study was to determine the potential of the sparrowhawk (*Rostrhamus sociabilis*) as a biological control agent of the apple slug (*Pomacea canaliculata*) in rice crops in Luhr-Port Manavi. This study uses the analytical method, the inductive method and the field survey method and consists of three stages and methods: survey and observation. In the first stage, situational diagnosis was used to analyze the rice production process in the 25 identified plots. In the second stage, the feeding behavior of the slug eagle was determined. With two specimens, females and males, 53 and 59 feeding cycles were recorded, respectively, as a reference. These cycles consisted of four categories: foraging, processing prey in flight, processing prey at rest and searching for the next meal. Finally, the potential of the study bird as a biocontrol agent was determined by monitoring its feeding, yielding results of a consumption density of 184 snails/week*ha and a potential 88.04% above the potential of Alamos. 11.96%), which indicates that the hawkbill snail has a great potential as a biological control of the apple snail.

Keywords: Rice, food, poultry, pests

* Correspondencia del autor:

E-mail: maria.pincay@espa.edu.ec



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

Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el cultivo alimentario más importante, consumido por aproximadamente el 50% de la población mundial, y su consumo crece espectacularmente en muchas partes del mundo (Liu et al., 2021). La producción estable de arroz está limitada por diferentes estreses bióticos como el cambio climático y plagas como el *P. canaliculata* (Velásquez y Díaz, 2016).

Pomacea (Caenogastropoda: Ampullariidae), comúnmente conocidos como caracoles manzana, son un género de caracoles de agua dulce nativos de América del Sur, Central y del Norte (Hayes et al., 2012). A diferencia de la mayoría de los gasterópodos acuáticos, las especies de Pomacea ponen masas de huevos calcáreos y de colores llamativos por encima de la línea de flotación (Giglio et al., 2018).

Estos caracoles manzana invasores se han convertido en graves plagas agrícolas y ecológicas, dañando gravemente las plántulas de arroz y los vegetales acuáticos y semiacuáticos y amenazando la biodiversidad de los humedales naturales debido a su voraz apetito por la vegetación y su amplio espectro alimentario (Qiu et al. 2011; Wu et al. 2011; Yang y Yu, 2019).

Atacan en la primera fase del crecimiento, ponen en riesgo la rentabilidad y tienen un impacto directo en los costes de producción. Las plántulas son susceptibles a la infestación de babosas 15 días después del trasplante.

Ecuador es uno de los países productores de arroz más importantes de América Latina, hay un total de alrededor de 343.061 hectáreas de cultivos de arroz (Sistema de información pública agropecuaria [SIPA], 2023); De ellas, 200.000 hectáreas se ven afectados por la presencia del caracol manzana (Proaño y Vera, 2017).

Pillaloo et al. (2016) sugirieron que existen varias alternativas, incluido el control biológico que utiliza organismos vivos para reducir las poblaciones de plagas. En este sentido, existen depredadores de esta especie, el más común de los cuales es el azor (*Rostrhamus sociabilis*), el cual es considerado un ave rapaz del género *Rostrhamus* de la familia Accipitridae, de la cual deriva de la raíz griega *Rostrhamus*: L. kancele = pico; hamus = sociabilis gancho: L. sociabilis, socius = social (Begazo, 2021). Su área de distribución incluye partes de México, Centroamérica, Sudamérica, Cuba y Florida (Anchundia y Jaramillo, 2021).

Dado que la presencia de este depredador es importante en los cultivos de arroz, el control rutinario con moluscicidas apunta a su presencia para resaltar el potencial de *Rostrhamus sociabilis* en el control biológico del caracol manzana (*Pomacea canaliculata*).

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la sección Puerto - Loor, ubicada a la llegada de Rocafuerte Cantón Rocafuerte, aproximadamente 1 55 '6" de latitud y 80° '10" (figura 1) Longitud con un tiempo de ejecución de un año.

Análisis del proceso productivo del arroz

Para analizar el proceso de producción de los cultivos de arroz, se visitó el área de estudio, a fin de confirmar el número de áreas cultivadas, determinando 25 fabricantes, de los cuales se recibió información sobre el proceso de producción de arroz que ejecutaban.

Comportamiento de forrajeo del Gavilán caracolero

La población de gavilanes se cuantificó a través de la metodología de cálculo. El recuento se realizó por la mañana y la noche, de 09:30 a 02:00. Suárez et al. (2017). La recopilación de datos, de las especies de aves más grandes sirvió para el conteo en el área de estudio y luego calcular el índice de la diversidad de poblaciones de aves.

Para caracterizar el comportamiento de búsqueda de alimento, se observaron dos individuos de *Rostrhamus sociabilis* utilizando un método de muestreo focal. El seguimiento se realizó desde el momento en que el ave inició la búsqueda de alimento hasta el consumo final de la presa, determinando el forrajeo, la captura, el manejo de la presa en vuelo, el consumo total de caracoles y el tiempo en búsqueda de la siguiente comida. El monitoreo se dividió en dos fases de tres horas cada una, de 8:00 a. m. a 11:00 a. m. y de 2:00 p. m. a 5:00 p. m., utilizando períodos de observación de 15 minutos intercalados con descansos de 15 minutos (Cáceres, 2014).

El tiempo empleado en el comportamiento alimentario de cada ave en cada categoría entre sexos se analizó mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, que es útil cuando se tienen dos muestras independientes y se quiere saber si existen diferencias (Dietrichson, 2019).

Potencial del gavilán caracolero como controlador biológico del caracol manzana

Las áreas utilizadas por el ave para el monitoreo posterior de su dieta se identificaron calculando el número de conchas encontradas al final del día en cada una de las perchas. Este procedimiento se llevó a cabo de lunes a viernes de 17:00 a 18:00 durante cuatro semanas, tiempo en que el caracol ataca la cosecha después del trasplante (Vargas et al. 2018).

Mediante fórmulas sencillas se calculó la cantidad de caracoles consumidos durante todo el tiempo de monitoreo proyectándolo a un año (ecuación 1) y su consumo por ciclo de vida del ave (ecuación 2), además de calcular la densidad de consumo por área (ecuación 3) y luego representarlo en porcentaje (ecuación 4).

$$\text{Consumo anual} = \text{consumo diario} \cdot 365 \quad [1]$$

$$\text{Con. ciclo devida} = \text{Con. anual} \cdot \text{años de vida del ave} \quad [2]$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de caracoles consumidos}}{\text{semanas de muestreo} \cdot \text{Área de muestreo}} \quad [3]$$

$$\% = \frac{\text{Total de caracoles consumidos por cada especie}}{\text{Total de caracoles consumidos por las sp}} \cdot 100 \quad [4]$$

Resultados y discusión

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Rocafuerte (2016), la zona de Puerto Loor forma parte de una industria que promueve la producción de arroz debido a que su ubicación geográfica se beneficia con la presencia del río, de hecho, Como se muestra en la figura 1, en el territorio de Puerto Loor se identificaron 25 parcelas destinadas al cultivo de arroz.

Los datos de la encuesta muestran que el 100% de los agricultores de arroz utilizan el método de trasplante debido a las ventajas de los canales de riego. Tras inundar la parcela se trasplanta unos 25 días después. Este es un método eficaz porque previene el crecimiento de malas hierbas, mayor rendimiento coincidiendo con Ochoa (2012) quien mostró mayor desarrollo de la planta y carga de grano por mazorca con el trasplante.

El 88% de los agricultores realizó el proceso de producción durante cuatro meses, mientras que el 12% dijo que tomó cinco meses o más, la mayoría mencionó que siembran en dos temporadas, algunos también mencionaron que parte de la ciudad es baja y es propensa a inundaciones, lo que hace imposible cultivar durante todo el año.

El proceso productivo del arroz en el área de estudio es 100% tradicional (figura 2). Dato que concuerda con Pallares (2019) quien describe este mismo proceso incluyendo la selección de semilla antes de establecer el semillero.

Uno de los principales problemas para los agricultores es la presencia del caracol manzana, el 96% afirma que la producción de arroz se ha visto afectada por este, aseverando que este problema está presente desde años, mientras que el 4% restante mencionó tener problemas con otras plagas. En un estudio realizado por Menéndez (2018) en el sector La Virginia del Cantón Babahoyo el 82,22% de los productores han presentado el mismo problema. Iglesias y Castro, 2018, indican que la principal plaga del sector arrocero bajo riego en Ecuador es el caracol manzana (Figura 3)

El 72% de los agricultores indicó que los daños a la producción causados por esta plaga son muy graves

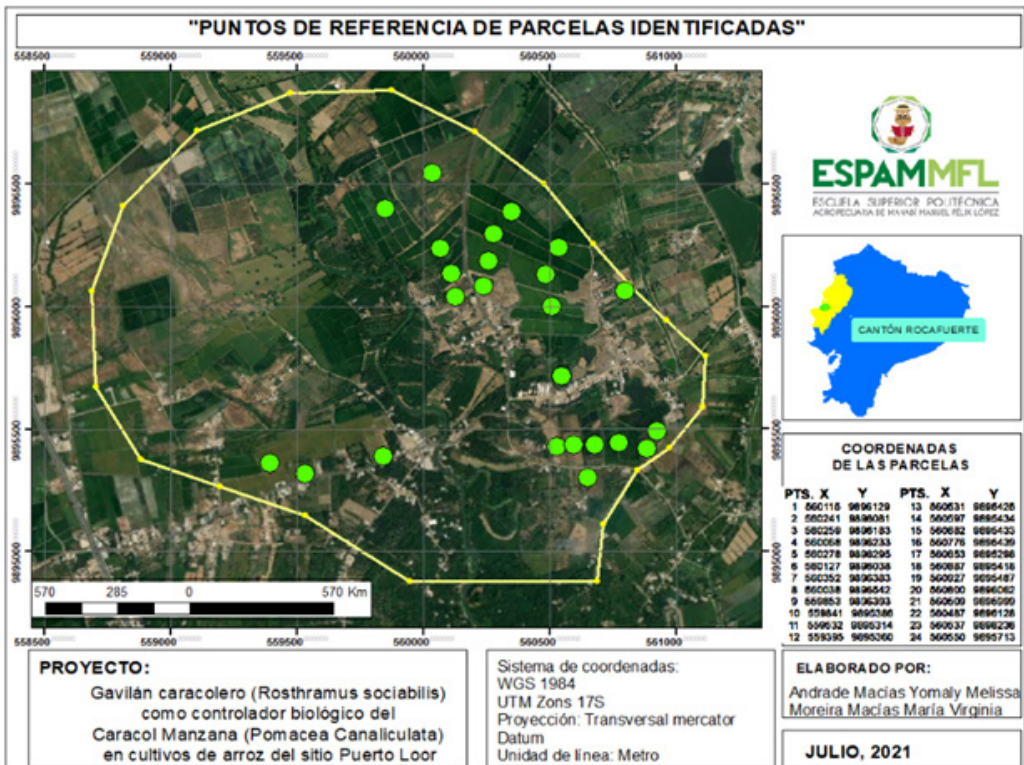


Figura 1. Puntos de muestreo en el Sitio Puerto Loor.

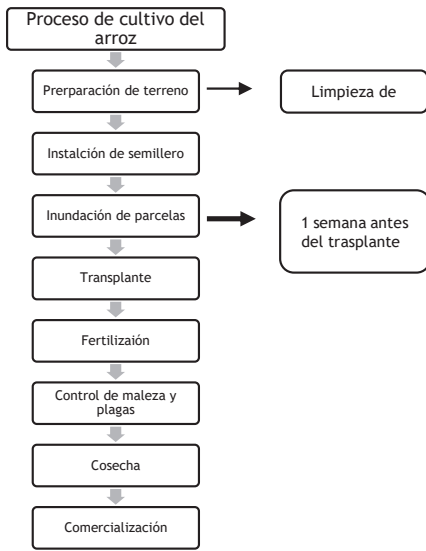


Figura 2. Proceso de cultivo de arroz

ya que los caracoles se multiplican rápidamente y atacan colectivamente. Sotomayor y Villavicencio (2016) resaltaron que en el mismo año el 82% de los productores de la parroquia Yaguachi-Guayas manifestaron tener problemas económicos por el caracol manzana. Se puede observar que el 88% de los agricultores utilizan productos químicos para el control de plagas, que es la forma más rápida de eliminar el impacto de la producción. Según Guzmán (2018) es imposible eliminar el caracol manzana, pero se han establecido muchas estrategias para lograr su control, entre las que destaca el control químico que ha demostrado ser la forma más rápida de controlar la plaga.

Aunque más de la mitad de los agricultores mencionaron que desconocen qué aporte podría hacer el gavilán caracolero, la mayoría admitió que podrían considerarla como un agente de control biológico porque están conscientes de que los pesticidas pueden ser perjudiciales para el control de los caracoles.

Las especies identificadas en el área de estudio fueron siete especies de aves, entre ellas cinco fueron de aves acuáticas voladoras (*Ardea alba*, *Ardea herodias*, *Aramus guarauna*, *Himantopus mexicanus*, *Dendrocygna autumnalis*) y dos de aves rapaces



Figura 4. Estrategia de caza. A) gavilán caracolero, B) caza desde la percha, C) caza desde el vuelo



Figura 3. Puesta de huevos en las plántulas de arroz y presencia de hojas amarillas.

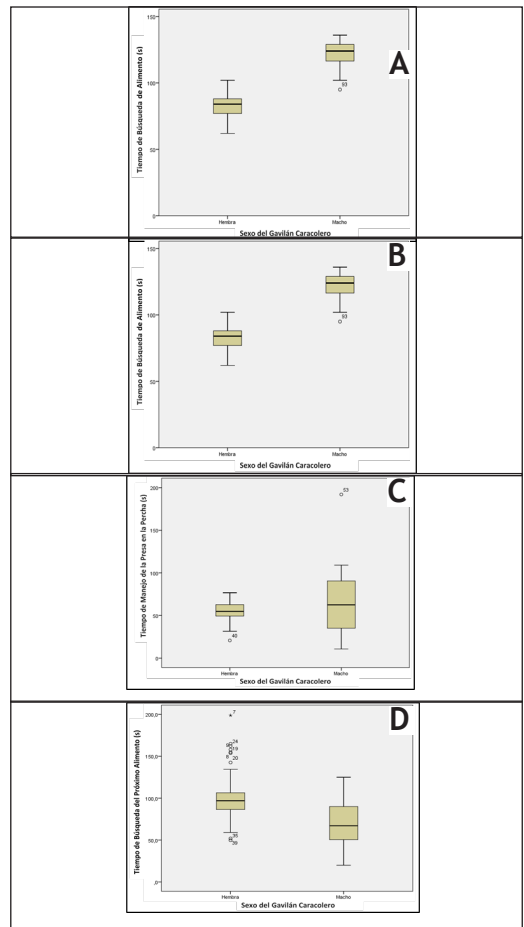


Figura 5. Tiempos invertidos por el Gavilán caracolero en su comportamiento de forrajeo, cada imagen muestra los tiempos para cada categoría de cualquiera de las estrategias de caza: A) Tiempo de búsqueda de alimento, B) Tiempo de manejo de la presa en vuelo, C) Tiempo de manejo de la presa en la percha, D) Tiempo de búsqueda del próximo alimento.

(*Rostrhamus sociabilis* y *Buteogallus meridionalis*), al calcular el índice de Shannon - Weaver dio un valor de 1,67 teniendo una diversidad media coincidiendo con lo expuesto por Carrión (2019).

El gavilán caracolero es la tercera especie menos abundante debido a la presencia de varios productos químicos actuales contra los caracoles y, por tanto, son el alimento más importante esta especie. Además, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020), las poblaciones de *R. sociabilis* en Ecuador se han visto afectadas debido al consumo de caracoles contaminados con pesticidas utilizados para el control de plagas.

El gavilán caracolero comienza su ciclo de búsqueda de alimento muy temprano utilizando dos estrategias de caza, a saber. comienza a visualizar presas desde su posición y realiza vuelos cortos sobre cuerpos de agua (en este caso sobre arrozales). Después de este proceso, el ave vuela hasta la percha más cercana para alimentarse y luego inicia una nueva búsqueda. El hábitat de esta ave se compone de cercas que separan terrenos, árboles, plantaciones de plátano, cocoteros e incluso en grandes rocas, ratificando lo mencionado por Chinchilla y Barias (2018).

Durante el período de monitoreo se registraron un total de 53 ciclos de alimentación para hembras y 59 ciclos para machos, comparando el tiempo de permanencia de cada ave en cada categoría ofrecida. Como se muestra en la Figura 4, las hembras pasan menos tiempo buscando comida que los machos (hembras: valor máximo 102 segundos, media $\bar{x}=82,47$ segundos, machos: valor máximo 136 segundos, $\bar{x}=122,53$), y el valor de significancia es 0,000, lo que indica que hay una diferencia significativa en el tiempo invertido entre los sexos. La misma situación se puede observar en el estudio de Chinchilla y Barias (2018), donde las mujeres utilizaron un máximo de 483 s, $\bar{x}=166,49$ s, y los hombres un máximo de 727 s, $\bar{x}=137,39$.

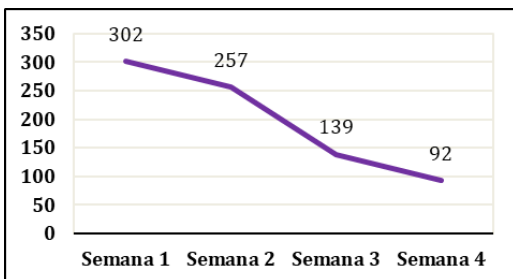
En la categoría de manipulación de presas durante el vuelo (figura. 5), las hembras pasan más tiempo que los machos (hembras: máx. 12 s, promedio $\bar{x}=4,45$ s, machos: máx. 8 s, $\bar{x}=3,09$ s) según lo indicado anteriormente. Los resultados fueron consistentes: las mujeres promediaron $\bar{x}=45,01$ segundos y los hombres promediaron 0,068, lo que significa que no hubo diferencias significativas entre los sexos en el

tiempo empleado. En la categoría de procesamiento de presas en percha, los machos pasaron más tiempo procesando caracoles para alimentarlos en ambos estudios, con tiempos registrados que oscilaron entre un mínimo de 11 segundos y un máximo de 192 segundos (estudio actual) y 3 segundos. En el estudio de Chinchilla y Barias (2018), los hombres registraron 195 s y las mujeres de 21 a 77 s (el estudio actual) y de 53 a 175 s en el estudio original. Finalmente, en ambos estudios, las hembras dedicaron más tiempo que los machos a buscar el próximo alimento.

De acuerdo con Correa y García (2018), se observó que *R. sociabilis* no tiene un hábitat de alimentación fijo, es decir, se alimenta de ramas, plantas verdes, cocos o troncos secos luego de capturar a sus presas, por lo que no existe una definición. Sin embargo, el número exacto de hábitats totales se puede determinar y georreferenciar a cinco sitios donde las aves estudiadas son más comunes. Al ser el único individuo de la especie en la parcela elegida, es más fácil monitorear y concluir que los hábitats identificados pertenecen a una sola ave. Durante el día, se observó regularmente a *R. sociabilis* alrededor de los campos para garantizar que estuviera usando el mismo hábitat identificado originalmente, y también se registraron datos si usaba otros sitios para alimentarse. En este sentido, durante el mes se registraron un total de 790 caracoles; A partir de estos datos se calculó un valor promedio, es decir, se consumieron 39 caracoles por persona al día, por lo que este valor está dentro de la cantidad óptima para una dieta adulta.

