

ISSN: 2773-7772

Volumen 17 | Número 1 | Junio 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. Amalin 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

Huella de carbono generada por la producción de huevos. Caso: granja avícola Velasco, provincia de Manabí, Ecuador

Carbon Footprint Generated By Egg Production. Case: Velasco Poultry
Farming, Province Of Manabi, Ecuador

Holanda Teresa Vivas Saltos¹, Alejandro Javier Vélez Velasco¹

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

Recibido 10 de febrero 2023, recibido en forma revisada 10 de Mayo 2023, aceptado 13 de Mayo 2023, en línea 04
de junio 2023.

Resumen

La finalidad de esta investigación fue estimar la huella de carbono generada por la producción de huevos en la granja avícola Velasco, en la provincia de Manabí, costa de Ecuador. Mediante la aplicación del método cuantitativo no experimental se realizó un diagnóstico de la granja bajo estudio, posteriormente se cuantificaron las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan a partir de las actividades productivas desarrolladas en la Granja Avícola Velasco, multiplicando el consumo de cada actividad por su factor de emisión. Se obtuvo que en la granja se emiten 110.91 ton de CO₂e al año, siendo la etapa de postura la de mayor porcentaje (74,57%), mientras que la producción de alimento fue la categoría de mayor aporte con un 84.50%. En conclusión, la determinación de la huella de carbono permitió identificar las fuentes puntuales de emisiones de gases de efecto invernadero, permitiendo abordar problemas específicos para mitigar dichas emisiones.

Palabras clave: industria avícola, gases de efecto invernadero.

Abstract

The aim of this research was to estimate the carbon footprint generated by the production of eggs in the Velasco poultry farm, province of Manabí, coastal Ecuador. Through the application of the non-experimental quantitative method, a diagnosis of the farm under study was made and, subsequently, the greenhouse gas emissions generated from the productive activities developed in the Velasco Poultry Farm were quantified, multiplying the consumption of each activity by its emission factor. It was obtained that the farm emits 110.91 tons of CO₂e per year, with the laying stage being the one with the highest percentage (74.57%), while feed production was the category with the highest contribution with 84.50%. In conclusion, the determination of the carbon footprint made it possible to identify the specific sources of greenhouse gas emissions, allowing to address specific problems to mitigate the emissions.

Keywords: greenhouse gases, poultry industry.

Introducción

Los huevos representan una fuente importante de proteínas y micronutrientes de alta calidad en la dieta humana y están entre los productos animales más consumidos; se consideran saludables, nutritivos y también son populares debido a su bajo precio (Guillaume et al., 2022). La producción de huevos ha ido en aumento durante las últimas décadas a nivel mundial, en 2013 alcanzó un volumen de unos 68 millones de toneladas (Abín et al., 2018). La industria avícola es una de las más grandes y desarrolladas en

el sector agrícola, requiere grandes cantidades de energía, lo que implica varios impactos ambientales negativos, como las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por esta razón la producción comercial de huevos enfrenta el desafío de ofrecer productos de alta calidad de manera que satisfagan las expectativas del consumidor, las regulaciones ambientales y maximicen la rentabilidad (Pelletier et al., 2013).

El análisis del ciclo de vida (ACV) se define como un método para evaluar los aspectos ambientales y

* Correspondencia del autor:

E-mail: teresa.vivas@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.

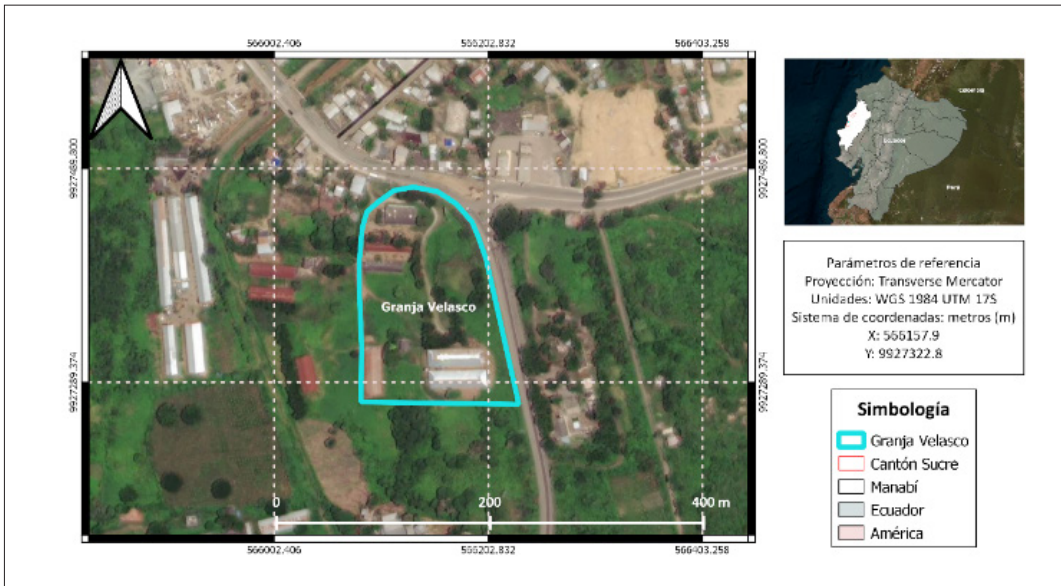


Figura 1. Ubicación geográfica de la Granja Avícola Velasco.

los impactos potenciales asociados con un producto y se ha demostrado que es una herramienta valiosa para cuantificar el uso de recursos y las emisiones en una amplia gama de sectores primarios, como la producción de carne, leche y huevos; dado que, el sistema alimentario produce el 33% de las emisiones antropogénicas de carbono, la huella de carbono se ha empleado como una medida global del desempeño productivo de diferentes alimentos (Gaillac y Marbach, 2021; Shepherd et al., 2015).