En la figura 6 se evidencia la tendencia del consumo de caracoles en cada semana, la línea empieza a caer con el pasar de los días debido a que a medida que el arroz crece, se vuelven un obstáculo para el ave para lograr visualizar a su presa, además, como lo menciona Vargas (2018) el *P. canaliculata* encuentra más susceptibles las plántulas con una edad de 25 días en piscinas que contengan láminas de agua óptimas para su desarrollo, en efecto la presencia de esta especie también empieza a reducirse. Ramírez et al. (2017) también manifiesta que el agua con altos nutrientes de la contaminación agrícola también hace que sea difícil para las *R. sociabilis* encontrar caracoles. Los altos niveles de fósforo favorecen el crecimiento masivo de plantas flotantes exóticas, como la lechuga de agua y el Jacinto de agua, pasto, etc. Considerando que la mayoría de los productores siembran dos veces al año, el consumo diario de caracoles se estima en 14.235 caracoles por año, y esto se calcula en 14 años (vida de Gavilán) de cosecha de arroz, totalizando 14.235 caracoles. En 2018 se capturaron 199.290 caracoles, lo que significa que grandes poblaciones de esta especie podrían proporcionar un consumo más rentable de estos cultivos, considerando el consumo de uno o una pareja durante la temporada de anidación. Ramírez et al. (2017) aseguran que esta ave es considerada un potencial regulador de plagas como *P. canaliculata*, ya que sus hábitos alimentarios son completamente dependientes de esta especie, manteniendo una estrecha relación con los sistemas

Figura 6. Ingesta de Caracoles por semana



de agua dulce. Sin embargo, según las especificaciones de Chinchilla y Barias (2018) existe otra ave que puede considerarse reguladora de la población de caracoles en el género Pomacea, en este caso es el Carrao (*A. guarauna*), ave casi conocida como los Locos Su dieta proviene únicamente de caracoles manzana, pero también incluye pequeñas ranas, ostras de agua dulce, camarones, gusanos y algunos insectos. Según Chinchilla y Barias (2018), *A. guarauna* consume 25 caracoles por semana*ha con un potencial de consumo del 11,96%, mientras que *R. sociabilis* alcanzó un total de 184 caracoles/semana*ha, lo que da un potencial de 88,04%. Considerando estos resultados, queda claro que el caracol gavián puede ser considerado como un control biológico del caracol manzana porque supera el potencial alcanzado por el callao. Sin embargo, esta realidad puede ser otra, pues el número de flamencos en los arrozales ha disminuido, lo que se ha atribuido a la contaminación agrícola; Los productores utilizan grandes cantidades de pesticidas que envenenan a las aves hasta la muerte. De hecho, un estudio de Ramírez et al. (2017) demostraron la ausencia de águilas en la primera fase del programa, donde el área de estudio estaba fuertemente contaminada con los pesticidas utilizados, pero en la segunda fase del estudio se evitó el uso de dichos tóxicos agrícolas y se eliminaron los comederos. en presencia de decenas de aves en toda la zona de estudio.

Conclusión

Los ejemplares observados (hembras y machos) exhibieron dos estrategias de caza, sentada y volando, divididas en cuatro categorías; las hembras dedicaban menos tiempo a buscar comida que los machos; manejo de presas en vuelo y manejo de presas. Mostraron un ritmo similar al perseguir a sus presas; las hembras pasaron más tiempo que los machos regresando en busca de la siguiente comida. Montar, alimentar.

El Gavián caracolero logró una densidad de consumo de 184 caracoles/semana*ha y un potencial de 88,04% dato que supera el potencial logrado por el Carrao (11,96%), en efecto, a pesar que el Gavián caracolero no es el único que se alimenta del Caracol manzana, queda demostrado que tiene buen potencial como controlador biológico de este molusco.

Recomendaciones

Educar a los productores para reducir el uso indebido de pesticidas y considerar el manejo de agentes de control biológico como una alternativa.

Referencias bibliográficas

Anchundia, E. y Jaramillo, J. (2021). Hábitat potencial del gavián caracolero (*Rostrhamus sociabilis*), en la cuenca baja del río Portoviejo. Polo Del Conocimiento, 6(57). 592-608 <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/2588/5408>

Begazo, A. (2021). Gavián caracolero (*Rostrhamus*

sociabilis). CORBIDI, Lima, Perú. <https://www.peruaves.org/accipitridae/>

Cáceres, M. (sin fecha). Comportamiento de forrajeo y uso del hábitat del Gavián caracolero (*Rostrhamus sociabilis*, Palo Verde, Costa Rica. [Tesis de posgrado, Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre]. https://www.academia.edu/7985673/Comportamiento_de_forrajeo_y_uso_d_el_h%C3%A1bitat_del_gavi%C3%A1n_caracolero_Ros

Carrión, F. (2019). Asociación de la comunidad de anuros en tres niveles de conservación de la reserva privada "El Madrigal" en la Región Sur del Ecuador. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22553/1/Carri%C3%B3n%20Agila%20Felipe%20Santiago.pdf>

Chinchilla, A. y Barias, I. (2018). Hábitos Alimentarios Del "Gavián Caracolero" *Rostrhamus Sociabilis Major* (Nelson y Goldman 1933) en dos Humedales del Complejo Güija, Santa Ana, El Salvador. [Tesis de grado, Universidad De El Salvador]. <https://docplayer.es/135179800-Universidad-de-el-salvador-facultad-de-ciencias-naturales-y-matematica-escuela-de-biologia.html>

Correa, J. y García, L. (2018). Distribución y abundancia del gavián caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) y la correa (*Aramus guarauna*), y su interacción con la chivita (*Pomacea flagellata*) en la Laguna de Bacalar, Quintana Roo, México. Huitzil, 20(1). 55. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/756/75661099004/75661099004.pdf>

Dietrichson, A. (2019). Métodos Cuantitativos. <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/>

Figuroa, R. (2016). Evaluación de tres insecticidas para el control del caracol. (*Pomacea canaliculata*. Lamarck) En El Cultivo De Arroz. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13759/1/Figuroa%20Aspiazu%20Rolando%20Rafael.pdf>

Giglio M, Garro C, Caviedes-Vidal E, Heras H. Egg perivitelline fluid of the invasive snail *Pomacea canaliculata* affects mice gastrointestinal function and morphology. PeerJ. 2018 Oct 29;6:e5314. doi: 10.7717/peerj.5314. PMID: 30397537; PMCID: PMC6211264.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rocafuerte. (2016). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. http://app.sni.gob.ec/sin-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/086002841000_1_Diagnostico_Rocafuerte_Final_Def_29-10-2015_19-04-14.pdf

Guzmán, P. (2018). Efecto del quelato de cobre más agua ozonizada en el control de caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) en el cultivo arroz de la zona de Salitre. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10210/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-135.pdf>

Hayes, K. A., Cowie, R. H., Thiengo, S. C., & Strong, E. E. (2012). Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive Neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda). Zoological Journal of the Linnean Society, 166(4), 723-753.

Huayamave, M. (2020). Manejo del Caracol Manzana (*Pomacea canaliculata*) en el Cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.) Mediante la Aplicación de Extractos Botánicos. Salitre-Guayas. [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HUAYAMAVE%20CEDE%3%91%20MIGUEL%20ANGEL.pdf>

Iglesias, C. H. I. P., & Castro, C. A. R. S. (2018). Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan el cultivo del arroz en Ecuador. Revista científica agroecosistemas, 6(1), 95-107.

Liu, Z., Zhu, Y., Shi, H., Qiu, J., Ding, X., & Kou, Y. (2021). Recent Progress in Rice Broad-Spectrum Disease Resistance. International journal of molecular sciences, 22(21), 11658. <https://doi.org/10.3390/ijms222111658>

- Menéndez, A. (2018). Estudio Agro - Socio - Económico de la Producción Arrocera en el Recinto la Virginia, Cantón Babahoyo, Provincia de Los Ríos. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29506/1/Men%20a%20n%20de%20Murillo%20Gonzalo%20Andr%20c%20a%20s.pdf>
- Ochoa, L. y García, J. (2012). Determinación de la Actividad Molusquicida de los Extractos Vegetales sobre el Caracol Manzana (*Pomacea canaliculata*) y su Impacto en la Diversidad de Artrópodos. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21123/1/TESIS%20CD%20-%20OCHOA%20Y%20GARCIA.pdf>
- Pallares, R. (2019). Modelo de evaluación de un cultivo de arroz para determinar su factibilidad. [Tesis de grado, Fundación Universidad De América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7291/1/109491-2019-I-GE.pdf>
- Pilalao, W., Alcivar, B. y Carvajal, C. (2016). El control biológico: alternativa sostenible en el cultivo de arroz del Ecuador. DELOS 50. 25. <https://www.eumed.net/rev/delos/27/arroz.html>
- Proaño, G. y Vera, F. (2017). Gasto en el consumo de cereales y derivados frente al índice de precios del arroz en Ecuador, 2009-2014. Revista Espacios, 38(61), 17. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n61/17386117.html>
- Qiu JW, Chan MT, Kwong KL, Sun J. 2011. Consumption, survival and growth in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata*: does food freshness matter? J Mollus Stud 77:189- 195. doi:10.1093/mollus/eyr005
- Ramírez, C., García, S. y Vera, J. (2017). Control agroecológico del caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) mediante la implementación de un sistema de comederos para el gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) con pequeños agricultores arroceros del cantón Daule, Provincia del Guayas, Ecuador. <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/1069/602>
- Rodríguez, I. 2019. Manejo integrado de los principales insectos- plaga que afectan el cultivo de arroz en Ecuador. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). Vol. 09: 53-61. ISSN (p): 2278-8719 Quiroz, J. 2012.
- Sotomayor, H. y Villavicencio, E. (2016). Análisis de factibilidad para mejorar la producción de arroz de las parcelas de los agricultores de la parroquia Yaguachi Nuevo del cantón San Jacinto de Yaguachi de la provincia del Guayas. [Tesis de pregrado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/1753/1/T-ULVR-1570.pdf>
- Suárez, O., González, F. y Celis, A. (2017). Entendiendo la complementariedad de dos métodos de muestreo en el estudio de comunidades de aves de un bosque mesófilo de montaña en temporada reproductiva. Revista Mexicana de Biodiversidad, 88(4). 880-887. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532017000400880
- Velásquez, V. y Díaz, C. (2016). Análisis económico, social y político de la cadena agroalimentaria del arroz en el Ecuador, periodo 2005-2014. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12428/disertaci%2B%C2%A6n%20arroz%20Vinicio%20Vel%2B%C3%ADsquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wu JY, Wu YT, Li MC, Chiu YW, Liu MY, Liu LL. 2011. Reproduction and juvenile growth of the invasive apple snails *Pomacea canaliculata* and *P. scalaris* (Gastropoda: Ampullariidae) in Taiwan. Zool Stud 50:61-68.
- Yang, Q. Q., & Yu, X. P. (2019). A new species of apple snail in the genus *Pomacea* (Gastropoda: Caenogastropoda: Ampullariidae). Zoological Studies, 58.

Alternativas de alimentación para *Oreochromis niloticus* en Latinoamérica

Feeding alternatives used for *Oreochromis niloticus* in Latin America

Patricio Viteri Romero¹; Jamilet Guaranda Anchundia¹; Gerardo Chiquito Crespo¹; Irwys Loor Montece¹; María Rodríguez Marquinez¹; Geovanna Parra Riofrío^{1,2,3*}

¹Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 090601 Guayaquil, Ecuador.

²Laboratorio de Acuicultura, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 090601 Guayaquil, Ecuador.

³Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Resumen

La nutrición acuícola ha crecido significativamente en los últimos años, la gran inversión que se emplea en los piensos se enfoca en el mejoramiento nutricional de las principales especies acuícolas de interés comercial a nivel global, como *Oreochromis niloticus* (Tilapia del Nilo). Entre los principales países dedicados a su producción destacan varios de Latinoamérica, debido a sus cálidas aguas de 31 a 36 ° C, tienen un hábito alimenticio omnívoro, este varía de acuerdo con su fase del ciclo de vida para lo que se han empleado diversas harinas de origen vegetal que aportan los nutrientes requeridos por la especie y conllevan a la reducción de del uso de la harina de pescado. El objetivo de esta revisión fue analizar la información de los años 2016 - 2022 sobre los alimentos alternativos empleados en el cultivo de *O. niloticus* en Latinoamérica. El análisis identifica varias materias primas vegetales que son de plantas nativas, en algunos casos medicinales y otras comerciales que pueden ser consideradas por sus resultados como posibles ingredientes a utilizarse dentro de la dieta de *O. niloticus* debido a que no alteran la bioquímica digestiva o la ruta metabólica de los diversos nutrientes a la vez que generan un incremento en peso y no afectan los parámetros productivos.

Palabras clave: *Oreochromis niloticus*, alimentos alternativos, harina vegetal.

Abstract

Aquaculture nutrition has grown significantly in recent years, and the major investment in feed is focused on the nutritional improvement of the main aquaculture species of commercial interest globally, such as *Oreochromis niloticus* (Tilapia del Nile). Among the main countries dedicated to its production are several in Latin America, due to its warm waters of 31 to 36 ° C, have omnivorous eating habits, this varies according to their life cycle phase for which have been used various flours of vegetable origin that provide the nutrients required by the species and lead to the reduction of the use of fishmeal. The objective of this review was to analyze information from 2016 - 2022 on alternative foods used in the cultivation of *O. niloticus* in Latin America. The analysis identifies several plant raw materials that are native plants, in some cases medicinal and other commercial that may be considered for their results as possible ingredients to be used within the diet of *O. niloticus* because they do not alter the digestive biochemistry or the metabolic pathway of the various nutrients while generate an increase in weight and do not affect the productive parameters.

Keywords: *Oreochromis niloticus*, Alternative foods, Vegetable flour

Introducción

Las condiciones climáticas de Latinoamérica han permitido que la producción de *O. niloticus*, sea

exitosa en las zonas tropicales y subtropicales, colocando a esta especie como uno de los principales productos piscícolas a nivel mundial (Cassemiro et al., 20217); por lo que de acuerdo con FAO (2020)

* Correspondencia del autor:

E-mail: geovanna.parrar@ug.edu.ec



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

la Tilapia del Nilo se ha producido en Latinoamérica 432951,63 t, como producto de exportación acuícola. *O. niloticus* tiene una transformación a nivel digestivo, teniendo una vida omnívora en su etapa larvaria, a una alimentación herbívora en su etapa juvenil-adulta, (Moriarty, 1973; Moriarty et al., 1973), por lo que se buscan alternativas de componentes nutricionales de igual calidad, pero con un menor costo.

La industria acuícola se ha enfocado en la investigación de piensos a nivel de producción, debido a que esto representa del 50% al 70% de la inversión, (El-Sayed, 1998). Lo que ha promovido, la búsqueda de otras fuentes alimenticias más factibles a nivel económico, nivel de producción y ganancia; y a la vez que se enfoquen en los requerimientos nutricionales junto a una menor conversión alimentaria, (Zlaugotne et al., 2022).

Muchos de ellos han promovido la economía verde, utilizando restos vegetales para la fabricación de harinas que sirvan como suplemento alimenticio, (Morales Matos y Cáceres, 2021). Aunque los resultados no siempre son favorables e incluso suelen ser relativamente perjudiciales a nivel gastrointestinal, por lo cual algunas granjas utilizan como fuentes de alimento las harinas de origen animal y vegetal (Contreras, 2014).

El objetivo de esta revisión es dar a conocer las diferentes alternativas de alimentos empleados para la producción de *O. niloticus* en Latinoamérica durante los años del 2016 hasta el 2021.

Materiales y Métodos

Esta revisión se basa en el análisis cualitativo de los diferentes suplementos alimenticios obtenidos de los resultados previamente estudiados en las 29 publicaciones obtenidas de ScienceDirect, SciELO y Repositorios Universitarios. Los estudios fueron divididos por países, las palabras claves de búsquedas fueron *O. niloticus*, Latinoamérica, alimentos vegetales.

Resultados

México

Las investigaciones se enfocaron en mejorar el crecimiento y engorde de *O. niloticus*. Prieto Fabian et al., (2018) mostraron que en la etapa de pre-engorde en juveniles con una dieta elaborada a base de harina de carne en un sistema semi-intensivo por 60 días, tuvo un factor de conversión alimenticia (FCR) de 1,60, a diferencia del alimento comercial que tuvo un FCR de 1,96 disminuyendo en un 44% el costo de alimentación.

El uso del sistema de tecnología de biofloc (BFT) durante las primeras etapas del crecimiento, no afectan la supervivencia, ni los parámetros productivos de la especie; además los ahorros en alimento y agua

son significativos porque para producir un lote de 10000 alevines, el agua utilizada en BFT es de 6,1 a 7,8 m³ y de 23,9 m³ en el sistema tradicional; el costo de alimentación + fuente de C se estimó en 6,53 - 7,80 USD/lote en BFT y de 9,13 USD/lote en el control (García-Ríos et al., 2019).

El implemento de una dieta de restricción gradual de proteínas en alevines obtiene un incremento en el rendimiento neto entre un 27,9% y un 29,5% en comparación con el bajo suministro de proteínas, mientras que el FCR mejora en un 1,6% con la incorporación de BFT, ya que las proteínas microbianas del mismo compensan la restricción de las proteínas de la dieta (Klanian et al., 2020).

Según Cruz-García (2020), la inclusión de polvo del hongo *Pleurotus djamor var. roseus* en dietas balanceadas para alevines, permite mantener la tasa específica de crecimiento, mejora el perfil hematológico y modula el sistema inmunitario ante bajas concentraciones de oxígeno a través del estímulo en la producción de eritrocitos, por lo que se considera como un prebiótico natural. También se ha evaluado que al incluir un 30% de semilla de alpiste (*Phalaris canariensis*) en la dieta de juveniles, redujeron el contenido de colesterol LDL y triglicéridos en el filete, a la vez que mejora las cualidades organolépticas de sabor y olor (García Caballero, 2019).

Una alta densidad de cultivo produce mayor estrés lo que afecta el rendimiento de crecimiento y peso de *Oreochromis sp.*, no obstante, Bañuelos-Vargas et al. (2021) demuestran que en una dieta de BFT más probióticos mejora la eficiencia alimenticia, la respuesta inmune y antioxidante con alta actividad de glutatión peroxidasa.

En la evaluación de introducción de garbanzo, maíz, proteína de maíz de alta calidad y frijoles en dietas para juveniles (50 g) y adultos (220 g), se obtiene mayor digestibilidad aparente de la materia seca y proteína cruda con el uso del ingrediente garbanzo en juveniles; se concluye que el uso de garbanzo genera un ahorro en el costo de alimentación debido a su valor de (US \$ 950/t) a diferencia de la harina de pescado (US \$ 2388,6) (Montoya-Mejía et al., 2016). Los insumos alternativos con ingredientes de origen vegetal son más económicos, pero no satisfacen los requerimientos nutricionales que la especie necesita, como la proteína de origen animal, no obstante han dado buenos resultados productivos (Hernández & Ocaño, 2017; Romero Verdín, 2019; Barraza-Guardado et al., 2020).

Brasil

Los requerimientos nutricionales de larvas y postlarvas en la alimentación de *O. niloticus* se evaluaron por Da Silva, (2017) el que determinó el coeficiente de digestibilidad aparente de proteína cruda, energía bruta, grasa y materia seca del hidrolizado de proteína de pescado (tilapia y sardina), evaluando el rendimiento productivo y el crecimiento de las

fibras musculares de las postlarvas, utilizó 5 dietas a base de ingredientes vegetales con hidrolizado de proteína de pescado al 0, 2, 4, 6 y 8%; se concluyó que hasta el tratamiento del 4% se puede para cultivos de postlarvas. En alevines Azevedo (2016), evaluó la suplementación de prebiótico mananoligosacárido (MOS), de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y el probiótico *Bacillus subtilis*-BS, cepa C-3102 y un combinado de estos productos; los resultados mostraron mejoras en el crecimiento, índice corporal y morfometría intestinal en la tilapia del Nilo, en todos los tratamientos.

La frecuencia de alimento en alevines también es importante, Teixeira (2016) evaluó la frecuencia de alimentación (2-5 veces día⁻¹) usando dietas con porcentajes bajos en proteína, suplementadas con aminoácidos comerciales como L-lisina-HCl, DL-metionina y L-treonina; se observó que el aumento de frecuencia de alimentación no afecta los valores de tasa de deposición proteica, grasa y eficiencia de retención de nitrógeno, indica que la frecuencia de alimentación mínima es de tres veces al día, con un 29% de proteína cruda junto con la adición de aminoácidos comerciales.

Para juveniles se evaluó el desempeño de las hembras alimentadas con dietas que contienen diferentes niveles de energía digestible (3200; 3400; 3600; 3800 y 4000 kcal/Kg), se indica que la energía digestible no influye en el peso final ni en los índices hepatosomático, gonadosomático o visceral. Sin embargo, la fecundidad fue influenciada por los tratamientos con una frecuencia igual o mayor a 3600 kcal/Kg, las dietas con niveles altos de energía digestible exhiben el menor contenido de proteínas corporales con diferencia del extracto de éter, por tanto el uso de 3.600 kcal/kg en dietas con 380g/kg de proteína junto a una relación almidón/lípido de 1,33 es una dieta favorable para hembras en el periodo reproductivo. (Montoya-Mejía et al., 2016). En la etapa de engorde, Fujimoto (2019) observa el efecto de las concentraciones de arginina en la dieta (2,3%; 2,9%; 3,5% y 4,1%) sobre el estado de salud, los resultados demostraron que la inclusión de arginina no provoca diferencia significativa en el crecimiento, sin embargo, la concentración de 2,3 - 3,5% tiene una mejora en los parámetros bioquímicos junto al recuento de leucocitos.

El uso de glicerol crudo como fuente de energía para sustituir el maíz, empleando 5 tratamientos (0; 60; 120; 180 y 240 g Kg⁻¹ glicerol crudo), se evaluó el comportamiento productivo y la composición química del filete, junto a un análisis histológicos del hepatopáncreas, intestino y grasa visceral, los resultados demostraron que no hubo ningún efecto sobre los parámetros; por lo que puede sustituir al maíz en la etapa de engorde, sin causar efectos adverso del metabolismo (Dos Santos et al., 2019)

Honduras

Se evaluó la eficiencia alimenticia de Empyreal® 75

y DVAQUA®, los resultados obtenidos no fueron significativos en ninguno de sus tratamientos ($p > 0,05$), sin embargo, la inclusión de un 5% en la dieta de Empyreal 75® mostró ganancia de peso y crecimiento en la dieta de pre-engorde (Garzón López & Velásquez Pazmiño, 2017); por otra parte, se observó que al implementar DVAQUA® en la etapa de pre-engorde, las especies obtuvieron una ganancia en el peso del 4% en comparación con el control en un periodo de 28 días (Fuentes Cardona & Sierra Montoya, 2021). Otros estudios evalúan la adición de *Saccharomyces cerevisiae* como nucleótido para pre-engorde de tilapia, los resultados no tuvieron diferencia significativa (Paz Corrales, 2019).

Martínez Turcios y Chávez Chávez (2017) a través de 2 estrategias de alimentación (*Ad libitum* el protocolo y 90% de *Ad libitum*), mostraron que con la alimentación al 90% de *Ad libitum* obtiene un índice de conversión alimenticia similar al *Ad libitum*, por lo tanto, se reducen costos en alimentación en 5.33%.

Ecuador

La utilización de harinas de origen vegetal para evaluar crecimiento ha sido evaluada por Aguinaga Chalacán, (2019) que utilizó harina a base de semillas y pulpa de guaba (*Inga spp.*) en la etapa de engorde, los resultados mostraron que la adición del 15% de esta harina alcanzó un peso de 97,50 g y una longitud de 20,92 cm, siendo mayor al control.

La adición de harina hidropónica de soya al 5%, mostró un incremento de 0,33 cm en seis meses a comparación del control, (Loqui Sanchez et al., 2020). Mientras que la incorporación de harina de cascara de cacao mostró que a los 42 días de cultivo la ganancia de peso y talla fue de 2,65 g, 1 cm respectivamente y el FCR fue de 1,45 mostrando mejoras respecto al control (Yépez Daquilema, 2021). La utilización de la harina de lenteja (*Lens culinaris*) fue evaluada por Alvarado et al. (2021) donde mostró esta puede ser incluida hasta un 20 % para el crecimiento de alevines sin verse afectada la producción. Medina-Villacís et al. (2022) evalúan la utilización de harina de banano (*Musa paradisiaca*) se observó que la inclusión de un 10% disminuyó el FCR, mejoraron el perfil nutricional del filete y no afectaron los parámetros biológicos.

Argentina

El reemplazo de la harina de pescado por otros componentes que disminuyan el costo de producción fue evaluado por Barragán et al. (2021) donde al reemplazarla harina de pescado por harina de soja y harina de trigo en varios porcentajes, observaron que los crecimientos eran similares al control al igual que los FCR, indicando que la inclusión en porcentajes mayores de estas harinas vegetales no afectó los parámetros productivos.

Perú

Se restringió el uso de alimentos naturales en alevines, lo que redujo los niveles de nitrógeno amoniacal total (NAT) en los estanques, mientras que al usar BFT se

mantienen estable el peso, acorde con los resultados se recomienda el uso de BFT y la restricción alimentaria del 15%, debido a que no perjudica el peso y ayuda con la sanidad del estanque (Cavalcante et al., 2017). El policultivo de *O. niloticus* & *Cyprinus carpio*, mostraron que una concentración de proteína entre 28-40%, presenta una mejor tasa de crecimiento para *O. niloticus* (Baltazar, 2011). Se considera que el uso de plantas medicinales puede tener efectos sobre el crecimiento Van Doan et al. (2019) al incluir un extracto de 5 g Kg⁻¹ de *Elephantopus scaber* observó un incremento sobre peso y la tasa de crecimiento específica; y una reducción del FCR. Además, también el uso de microencapsulados de aceites esenciales mejoraron el crecimiento de alevines con incrementos del 16,9 y 10,43% en peso y talla respectivamente, además influyen en mejorar los pliegues intestinales, por lo que los procesos de absorción de nutrientes se ven favorecidos (Roldán-Juárez et al., 2023)

Conclusión

La utilización de alternativas en la alimentación de *Oreochromis niloticus* han permitido mostrar la versatilidad de adaptación en hábitos alimenticios de esta especie, siendo un factor importante dentro de la búsqueda de otras opciones alimenticias que disminuyan el uso de la harina y aceite de pescado, que conllevan a la disminución de costos de producción y mejoran la rentabilidad; mostrando que la utilización de harinas vegetales nativas y de productos comerciales, pueden ser una alternativa sostenible, sin que afecten los parámetros biológicos y productivos del cultivo dentro de Latinoamérica. Se debe considerar evaluar y analizar los efectos nutragenómicos de la inclusión de estas materias primas vegetales con el fin de determinar si existen efectos fisiológicos y metabólicos que puedan afectar el bienestar de los organismos. Se debe complementar con estudios de microbiota intestinal y su modulación con el uso de las distintas harinas vegetales y el aislamiento de probióticos que permitan mejorar la salud digestiva.

Referencias bibliográficas

Aguinaga Chalacán, G. A. (2019). Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga spp.*) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde en el sector Santa Cecilia, parroquia Lita. [Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9430/4/03_AGP_245_Trabajo_Grado.pdf

Alvarado, K. L., Joutex, J. J., Tacuri, G. C., Torres, A. R., & Parra-Riofrío, G. B. (2022). Eficiencia de una dieta con base en harina de lenteja (*Lens culinaris*), en el crecimiento de alevines de tilapia. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 4(1), 40-52.

Azevedo, R. V. D., Fosse Filho, J. C., Pereira, S. L., Cardoso, L. D., Andrade, D. R. D., & Vidal Júnior, M. V. (2016). Dietary mannan oligosaccharide and *Bacillus subtilis* in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38, 347-353.

Baltazar, P., Aguilar, J., & Castañeda, M. (2011). Tasa de

crecimiento de *Oreochromis niloticus* y *Cyprinus carpio* en condiciones de cautiverio. Universidad Científica Del Sur. https://www.researchgate.net/publication/270591164_Tasa_de_creimiento_de_Oreochromis_niloticus_y_Cyprinus_carpio_en_condiciones_de_cautiverio

Bañuelos-Vargas, I., de Oca, G. A. R. M., Martínez-Montano, E., Pérez-Jimenez, A., Mendoza-Gamboa, O. A., Estrada-Godínez, J. A., & Hernández, C. (2021). Antioxidant and immune response of juvenile red tilapia (*Oreochromis sp*) cultured at different densities in sea water with biofloc plus probiotics. *Aquaculture*, 544, 737112.

Barragán, A., Zanazzi, N., Gorosito, A., Cecchi, F., Prario, M., Imeroni, J., & Mallo, J. (2017). Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(9), 1-15.

Barraza-Guardado, R. H., Pérez-Villalba, A. M., González-Félix, M. L., Ortega-Urbina, J. A. T., Muñoz-Hernández, R., Zúñiga-Panduro, M., Pérez-Velazquez, M., Barraza-Guardado, R. H., Pérez-Villalba, A. M., González-Félix, M. L., Ortega-Urbina, J. A. T., Muñoz-Hernández, R., Zúñiga-Panduro, M., & Pérez-Velazquez, M. (2020). Uso de microalgas como constituyentes parciales del alimento balanceado para engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Biotechnia*, 22(1), 135-141. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V22I1.1161>

Casemiro, F. A., Bailly, D., da Graça, W. J., & Agostinho, A. A. (2018). The invasive potential of tilapias (Osteichthyes, Cichlidae) in the Americas. *Hydrobiologia*, 817, 133-154.

Cavalcante, D. D. H., Lima, F. R. D. S., Rebouças, V. T., & Sá, M. V. D. C. E. (2017). Nile tilapia culture under feeding restriction in bioflocs and bioflocs plus periphyton tanks. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(3), 223-228. <https://doi.org/10.4025/ACTASCIANIMSCI.V39I3.33574>

Contreras, Á. (2014). Incorporación de conservantes naturales en los piensos para peces: optimización de la calidad y vida útil de la dorada. Proyecto de investigación: <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/41666>

Cruz García, L. (2020). Evaluación del Efecto del Hongo *Pleurotus djamor* var. *roseus* como Suplemento Alimenticio en la Respuesta Hematológica y Crecimiento de la Tilapia *Oreochromis niloticus*. Universidad Autonoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1244/CUGLRS02T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

da Silva, T. C., Mauricio Rocha, J. D. A., Moreira, P., Signor, A., & Boscolo, W. R. (2017). Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(7), 485-492. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000700002>

dos Santos, L. D., Zadinelo, I. V., Moesch, A., Bombardelli, R. A., & Meurer, F. (2019). Crude glycerol in diets for Nile tilapia in the fattening stage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00460>

El-Sayed, A. F. M. (1998). Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. *Aquaculture Research*, 29(4), 275-280. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2109.1998.00199.X>

FAO. 2020. FAO Fisheries and Aquaculture - Fisheries Global Information System (FIGIS). In: FAO Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. <https://www.fao.org/fishery/figis/en>

Fuentes Cardona, E., & Sierra Montoya, P. (2021). Evaluación de DVAQUA® en la Alimentación de Tilapia Gris (*Oreochromis niloticus*). <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/7063/1/CPA-2021-T043.pdf>

Fujimoto, R. Y., Santos, R. F. B., Pala, G., Gallani, S. U., Valladão, G. M. R., Morais, G. C., Lee, J. T., da Costa Sousa, N., dos Santos Cunha, F., Maria, A. N., Carneiro, P. C. F., & Pilarski, F. (2019). Supplementation with arginine in the diet of Nile tilapia reared in net cages.

- Pesquisa Agropecuária Brasileira, 54, 1099. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.01099>
- García-Ríos, L., Miranda-Baeza, A., Coelho-Emerenciano, M. G., Huerta-Rábago, J. A., & Osuna-Amarillas, P. (2019). Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. *Aquaculture*, 502, 26-31.
- García Caballero, C. A. (2019). Evaluación de la Calidad Nutricional y Funcional de la Semilla de Alpiste (*Phalaris canariensis*) como Fuente de Fitoesteroles en Alimentos Balanceados para Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*). Repositorio Institucional Aramara. [http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2304/1/evaluación de la calidad nutricional y funcional de la semilla de alpiste %28phalaris canariensis%29 como fuente de fitoesteroles en alimentos balanceados para tilapia nilót10-06-.pdf](http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2304/1/evaluación%20de%20la%20calidad%20nutricional%20y%20funcional%20de%20la%20semilla%20de%20alpiste%20phalaris%20canariensis%20como%20fuente%20de%20fitoesteroles%20en%20alimentos%20balanceados%20para%20tilapia%20nilotica.pdf)
- Garzon López, A., & Velásquez Pazmiño, A. (2017). Evaluación de alimento concentrado Empyreal 75® en dietas de pre-engorde de tilapia en Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6007/1/CPA-2017-050.pdf>
- Hernández Olono, J., & Ocaño Higuera, V. (2017). Efecto de la sustitución de proteínas de origen animal por proteínas de origen vegetal en el alimento sobre la condición fisiológica de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciencias Biológicas y de la Salud*. <http://148.225.114.120/bitstream/20.500.12984/1996/1/hermandezolonojesustadeol.pdf>
- Klanian, M. G., Díaz, M. D., Solís, M. J. S., Aranda, J., & Moral, P. M. (2020). Effect of the content of microbial proteins and the poly- β -hydroxybutyric acid in biofloc on the performance and health of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed on a protein-restricted diet. *Aquaculture*, 519, 734872.
- Loqui Sanchez, A. J., Casignia Coox, D. A., Soria Castro, C. N., Valens Arevalo, J. W., Soria Yaguana, F. F., & Zambrano Alacon, M. E. (2020). Cultivo de tilapia plateada "*Oreochromis niloticus*" con harina hidropónica de soja como alimentación complementaria. *Recimundo*, 4No2, 152-163. <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/834/1343>
- Martínez Turcios, A., y Chávez Chávez, J. (2017). Producción de tilapia en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6020/1/CPA-2017-036.pdf>
- Medina-Villacis, M., Italo, E. G., García-Gimeno, R. M., & Posada-Izquierdo, G. (2022). Inclusion Of Banana (*Musa paradisiaca*) Meal In The Diet On The Productive Parameters Of (*Oreochromis* Spp). *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 1062-1071.
- Montoya-Mejía, M., Hernández-Llamas, A., García-Ulloa, M., Nolasco-Soria, H., Gutiérrez-Dorado, R., & Rodríguez-González, H. (2016). Apparent digestibility coefficient of chickpea, maize, high-quality protein maize, and beans diets in juvenile and adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(8), 427-432. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000800001>
- Morales-Matos, G., y Cáceres, E. (2021). Valoración de residuos del cultivo del plátano para la producción de piensos de acuicultura. <https://acceda.riis.ulpgc.es/jspui/handle/10553/112644>
- Moriarty, D. J. W. (1973). The physiology of digestion of blue-green algae in the cichlid fish, *Tilapia nilotica*. *Journal of Zoology*, 171(1), 25-39. <https://doi.org/10.1111/J.1469-7998.1973.TB07514.X>
- Moriarty, D. J. W., Darlington, J. P. E. C., Dunn, I. G., Moriarty, C. M., & Tevkin, M. P. (1973). Feeding and Grazing in Lake George, Uganda on JSTOR. *Uganda. Proc. R.* <https://www.jstor.org/stable/76177>
- Paz Corrales, L. (2019). Uso de una fuente comercial de nucleótidos derivada de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) para el pre-engorde de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6616/1/CPA-2019-T058.pdf>
- Prieto Fabian, J., Rodríguez Hernández, E., Castillo Capitán, G., Velásquez Silvestre, M., & Retureta Aponte, A. (2018). Evaluación de una ración alimenticia durante la pre-engorda de Tilapia, Var. Stirling. *Biológico Agropecuaria*, 6. <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/136/155>
- Roldan-Juarez, J., Pinares, R., Smith, C. E., Llerena, C. A., Machaca, V., & Pizarro, D. M. (2023). Microencapsulated essential oils influence the growth and foregut histomorphometry of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Veterinary and Animal Science*, 22, 100316.
- Romero Verdín, M. D. R. (2019). Elaboración y evaluación de una dieta formulada con *Lupinus albus* y harina de huevos infértiles de incubadora en la cría de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Repositorio Dspace. http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6070/Romero_Verdin_Margarita_Del_Rocio.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Teixeira, E., Delmondes, M., Ribeiro, F. B., & Quadros, M. (2016). Feeding Frequency of Nile Tilapia Fed Rations Supplemented with Amino Acids. *Revista Caatinga*, 29(2), 458-464. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016V29N223RC>
- Van Doan H., Hoseinifar S. H., Sringarm K., Jaturasitha S., Khamlor T., Dawood M. A., Musthafa M. S. (2019). Effects of elephant's foot (*Elephantopus scaber*) extract on growth performance, immune response, and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Fish & Shellfish Immunology*, 93, 328-335.
- Yépez Daquilema, J. D. (2021). "Inclusión de Harina de Cáscara de Cacao (*Theobroma cacao* L) en la Dieta: Sobre los Parámetros Productivos y la Calidad de la Carne (*Oreochromis* Spp)" [Universidad Tecnica Estatal de Quevedo]. En Repositorio Digital UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6150/1/T-UTEQ-116.pdf>
- Zlaugotne, B., Pubule, J., & Blumberga, D. (2022). Advantages and disadvantages of using more sustainable ingredients in fish feed. *Heliyon*, 8(9).

Geología de la formación canoa (plioceno), acantilados del sector El Mangle, cantón Montecristi, prov. Manabí, Ecuador

Geology of the canoa formation (pliocene), cliffs of el mangle sector, Montecristi canton, province of Manabi, Ecuador

Joao Fernando Córdova Pazmiño ¹, Tony Steven Bósquez Ocampo ¹,
Stephany Lisbeth Pachay Luna ¹

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Carrera de Geología
Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Resumen

La formación Canoa se localiza en el sector El Mangle, cantón Montecristi, provincia de Manabí, costa de Ecuador. Esta presenta afloramientos que litológicamente consiste en areniscas, areniscas arcillosas, areniscas limosas y lodolitas limosas; subyace a la formación Tablazo y sobreyace a la formación Angostura. En este trabajo se describieron cinco afloramientos con el objetivo de determinar la litología, componentes mineralógicos esenciales, deposición, procedencia tectónica, bioestratigrafía y paleoambiente; y se lo realizó de la siguiente manera, diecinueve muestras para bioestratigrafía y litología, y tres secciones delgadas para petrotextónica y petrografía. Por la ocurrencia de foraminíferos planctónicos presentes y que se extinguen en dicho periodo, la edad relativa de la formación Canoa es Plioceno (Zona N18 - N19). El paleoambiente sedimentario es de plataforma interna debido a la abundancia de los foraminíferos bentónicos calcáreos y aglutinados. **Palabras clave:** Afloramientos, aglutinados, bioestratigrafía, paleoambiente, petrografía, sobreyace.

Abstract

The Canoa formation occurs in El Mangle sector, Montecristi canton, province of Manabi, coastal Ecuador. The outcrops lithologically consist of sandstones, clay sandstones, silty sandstones and silty mudstones; it underlies the Tablazo formation and overlies the Angostura formation. In this work, five outcrops were described to determine lithology, essential mineralogical components, deposition, tectonic provenance, biostratigraphy and paleoenvironment; It was achieved as follows, 19 samples for biostratigraphy and lithology, and three thin sections for petrotextonics and petrography. Due to the occurrence of planktonic foraminifera present and extinct in that period, the relative age of the Canoa formation is Pliocene (Zona N18 - N19). The sedimentary paleoenvironment is internal shelf due to the abundance of calcareous and agglutinated benthic foraminifera.

Keywords: Agglutinated, biostratigraphy, paleoenvironment, petrography, overlay, outcrops.

Introducción

La formación Canoa es un importante depósito sedimentario Pliocénico presente en el noroeste de Ecuador. Las rocas de esta formación afloran entre los poblados de Punta Canoa y San José (Savoyat 1971), con potencias que varían entre los 5 y 100 metros, la litología es de composición limo arenoso de tonalidades grisáceas azuladas, areniscas arcillosas de color gris verdosa y arcillolita limosa (Baldock 1982). Contiene una abundante diversidad de macro y microfósiles marinos, así como una variedad de estructuras litológicas (Di Celma et al. 2002).

El valor práctico de los estudios efectuados para la determinación de la edad relativa, litología y ambiente sedimentario permiten tener un mejor conocimiento de los procesos de evolución que ocurrieron durante el Plioceno.

Los análisis que se han elaborado acerca de la formación Canoa han permitido estudiar la evolución geológica de la región de antearco de Manabí, los estudios de Álvarez Córdova et al. (2009) determinan que la formación Canoa se subdivide en dos miembros principales: Inferior y superior, cada uno con características de ambientes deposicionales diferentes.

* Correspondencia del autor:

E-mail: fernando-109@hotmail.com



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

El tiempo geológico y el emplazamiento estratigráfico de la formación Canoa ha sido debatido extensamente por diversos especialistas (Pilsbry y Olsson (1941); Kraglievich (1970); Paladines (1989); Álvarez Córdova (2002); Núñez del Arco (2003); Servicio Geológico Nacional (2008); Álvarez Córdova et al., (2009); Acosta Chilán (2015); Córdova y Pachay (2023).

Para realizar este trabajo, se utilizaron como base bibliográfica investigaciones realizadas por: Di Celma et al. (2002, 2005), Álvarez Córdova (2002), Álvarez Córdova et al. (2009) y Acosta Chilán (2015). Estos estudios fueron útiles para comprender la geología local, la geomorfología y la tectónica del área de investigación.

Uno de los fundamentos clave de esta información es la descripción bioestratigráfica de foraminíferos plantónicos y bentónicos, lo que permite asignar el rango cronoestratigráfico y el paleoambiente del área de estudio. Además, la elaboración y descripción de secciones delgadas extraídas de areniscas proporcionarán detalles sobre el tipo de roca y su origen tectónico.

El fin de este trabajo es determinar la edad y procedencia tectónica del área de estudio, lo que aumentará el entendimiento sobre su composición y nos permitirá interpretar la génesis de los elementos presentes en la formación Canoa. Esto contribuirá significativamente a una mejor comprensión evolutiva de dicha formación geológica.

Ubicación y acceso

El Sector "El Mangle" se encuentra al oeste de la comunidad Los Cruces, parroquia rural del cantón de Montecristi, provincia de Manabí, costa de Ecuador. El área de exploración se encuentra en los acantilados del sector, adyacente al límite costero (Fig. 1).

El acceso a la zona es excelente por caminos pavimentados en la Ruta del Spondylus/E15 hasta la comunidad Los Cruces, para acceder al sector El Mangle que es el área de estudio es accesible por caminos de tierra secundarios y una caminata de 6 km desde Los Cruces, o en vehículo cuyo tiempo aproximado de viaje es de 15 minutos.