Para el caso de Ecuador, la industria avícola ha crecido paulatinamente, y, sólo entre el 2018 y 2019 presentó un crecimiento del 27%; el consumo anual de huevos en este territorio durante el 2019 fue de 226 unidades per cápita, dado que, los huevos son la fuente de proteína más económica; así, en 2019 se produjeron 361'078.496 unidades de huevos (Sánchez et al., 2020). No obstante, no existen referencias científicas referentes a la huella de carbono de esta industria a nivel nacional. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue estimar la huella de carbono generada por la producción de huevos en la granja avícola Velasco, en la provincia de Manabí, costa de Ecuador.

Materiales y métodos

Área de Estudio

El área de estudio se localiza en la parroquia Bahía de Caráquez del cantón Sucre donde la granja avícola Velasco tiene sus instalaciones (figura 1) y se da la cría de gallinas ponedoras cuyo fin es la producción y comercialización de huevos. En esta zona se presentan las siguientes características:

- Altitud: 22 msnm

- Latitud sur: 0° 39' 26.99"S
- Longitud oeste: -80° 24' 19.54"W
- Zona de vida (Holdridge): BmsT
- Temperatura promedio anual: 27 °C
- Humedad: 76 %
- Velocidad del viento: 24 Km/h
- Economía: Turismo, pesca, comercio

Establecimiento de la situación actual ambiental de la Granja Avícola Velasco

Para la obtención de datos generales sobre el funcionamiento y los procesos de producción, se efectuó una entrevista al propietario de la granja, con la información recopilada se elaboró un mapa de proceso de la producción de huevos de la avícola, según los lineamientos PAS 2050 (de la cuna a la puerta) (Asociación Española para la Calidad, 2019). Bajo este enfoque, se tomaron en cuenta las actividades que permiten la producción del huevo hasta su comercialización; además, se realizó un flujograma de entradas y salidas por cada etapa de producción del huevo, acorde a los criterios de la norma ISO 9001:2015 (norma internacional para sistemas de gestión de la calidad).

Cálculo de la huella de carbono

Tomando como base los datos primarios de forma directa (facturas y planillas de consumo) en la distribución del producto y de consumo correspondientes a las cantidades anuales de: materia prima, energía eléctrica, consumo de agua y consumo de combustibles de cada proceso desarrollado en la granja, se realizó el cálculo de la huella de carbono aplicando la expresión 1.

Tabla 1. Factores de emisión utilizados en el cálculo de la huella de carbono.

Categoría	Factor de emisión	Unidad
Maíz	0,192	kg CO ₂ e/kg
Sal	1,11	kg CO ₂ e/kg
Aceite de palma	0,56	kg CO ₂ e/lt
Soya	0,252	kg CO ₂ e/kg
Afrecho de trigo	0,222	kg CO ₂ e/kg
Metionina	0,001	kg CO ₂ e/kg
Insumos de limpieza	1,64	kg CO ₂ e/kg
Aserrín (residuos de madera)	0,03	kg CO ₂ e/kg
Agua de la red potable	0,00032	kg CO ₂ e/m ³
Gas natural	0,31	kg CO ₂ e/m ³
Energía eléctrica	0,35	K CO ₂ e/KWh
Cubetas (cartón)	1,22	kg CO ₂ e/kg
Furgoneta	0,5871	kg CO ₂ e/t.km
Camioneta	0,1871	kg CO ₂ e/t.km
Camión	0,2179	kg CO ₂ e/t.km

Fuente: Base de datos de Ecoinvent, IPCC y GHG Protocol.

$$\text{HdC} = \text{Dato de consumo} \times \text{Factor de emisión} \quad (1)$$

Donde:

Dato consumo: Medida cuantitativa de un dato representativo de la actividad de la fuente de emisión.
Factor de emisión: Factor de conversión que relaciona el dato de la actividad con las emisiones asociadas a esta.

Los factores de emisión utilizados se detallan en la tabla 1.

Resultados y discusión

La granja avícola Velasco es una empresa pequeña, que tiene como actividad económica la producción avícola y cuenta con 4 trabajadores quienes laboran de 08:00 a 17:00 durante 330 días al año, siendo el período de mayor producción los meses desde abril a julio. Actualmente, la granja cuenta con 10.000 gallinas ponedoras de raza Hv Line Brown, las mismas que consumen 2.5 kg (en promedio) de alimento balanceados al mes.

Es de indicar que, las gallinas ponedoras inician la

Tabla 2. Materia prima para la fabricación de balanceado.

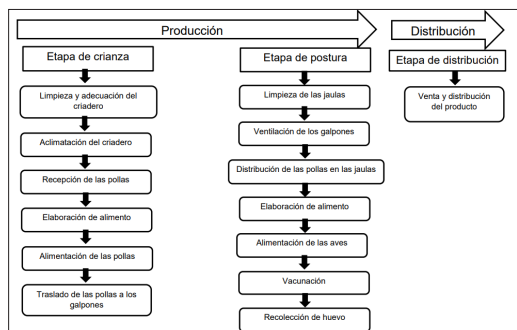
Descripción	Promedio anual (etapa de crianza)	Promedio anual (etapa de postura)
Maíz	60.000 kg/año	192.254 kg/año
Sal	873 kg/año	873 kg/año
Soya	32.727 kg/año	73.273 kg/año
Afrecho de trigo	5.454 kg/año	8.932 kg/año
Aceite de palma	400 L/año	4.600 L/año
Metionina	2.181kg/año	16.500 kg/año

producción de huevos al alcanzar aproximadamente las 20 semanas de edad; no obstante, la máxima producción se consigue en la semana 26; de este modo, la granja produce 300 cubetas de huevos al día. Referente a consumos, en la etapa de crianza de las gallinas se emplean lámparas de calor que consumen 16 tanques de gas; el gasto de agua mensual es de 100 m³ y el uso de energía alcanza los 1.000 kWh al mes; por último, en la tabla 2 se detalla la materia prima para la fabricación de balanceado.