Relieve e Hidrografía

El área se destaca por su topografía irregular con acantilados y cerros que varían en altitud desde aproximadamente 10 m.s.n.m. hasta alrededor de 120 m.s.n.m. Además, presenta superficies suavemente onduladas de origen deposicional al pie de las elevaciones principales.

La hidrografía está compuesta por microcuencas, incluyendo los ríos Pile, Salado, La Vainilla y la quebrada El Mangle. Estos ríos experimentan variaciones estacionales en su caudal, pudiendo secarse durante la estación de sequía. Desembocan en el océano Pacífico, con los ríos Salado y La Vainilla mostrando un cur-

so meandriforme que resulta en una menor erosión, pero una mayor acumulación de sedimentos en sus recorridos.

Geología

La región occidental del Ecuador está marcada por el límite entre placas convergentes, lo que resulta en la formación de una fosa, dando lugar a un arco volcánico activo. Como lo señala el estudio de Di Celma et al. (2005), durante los periodos interglaciares ocurrió un aumento del nivel del mar, resultando en un retroceso de la línea costera hacia el este y la formación de una ensenada costera en dirección suroeste, llamada cuenca Canoa (Fig. 1). Con el transcurso del tiempo, estas cuencas se llenaron gradualmente con aproximadamente 120 metros de capas marinas poco profundas que se apilaron en ciclos.

La cuenca Canoa experimentó una actividad significativa alrededor de la zona de El Aromo, se han descubierto trazas de anillos circulares y concéntricos, lo cual sugiere que, al comienzo del Pleistoceno, el área actualmente ocupada por Cabo San Lorenzo estaba aislada del resto del territorio continental de Ecuador por un estrecho poco profundo que se extendía de norte a sur (Di Celma et al. 2005).

Los acantilados en el área de El Mangle presentan una costa compuesta por una playa que queda sumergida durante la pleamar. Esta sucesión de sedimentos se extiende a lo largo de unos 10 km de acantilados costeros al sur de cabo San Lorenzo, desde Punta Canoa hasta Río de Caña cerca de San José.

La formación Canoa, de acuerdo con Baldock (1982), consiste en limos arenosos compactados que muestran una gama de colores desde gris hasta gris azulado (Fig. 1). Por otro lado, la formación Tablazo, mencionada por Marchant (1961), se subdivide en cuatro niveles, siendo el más antiguo de Pleistoceno Inferior, visible en las costas de Manabí, estas mesetas han sido fuertemente erosionadas debido a procesos naturales.

Di Celma et al. (2002) identificaron que los sedimentos del Plioceno Superior presentes en los acantilados al sur de cabo San Lorenzo exhiben una ciclicidad estratigráfica de tercer orden. Esta repetición en la estratigrafía se originó a partir de un ciclo tectónico de ascenso y descenso, que a lo largo del tiempo causó un desplazamiento gradual hacia las cuencas costeras.

Por otro lado, Di Celma et al. (2005) observaron que el levantamiento de los flancos norte y oeste de la cuenca de Canoa transformó su costa, de ser una ensenada cerrada y protegida a una más expuesta. Al comparar estos patrones cíclicos con otras secuencias pleistocenas en ambientes templados, se encontró una similitud en su disposición interna, a pesar de las notables diferencias en condiciones climáticas, tectónicas y de depósito. Esto sugiere que la formación de lechos de conchas en latitudes bajas, no solo en las templadas, es factible y que el control principal del cambio en el

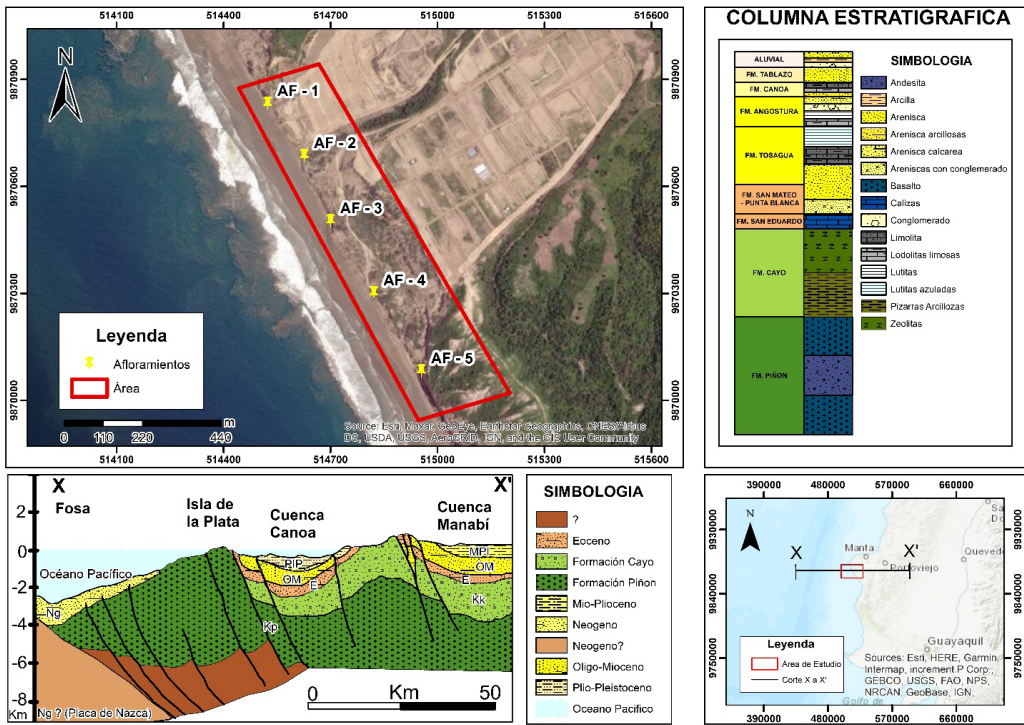


Figura 1. Parte superior: Mapa del sector El Mangle con los afloramientos descritos (izq.), una columna estratigráfica del sector de estudio (der). Parte inferior: Mapa regional destacando el área de estudio que se encuentra en la zona donde la dorsal Carnegie afecta a la fosa ecuatoriana. (izq.), entre los puntos X y X', se muestra una sección transversal geológica, destacando la cuenca Canoa con respecto a la fosa ecuatoriana y la estratigrafía del área del Cabo de San Lorenzo, la exageración vertical es de 5 veces (der.).

nivel del mar Glacio-Eustático influyó en la profundización general de cada ciclo sedimentario.

Materiales y Metodo

Materiales de campo

- Lupa 40x.
- Martillo geológico.
- Ácido clorhídrico al 2%.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.
- Fundas para muestras.
- Cinta Métrica.

Materiales de laboratorio

- Tamices.
- Plancha.
- Brocha.
- Estereomicroscopio.
- Microscopio petrográfico.
- Lamina porta fósiles.

Métodos

Para el desarrollo del estudio se realizaron análisis litológicos, bioestratigráficos, petrográficos y petrotectónico.

Los análisis para la descripción litológica consideraron cinco afloramientos en una distancia de aproximadamente 1 km, en el cual se evidenció una variabilidad en litologías. Se aplicaron los siguientes parámetros:

- Clasificación granulométrica de Wentworth (1922).
- Color de roca de Munsell (2009).
- Redondez y esfericidad de Powers (1953).
- Método de selección y toma de muestra de Compton (1962).

Para el análisis bioestratigráfico se recolectan 19 muestras de rocas de cinco afloramientos, el proceso de preparación, lavado y recolección de especímenes se basó en las técnicas de Ordóñez et al.(2006).

Los análisis petrográficos y petrotectónico se analizaron tres secciones delgadas de areniscas, usando el método de conteo de Chayes (1956), se examinaron

las secciones para clasificar y nombrar a la roca según el diagrama ternario de componentes esenciales de Folk (1980); para determinar su procedencia petro-tectónica se usó los diagramas ternarios de componentes esenciales, componentes monocristalinos y componentes policristalinos de Dickinson et al. (1983, 1979).

Resultados

Se estudió la formación Canoa en cinco puntos de exposición, estos presentan características geológicas parecidas, evidenciando una variedad litológica de rocas tales como:

Arcillolita limosa

De color amarillo oscuro (5Y6/4) a marrón amarillento pálido (10YR6/2), bien consolidada, se observan que los estratos poseen laminación continua de tipo paralela y laminación difusa, estos estratos presentan estructuras de carga, esta litología está presente en AF1 (Fig. 2).

Arenisca

De tonalidad naranja amarillento pálido (10YR8/6) y amarillo grisáceo (5Y8/4), sus granos van desde medio a fino, con redondez subangular a subredondeada, de buena selección, consolidada, con laminación puntual, aflora en los afloramientos AF1, AF2 y AF5. (Fig. 2).

Areniscas Arcillosas

De tonalidad moderadamente amarillo (5Y7/6), con una granulometría de grueso a muy fino, una redondez de redondeada a subredondeada, de mala selección, consolidada, presenta de forma puntual intercalaciones de yeso, es visible en los Afloramientos AF1, AF4 y AF5 (Fig. 2).

Arenisca Limosa

De color moderadamente naranja rosa (5Y8/4) y naranja amarillento pálido (10YR8/6), de grano grueso a fino, con una redondez de angular a subangular, de pobre selección, consolidada, con estructuras de laminación difusa. Esta litología está presente en los afloramientos: AF1, AF3, AF4 y AF5 (Fig. 2).

Arenisca micro conglomerática

Su color va de moderadamente amarillo (5Y7/6) a naranja amarillento oscuro (10YR6/6), el tamaño del grano es grueso a fino, la redondez es angular a subangular, de mala selección, moderadamente consolidada, con laminación difusa. Presenta microconglomerados, talco y restos de moluscos, esta capa tiene espesor métrico. Se la puede observar en el afloramiento AF1 (Fig. 2).

Limolita

De tonalidad azul grisáceo (5PB 5/2), con muy buena selección, muy bien consolidada; estable, masiva, presenta fracturas; y esta capa presenta espesores métricos. Aflora en AF3 (Fig. 2).

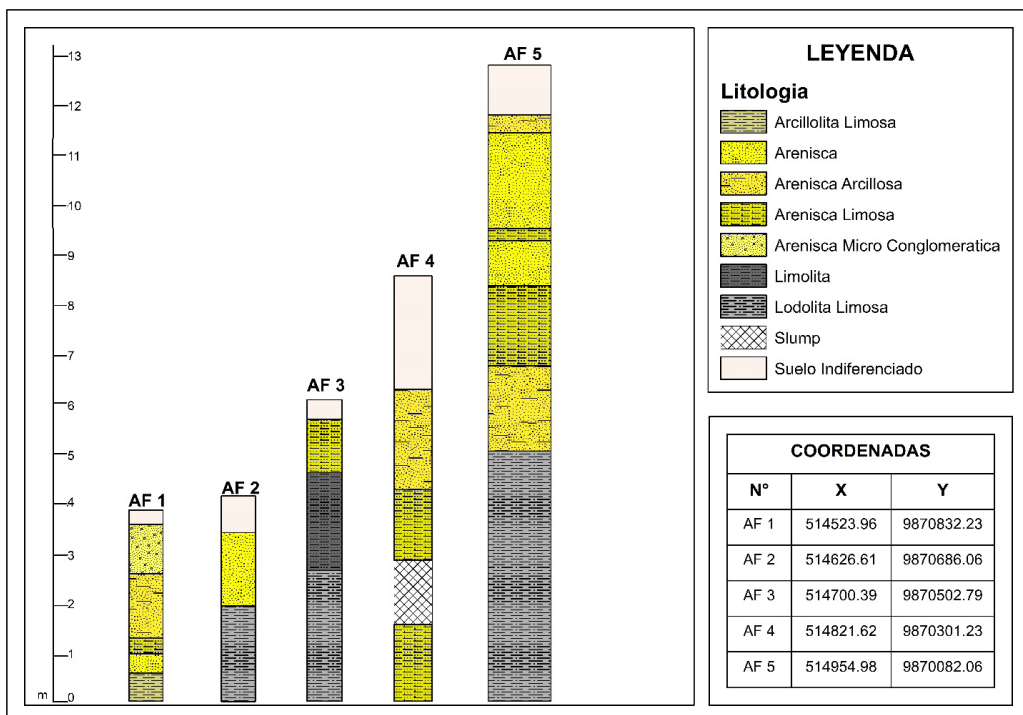


Tabla 1. Porcentajes de los componentes esenciales de los tipos de rocas Arcosa Lítica y Grauvaca Lítica de los afloramientos AF1-M3, AF4-M2 y AF3-M4.

Código de muestra	Afloramiento - Muestra			Tipo de roca
	QFL			
	Q (%)	L (%)	F (%)	
AF1 - M3	50,87	23,26	25,87	Arcosa Lítica
AF4 - M2	40,34	26,80	32,80	
AF3 - M4	38,93	38,09	23,87	Grauvaca Lítica
Promedio	44,90	29,38	27,51	

Q: Cuarzo L: Fragmentos Líticos F: Feldespato

Lodolita limosa

De color verde amarillo grisáceo (5GY7/2) y verde pálido (5G7/2), consolidada. Se la puede observar en los afloramientos: AF2, AF3 y AF5 (Fig. 2).

Petrografía

Afloramiento AF1 y AF4

Las areniscas presentes en los afloramientos AF1 Y AF4 contienen en promedio un 45% de cuarzo (Qz), 25% de fragmentos líticos y 29% de feldespatos (Tabla 1). Estas areniscas son de grano fino a medio con una buena clasificación, empaquetamiento puntual a tangente y presentan arcillosidad menor al 10%. El cuarzo monocristalino es de origen plutónico y el cuarzo policristalino de origen sedimentario. Los fragmentos líticos son de origen volcánico y sedimentarios, los feldespatos incoloros.

Afloramiento AF3

La muestra del afloramiento AF3-M4 presenta granos de muy fino a fino, con buena selección, de forma angular a subangular y escasamente redondeado, la esfericidad es subprismática a subdiscoidal y el empaquetamiento es flotante a tangente. La grauvaca de la muestra AF3 contiene un porcentaje de 38,93% de Qz, 37,09% de fragmentos líticos y 23,98% de feldespatos (Tabla 1), que de acuerdo con

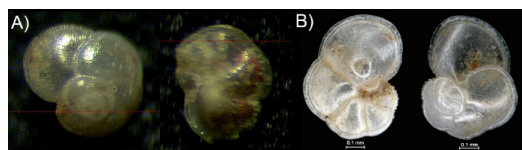


Figura 3. A, B: *Globorotalia unguolata* Bermúdez, 1961. A. Foto tomada con el estereoscopio digital. B. Foto tomada de Ovechkina et al. (2010), con microscopio electrónico de barrido.

Tabla 2. Porcentajes de los componentes mineralógicos de las areniscas en los afloramientos AF1-M3, AF4-M2 y AF3-M4.

Código de muestra	Afloramiento - Muestra								
	Q - F - L			Qm - F - Lt			Qp - Lv - Ls		
	Q (%)	L (%)	F (%)	Qm (%)	F (%)	Lt (%)	Qp (%)	Lv (%)	Ls (%)
AF1 - M3	50	23	25	50	26	23	1,2	87	11,1
AF3 - M4	38	37	24	38	24	37	0,4	55	44,2
AF4 - M2	40	26	32	36	30	32	0,5	71	28,4
Promedio	43	29	27	42	26	31	0,7	71	27,9

Q: Cuarzo, F: Feldespatos, L: Fragmentos Líticos, Qm: Cuarzo Monocristalino, Lt: Líticos Totales, Qp: Cuarzo Policristalino, Lv: Líticos Volcánicos, Ls: Líticos Sedimentarios

la clasificación de Folk (1980) recibe el nombre de Grauvaca Lítica.

Procedencia tectónica

Para el afloramiento de la arcosa lítica (AF1-M3) el diagrama ternario de Dickinson (1983) evidencia que la muestra se sitúa en Orogenia Reciclada, mientras que en el Diagrama auxiliar de Dickinson (1983) se ubica en Mezcla; y en el Diagrama de Dickinson y Suczek (1979) se colocan en tendencia a Orógeno de Colisión.

La muestra AF3-M4 en el Diagrama trino de Dickinson (1983) se observó que la muestra se coloca entre Arco Disectado y Orógeno Reciclado; por consiguiente, en el Diagrama auxiliar de Dickinson (1983) se sitúa en Mezcla; y en el Diagrama de Dickinson y Suczek (1979) se disponen en Orógeno de Arco. Al plotear los valores porcentuales de la Arcosa Lítica (AF4-M2), en el diagrama de Dickinson (1983) se ubica en Arco Disectado; por otro lado, en el Diagrama auxiliar de Dickinson (1983) se dispone en Arco Disectado; mientras que en el Diagrama de Dickinson y Suczek (1979), tienen una tendencia entre Orógeno de Arco y Orógeno de Colisión.

Bioestratigrafía

Los foraminíferos plantónicos presentes en las muestras tomadas de los cinco afloramientos son: *Globoro-*

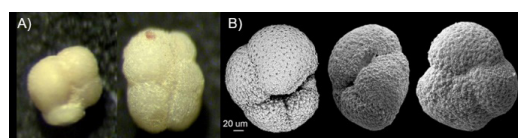


Figura 4. A, B: *Globorotalia continua* Blow, 1959. A. Foto tomada con el estereoscopio digital. B. Foto tomada de Lam et al. (2020), con microscopio electrónico de barrido.

Tabla 3. Porcentaje de foraminíferos bentónicos y ostrácodos hallados en la formación Canoa.

Foraminíferos Bentónicos y Ostrácodos de la formación Canoa	Abundancia	Porcentaje %
Foraminíferos Bentónicos		
<i>Uvigerina peregrina</i>	común	18,74
<i>Bulimina marginata</i>	raro	8,88
<i>Bolivina pisciformis</i>	común	12,00
<i>Bulimina denudata</i>	ausente	1,78
<i>Bulimina exilis</i>	ausente	1,62
<i>Bulimina elegantissima</i>	raro	3,62
<i>Nonion commune</i>	abundante	51,2
<i>Praebulimina jacksonensis</i>	ausente	0,125
<i>Nonion grateloupianii</i>	frecuente	37,6
<i>Melonis pompilioides</i>	frecuente	24,26
<i>Lenticulina americana</i>	ausente	1,26
<i>Textularia sagittula</i>	raro	5,24
<i>Agathamminoides serpens</i>	raro	2,50
<i>Plectofrondicularia californica</i>	ausente	0
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	común	19,12
<i>Lobatula lobatula</i>	ausente	0,30
<i>Cibicidoides kullenbergi</i>	frecuente	25,04
<i>Catavella bensoni</i>	común	11,00
Ostrácodos		
<i>Trochamminoides proteus</i>	raro	0,62
<i>Poseidonamicus pseudorobustus</i>	común	10,76
Gasterópodos		
<i>Indet</i>	raro	0,62

talia ungulata (Fig. 3), *Globorotalia tumida*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia acostaensis*, *Globigerina bulloides*, *Globigerina rubescens*, *Globigerina falconensis*, *Globigerinoides ruber*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Trilobatus trilobus*, *Sphaeroidinellopsis paenedehiscens*, *Orbulina universa* y *Globorotalia continuosa* (Fig. 4). Con base en los ejemplares obtenidos, la edad relativa asignada a la formación Canoa es Plioceno inferior a Plioceno medio.

Paleoecología

El porcentaje de la ocurrencia de los foraminíferos bentónicos calcáreos y aglutinados (Tabla 3) de los géneros *Uvigerina*, *Bulimina*, *Nonionella*, *Bolivina*, *Cibicidoides*, *Spiroplectamina* y *Trochammina*, establece que el ambiente deposicional de la formación Canoa es de plataforma interna de aguas cálidas, con una diversificación de infralitoral a litoral y salinidad que varía de baja a alta. Existió un cierre y apertura de una bahía el cual daba paso a una laguna y luego otra vez bahía, la aparición y abundancia del género *Quinqueloculina* resalta este hecho.

Análisis de resultados

Litológico

En esta investigación se confirma que los afloramientos (AF1-AF5) corresponden litológicamente con los datos de la formación Canoa de Baldock (1982) y Álvarez Córdova (2002).

Al igual que Álvarez Córdova (2002) se determinó que la formación que sobryace a la formación Canoa es Tablazo y la que subyace es Angostura, en base a las litologías y ocurrencias de foraminíferos plantónicos pertenecientes a la edad de la formación Angostura (Figs. 1 y 2).

Petrografía

Las areniscas de los afloramientos AF1 y AF4 presentan en promedio un 45% de cuarzo (Qz), 25% de fragmentos líticos y 29% de feldespatos; estas son clasificadas como Arcosas líticas. La grauvaca del afloramiento AF3 contiene un porcentaje de: 38.93% de cuarzo, 37.09% de fragmentos líticos y 23.98% de feldespatos, recibe el nombre de Grauvaca lítica.

Procedencia tectónica

Las Arcosas Líticas y Grauvaca Líticas referente a la formación Canoa del sector de la quebrada El Mangle presentan un exuberante contenido de líticos volcánicos (Lv) con 71.36%, valores equivalentes muestra el cuarzo (Qz) con 43.38% y cuarzo monocristalino (Qm) con 42.15%, de la misma manera valores semejantes corresponden a los líticos sedimentarios (Ls) con 27.90% y feldespatos (F) con 27.55%; los cuarzos policristalinos (Qp) presentan los contenidos más bajos con 0.25%. Por lo tanto, se concluye que el ambiente de procedencia es Arco Magmático y Orogenia Reciclada, el ambiente tectónico deposicional es arco de isla o arco continental.

Bioestratigrafía

Las muestras recolectadas de los afloramientos de la formación Canoa para realizar el análisis bioestratigráfico contenían abundancia de microorganismos fósiles y ninguna de ellas resultó estéril. La edad relativa de las rocas de la formación Canoa es Plioceno, por la ocurrencia de *Globorotalia ungulata* y *Globorotalia continuosa* (Figs. 3 y 4), presentes en los afloramientos AF1, AF3, AF4 y AF5 (Fig. 2).

Por lo tanto, se determina que la formación Canoa corresponde al Plioceno Inferior a Medio, debido a la ocurrencia de los marcadores fósiles *Globorotalia ungulata* y *Globorotalia continuosa*. Esta segunda especie no concuerda con el de Álvarez Córdova et al. (2009), sin embargo, coincide en que también se extingue a partir de la zona N20. También concuerda con la presencia de *Globigerina bulloides*, *Globigerina apertura*, y *Globigerina rubescens*.

Paleoecología

Se concluyó que, con relación a la formación Canoa Inferior, existe un entorno de sedimentación en una Plataforma Interna caracterizada por aguas cálidas, cuya concentración salina es variable debido a la presencia de especies eurihalinas. Respecto a la formación Canoa Superior, se determinó que su entorno de sedimentación es mutable, abarcando desde una zona infralitoral hasta litoral.

Los resultados de esta investigación ratifican que, a partir del análisis de los foraminíferos bentónicos y los ostrácodos encontrados, el entorno de sedimentación corresponde a una Plataforma Interna con fluctuaciones en la salinidad, debido a que esta varía desde niveles bajos hasta altos.

Conclusiones

- Basándonos en la descripción litológica de la región examinada, se puede inferir que los afloramientos ubicados en la zona de El Mangle son representativos de la formación Canoa.
- La naturaleza tectónica se caracteriza por ser resultado de una Orogenia Reciclada, mientras que el contexto tectónico se relaciona con un entorno de Arco Magmático y una Orogenia Reciclada que corresponde al tipo arco de isla.
- Se concluye que la edad relativa de la formación Canoa es Plioceno Inferior a Medio, basándonos en la presencia de los foraminíferos planctónicos *Globorotalia ungulata* y *Globorotalia continuosa*.
- La presencia predominante de foraminíferos bentónicos calcáreos y aglutinados como *Uvigerina peregrina*, *Bulimina marginata*, *Bolivina pisciformis*, *Bulimina denudata*, *Bulimina exilis*, *Bulimina elegantissima*, *Nonion commune*, *Nonion grateloupianii*, *Textularia sagittula*, *Lobatula lobatula*, *Cibicides kullenbergi* y *Trochammina proteus*, lleva a la

conclusión de que el antiguo entorno de sedimentación puede ser identificado como Plataforma interna.

- Debido a la escasez de *Globorotalia continuosa* en el afloramiento AF2, se determina una edad relativa con un rango estratigráfico del Plioceno al Pleistoceno Temprano.
- La presencia de aguas cálidas y la variabilidad en la salinidad debido a especies eurihalinas indican condiciones ambientales fluctuantes en una Plataforma Interna.

Recomendaciones

- Dada la presencia de una variedad de foraminíferos bentónicos calcáreos y aglutinados que indican un antiguo entorno de Plataforma Interna, se recomienda realizar estudios paleoambientales para reconstruir las condiciones ambientales pasadas de la región. Esto podría incluir análisis de isótopos, sedimentología y otros métodos para comprender cómo han cambiado las condiciones a lo largo del tiempo.
- Debido al contexto tectónico de Arco Magmático y Orogenia Reciclada, sería valioso desarrollar modelos geológicos que expliquen la evolución tectónica de la región. Esto podría incluir la integración de datos geofísicos, geoquímicos y mapeos para comprender cómo se ha formado y modificado la región a lo largo del tiempo.

Referencias bibliográficas

- Acosta Chilán, Karina Isabel. 2015. "Ubicación Del Contacto Bioestratigráfico Plioceno-Pleistoceno al Noroeste de San José - Sur de La Provincia de Manabí." Tesis, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11722>.
- Álvarez Córdova, VIVIANA. 2002. "Corte Geológico Del Neógeno En Los Acantilados Entre Santa Rosa y San José Provincia de Manabí." GUAYAQUIL: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Álvarez Cordova, Viviana, Stalin Benítez Acosta, and Martha Ordoñez Fiallos. 2009. "Evolución Tectono-Sedimentaria Plio-Cuaternaria de La Zona Entre Santa Rosa y San José, Prov. de Manabí." *Escuela Superior Politécnica Del Litoral*, 10. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/2500>.
- Baldock, Jhon W. 1982. *Geología Del Ecuador: Boletín de La Explicación Del Mapa Geológico de La República Del Ecuador, Escala 1:1,000,000*. Edited by Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos and Instituto de Ciencias Geológicas del Reino Unido. Quito: Instituto Geográfico Militar. <https://books.google.com.ec/books?id=EjhCHQAACAJ>.
- Celma, Claudio Di, Luca Ragaini, Gino Cantalamessa, and Walter Landini. 2005. "Basin Physiography and Tectonic Influence on Sequence Architecture and Stacking Pattern:

- Pleistocene Succession of the Canoa Basin (Central Ecuador)." *Geological Society of America Bulletin - GEOL SOC AMER BULL* 117 (September): 1226-41. <https://doi.org/10.1130/B25684.1>.
- Celma, Claudio Di, Luca Ragaini, Gino Cantalamessa, and Curzio P. 2002. "Shell Concentrations as Tools in Characterizing Sedimentary Dynamics at Sequence-Bounding Unconformities: Examples from the Lower Unit of the Canoa Formation (Late Pliocene, Ecuador)." *Geobios* 35 (December): 72-85. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(02\)00049-9](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(02)00049-9).
- Chayes, Felix. 1956. *Petrographic Modal Analysis: An Elementary Statistical Appraisal*. Book. Edited by Wiley. New York: John Wiley and Sons [etc.]. https://books.google.com.ec/books/about/Petrographic_Modal_Analysis.html?id=_dgJAQAIAAJ&redir_esc=y.
- Compton, Robert R. 1962. *Manual of Field Geology*. 4th ed. First Wiley Eastern Reprint. New York: Wiley. <https://books.google.com.ec/books?id=XdQJAQAIAAJ>.
- Cordova P, Joao, and Stephany Pachay Luna. 2023. "Geología de La Formación Canoa (Plioceno), Acantilados Del Sector El Mangle, Cantón Montecristi, Provincia de Manabí." Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/68178>.
- Dickinson, William R, L Beard, G Robert Brakenridge, James L Erjavec, Robert C Ferguson, Kerry F Inman, R E X A Knepp, F Alan Lindberg, and Paul T Ryberg. 1983. "Provenance of North American Phanerozoic Sandstones in Relation to Tectonic Setting." *GSA Bulletin* 94 (2): 222-35. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1983\)94<222:PONAPS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1983)94<222:PONAPS>2.0.CO;2).
- Dickinson, William R, and Christopher A Suczek. 1979. "Plate Tectonics and Sandstone Compositions1." *AAPG Bulletin* 63 (12): 2164-82. <https://doi.org/10.1306/2F9188FB-16CE-11D7-8645000102C1865D>.
- Folk, Robert L. 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin: Hemphill Publishing Company. <https://books.google.com.ec/books?id=e-cKAQAIAAJ>.
- Kraglievich, Lucas. 1970. "Informe Preliminar Sobre La Fauna Fósil de La Formación Canoa."
- Lam, Adriane R, and R Mark Leckie. 2020. "Late Neogene and Quaternary Diversity and Taxonomy of Subtropical to Temperate Planktic Foraminifera across the Kuroshio Current Extension, Northwest Pacific Ocean." *Micropaleontology* 66 (3).
- Marchant, Stephen. 1961. "A PHOTOGEOLOGICAL ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE WESTERN GUAYAS PROVINCE, ECUADOR: WITH DISCUSSION OF THE STRATIGRAPHY AND TABLAZO FORMATION, DERIVED FROM SURFACE MAPPING." *Quarterly Journal of the Geological Society* 117 (1-4): 215-31. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.117.1.0215>.
- Munsell. 2009. "Rock-Color Chart." *X-Rite*, 11. http://www.vawaterwellassociation.org/wp-content/uploads/2014/05/Munsell-sample-from-the-munsell-website-CIPA00011_599.pdf.
- Núñez del Arco, Eugenio. 2003. *Geología Del Ecuador*. Edited by Escuela Superior Politécnica del Litoral. Colección Nuestros Valores. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://books.google.com.ec/books?id=x67AtgAACAAJ>.
- Ordóñez, Martha, Nelson Jiménez, and Johnny Suárez. 2006. *Micropaleontología Ecuatoriana*. Edited by Petroproducción. Quito: Centro de investigaciones Geológicas de Guayaquil.
- Ovechkina, María, Marina Bylinskaya, and Ron Uken. 2010. "Planktonic Foraminiferal Assemblage in Surface Sediments from the Thukela Shelf, South Africa." *African Invertebrates* 51 (December): 231-254. <https://doi.org/10.5733/afin.051.0202>.
- Paladines, Agustín. 1989. *Zonificación Geotectónica y Metalogenia Del Ecuador*. Instituto. Quito.
- Pilsbry, Henry A, and Axel A Olsson. 1941. "A Pliocene Fauna from Western Ecuador." *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 93 (February): 1-79. <http://www.jstor.org/stable/4064329>.
- Powers, Maurice Cary. 1953. "A New Roundness Scale for Sedimentary Particles." *Journal of Sedimentary Research* 23 (2): 117-19. <https://doi.org/10.1306/D4269567-2B26-11D7-8648000102C1865D>.
- Savoyat, E. 1971. "Leyenda Explicativa de La Hoja de Montecristi, 1/100.000." *Departamento de Investigación Geológica, Ministerio de Recursos Naturales y Turismo*.
- Servicio Geológico Nacional. 2008. "Hoja Geológica de Montecristi." *Ministerio de Minas y Petróleo*.
- Wentworth, Chester K. 1922. "A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments." *The Journal of Geology* 30 (5): 377-92. <https://www.jstor.org/stable/30063207>.

On the reinstatement of *R. samoensis* and *R. brevistyla* in East Pacific red mangroves (*Rhizophora*, *Rhizophoraceae*)

Xavier Cornejo¹, Carmita Bonifaz¹

¹Herbario GUAY, Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s.n. y Av. Juan Tanca Marengo (campus Mapasingue), Guayaquil, Ecuador. Orcid: 0000-0002-4081-4047

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Abstract

On the basis of previously presented molecular studies, *Rhizophora samoensis* (Hochr.) Salvoza and *R. brevistyla* Salvoza (*Rhizophoraceae*) are here reinstated as valid names for the Eastern Pacific red mangroves. The identical meaning of vernacular names of *R. samoensis* from Samoa and coastal Ecuador is here reported for first time. The lectotype of the basionym *Rhizophora mangle* var. *samoensis* is designated.

Keywords: Lectotype; mangal; Pacific Ocean, transoceanic; vernacular names.

Resumen

Con base en estudios moleculares previamente presentados, se reestablece *Rhizophora samoensis* (Hochr.) Salvoza y *R. brevistyla* Salvoza como nombres válidos de mangles rojos para el Pacífico Este. Se reporta por primera vez el idéntico significado de los nombres vernáculos de *R. samoensis* en Samoa y costa de Ecuador. Se designa el lectotipo del basónimo *Rhizophora mangle* var. *samoensis*.

Palabras claves: Lectotipo; manglar; nombres vernáculos; océano Pacífico; transoceánico.

Introduction

Rhizophora L. (*Rhizophoraceae*) is the emblematic and most conspicuous Pantropical genus of mangroves; it is characterized by aerial prop roots, decussate branches and evergreen simple leaves, a pair of deciduous narrowly-lanceolate stipules in a conical-terminal arrangement, cymose-axillary inflorescences, berry-like fruits that develop piercing-pendulous outer embryos termed hypocotyls, propagules or radicles (Salvoza, 1936; Hou, 1960; Tomlinson, 1986; Duke, 2010; Cornejo, 2014; Cerón-Souza et al., 2010; Prance, 2018). The genus comprises six species and hybrids commonly known as red mangroves which for thousands of years have provided many goods and services to countless human groups that have settled and flourished along seacoasts mostly in tropical and also in subtropical belts between latitudes of around 32°N and 38°S (Stothert, 2011; Lo et al., 2014; Prance, 2018).

Currently, the species of *Rhizophora* are grouped into two biogeographically disjunct and isolated realms, whose genetic divergence using cpDNA has been estimated to have occurred approximately 10.6 MA (5.4 to 16.3 MA), when the Tethys Sea closed

(Takayama et al. 2021). Each of those *Rhizophora* realms are floristically dissimilar and having a particular composition, namely the Indo-West Pacific (IWP) and Atlantic-East Pacific (AEP) (Salvoza, 1936; Tomlinson, 1986; Duke, 2010; Takayama et al., 2021), the AEP group is the focus of this paper. Two species and a hybrid are formally recognized to occur broadly along both coasts of the American continents: *R. mangle* L. (1753, the nomenclatural generic type), *R. racemosa* G. Mey (1818) and *R. x harrisonii* Leech. (1918; Cerón-Souza et al., 2010; Cornejo, 2013; Prance, 2018).

Rhizophora has been monographed by Salvoza (1936), Hou (1960) and Prance (2018); however, recent molecular studies (Takayama et al., 2013, 2021; Francisco et al., 2018; Mori et al., 2021) are challenging the traditional taxonomy and nomenclature on this genus for AEP, that since Linnaeus' time has been mostly based on morphology. The genetic studies (op. cit.) suggest that the strong similarity in nuclear and chloroplast markers and the identical haplotype and alleles does not allow genetic differentiation between the Polynesian *R. samoensis* (Hochr.) Salvoza lineage, the only species of *Rhizophora* in Samoa (Whistler, 1992; Fig. 1: A, B) and most of the eastern Pacific populations (Fig. 2: A, B), the latter traditionally

* Correspondencia del autor:

E-mail: xcornejoguay@gmail.com



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

identified as *R. mangle*, coupled to the absence of clear-cut morphological characters, indicates that both names of indistinguishable transpacific populations refer to a single genetic taxonomic entity (Duke, 2002; Takayama et al., 2013, 2021; Mori et al., 2021). Furthermore, due to the apparently absence of sharp morphological characters to separate the populations of *R. mangle* from the Pacific and Atlantic coasts and following the principle of priority, Art. 11 of ICBN (Turland et al., 2018), *R. samoensis* has been synonymized and treated in a very broad sense as *R. mangle* (Linnaeus, 1753; Guppy, 1906; Hou, 1960; Prance, 2018), the older name for a species genetically distinct and originally described from the West Indies.

Conversely, recent studies based on molecular markers have revealed a diphyly and different genetic structure of *R. mangle* and *R. racemosa* on the oceanic basins of either side of the American continent, which plays the role of a barrier to gene flow within the genus, and that *R. racemosa* from the Atlantic basin is more genetically similar to *R. mangle* from the same basin than to *R. racemosa* trees from the Pacific coast (Mori et al., 2021; Cerón-Souza com. pers.). The distinct genealogical lineages present two conspicuous allopatric patterns of distribution, each of those belonging and restricted to highly distinctive separate biogeographic units that started to differentiate from each other at least 3.1 to 3.5 MYA ago; they have been isolated since the closure of the Isthmus of Panama, an event occurred ca. 2.8 MYA, and are independently and parallel-evolving (Takayama, 2013; O’Dea et al., 2016; Cerón-Souza, unpublished). Consequently, the molecular results exhibit a case of “taxonomic inconsistency” and notorious limitation of “current morphology-based species designations” that is impractical for a precise definition of biological lineages, yielding a lack of accuracy for conservation and management purposes on East Pacific red mangroves (Mori et al., 2021). It is worthy mentioning that in the East Pacific, the endemic flora and fauna of the Galapagos Islands are a well-known case of allopatric evolution and speciation in isolated environments that in terms of periods of time is comparable to that of the *Rhizophora* in the same Pacific basin. The major islands of the Galapagos emerged between 4 to 0.07 MYA (Geist et al., 2014), allowed during this relatively short time span or even posteriorly to less than 50.000 YBP, the subsequent evolutionary formation of the conspicuous endemic taxa, e.g. the woody genus *Scalesia* (Darwin’s giant daisies, Asteraceae), which comprises 15 species (1.4 MYA to 24.000 YBP), the pink iguana *Conolophus marthae* (1.5 MYA), the Galapagos’ marine iguana *Amblyrhynchus cristatus* (less than 50.000 YBP), etc... (MacLeod et al., 2015; Hedrick, 2019; Fernández-Mazuecos et al., 2020), all of those within similar dates as or even younger than the red mangroves divergence on the same Pacific basin. Furthermore, must be considered that the fossil evidence suggests that during Eocene the Extra-Andean cordilleras in Northwestern South America (e.g. Chongón-Colonche)

were shallowly submerged as a reef within an open marine environment (Moreira, 2019), and that those initially emerged as isolated islands as a consequence of a collision of coastal Ecuador against the western Andean margin most likely during or posteriorly to the latest Oligocene-Miocene (ca. 28.1 to 20.4 MY) (Jaillard et al., 1995), having a similar path of evolution that involved the colonization by prehistoric mangroves (Cornejo & Lombardi, 2021) in proto Northwestern South America, at least 10 MY before the emergence and formation of present Galapagos islands and the closure of isthmus of Panama (op. cit.).

Currently, the proven natural lineages correlate with well-defined biogeographical patterns and provide valuable insights for delimiting species (Fujita et al., 2012). Therefore, the Red Mangroves species deserve to have their own names, and a re-evaluation and reshaping of the nomenclature of East Pacific *Rhizophora* is presented here. The accurate nomenclatural perspective of mangrove diversity allows the East Pacific taxa to be regarded as separate conservation and management units, as previously suggested (Takayama et al., 2013).

Whether a genetical-biogeographic or a morphological base is chosen for the recognition of biological entities, this is an open viewpoint that is not in conflict with ICN for species and names (Turland et al., 2018). Consequently, although there is a marked tendency of different length of (dry) sepals between *R. mangle* s.s. (11-15 mm long) versus *R. samoensis* (7-11 mm long), and different length of pistils and leaf shape between *R. racemosa* s.s. (pistils up to 7 mm long and blades mostly oblanceolate to oblanceolate-elliptic or narrowly elliptic) versus *R. brevistyla* Salvoza (pistils 3-5 mm long and blades usually lanceolate or ovate to elliptic-oblong or broadly elliptic to obovate) (Gregory; 1958; Cornejo, 2014), the recognition of separate taxa of *Rhizophora* for East Pacific is mostly based on unequivocal genetical and biogeographical evidence rather than sharply phenotypical-morphological differentiation. Therefore, as *R. mangle*, *R. racemosa* and *R. x harrisonii* are the earliest red mangroves in AEP, discovered and typified from the West Indies and Guianas, respectively (Linnaeus, 1753; Hou, 1960; Prance, 2018), those names remain attached to the Atlantic basin taxa, and consequently, changes in the nomenclature are needed for the East Pacific red mangroves. Reviewing the nomenclatural history of the East Pacific *Rhizophora*, which fortunately is well-documented, Salvoza (1936) formally recognized *R. samoensis* at specific rank and established *R. brevistyla* as a new species, both regarded as the American Pacific counterpart for the Atlantic *R. mangle* and *R. racemosa*; those are the unique names for red mangroves in the East Pacific region that must be followed according to ICN (Turland et al., 2018). Salvoza’s nomenclatural proposal was accepted in Flora of Panama (Gregory, 1958), but due to the apparently slight morphological differences ended up relegated to the synonymy of the Atlantic *R. mangle*

and *R. x harrisonii* (Hou, 1960, as *R. harrisonii*), respectively; and this nomenclatural conclusion on East Pacific taxa has been broadly accepted to the present day (Cornejo, 2013, 2014; Prance, 2018). In the latter, the synonymization of *R. brevistyla* as *R. x harrisonii* was effected without any other option because Hou (op. cit.) thought that *R. harrisonii* was the only species in the genus with multiflorous inflorescences on the west coasts of the Americas, regarding *R. racemosa* as restricted to the Atlantic basin. *Rhizophora brevistyla* has been cited as a hybrid for EAP (Duke, 2017; Saenger et al., 2019), however, that name it is not regarded as valid because the hybrid status has not been formally presented following Art. 41.1, and 41.5 of ICBN (Turland et al., 2018).