Referente a las áreas de producción, la granja cuenta con:

- Criadero: área empleada para la crianza de las pollas, para su manejo se debe contar con:
 - 1 cerco perimetral (única entrada).
 - 1 cajón de fumigación de materiales.
 - Vestimenta y zapatos adecuados.
 - Entorno libre de pastizales y montes.
 - Desinfección de los silos para la alimentación.
 - Área libre de cualquier tipo de roedores.
- Galpones de postura: son estructuras de madera que constan de una sola entrada; su diseño generalmente es sencillo, ya que lo que busca es lograr funcionalidad. Su tamaño dependerá de las necesidades de la granja.
- Bodega de elaboración de alimentos: permite la producción del balanceado para la alimentación de los pollos y gallinas. El lugar debe contar con las maquinarias e insumos necesarios para llevar a cabo la fabricación del alimento.

Figura 2. Diagrama de procesos de la granja avícola Velasco.



Por otra parte, se identificaron dos etapas de producción: crianza y postura además de la distribución. En la etapa de crianza, se realizan seis actividades que guardan relación con el cuidado inicial de las pollas. La etapa de postura consta de seis actividades e indica la idoneidad de las gallinas para iniciar la producción de huevos. Por último, en la distribución del producto final, se identificaron dos actividades que corresponden a la venta de huevos. El detalle de todas las actividades y etapas antes mencionadas se ilustran gráficamente en la figura 2.

Acorde a los datos del proceso productivo, las actividades de limpieza y aclimatación del criadero, elaboración de alimento, limpieza de jaulas y ventilación de galpones generan material particulado; mientras que en la venta y distribución del producto se producen emisiones de CO₂; y, a lo largo de la cadena productiva, se generan notables cantidades de excremento produciéndose olores desagradables y varios gases. Además, en la tabla 3 se describen los consumos anuales de la granja, los cuales se emplearon como base para realizar el cálculo de la huella de carbono.

En la granja, se produce un total de 86.795 cubetas al año, por lo que la producción de huevos es de 2 603.850 (19.528,88 kg de proteína de huevo), y, para obtener la huella carbono de dicha producción, los consumos anuales fueron multiplicados por su respectivo factor de emisión, los resultados del cálculo por categoría y según cada etapa se detallan en la tabla 2; el total de emisiones de la producción alcanza los 110.910,55 kg CO₂e/año, que expresados en toneladas alcanzan las 110.91 ton CO₂e/año; además se generan 5.68 Kg CO₂e/kg proteína (asumiendo que cada huevo producido contiene 0.0075 kg de proteína).

Es de recalcar que, un kilogramo de proteína de huevos de gallinas camperas produce 0.2 kg de CO₂e, menos que las emisiones de la carne blanca o roja en base a kg de carne y kg de proteína (Taylor et al., 2014).

Ahora bien, al analizar el porcentaje de las emisiones por categoría, se determinó que el mayor aporte de

Tabla 3. Consumos anuales de la granja avícola Velasco.

Consumo	Etapa	
	Crianza	Postura
Maíz	60.000 kg/año	192.254 kg/año
Sal	873 kg/año	873 kg/año
Soya	32.727 kg/año	73.273 kg/año
Afrecho de trigo	5.454 kg/año	8.932 kg/año
Aceite de palma	400 L/año	4.600 L/año
Metionina	2.181kg/año	16.500 kg/año
Energía eléctrica	1.704 kWh/año	11.303 kWh/año
Consumo de agua	253 m ³ /año	1.079 m ³ /año
Consumo de combustible (gas natural)	948 m ³ /año	-

emisiones se genera debido al consumo de materia prima (84.50%) y al transporte (9.10%) de la misma; en menor porcentaje contribuyen el transporte de cubetas, las emisiones indirectas y el consumo de combustibles (figura 3).

Desde otra perspectiva, al analizar la contribución porcentual de emisiones por etapas, se evidencia que durante la postura se produce mayor cantidad de emisiones (74.57%), mientras que, en la crianza se genera un 23.42% del total de emisiones, y, la etapa de distribución es de apenas 2.01% (figura 4).

Acorde a los resultados de esta investigación, la fuente más importante de impactos ambientales nocivos en todas las categorías evaluadas fue la materia prima empleada en la producción de alimento en las etapas de crianza y postura, por el contrario, el consumo de agua, energía, transporte y el empleo de productos para la limpieza representan los menores porcentajes. Estos hallazgos guardan relación con las emisiones generadas en una granja española con 55.000 gallinas ponedoras, que producen unos 13 millones de huevos al año; donde la elaboración de alimento para las gallinas fue el mayor generador de emisiones (Abín et al., 2018).

En cuanto al total de emisiones, las 110.91 ton CO₂e/año que se generan en la granja avícola Velasco, son semejantes a las 100.6 toneladas de CO₂e/año determinadas en una granja en Estados Unidos con 23.000 gallinas ponedoras (Dunkley et al., 2015); aunque la diferencia en la cantidad de gallinas es notable, por otro lado, estos valores son mínimos en comparación a las 2.925.00 toneladas CO₂e/año calculadas en la granja española (Abín et al., 2018). Resulta importante recalcar que Ecuador ocupa el 53°

Tabla 4. Total de emisiones por categoría expresadas en kg CO₂e/año.