Conversely, supported by the recently discovered genetic lineages on the East Pacific, the names proposed by Salvoza are here reinstated, and the populations of red mangroves traditionally identified as *R. mangle s.l.* and *R. racemosa s.l.* on the Pacific coasts of America are here recognized as *R. samoensis* and *R. brevistyla*, respectively, two genetically porous species that have experienced ancient and steady hybridization and introgression (Cerón-Souza, 2010); however, the latter species need further explanations. According to Hou (1960:629), the contracted or rather loose architecture of inflorescences is the first character to separate *R. racemosa* from *R. x harrisonii*; however, molecular results (Mori et al., 2021, fig. 4, 5; Cerón-Souza et al., unpublished) demonstrate that in the East Pacific *Rhizophora*, the individuals that have inflorescences that could be rather contracted (typical of *R. racemosa*) or somewhat elongate, slender and loose (what though to be *R. x harrisonii*), do not have a genetic differentiation among them and that the apparently morphological differences neither suggest a hybrid origin. The molecular evidence (Mori et al., 2021 fig. 4, 5; Cerón-Souza et al., unpublished) reveals that both names are a same genetic entity that can express phenotypic plasticity exhibiting contracted or slender and loose inflorescences without taxonomic value. This unexpected new information demonstrates that the traditionally used morphological character cannot separate the species and the hybrid, respectively. Consequently, opposite to Hou (1960) and Prance (2018), the Pacific *R. brevistyla* cannot be synonymized under the Atlantic *R. x harrisonii* because: i) is an allopatric different genetic lineage that has been independently originated and separately maintained on the other side of the American continent (Mori et al., 2021), ii) the rather contracted vs. loose structure of inflorescences do not correlate to a hybrid, but to a genetically consistent single species; and, iii) *R. brevistyla* has no natural dispersal capacity for reaching even the Galapagos islands that are located 500 to 650 M west off the coast of continental Ecuador, therefore, the notorious shorter capacity of dispersal, whether caused by a lower tolerance to sea salinity and/or to high Equatorial solar irradiance intensity in open sea or due to any other limiting factor, must

be regarded as a distinctive physiological-ecological difference if compared *R. brevistyla* against to the also Equatorial but trans-Atlantic populations of *R. x harrisonii s.s.* or *R. racemosa s.s.*, that have a conspicuously greater dispersal range -in a higher sea surface salinity- exhibiting an average disjunction of ca. 2,500 to 3,500 M (Breteler 1969, 1977; Tomlinson, 1986; Lo et al., 2014; Jones and Cessi, 2017; Craig et al., 2017). Therefore, the populations identified as *R. racemosa s.l.* and *R. x harrisonii s.l.* in East Pacific both are here recognized as one species under the name of *R. brevistyla*. A nomenclatural hybrid between *R. samoensis* and *R. brevistyla* is expected to be formally recognized pending further additional molecular studies.

Regarding to the morphology, the isotype of *Rhizophora mangle* var. *samoensis* Hochr., the basionym of *Rhizophora samoensis* that is held on G Herbarium, exhibit an inflorescence with 6 flowers (Fig. 1: A), that trait has been confirmed by recent field exploration in mangroves of Samoa (photos sent to senior author by Yero Kuethe), where *R. samoensis* produce inflorescences with 6 to 7 flowers (Fig. 1: B), and matches the description for this species (Salvoza, 1936). On the eastern Pacific, the populations of *R. samoensis* (currently known as *R. mangle*) often have inflorescences with 2 to 4 flowers, and sometimes 5 to 7 flowers (Fig. 2: A, B). Molecular studies (Takayama et al., 2013, 2021; Mori et al., 2021), have demonstrated that the 2 to 7 flowers per inflorescence in the transpacific populations of *R. samoensis* is the result of phenotypic plasticity within a same genetic entity. As the main character of *R. samoensis* (as *R. mangle* from E Pacific) has been stated and believed to be 2 to 4 flowers per inflorescence (e.g., Hou, 1960; Cornejo, 2014; Prance, 2018), the circumscription of this species must be broadened including the number of flowers per inflorescence that present the overlooked G isotype, therefore, an updated key to the species is provided.

Taxonomy

1. ***Rhizophora samoensis*** (Hochr.) Salvoza, Nat. Appl. Sci. Bull. Philipp. 5(3): 220, fig. 6. 1936. (Fig. 1: A, B; 2: A, B).

Basionym: *Rhizophora mangle* var. *samoensis* Hochr., Candollea 2: 447. 1925. TYPE: SAMOA. île d'Upolu, Apia, mangrove, 26 Mar 1905 (fl), B. P. G. Hochreutiner 3423 (Lectotype, designated here: G-00446757 [image!]; isotype: G [image!]).

Two mounted type specimens of *Rhizophora mangle* var. *samoensis* are held in G herbarium, both with the same collector, number of collections, locality, and date, that with the printed label and barcode is here selected as lectotype.

Usually identified as: *Rhizophora mangle* L. *sensu lato*.

Habitat and distribution: In the east Pacific from Baja California to northwestern Peru, also in the Galapagos and trans-Pacific disjunct to the Indo West Pacific in Western Polynesia: Tonga

and Samoa; South Melanesia: New Caledonia, Vanuatu, and Fiji (Salvoza, 1936; Gregory, 1958; Duke, 2010).

For a full description and additional comments see Cornejo 2014:234 (as *R. mangle*).

2. *Rhizophora brevistyla* Salvoza, Nat. Appl. Sci. Bull. Philipp. 5(3): 211, fig. 2. 1936. (Fig. 2: C, D).

TYPE: PANAMA. Panama, along the Pacific coast, Bella Vista, 10 Sep 1929 (fl), F. M. Salvoza 1007 (Holotype: A-55199 [image!]; isotypes: L-9919 (fragm.), S-04-1961 [image!]).

Usually identified as: *Rhizophora racemosa* G. Mey., *sensu lato*; *R. harrisonii* Leechm., *sensu lato*; *R. x harrisonii* Leechm., *sensu lato*.

Habitat and distribution: In the east Pacific from El Salvador to northwestern Peru (Salvoza, 1936; Gregory, 1958).

For a full description and additional comments see Cornejo 2014:238 (as *R. racemosa*).

Key To The East Pacific Species Of *Rhizophora*

- 1a. Inflorescences pauciflorous, 1-2-branched, geminate, cymose or true cymes with

2 to 7 flowers; ovules always cream; fully developed hypocotyls 13-30 cm long.....

Rhizophora samoensis

- 1b. Inflorescences multiflorous, 3-5(-6?)-branched, cymose, with 8-64 (or more?) flowers; ovules sometimes pink or reddish to crimson-red; fully developed hypocotyls 20-52 cm long.....*Rhizophora brevistyla*

Meaning of vernacular names of *Rhizophora samoensis* in samoa and coastal ecuador

It is interesting to note the identical meaning of vernacular names in different languages and similar perspectives of *R. samoensis* regarding other species of mangroves from Samoa and coastal Ecuador (Acosta-Solis, 1961:79; Dinaf-Clirsen, 1991; Cornejo, 2014; Whistler, 2000; Iakopo, 2006). *Rhizophora samoensis* in Samoan is known as "Togo tane" that means male mangrove (Whistler, 2000; Iakopo, 2006), whereas in coastal Ecuador the same species is known among several other Spanish vernacular names as "mangle macho" and "mangle caballero", both also meaning male mangrove (Acosta-Solis, 1961:79;

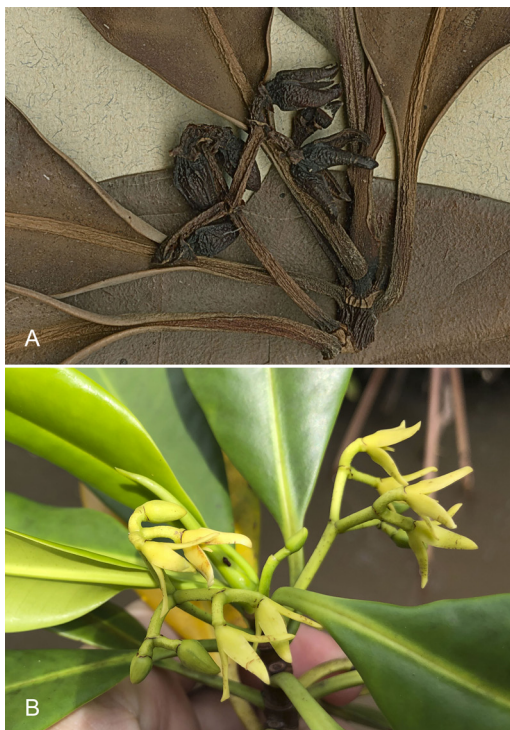


Fig. 1. *Rhizophora samoensis*, terminal leafy branches and inflorescences holding 6 to 7 flowers, from Upolu island, Samoa. A. Close up from G Isotype. B. Fresh material.— A Courtesy of G Herbarium. B. Courtesy of YERO KUETHE.

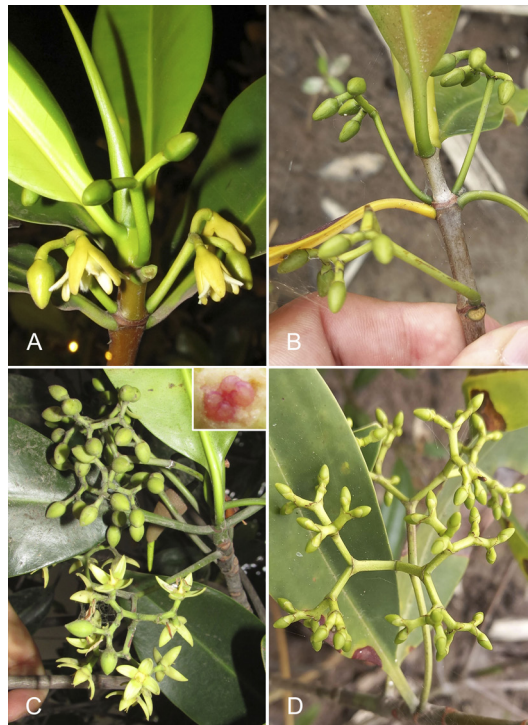


Fig. 2. *Rhizophora samoensis*, terminal leafy branches and inflorescences holding 2 to 6 flowers, from Ecuador. A. From San Cristobal, Galápagos islands. B. From Nuevo Porvenir, province of Guayas, continental Ecuador. C. From University of Guayaquil, province of Guayas. D. From Nuevo Porvenir, province of Guayas. A-D Photos by XAVIER CORNEJO.

Dinaf-Clirsen, 1991; Cornejo, 2014). In the latter region the "macho" word when applied to plants strictly means male (obs. pers.), and because of the taller height that *R. samoensis* can achieve, it is used to differentiate it from shorter species of mangroves, regarded and named as female mangroves, that is *Hilairanthus germinans* (L.) Cornejo (syn. *Avicennia germinans*, Acanthaceae) in coastal Ecuador as well as *Bruguiera gymnorhiza* the Samoan "Togo fafine" that translated is female mangrove in Samoa (Acosta-Solís, 1961:79; Whistler, 2000; Iakopo, 2006:15). The same meaning of vernacular names of the remarkable trans-Oceanic disjunct populations of *R. samoensis* on eastern and western Pacific exhibits a case of random coincidence or perhaps the evidence of some transoceanic connection (Gilmore, 1930; Heyerdahl, 1952; MacDougall, 2003; Warren, 2016; Ioannidis et al., 2020) that suggests that "mangle macho" may have been a translation to Spanish inherited from a lost pre-Hispanic autochthonous language (Galeote, 1997; Herrero-López, 2016), that was the putative ancestral origin of the mentioned vernacular names of *R. samoensis* in coastal Ecuador (Figure 1 y 2).

Acknowledgements

Thanks to herbaria A, G, GOET, and K for sharing digital images of the types of *Rhizophora brevistyla*, *R. samoensis*, *R. racemosa*, and *R. x harrisonii*, respectively. The first author visited the following herbaria: AAU, COL, GB, GUAY, INB, L, MO, NY, S, SEL, US, WIS. The revision of *Rhizophora* by Salvoza was provided by the Missouri Botanical Garden Interlibrary Loan. Ivania Cerón-Souza, Gustavo Mori and Hanno Schaefer provided useful comments on the interpretation of genetic structure of Pacific *Rhizophora*. Yero Kuethe shared with the first author his field images of *Rhizophora samoensis* from Samoa, and provided permission for publication of one of those (Fig. 1: B). Michael Nee and Gustavo Mori, reviewed and commented the manuscript.

Funding: No funding was received for this work.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical approval: No animal testing was performed during this study.

Sampling and field studies: The study does not contain sampling material or data from field studies. Observational permit for field studies are not required in Ecuador.

Data Availability Statement: Data sharing not applicable to this article as no datasets were generated or analyzed during the current study. The herbaria A, G, GOET, and K shared digital images of the types of *Rhizophora brevistyla*, *R. samoensis*, *R. racemosa*, and *R. x harrisonii*, respectively. The first author visited the following herbaria: AAU, COL, GB, GUAY, INB, L, MO, NY, S, SEL, US, WIS.

Author Contribution Statement: XC designed research and wrote most of the manuscript. CB conceived research and wrote some parts of the manuscript. All authors read and approved the manuscript.

Literature cited

- Acosta-Solís, M. (1961) Los Manglares del Ecuador. *Revista Geográfica* 54: 69-88.
- Breteler, F. J. (1969) The Atlantic species of *Rhizophora*. *Acta Botanica Neerlandica* 18: 434-441.
- Breteler, F. J. (1977) America's Pacific species of *Rhizophora*. *Acta Botanica Neerlandica* 26: 225-230.
- Cerón-Souza, I., E. Rivera-Ocasio, E. Medina, J. A. Jiménez, W. O. McMillan, and E. Bermingham (2010) Hybridization and introgression in New World red mangroves, *Rhizophora* (Rhizophoraceae). *American Journal of Botany* 97: 945-957.
- Cornejo, X. (2013) Lectotypification and a new status for *Rhizophora x harrisonii* (Rhizophoraceae), a natural hybrid between *R. mangle* and *R. racemosa*. *Harvard Papers in Botany* 18: 37.
- Cornejo, X. (2014) *Plants of the South American Pacific Mangrove Swamps (Colombia, Ecuador, Peru)*. Edu Quil, Ed. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Cornejo, X. and J. Lombardi (2021) *Salacia juradoi* (Celastraceae), a new species from coastal Ecuador. *Phytotaxa* 154: 125-130.
- Craig, P. M., D. Ferreira, and J. Methven (2017) The contrast between Atlantic and Pacific surface water fluxes. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography* 69, 1330454. Available from: <http://centaur.reading.ac.uk/68486/8/The%20contrast%20between%20Atlantic%20and%20Pacific%20surface%20water%20fluxes.pdf>
- Dinaf-Clirsen (1991) *Inventario de manglares del Ecuador continental*. CLIRSEN y Dirección Nacional Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador: 1-438.
- Duke, N. C. (2010) Overlap of eastern and western mangroves in the south-western Pacific: hybridization of all three *Rhizophora* (Rhizophoraceae) combinations in New Caledonia. *Blumea* 55: 171-188.
- Duke, N. C. (2017) *Mangrove floristics and biogeography revisited: further deductions from biodiversity hot spots, ancestral discontinuities, and common evolutionary processes*. In: Rivera-Monroy, V. H., V. H. Lee, S. Y. Kristensen, and R. Twilley, Eds., *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective*. Springer International Publishing, Cham, pp. 17-53. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4_2.
- Duke, N. C., E. Lo, and M. Sun (2002). Global distribution and genetic discontinuities of mangroves-emerging patterns in the evolution of *Rhizophora*. *Trees* 16: 65-79.
- Fernández-Mazuecos, M., P. Vargas, R. A. McCauley, D. Monjas, A. Otero, J. A. Chaves, J. A. Guevara-Andino, and G. Rivas-Torres (2020) The Radiation of Darwin's Giant Daisies in the Galápagos Islands. *Current Biology* 30 <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.09.019>
- Francisco, P. M., G. M. Mori, F. M. Alves, E.V. Tambarussi, and A. P. de Souza. (2018) Population, genetic structure, introgression, and hybridization in the genus *Rhizophora* along the Brazilian coast. *Ecology and Evolution* 8: 3491-3504.
- Fujita, M. K., A. D. Leaché, F. T. Burbrink, J. A. McGuire, and C. Moritz (2012) Coalescent-based species delimitation in an integrative taxonomy. *Trends in Ecology and Evolution* 27: 480-488.
- Galeote, M. (1997). Nombres indígenas de plantas americanas en los tratados científicos de fray Agustín Farfán. *Boletín*

- de *Filología* 36: 119-161.
- Geist, D. J., H. Snell, H. Snell, C. Gooddard, and M. D. Kurz (2014) A paleogeographic model of the Galapagos Islands and biogeographical and evolutionary implications. In: K. S. Harpp, E. Mittelstaedt, N. d'Ozouville, and D. W. Graham, Eds., *The Galapagos: a Natural Laboratory for the Earth Sciences*. Wiley, Hoboken NJ. Pp. 145-166.
- Gilmore, M. R. (1930) Dispersal by Indians a factor in the extension of discontinuous distribution of certain species of native plants. *Papers of the Michigan Academy of Science, Arts and Letters* 13: 89-94.
- Gregory, D. P. (1958) Rhizophoraceae. In R. E. Woodson, Jr., R. W. Schery and collaborators, Eds., *Flora of Panama*, Part VII, Fascicle 2. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 45: 136-142.
- Guppy, H. B. (1906) *Observations of a naturalist in the Pacific between 1896 and 1899*. Plant Dispersal, Vol. II. Macmillan, London.
- Hedrick, P. W. (2019) Galapagos Islands Endemic Vertebrates: A Population Genetics perspective. *Journal of Heredity* 110(2): 137-157.
- Heyerdahl, T. (1952) *American Indians in the Pacific: The Theory Behind the Kon-Tiki Expedition*. Allen and Unwin, London.
- Herrero-López, I. (2016) The literary translation into Spanish of Native American proper names: A perspective on the transcultural construction of identity. *Meta* 61: 534-552.
- Hou, D. (1960) A review of the genus *Rhizophora* with special reference to the Pacific species. *Blumea - Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants* 10: 625-634.
- Iakopo, M. (2006) *Mangroves of Samoa: Status and conservation*. Ministry of Natural Resources, Environment and Meteorology. Samoa, 40 pp.
- Ioannidis, A. G., J. Blanco-Portillo, K. Sandoval, E. Hagelberg, J. F. Miquel-Poblete, J. V. Moreno-Mayar, J. E. Rodríguez-Rodríguez, C. D. Quinto-Cortés, K. Auckland, T. Pars, and K. Robson (2020) Native American gene flow into Polynesia predating Easter Island settlement. *Nature* 583(7817): 572-577.
- Jaillard, É., M. Ordóñez, S. Benítez, G. Berrones, N. Jiménez, G. Montenegro, and I. Zambrano (1995) Basin development in an Accretionary, Oceanic-floored Fore-Arc Setting: Southern Coastal Ecuador during Late Cretaceous-Late Eocene Time. In A. J. Tankard, R. Suárez S., and H. J. Welsink (Eds.), *Petroleum Basins of South America*, *American Association of Petroleum Geologist Memoir* 62: 615-631.
- Jones, C. S. and P. Cessi (2017) Another reason why the Atlantic is saltier than the Pacific. *Journal of Physical Oceanography* 47: 2843-2859.
- Leechman, A. (1918) II. The genus *Rhizophora* in British Guiana. *Bulletin of Miscellaneous Information, Royal Gardens, Kew* 1918(1): 4-8.
- Linnaeus, C. (1753) *Species Plantarum*, Vol. 1, Salvius. Stockholm.
- Lo, E. Y.Y., N. C. Duke, and M. Sun (2014) Phylogeographic pattern of *Rhizophora* (Rhizophoraceae) reveals the importance of both vicariance and long-distance oceanic dispersal to modern mangrove distribution. *BMC Evolutionary Biology* 14: 83. Available from: <https://bmcevolbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2148-14-83>
- MacDougall, A. (2003) Did native Americans influence the northward migration of plants during the Holocene? *Journal of Biogeography* 30: 633-647.
- MacLeod, A., A. Rodríguez, M. Vences, P. Orozco-terWengel, C. García, F. Trillmich, G. Gentile, A. Caccione, G. Quezada, and S. Steinfartz (2015) Hybridization masks speciation in the evolutionary history of the Galápagos marine iguana. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282, no. 1809 (2015): 20150425.
- Meyer, G. F. W. (1818) *Primitiae Florae Essequiboensis adjectis descriptionibus centum circiter stirpium novarum, observationibusque criticis*. Göttingen: Heinrich Dieterich.
- Moreira, R. C. (2019) Bioestratigrafía y ambiente sedimentario de deposición de las calizas de la formación San Eduardo (Eoceno) al sur del Bosque Protector Cerro Blanco, Provincia del Guayas. Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Ingeniero Geólogo. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 97 pp.
- Mori, G. M., A. G. Madeira, M. Vargas-Cruz, Y. Tsuda, K. Takayama, Y. Matsuki, Y. Suyama, T. Iwasaki, A. Pereira de Souza, M. I. Zuchi, and T. Kajita (2021) Testing species hypothesis in the mangrove genus *Rhizophora* from the Western hemisphere and South Pacific islands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 248: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106948>
- O'Dea A., H. A. Lessios, A.G. Coates, R. I. Eytan, S. A. Restrepo-Moreno, A. L. Cione, L. S. Collins, A. de Queiroz, D. W. Farris, R. D. Norris, R. F. Stallard, M. O. Woodburne, O. Aguilera, M. P. Aubry, W. A. Berggren, A. F. Budd, M. A. Cozzuol, S. E. Coppard, H. Duque-Caro, S. Finnegan, G. M. Gasparini, E. L. Grossmann, K. G. Johnson, L. D. Keigwin, N. Knowlton, E. G. Leigh, J. S. Leonard-Pinguel, P. B. Marko, N. D. Pyenson, P. G. Rachello-Dolmen, E. Soibelzon, L. Soibelzon, J. A. Tood, G. J. Vermeij, and J. B. C. Jackson (2016) Formation of the Isthmus of Panama. *Science Advances* 2(8): e1600883. Available from: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600883>
- Prance, G. T. (2018) *Rhizophoraceae*. In: Kelly, L. and W. Thomas, Eds., *Flora Neotropica*. 120: 1-63. Published by the Organization for Flora Neotropica by the New York Botanical Garden Press, New York.
- Saenger, P., P. Ragavan, C.-R. Sheue, J. López-Portillo, J. W. H. Yong., and T. Mageswaran (2019) Mangrove biography of the Indo-Pacific. In: Gul, B., B. Böer, M. A. Khan, M. Clüsener-Godt and A. Hameed, Eds., *Sabkha Ecosystems*, Task for Vegetation Science-49 VI: Asia/Pacific: 379-400. Springer.
- Salvoza, F. M. (1936) *Rhizophora*. *Natural and Applied Science Bulletin* 5: 179-237.
- Stothert, K. E. (2011) Coastal resources and the Early Holocene Las Vegas Adaptation of Ecuador. In: Bicho, N. F., J. A. Haws, and L. G. Davis (Eds.), *Trekking the shore: Changing coastlines and the Antiquity of Coastal Settlement: Interdisciplinary contributions to Archaeology*. Springer, New York, Pp. 355-382.
- Takayama, K., M. Tamura, Y. Tateishi, E. L. Webb, and T. Kajita (2013) Strong genetic structure over the American continents and transoceanic dispersal in the mangrove genus *Rhizophora* (Rhizophoraceae) revealed by broad-scale nuclear and chloroplast DNA analysis. *American Journal of Botany* 100: 1191-1201.
- Takayama, K., Y. Tateishi, and T. Kajita (2021) Global Phylogeography of Pantropical mangrove *Rhizophora*. *Scientific Reports* 11: 117228
- Tomlinson, P. B. (1986) *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, Cambridge, England, UK.
- Turland, N. J., J. H. Wiersma, F. R. Barrie, W. Greuter, D. L. Haksoworth, P. S. Herendeen, S. Knapp, W. H. Kusber, D. Z. Li, K. Marhold, and T. W. May (2018) *International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants (Shenzhen Code)*. Adopted by the Nineteenth International Botanical Congress, Shenzhen, China, July (2017) Koeltz Botanical Books, Königstein.
- Warren, R. J (2016) Ghosts of Cultivation Past - Native American Dispersal Legacy Persists in Tree Distribution. *PLoS ONE* 11(3): e0150707. doi:10.1371/journal.pone.0150707
- Whistler, W. A. (1992) Vegetation of Samoa and Tonga. *Pacific Science* 46: 159-178.
- Whistler, W. A. (2000) *Plants in Samoan Culture: The Ethnobotany of Samoa*. Honolulu: Isle Botanica.

Estimación poblacional de cuatro especies de cangrejos asociados a manglares, sector Uleam, río mache, Ecuador

Population estimate of four species of crab associated with
mangroves, Uleam sector, mache river, Ecuador

Darwin José Macías Alvarado¹, Jeixón Francisco Cobeña López¹,
Julexyc Elizabeth Mera Burgos¹, Luis Madrid Jiménez¹, Ever Darío
Morales Avendaño²

¹Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí (Uleam), Extensión Pedernales, Ecuador.

²Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López, Manabí,
Ecuador.

Recibido 01 agosto 2023, aceptado 11 de noviembre 2023, en línea 14 de diciembre 2023.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objeto el levantamiento de información sobre madrigueras de las especies: *Cardisoma Crassum*, *Uca* sp., *Goniopsis pulchra* y *Aratus* sp. asociadas a una comunidad de manglares del estuario del Río Cojimíes ubicada en el río Mache, Ecuador. Para el *Cardisoma Crassum* el área de monitoreo fue dividida en dos bloques (1 y 2) cada uno de 480m²; para *Uca* sp., *Goniopsis pulchra*, y *Aratus* sp. se seleccionó un área de 650m² con el fin de reportar la densidad de madrigueras en M/m². En cuanto a la captura de *C. crassum* se utilizaron 8 trampas (15x30x15cm) en 960m² y en las demás especies se utilizó el método manual de forma aleatoria. Además, se determinó el dimorfismo sexual, medidas de caparazón, quelípedos y pereiópodos. El cangrejo violinista (*Uca* sp.) fue el más abundante, seguido de *Goniopsis pulchra* y *Aratus* sp. con 67%, 24,5% y 8,5% respectivamente; reportándose un total de 64.33M/m² y en *C. crassum* 0.046 M/m² bloque1, 0.11M/m² bloque2. Se determinó una densidad moderada de madrigueras de *C. Crassum* y una elevada densidad de madrigueras de *Uca* sp. y de *G. pulchra*, y bajo las raíces de mangles se encontró madrigueras de *Aratus* sp.

Palabras claves: cangrejos, captura, densidad, estuario, madrigueras.

Abstract

The purpose of this work was to collect information on burrows of the species: *Cardisoma Crassum*, *Uca* sp., *Goniopsis pulchra* and *Aratus* sp. associated with a mangrove community in the Mache River estuary, Ecuador. For *Cardisoma Crassum* the monitoring area was divided into two blocks (1 and 2) each of 480m²; for *Uca* sp., *Goniopsis pulchra*, and *Aratus* sp. An area of 650m² was selected in order to report the density of burrows in M/m². Regarding the capture of *C. crassum*, 8 traps (15x30x15cm) were used in 960m² and the manual method was used randomly for the other species. In addition, sexual dimorphism, shell measurements, chelipeds and pereiopods were determined. The fiddler crab (*Uca* sp.) was the most abundant, followed by *Goniopsis pulchra* and *Aratus* sp. with 67%, 24.5% and 8.5%; respectively, reporting a total of 64.33M/m² and in *C. crassum* 0.046 M/m² block1, 0.11M/m² block2. A moderate density of burrows typical of the species *C. Crassum* and a high density of burrows of *Uca* sp. was determined and of *G. pulchra* and under the roots of mangroves burrows of *Aratus* sp.

Keywords: burrows, catch, crabs, density, estuary.

Introducción

Los crustáceos conforman uno de los grupos faunísticos más valiosos de los bosques de manglar; en particular los cangrejos, ya que presentan una elevada riqueza de especies, tienen una gran importancia ecológica por el constante mantenimiento que les dan a sus madrigueras permitiendo aireación del suelo, además

la hojarasca que cae de los mangles es consumida por los cangrejos, aportando nutrientes de las hojas mediante la deposición de heces (Capistrán et al., 2006).

Para Uscocovich (2015) los cangrejos son usuales habitantes del litoral estuarino. Su distribución y abundancia está controlada, entre otros factores, por

* Correspondencia del autor:

E-mail: luis.madrid@uleam.edu.ec



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

la alta disponibilidad de alimentos, el severo estrés fisiológico propio de estos ambientes, la diversidad de hábitats, la competencia interespecífica y el suministro de larvas.

El Ministerio del Ambiente (2018) indica que se han establecido periodos de veda de *Cardisoma crassum* para prohibir la captura mediante el Acuerdo Ministerial No. 171 (de octubre 24 del 2001) donde se prohibió la venta y comercio en el país cada año desde el 15 de Enero hasta el 15 de febrero, por encontrarse en etapa reproductiva; seguido del Acuerdo Ministerial No. 030 (de julio 22 del 2003) donde se prohibió la venta y consumo desde el 15 de septiembre al 15 de octubre, debido a que se encuentran la fase de muda.

Estos cangrejos viven en zonas lodosas y de estructuras más blandas, es por ello que constantemente le dan mantenimiento a sus madrigueras, cuando el lugar está muy despejado abandonan esa área y migran, el cangrejo azul *Cardisoma crassum* se distribuye desde Baja California hasta el estero San Pedro de Vice en Piura-Perú (Vega et al., 2018), *Aratus* sp. es de género monotípico de la familia Sesamidae, se distribuye desde el Este de Florida al Norte de Brasil en el Atlántico, hasta Perú en la costa del Pacífico (Conde y Díaz, 1998), de acuerdo con López y Quintero (2014) confirman, que las poblaciones de la vertiente del Pacífico pertenecen a la especie *A. pacificus* y la de Atlántico es *A. pisonii*. y *Goniopsis pulchra* y *Uca* sp. se distribuye desde Baja California hasta Perú (Arzola y Flores, 2008).

Estas especies de crustáceos son capaces de excavar sus madrigueras a grandes profundidades en cm. *Aratus* sp. se encuentra la mayor parte de su vida en los árboles de mangles por su alimentación basada en hojas (Sandoval et al., 2022) por lo que es poco común verlos en madrigueras y las utilizan como último recurso cuando se encuentran en peligro. Son omnívoras que actúan como detritívoros su alimentación se basa principalmente de limo, hojarasca de manglar, animales en estado de descomposición, además existe

el canibalismo, tienen constantes peleas por marcar su territorio y competencia.

En Pedernales, Manabí Ecuador, en el río Mache se han registrado cuatro especies de crustáceos que habitan en el ecosistema de manglar, siendo de gran importancia ecológica; ya que son capaces de contribuir a la dinámica de disponibilidad de nutrientes, como en la degradación de la materia orgánica y a la aireación de suelos, debido a esto se requiere conocer las fluctuaciones de la población, dimorfismo sexual, tallas de madurez y la tasa de crecimiento, uno de estas especies es comercial donde se debe proponer medidas conjugadas con el manejo y conservación de las especies para una explotación sustentable.

Además, se requiere conocer información de estas especies debido a la carencia de investigaciones científicas sobre estas poblaciones de cangrejos en los ecosistemas de manglares de Cojimíes del cantón Pedernales.

Materiales y métodos

Área de estudio. La investigación se realizó en el sector Eloy Alfaro, predios de la ULEAM en el estuario del río Mache, parroquia Cojimíes del cantón Pedernales, provincia de Manabí, Ecuador, coordenadas Latitud 0.237967° longitud -79.897336° . Esta área es poblada por varias especies de manglares como mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*).

El estudio en *Cardisoma crassum* fue realizado en una sección del muro de contención de una piscina camaronera inactiva; a partir del cual se seleccionaron dos Bloques (1 y 2) de 480m² cada uno y con dos componentes (lado derecho e izquierdo) un área total de 960m², el lado derecho limita con la piscina de camarón inactiva y el izquierdo limita con el río Mache (Fig. 1).

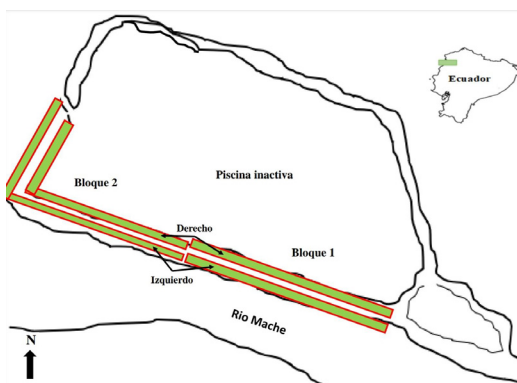


Figura 1. Área de estudio de *Cardisoma crassum* en los predios de la ULEAM en el estuario del río Mache, parroquia Cojimíes del cantón Pedernales, provincia de Manabí, Ecuador.

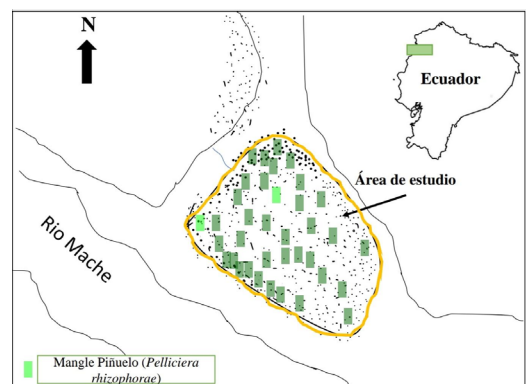


Figura 2. Área de estudio de *Uca* sp., *Goniopsis pulchra* y *Aratus* sp en los predios de la ULEAM en el estuario del río Mache, parroquia Cojimíes del cantón Pedernales, provincia de Manabí, Ecuador.



Figura 3. Trampa artesanal para la captura de *Cardisoma crassum*

El estudio de *Uca* sp., *Goniopsis pulchra* y *Aratus* sp. se realizó en un área de 650m² de una piscina de camarón inactiva que estaba poblada por mangle negro (*Avicennia germinans*) en su mayor parte y mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) (Fig. 2).

Se utilizó el método de transectos para la estimación poblacional de madrigueras; para el *C. crassum* se hizo el monitoreo en el área de estudio "A" (Fig. 1); se seleccionaron dos Bloques (1 y 2) de 480m² cada uno y con dos componentes (lado derecho e izquierdo) y para *Uca* sp., *Aratus* sp. y *G. pulchra* se hizo el monitoreo en el área de estudio "B" (Fig. 2), con transectos de 2 metros de ancho hacia lo largo de piscina inactiva dentro de 650m².

Para determinar la densidad de madrigueras de los cangrejos se utilizó la siguiente fórmula:

$$DM = \frac{N}{A}$$

donde:

DM: densidad de madrigueras (M/m²)
N: números de madrigueras registradas
A: área total monitoreada en (m²)

Para determinar la proporción sexual de las especies de cangrejos se calculó de la siguiente manera:

$$P = \frac{M}{H}$$

donde:

P: proporción del sexo
M: número total de machos
H: número total de hembras



Figura 5. Captura manual de *Uca* sp y *Goniopsis pulchra*.



Figura 4. Liberación de *Cardisoma crassum* de las trampas de muestreo

Técnicas de capturas

Trampa artesanal

Este es uno de los métodos utilizados para la captura de *Cardisoma crassum*, para tal fin, se elaboraron 8 trampas de madera, con las dimensiones de 15 cm de alto, 15 cm de ancho y 30 cm de largo. Consta con una tapa que está suspendida y sostenida por un soporte ubicado en la parte media superior de la trampa; la cual a su vez está encadenado a otro soporte con una pequeña hendidura en su parte inferior en donde también se ubica la carnada (Vega et al., 2018) (Fig. 3).

De manera simple la trampa se acciona una vez que el cangrejo entra a tomar el alimento colocado en el soporte con la hendidura; al mover el antes mencionado provoca una reacción en cadena dejando caer la tapa por acción de la gravedad dejando el cangrejo dentro, sin opción de escape, una vez tomados los datos necesarios se procede a liberar el espécimen capturado (Fig. 4).

Captura Manual: Esta técnica se basa en la captura de cangrejos sin ningún instrumento adicional (Fig. 5). Los ejemplares de *G. pulchra* y *Uca* sp, fueron tomados con este método por su abundancia, posteriormente se colocaban en cajas de cartón o plásticos hasta llegar a un número considerable de individuos, una vez tomados los datos necesarios eran liberados.



Figura 6. Captura con listón de ejemplares de *Aratus* sp. en ramas y raíces del mangle negro (*Avicennia germinans*).

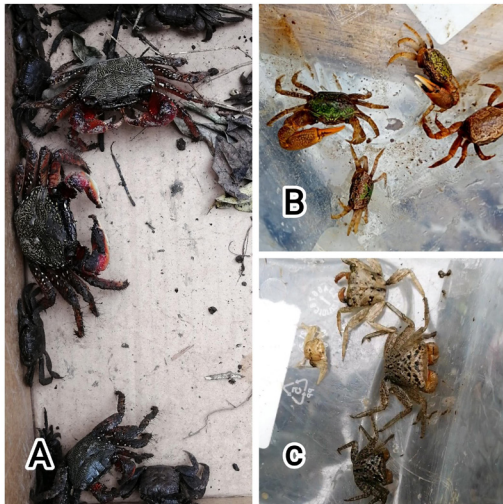


Figura 7. Colecta mediante el método manual y listón de *Goniopsis pulchra* (A), *Uca* sp. (B) y *Aratus* sp. (C).

Listón

Aratus sp. es una especie que se encuentra en la parte alta (tronco o ramas) de los mangles siendo dificultosa su captura; por ello, su mecanismo de captura se realizó mediante una vara, el cual consiste en levantar el listón hasta la altura que se encuentre el individuo, para que este se movilice hacia las partes más bajas del mangle a una altura considerable dentro del rango de alcance de la persona para poder obtenerlos desde esa distancia (Fig. 6).

La captura de estos organismos fue necesario para determinar dimorfismo sexual, relación hembra y macho, morfometría y porcentaje poblacional. En el área de estudio “B” se capturaron 3 especies diferentes (Fig. 7).

Resultados

Densidad de madrigueras

En el área “A” (Fig. 1) se registraron un total de 154 madrigueras en el muro de la piscina de la ULEAM que

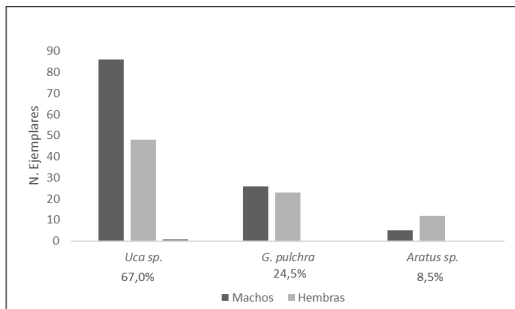


Figura 8. Población porcentual (%) de las especies de cangrejos *Uca* sp, *G. pulchra* y *Aratus* sp., en el área de monitoreo B.

Tabla 1. Medidas morfométricas de caparazón, quelípedos y pereiópodos en las especies *C. crassum*, *Uca* sp., *G. pulchra* y *Aratus* sp.

Especies	Ancho (cm)	Largo (cm)	Quelípedos (cm)		Pereiópodo 1 (cm)	Pereiópodo 2 (cm)	Pereiópodo 3 (cm)	Pereiópodo 4 (cm)
			Mayor	Menor				
<i>Cardisoma crassum</i>	5,8 ± 0,4	6,4 ± 1,0	8,0 ± 1,2	6,0 ± 0,7	7,4 ± 0,7	8,2 ± 0,8	7,5 ± 0,8	6,5 ± 1,01
<i>Uca</i> sp.	0,9 ± 0,4	0,6 ± 0,4	2,5 ± 0,5	0,7 ± 0,3	1,0 ± 0,4	1,1 ± 0,4	1,1 ± 0,4	0,9 ± 0,3
<i>Aratus</i> sp.	1,5 ± 0,9	1,6 ± 1,0	1,6 ± 0,9		2,5 ± 0,8	2,6 ± 0,8	2,5 ± 0,8	2,4 ± 0,8
<i>Goniopsis pulchra</i>	3,6 ± 2,3	3,3 ± 2,2	5,2 ± 2,3		4,7 ± 2,1	5,2 ± 2,2	5,2 ± 2,3	4,3 ± 2,1

tiene un área de 960m². En el bloque 1, se identificaron 31M (lado izquierdo) y 13M (lado derecho), con una densidad de: DM= 44M/480m²; DM= 0.09M/m². En el bloque 2, se identificaron 74M (lado izquierdo) y 36M (lado derecho): DM= 110M/480m²; DM= 0.23M/m², la densidad total fue: DM= 154M/960m²; DM= 0.16M/m².