Categoría	Crianza	Postura	Distri- bución	Total	%
ACV materia prima	22.199,86	71.516,94	0,00	93.716,80	84,50
ACV combustible	294,83	0,00	0,00	294,83	0,27
ACV consumo de agua	0,08	0,34	0,00	0,42	0,0004
Emisiones Indirectas (electricidad)	599,47	3.976,40	0,00	4.575,86	4,13
Transporte de materia prima	2.880,38	7.216,35	0,00	10.096,73	9,10
Transporte de las cubetas de huevo	0,00	0,00	2.225,91	2.225,91	9,10
Total	25.974,62	82.710,03	2.225,91	110.910,55	100

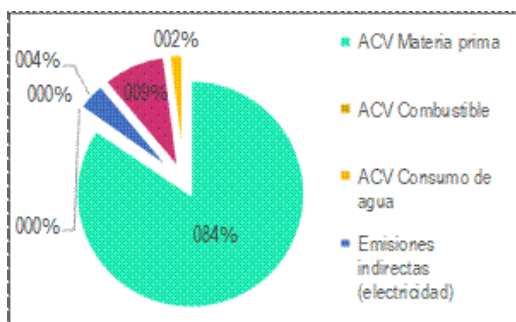


Figura 3. Emisiones por categoría.

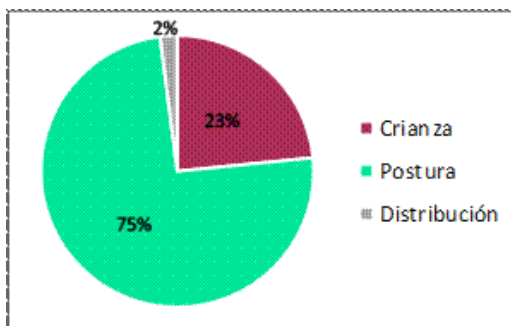


Figura 4. Emisiones por etapas.

lugar, según el índice de huella de carbono alimentario 2018, estimándose que el consumo de huevos genera un total de 7.36 Kg CO₂/persona/año (Castelló, 2018).

Una vez obtenida la huella de carbono generada por el proceso productivo de la granja avícola Velasco (tabla 4), se diseñó una Guía de Buenas Prácticas Avícolas, en la que se detallaron: normas fundamentales; glosario y definiciones; así como las medidas correspondientes a la ubicación de las granjas, infraestructura, instalaciones, equipos y servicios, higiene y de bioseguridad en las granjas, uso y calidad del agua y de la alimentación animal, sanidad animal y control de plagas, manejo de productos de uso veterinarios y plaguicidas, bienestar animal, capacitación del personal y trazabilidad, salud, seguridad, y bienestar laboral (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2013). La guía en mención se socializó con el personal de la granja para aportar a la calidad ambiental de la granja de acuerdo con la normativa propuesta por la Autoridad Ambiental Competente.

Conclusión

La producción de 2'603.850 de huevos en la granja avícola Velasco genera 110.91 ton CO₂e/año, siendo la etapa de postura la que contribuye en mayor cantidad con un 74.57%; además, el consumo de materia prima para la elaboración de alimento aporta un 84.50% de las emisiones categoría. La determinación de la huella de carbono permite identificar la fuente de las emisiones de GEI, permitiendo a los productores abordar problemas específicos para mitigar estas emisiones.

Recomendaciones

Se recomienda continuar este tipo de investigaciones; para cuantificar los efectos negativos que genera la producción avícola, lo que permitirá establecer medidas pertinentes para mitigar dichos efectos.

Socializar los resultados de esta investigación con los avicultores para que conozcan la importancia del cálculo de la huella de carbono; como herramienta

diagnóstica que aporte a la sostenibilidad ambiental.

Referencias bibliográficas

- Abín, R., Laca, A., Laca, A., y Díaz, M. (2018). Environmental assesment of intensive egg production: A Spanish case study. *Journal of Cleaner Production*, 179, 160-168. doi:10.1016/j.jclepro.2018.01.067
- Asociación Española para la Calidad. (2019). *Norma PAS 2050*. <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-pas-2050>
- Dunkley, C., Fairchild, B., Ritz, C., Kiepper, B., y Lacy, M. (2015). Carbon footprint of poultry production farms in South Georgia: A case study. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119302788>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2013). *Guía de Buenas Prácticas Avícolas*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu165859.pdf>
- Castelló, J. (2018). *La huella de carbono y la industria avícola*. 6-9. *Real Escuela de Avicultura*. <https://seleccionesavicolas.com/files/digital/revista-de-avicultura-seleccionesavicolas/2018-06-selecciones-avicolas-revista/html5/index.html?page=006>
- Taylor, R., Omed, H., y Edwards, G. (2014). The greenhouse emissions footprint of free-range eggs. *Poultry Science*, 93(1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119360031>
- Guillaume, A., Hubatová, A., Kočí, V. (2022). Environmental impacts of egg production from a life cycle perspective. *Agriculture*, 12(355). <https://doi.org/10.3390/agriculture12030355>
- Shepherd, T., Zhao, Y., Li, H., Stinn, J., Hayes, M., y Xin, H. (2015). Environmental assessment of three egg production systems – Part II. Ammonia, greenhouse gas, and particulate matter emissions. *Poultry Science*, 94(3). 534-543. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911938602X>
- Pelletier, N., Ibarburu, M., y Xin, H. (2013). A carbon footprint analysis of egg production and processing supply chains in the Midwestern United States. *Journal of Cleaner Production*, 54, 108-114. doi:10.1016/j.jclepro.2013.04.04
- Gaillac, R., y Marbach, S. (2021). The carbon footprint of meat and dairy proteins: A practical perspective to guide low carbon footprint dietary choices. *Journal of Cleaner Production*, 321, 128766. doi:10.1016/j.jclepro.2021.128766
- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., y Freire, C. (2020). *Sector avícola Ecuador. Universidad Técnica de Ambato*. <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/09/Sector-avicola-Ecuador.pdf>

Estimación del volumen de agua en la represa La Esperanza (Manabí, Ecuador), utilizando batimetría y sistemas de información geográfica

Estimation of water volume in La Esperanza dam (Manabí, Ecuador), using bathymetry and geographic information systems

Francisco Javier Velásquez Intriago¹, Francisco Alejandro Alcántara Boza², Eric Cabrera Estupiñán³, Leonardo Sebastián Bazurto Meza⁴

¹⁻⁴ *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.*

² *Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.*

³ *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.*

Recibido 10 de febrero 2023, recibido en forma revisada 10 de Mayo 2023, aceptado 13 de Mayo 2023, en línea 04 de junio 2023.

Resumen

El presente estudio consistió en la determinación del volumen de explotación en el embalse La Esperanza mediante el método batimétrico de posicionamiento 3D, utilizando ecosonda Garmin echoMAP™ en conjunto con la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG). Se acopló un modelo digital de elevación "DEM" de resolución 12,5 m x 12,5 m, descargado del satélite ALOS PALSAR para obtener el área y relieve topográfico digital de la cuenca. Además, se estimaron dos ecuaciones polinómicas en función del nivel, volumen y área del embalse, mediante un análisis de regresión por el que se obtuvo un volumen máximo de explotación de 428,64 Hm³ (cota 66 m.s.n.m.), con una extensión del espejo de agua de 2.348,55 ha. En conclusión, la determinación del volumen con dispositivos tecnológicos y software de construcción cartográfica es una parte clave del diagnóstico en la gestión del agua e imprescindible en el análisis para la correcta gestión del volumen embalsado en la represa La Esperanza.

Palabras clave: Embalse, Batimetría, gestión hídrica.

Abstract

This study consisted of determining the operating volume in La Esperanza reservoir through the bathymetric method of 3D positioning, using Garmin echoMAP™ echo sounder in conjunction with the application of geographic information systems (GIS). A digital elevation model "DEM" of resolution 12.5 m x 12.5 m, downloaded from the ALOS PALSAR satellite was coupled to obtain the area and digital topographic relief of the basin. In addition, two polynomial equations as a function of level, volume and area of the reservoir were estimated through a regression analysis by which a maximum operating volume of 428.64 Hm³ was obtained (elevation 66 m.a.s.l.), with a water mirror extension of 2,348.55 ha. In conclusion, the determination of the volume with technological devices and cartographic construction software is a key part of the diagnosis in water management and essential in the analysis for the correct management of reservoir volume in La Esperanza dam.

Keywords: Reservoir, bathymetry, water management.

Introducción

Los embalses ofrecen una variedad de servicios para el ecosistema, además de la prevención de inundaciones, preservación de la biodiversidad, regulación del flujo de los ríos, generación de energía hidroeléctrica entre otros; sin embargo, su adecuada gestión requiere de la evaluación de su morfometría (Ochoa, 2021; Ho y

Goethals, 2019). Proporcionar información de estos estudios, aumenta las posibilidades de éxito para la toma de decisiones en la planificación de proyectos, dependiendo de la naturaleza de la actividad (Liu et al., 2020).

El avance de la tecnología ha permitido el desarrollo de nuevos dispositivos de posicionamiento,

* Correspondencia del autor:

E-mail: francisco.velasquezin@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.

especialmente el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), para la toma de datos batimétricos georreferenciados, que han sustituido los métodos tradicionales como la poligonización y la nivelación. Estos han sido reemplazados por datos espaciales debido a su precisión, exactitud, simplicidad en su operación y rapidez (Escalante, 2021; Giambastiani et al., 2020).

En la actualidad, los estudios se han centrado en la caracterización de variables como el cambio del nivel del agua, áreas de inundación y almacenamiento, mediante métodos batimétricos (GPS), estos métodos permiten crear mapas de un embalse, que muestran la distribución de profundidades en diferentes áreas, y son útiles para diversos propósitos (Ryan et al., 2020; Lin et al., 2020).

La información batimétrica permite a los gestores del agua e investigadores, monitorear y comprender los cambios en el ecosistema acuático por diferencias de nivel, además de analizar volúmenes, identificar áreas de erosión y azolvamiento para la gestión del recurso hídrico en la regulación, distribución y uso del agua (Muñoz et al., 2020; Zhu et al., 2019).

Una forma de determinar el volumen de un embalse es mediante la batimetría utilizando ecosonda y sistemas de información geográfica que permiten obtener ecuaciones polinómicas que describen la relación entre los niveles con respecto al volumen y/o área. La precisión dependerá de los dispositivos tecnológicos, calidad de datos y ajuste en el análisis de regresión (Hameed et al., 2022; Liu et al., 2020). Las ecuaciones polinómicas son útiles para esta aplicación porque moldean con cercana precisión la relación entre la profundidad del embalse con respecto a su volumen y/o área en un rango de valores, permitiendo establecer el volumen de almacenamiento o extensión del espejo del embalse en los diferentes niveles o cotas, constituyéndose en una herramienta valiosa para la gestión y planificación de los embalses (Hossen et al., 2022; Ochoa, 2021; Schwatke et al., 2020).

Materiales y método

La presente investigación se desarrolló en el embalse La Esperanza, enmarcada territorialmente en el cantón Bolívar, provincia de Manabí, en la costa de Ecuador. Se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica a través de un modelo de elevación digital para establecer cartográficamente el área y relieve digital de la cuenca aportante al embalse.