En el área “B” 650m² en la piscina de camarón inactiva (Fig. 2), donde se registraron un total de 41813 madrigueras de las especies *Uca* sp., *Aratus* sp. y *Goniopsis pulchra*, se determinó la densidad general de estas 3 especies al habitar juntas y no tener diferencias significativas en las estructuras de sus madrigueras, la densidad total fue: DM= 41813 (M)/650 m²; DM= 64.33M/m².

Porcentaje poblacional

Durante el periodo de junio a octubre del 2022 se hicieron diversas capturas de forma aleatoria para determinar el porcentaje poblacional de *Uca* sp., *Aratus* sp. y *Goniopsis pulchra* y conocer cuál de estas tres especies es más abundante dentro del área de monitoreo “B” (Fig. 2). De la especie *Uca* sp. se capturaron 134 individuos; 86 machos y 48 hembras; con respecto al cangrejo de manglar tigre o tasquero (*Goniopsis pulchra*) se obtuvieron 49 individuos; 26 machos y 23 hembras y del cangrejo de árbol (*Aratus* sp.) se capturaron 17 individuos; 5 machos y 12 hembras (Fig. 8).

Proporción macho-hembra

Se identificó el sexo de las especies capturadas y se determinó la relación macho/hembra: *Uca* sp se obtuvo un total de 86M/48H con una proporción de 1,8M/1H, en *Goniopsis pulchra*: 26M/23H en una proporción de 1,1M/1M. *Aratus* sp. 5M/12H, proporción de 0,4M/1H y *Cardisoma crassum*: 7M/2H, proporción de 3,5M/1H. (Fig. 9)

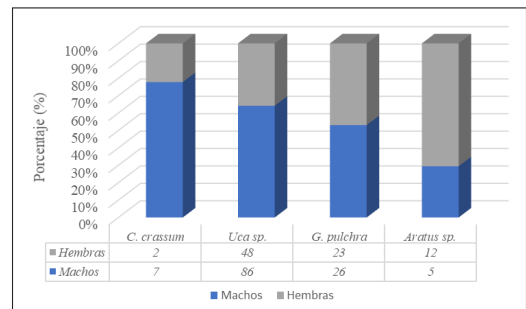


Figura 9. Proporción macho-hembra (M:H).

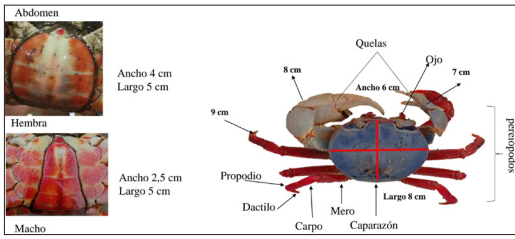


Figura 10. Medidas y morfología del ejemplar de mayor tamaño del cangrejo azul (*Cardisoma crassum*) capturado en el área de estudio A.

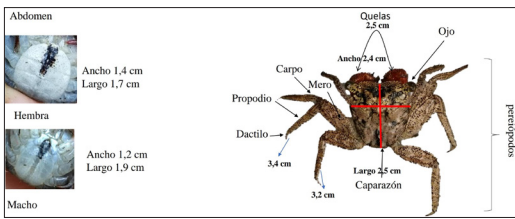


Figura 12. Medidas y morfología del ejemplar de mayor tamaño del cangrejo de árbol (*Aratus* sp.) capturado en el área de estudio B.

Morfometría

Se realizó la captura de ejemplares de las cuatro especies de cangrejos para determinar las medidas por medio de una cinta métrica; largo y ancho del caparazón, quelípedos y pereiópodos. La especie de mayor tamaño fue *C. crassum*, y el individuo más grande capturado presentó las siguientes dimensiones: en el caparazón ancho de 6 cm y largo de 8 cm, quelípedo mayor de 8 cm y el menor 7 cm, pereiópodos entre 6 cm a 9 cm (Fig. 10); seguido por *G. pulchra* con un individuo de mayor tamaño que tuvo un caparazón de 6,5 cm de ancho y 6 cm de largo, quelas de 8 cm y pereiópodos de 7 cm a 8 cm (Fig. 11); luego tenemos a *Aratus* sp. el individuo de mayor tamaño tenía un caparazón de 2,5 cm de ancho y 2,6 cm de largo, quelas de 2,6 cm y pereiópodos de 3,2 cm a 3,4 cm (Fig. 12); y por último tenemos a *Uca* sp. que fue el más pequeño de las 4 especies, el individuo más grande capturado fue de 1,3 cm de ancho y 1 cm de largo en el caparazón, quelípedo mayor de 3 cm y el menor de 1 cm, pereiópodos entre 1,2 cm a 1,5 cm (Fig. 13);. En la tabla de medidas morfométricas (Tabla 1) se muestran las medias y desviación estándar determinadas.

Discusión

Cardisoma crassum

Los resultados muestran que el tamaño promedio de hembras con relación a la dimensión del caparazón (largo x ancho) fue de 39.9 ± 4.24 cm y en machos con un diámetro de $36.65 \text{ cm} \pm 8.9$ cm. En los hallazgos registrados en relación con el peso se obtuvo un promedio de $85,7 \pm 51,4$ g en machos y de 83.6 ± 24.1 g en hembras.

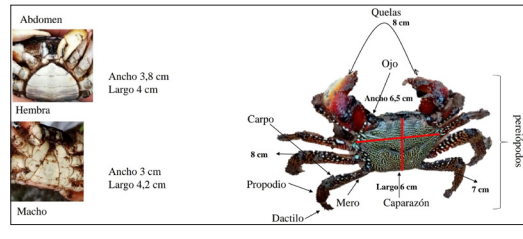


Figura 11. Medidas y morfología del ejemplar de mayor tamaño del cangrejo de manglar tigre o tasquero (*Goniopsis pulchra*) capturado en el área de estudio B.

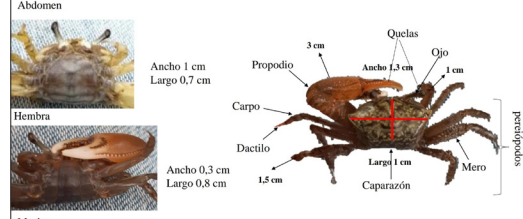


Figura 13. Medidas y morfología del ejemplar de mayor tamaño del cangrejo violinista (*Uca* sp.) capturado en el área de estudio B.

Hembras ovadas

En el *Cardisoma crassum* durante el monitoreo no fueron observadas hembras ovadas de un total de 2 capturas con relación a un total de 9 cangrejos y de 145 madrigueras no habitadas al momento de los monitoreos. En el cangrejo violinista (*Uca* sp.) no se identificaron hembras ovadas durante el periodo de investigación.

Por otro lado, se identificaron en la especie *G. pulchra* un total de 3 hembras ovadas durante el periodo de investigación, una fue observada al 13 de julio de 2022 y 2 con relación a 9 hembras capturadas con un 22,2 % de hembras ovadas en la fecha 9 de agosto de 2022. También en *Aratus* sp. se identificaron 2 hembras ovadas con relación a 3 capturadas con un 66,6 % de hembras ovadas en la fecha 8 de octubre de 2022.

Comportamiento y resistencia

Uca sp. tiene una compleja comunicación sonora que realizan mediante choques contra una base o mediante roce de estructuras estridulantes, singularmente las patas ambulatorias posteriores contra el caparazón realizan este sonido con la finalidad de atraer hembras para cortejo, además de marcar territorio (Domínguez, 2008).

Se comprobó que *Uca* sp. es una especie bastante resistente, se tuvo en observación un individuo que se encontró sin extremidades para moverse o nutrirse, solo con el quelípedo mayor siendo este inútil al momento de alimentarse, sin embargo, pudo mantenerse vivo durante tres semanas.

Esta especie se moviliza constantemente dependiendo la calidad del suelo ya que prefieren la humedad. Su

comportamiento es influenciado por las condiciones climáticas diarias. Cuando es época lluviosa los organismos pasan más tiempo alimentándose y agitando la quela (De La Cruz y Vázquez, 2015).

Aratus sp. se encuentra principalmente en ramas del mangle negro y mangle rojo, alimentándose de sus nutritivas hojas, a diferencia de los tres cangrejos, este es el más sensible en cuanto a factores ambientales, como las altas temperaturas; tienen pocas cuevas en las raíces de los mangles, en la mayor parte del tiempo pasan en los árboles, además son veloces.

Entre estas cuatro especies de crustáceos, *Aratus* sp. es la más vulnerable, ya que esta es bastante frágil en comparación de las otras tres especies, entre sus comportamientos durante las capturas para realizar las diferentes medidas hemos podido observar que *Aratus* sp. se debilita con el calentamiento del sol y muestra este comportamiento entre los 15 a 20 minutos de exposición, luego de su captura se muestra débil, se observó la muerte de un ejemplar 30 minutos después de la exposición al sol. Por otra parte *C. crassum* se podría considerar también vulnerable en esta zona por su impacto en cuanto a su sobreexplotación para su consumo en el área de estudio; ya que, en la zona tampoco se respeta su temporada de veda.

Además, el desove se realiza una vez por año. Es decir, cuando la hembra está lista para desovar, se dirige al mar, donde libera en promedio unos 370,000 huevos, de los cuales únicamente el 5% sobrevive (Uscocovich, 2015).

Parámetros morfométricos y proporción de sexos

Para Colón (2016) el cangrejo azul *Cardisoma crassum* Smith, tiene su madurez fisiológica con las dimensiones de (64,88 mm de ancho) y funcional (71,70 mm de ancho) de cefalotórax, y es indeterminada, las medidas de su madurez morfológica. En cuanto a la mayor proporción macho vs hembra en esta especie, también coinciden con los resultados obtenidos por Uscocovich (2015), en cuanto a la proporción de 56.54% machos y de 43.46% de hembras; así mismo, coinciden con lo reportado por González y Segura (2011) en Cauca, Colombia, donde también detectó una mayor proporción de machos sobre las hembras.

Aratus sp.

El cangrejo *Aratus* sp. inicia su fase de madurez en hembras con un tamaño de 10,97 mm ancho de caparazón (Conde et al., 2000).

Uca sp.

Existen diversos cangrejos violinista, por lo cual, las medidas de madurez sexual de este género varían según la especie, por lo general, el ancho en el cefalotórax de *Uca* sp que indica la madurez sexual morfológica es de 19,3 mm en hembra y 21,7 mm en machos (de Oliveira et al., 2016).

Goniopsis pulchra y *Goniopsis cruentata*

Estas especies se caracterizan por ciertos aspectos morfológicos similares (Rathbun, 1918). En *G. cruentata* se ha determinado madurez sexual morfológica en machos, con medidas del ancho del caparazón de 32,24 mm y en hembras de 27,01 mm (Hirose et al., 2015)

Conclusiones

Se registraron 154 madrigueras del cangrejo azul (*Cardisoma crassum*) con una densidad de 0.16M/m² en el área de estudio A, considerándose una población moderada y de 41.813 madrigueras en el área de estudio B. En relación, con una elevada densidad de 64.33M/m² del cangrejo violinista (*Uca* sp.), cangrejo de manglar tigre o tasquero (*Goniopsis pulchra*) y cangrejo de árbol (*Aratus* sp.), con un porcentaje poblacional de 67%, 24,5% y 8,5%; respectivamente.

La especie *C. crassum* se encuentra amenazada en el área de estudio por las capturas permanentes y sin regulación por parte de las autoridades en la zona, por lo tanto, es evidente la reducción de la población de esta. Se demuestra la dinámica poblacional de las especies de cangrejos como parte de la dinámica del ecosistema de manglares, los cuales contribuyen al reciclaje de la materia orgánica de suelos y lodos.

Se ha demostrado que *Uca* sp y *Goniopsis pulchra* realizan sus madrigueras en lugares más húmedos, siendo esta la razón que cuando talan partes de su espacio, estas migran en busca de refugio a lugares húmedos.

Entre estas cuatro especies de cangrejos se ha podido determinar que la más sensible en cuanto al calentamiento cuando se expone al sol es *Aratus* sp.; incluso pueden llegar a morir en unos 30 minutos después de estar expuesto.

Las especies *C. crassum*, *Uca* sp y *Goniopsis pulchra* mostraron una elevada diferencia sexual en cuanto a machos ya que fue mayor que hembras, a diferencia de *Aratus* sp que en su mayoría fueron hembras.

Recomendaciones

Se debe respetar de manera exigida los periodos de vedas del cangrejo azul (*Cardisoma crassum*) al ser esta una especie comercial y en estado vulnerable en esta zona, colocar avisos de las épocas de vedas en el lugar.

Salvaguardar el ecosistema de manglar y así evitar que estas especies de importancia ecológica y comercial migren del lugar en busca de otros más poblados por árboles de mangle; además, capacitar sobre la importancia de estas especies para la conservación de manglares.

Fomentar más investigaciones para las tres especies no comerciales; ya que cumplen un rol importante en el ecosistema donde habitan.

Aplicación de planes de manejo para garantizar la protección de las poblaciones naturales de estas especies.

Seleccionar métodos que permitan caracterizar madrigueras por cada especie que habita en el área de estudio.

Referencias bibliográficas

Arzola-González, J. & Flores-Campaña, L. 2008. Alternativas para el aprovechamiento de los crustáceos decápodos del estero El Verde Camacho, Sinaloa, México. *Universidad y ciencia* 24 (1): 41-48. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792008000400005

Capistrán Barradas, A. & Utrera López, M. E. (2006). *Los cangrejos semiterrestres*. En P. Moreno-Casasola. (Ed.). Entornos veracruzanos: la costa de la Mancha. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver. México. 461.

Colón, M. 2016. Distribución, aspectos biológicos y ensayo de cultivo de los cangrejos de manglar *Cardisoma crassum* (Smith 1870) y *Gecarcinus quadratus* (Saussure 1853) en el Canal de Chiquimulilla, en los municipios: Taxisco, Guazacapán y Chiquimulilla en 5 Santa Rosa, Guatemala. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puicb/INF-2016-40.pdf>

Conde, J. E., Tognella, M. P., Paes, E. T., Soares, L. G., Louro, I. A. & Novelli, Y. S. 2000. Population and life history features of the crab *Aratus pisonii* (Decapoda: Grapsidae) in a subtropical estuary. *Interciencia* 25 (3): 151-158. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33904505>

Conde, J. E. & Díaz, H. 1998. The mangrove tree crab *Aratus pisonii* in a tropical estuarine coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 28 (6): 639-650. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(89\)90051-6](https://doi.org/10.1016/0272-7714(89)90051-6)

De La Cruz Manjarrez, C. & Vázquez-López, H. 2015. Aspectos etológicos del cangrejo violinista *Uca Latimanus* Rathbun, 1893 en el estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Biocy: Biología, Ciencia y Tecnología* 8 (29): 557-569. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7138257>

de Oliveira Silva, F. M. R., Bezerra Ribeiro, F. & Arruda Bezerra, L. E. (2016). Population biology and morphometric sexual maturity of the fiddler crab *Uca maracoani* (Latreille, 1802) (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) in a semi-arid tropical estuary of northeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44 (4): 671-682. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2016000400002

Domínguez Alonso, P. 2008. Nuevo cangrejo violinista (género *Uca*, Ocypodidae) en el Plio-Pleistoceno del litoral pacífico de Honduras. *Ameghiniana* 45 (4): 663-676. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0002-70142008000400003&script=sci_arttext&tlng=en

González, M. y Segura, C. 2011. Planes de manejo para la conservación de 5 especies focales de fauna silvestre amenazada en el Pacífico. Vallecucano. Cali, Colombia, 1-94.

Hirose, G. L., Souza, L. S., Silva, S. L., Alves, D. F., & Negreiros-Fransozo, M. L. 2015. Population structure of the red mangrove crab, *Goniopsis cruentata* (Decapoda: Grapsidae) under different fishery impacts: Implications for resource management. *Revista de Biología Tropical*, 63 (2): 443-457. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442015000200009&script=sci_arttext&tlng=en

López Sánchez, B. & Quintero-Torres, E. 2015. Inversión reproductiva de *Aratus pisonii* (Decápoda: Sesarmidae): diferencias entre hábitats y análisis de rutas. *Revista de Biología Tropical* 63 (2): 385-399. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442015000200006&script=sci_arttext

Ministerio de Acuicultura y Pesca. 2018. Ministerio de Acuicultura y Pesca. A partir del 15 de enero inicia veda de cangrejo azul. Recuperado el 29 de 5 enero de 2021. <http://acuiculturaypesca.gob.ec/subpesca4080- apartir-del-15-de-enero-inicia-veda-de-cangrejoazul.html#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Acuicultura%20y,3%20de>

Rathbun, M. J., 1918. The grapsoid crabs of America. *Bulletin of the United States National Museum* 97: 1-461, pl. 1-161. <https://doi.org/10.5479/si.03629236.97.i>

Sandoval, L. A., Mancera-Pineda, J. E., Delgado-Huertas, A., Blanco-Liberos, J. F. & Leal-Florez, J. 2022. Leaf consumption and experimental discrimination of stable isotopes between mangrove leaves and the tree-climbing crab (*Brachyura*: Sesarmidae: *Aratus pisonii*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 274: 107906. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107906>

Uscovich Garcés, GD. 2015. Reproducción y densidad poblacional del cangrejo azul *Cardisoma crassum* (Smith, 1870), en la Isla Cerritos. Estuario del Río Chone-Manabí-Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11647/1/Tesis%20Cardisoma%20crassum.pdf>

Vega, Á. J., Mena, C. & Robles, Y. A. (2018). Pesca artesanal de *Cardisoma crassum* (cangrejo) y *Ucides occidentalis* (mangote) en el sector nororiental del Golfo de Montijo, Pacífico de Panamá. *Tecnociencia*, 20(2), 5-22. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/264/230>

Contenidos de la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales Vol. 17(2)

Resultados del proyecto de aguas subterráneas en la provincia de Chimborazo / Results of the groundwater project in chimborazo province.....César Patricio Borja Bernal, Luis Gerardo Aucancela Concha, Clelia Isabel Naranjo Freire, Nancy Rocio Castillo Castro, Vinicio Xavier Macas Espinoza.....	461
Análisis de las emisiones de la fabricación artesanal de productos arcillosos estructurales mediante un muestreo isocinético / Analysis of emissions from the artisan manufacturing of structural clay products using isokinetic sampling.....Carlos Junior Chinga Pinargote, Diana Katherine Zambrano Carranza, Holanda Teresa Vivas Saltos, Verónica Monserrate Vera Villamil.....	472
Valoración económica del servicio ambiental hídrico de la comunidad La Pita, Manabí - Ecuador / Economic valuation of the environmental water service of the La Pita community, Manabí - EcuadorMaría Isabel Delgado Moreira, Holanda Teresa Vivas Saltos, María Virginia Moreira Macías, Rody Fernando Reyes García.....	480
Estrategias de propagación del Mangle Piñuelo (<i>Pelliciera rhizophorae</i>), sector Uleam, río Mache, Ecuador / Propagation strategies of the Piñuelo Mangrove (<i>Pelliciera rhizophorae</i>), Uleam sector, Mache River, EcuadorEver Morales Avendaño, Luis Madrid Jiménez, Villegas Rosado Joel, Gema Navarrete Pinargote, Mally Arroyo Ruiz3 y Xavier Cornejo.....	486
Potencial del gavián caracolero como controlador biológico del caracol manzana en cultivos de arroz/ The potential of the snail hawk as a biological controller of the apple snail in rice cropsMaría Fernanda Pincay Cantos, María Virginia Moreira Macías, Yomaly Melissa Andrade Macías.....	494
Alternativas de alimentación para <i>Oreochromis niloticus</i> en Latinoamérica/ Feeding alternatives used for <i>Oreochromis niloticus</i> in Latin AmericaPatricio Viteri Romero; Jamilet Guaranda Anchundia; Gerardo Chiquito Crespo; Irwys Loor Montece; María Rodríguez Marquinez; Geovanna Parra Riofrío.....	501
Geología de la formación canoa (plioceno), acantilados del sector El Mangle, cantón Montecristi, prov. Manabí, Ecuador/ Geology of the canoa formation (pliocene), cliffs of el mangle sector, Montecristi canton, province of Manabi, EcuadorJoao Fernando Córdova Pazmiño, Tony Steven Bósquez Ocampo, Stephany Lisbeth Pachay Luna.....	506
On the reinstatement of <i>R. samoensis</i> and <i>R. brevistyla</i> in East Pacific red mangroves (<i>Rhizophora</i> , <i>Rhizophoraceae</i>)Xavier Cornejo, Carmita Bonifaz.....	514
Estimación poblacional de cuatro especies de cangrejos asociados a manglares, sector Uleam, río mache, Ecuador/Population estimate of four species of crab associated with mangroves, Uleam sector, mache river, EcuadorDarwin José Macías Alvarado, Jeixón Francisco Cobeña López, Julexcy Elizabeth Mera Burgos, Luis Madrid Jiménez, Ever Darío Morales Avendaño.....	520
Normas para la publicación de artículos, “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”	