En la determinación del volumen del embalse, se usó el método batimétrico de posicionamiento 3D descrito por İlçi et al. (2019), cuyas coordenadas del fondo del embalse fueron recopiladas a través de una ecosonda de marca Garmin echoMAP™ CHIRP 72 CV, montada sobre una lancha a motor, a velocidad promedio de 10 km/h, mediante un plan de navegación con diferentes intervalos de longitud, cuyos datos cartográficos fueron procesados y acoplados a un modelo de

elevación digital "DEM" del área en estudio con resolución (12,5 m x 12,5 m) descargada del satélite ALOS PALSAR (<https://www.asf.alaska.edu/>), de acuerdo a Ngula y Chen (2019).

Los procesos descritos se efectuaron con el objetivo de obtener una nube de puntos (coordenadas), identificar el contorno de almacenamiento y delimitar la cuenca aportante del embalse. En el módulo ArcMap del software ArcGIS 10.4.1 se fusionó la nube de puntos extraídos del método batimétrico y los puntos del perímetro circundante del embalse, mediante procesamiento de coordenadas de nube de puntos a redes irregulares de triángulos "TIN", desarrollando la actividad mediante la herramienta volumen de polígono en la opción terreno y TIN de superficie ubicado en la caja de herramientas de análisis 3D. Los insumos utilizados fueron el polígono y el archivo TIN de la cuenca en estudio (fig. 1 y 2) para el cálculo de volúmenes a diferentes niveles del embalse.

Finalmente, se utilizó el software Excel versión 2016, para obtener ecuaciones polinómicas del volumen y área del embalse en función de la cota, mediante un análisis de regresión. Esto se logró a partir de las áreas del embalse obtenidas en cada metro de profundidad, previamente determinadas mediante los procesos cartográficos aplicados.

Resultados y discusión

Las microcuencas de Membrillo, Carrizal, Bejuco, Cañas y La Esperanza son las áreas que tributan agua de precipitación por escurrimiento e infiltración al embalse La Esperanza (fig. 1).

El TIN obtenido a partir del DEM y coordenadas de la batimetría (fig. 2), representa las elevaciones del área en estudio, caracterizada topográficamente por tener elevaciones que van desde los 25 hasta 559 m.s.n.m. Las cuencas hidrográficas con cotas máximas de 600 metros pueden ser encontradas en varias zonas, debido a que esta es una elevación relativamente baja en comparación con otras zonas montañosas, aun así, el relieve de la cuenca y el clima pueden afectar significativamente a la disponibilidad de agua (Pizarro et al., 2019).

Adicional a esto, Leiva (2021) describe que las cuencas con elevaciones más bajas suelen tener una mayor disponibilidad de agua debido a la mayor cantidad de precipitación y menor evaporación. Sin embargo, también pueden ser más vulnerables a la contaminación debido a la mayor actividad humana y al menor escurrimiento en la cuenca; estas son más vulnerables a los desastres naturales como inundaciones y sequías, debido a las precipitaciones y relieve.

La cota 66 m.s.n.m. es el nivel máximo de operación del embalse La Esperanza, determinando a este nivel un volumen de 428,64 Hm³. Con referencia a Iradukunda y Bwambale (2021), las curvas de nivel

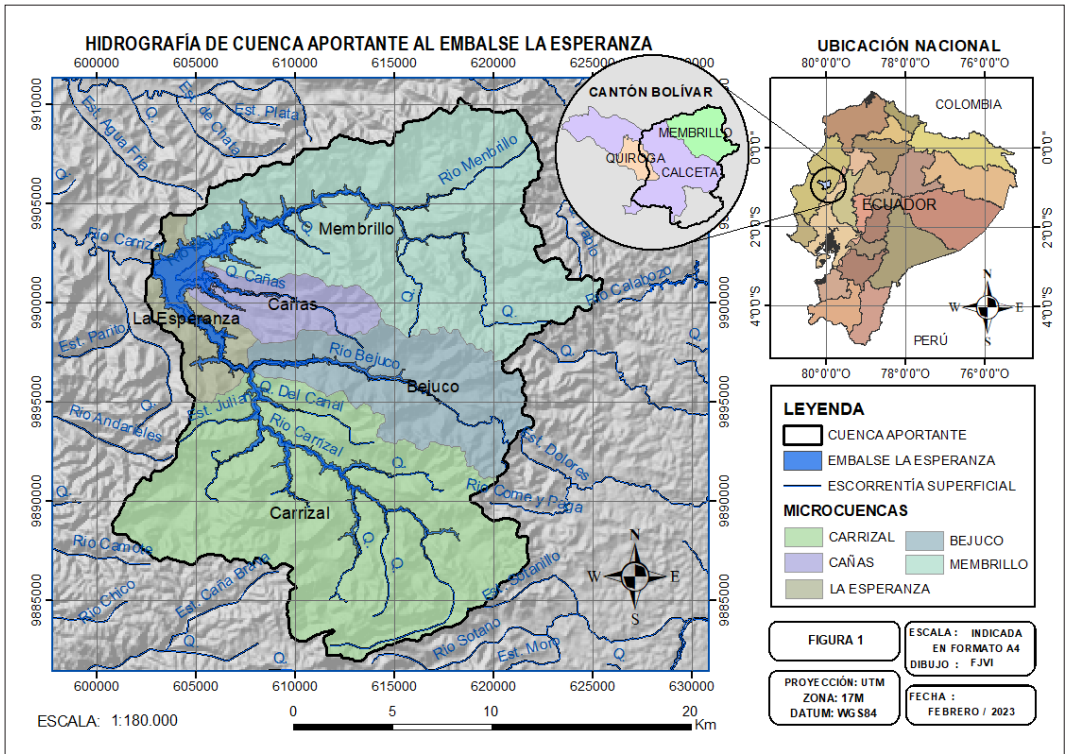


Figura 1. Hidrografía de la cuenca aportante al embalse La Esperanza.

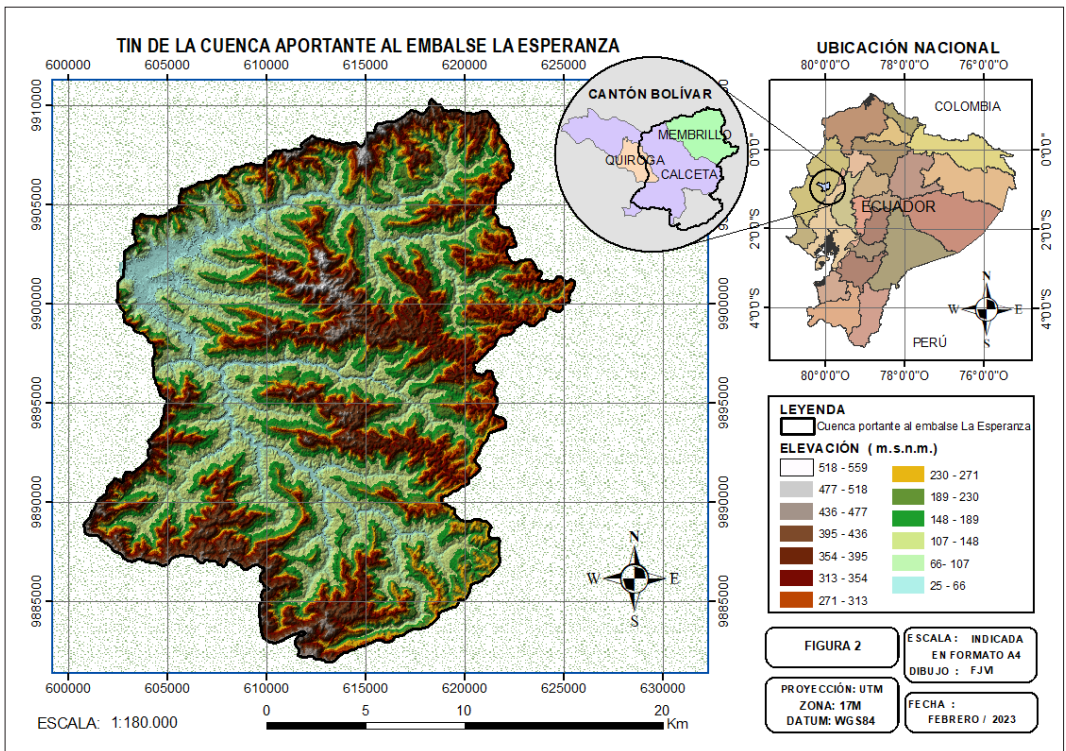


Figura 2. TIN de la cuenca aportante al embalse La Esperanza.

Tabla 1. Volumen y superficie del embalse La Esperanza año 2018.

COTA	ÁREA	VOLUMEN	COTA	ÁREA	VOLUMEN
m.s.n.m.	ha	hm ³ (Mm ³)	m.s.n.m.	ha	hm ³ (Mm ³)
67,5	2400,09	461,39	47	1057,41	104,31
67	2383,01	450,41	46	1010,06	94,26
66	2348,55	428,64	45	962,17	84,66
65	2317,87	407,08	44	915,43	75,50
64	2286,78	385,70	43	871,91	66,77
63	2255,34	364,51	42	826,75	58,46
62	2223,67	343,51	41	773,17	50,60
61	2191,77	322,70	40	722,30	43,24
60	2151,86	302,08	39	671,21	36,39
59	2105,50	281,81	38	614,79	30,05
58	2058,25	261,87	37	558,29	24,26
57	2004,66	242,32	36	500,98	19,01
56	1863,04	223,24	35	435,99	14,36
55	1671,50	205,92	34	367,52	10,34
54	1534,17	190,27	33	295,56	6,99
53	1432,15	175,83	32	228,35	4,35
52	1353,85	162,33	31	167,34	2,35
51	1282,32	149,57	30	95,36	0,96
50	1221,84	137,45	29	32,32	0,29
49	1163,53	125,89	28	11,76	0,08
48	1108,31	114,85	27	0,07	0,00

Fuente: Velásquez (2020).

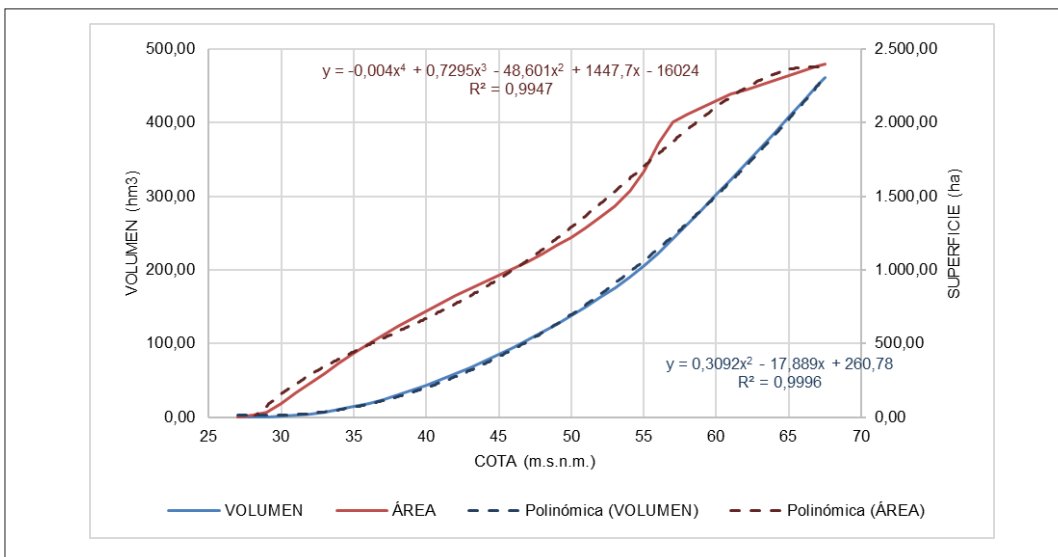


Figura 3. Volumen y Superficie del Embalse La Esperanza.

Fuente: Velásquez (2020).

y las distribuciones de profundidad se usan para representar los resultados a manera informativa, estas curvas se crean a partir de los datos obtenidos durante el análisis de la batimetría del fondo del embalse, y muestran las relaciones entre la profundidad, el área de contorno y la capacidad del mismo.

Los volúmenes obtenidos a distintas cotas (tab. 1) reflejaron en su construcción batimétrica el relieve del vaso del embalse La Esperanza, que acorde a Hassan et al. (2017); Sang et al. (2017); Iradukunda et al. (2020) determinaron que la ilustración de la distribución espacial en la interpretación de los cambios en la profundidad y volumen del embalse en estudio, muestran características de relieve, mediante el uso de datos topográficos XYZ, que ilustran la distribución espacial y las variaciones del agua, siendo útil para el análisis de sedimentación y capacidad de almacenamiento, como parte de la gestión del suministro de agua, la recreación y el monitoreo de cambios morfológicos a largo del tiempo que permiten una adecuada toma de decisiones.

Para proyectar el volumen en función de su cota (fig. 3) se utilizó los niveles y volumen del embalse a cada metro de altitud en la columna de agua, obteniéndose la siguiente ecuación de segundo grado:

$$V = 0,3092c^2 - 17,889c + 260,78$$

Donde:

V = Volumen del embalse (hm³)
c = Cota del embalse (m.s.n.m.)

Para proyectar la superficie en función de su cota (fig. 3) se utilizó los niveles y áreas del embalse a cada metro de altitud en la columna de agua, obteniéndose la siguiente ecuación de cuarto grado:

$$S = -0,004c^4 + 0,7295c^3 - 48,601c^2 + 1447,7c - 16024$$

Donde:

S = Superficie de espejo del embalse (ha)
c = Cota del embalse (m.s.n.m.)

Según Maina et al. (2018) el aumento en el volumen y el área del nivel del agua es proporcional al aumento en la profundidad del agua, la relación entre la profundidad, el volumen y el área del embalse presentan la información obtenida de forma significativa e informativa que es útil para el análisis avanzado en la operación de represas y la estimación del azolvamiento por variación de capacidades de almacenamiento de agua.

Conclusiones

La cuenca aportante al embalse La Esperanza se encuentra constituida por las microcuencas: Membrillo, Carrizal, Bejuco, Cañas y La Esperanza, mostrando elevaciones que van desde los 25 hasta 559 m.s.n.m.

El volumen de capacidad máxima operacional del embalse La Esperanza es de 428,64 hm³ a la cota 66 m.s.n.m. con corte batimétrico al año 2018; que, en comparación con el inicio de operatividad, presenta una disminución de 26,36 hm³ por motivo de azolvamiento en 22 años de operación (1997-2018).

La ecuación polinómica en la operatividad actual para manejo del embalse La Esperanza se reduce a la siguiente ecuación: $V = 0,3092c^2 + 17,889c + 260,78$; donde "V" representa el volumen y "c" la cota o nivel del embalse.

Los dispositivos tecnológicos y sistemas de información geográficas actualmente permiten un diagnóstico rápido y económico en la gestión hídrica, esencial en el análisis para la correcta administración de los volúmenes, determinando que el uso de técnicas econométricas mediante ultrasonido y softwares cartográficos proporcionan resultados fiables.

Recomendaciones

Realizar batimetrías cada diez años (20 años) en el embalse con el fin de llevar un registro de volumen útil, que disminuye gradualmente por el azolvamiento del mismo, con el fin de actualizar la ecuación polinómica en la operatividad de la represa La Esperanza.

Cuantificar la erosión en las microcuencas aportantes al embalse y contrastar con la cantidad de sedimentos acumulados, llevando a cabo análisis comparativos que permitan predecir el comportamiento del azolvamiento.

Desarrollar en la cuenca aportante al embalse La Esperanza investigaciones sobre cambios multitemporales de cobertura vegetal y precipitaciones, con la finalidad de establecer su incidencia en la disminución de capacidad del embalse.

Referencias bibliográficas

- Escalante, E. (2021). "Geodesia Aplicada "Applied Geodesy for the Integration of Bathymetric Data for Sedimentation Control in Four Reservoirs in the Department of Tarija." *Ciencia Sur*, 6(7).
- Giambastiani B.M., Macciocca V.R., Molducci M. y Antonellini M. (2020) Factors affecting water drainage long-time series in the salinized low-lying coastal area of ravenna (Italy). *Water* 12:256. <https://doi.org/10.3390/w12010256>
- Hameed, F., Muhammad, R. y Khalil, Z. (2022). Establishing Level-Area-Volume Relationships of Darawat Reservoir Using Time Series Remote- Sensing Images. *Researchsquare*, 1-13.
- Hassan, R., Al-Ansari, N., Ali, AA., Ali, SS. y Knutsson, S. (2017). Batimetría y tasa de sedimentación para el embalse de Dokan, Irak. *Lagos y embalses: investigación y gestión*, 22(2), 179 - 189. <https://doi.org/10.1111/lre.12173>

- Ho, L. T. y Goethals, P. L. M. (2019). Opportunities and challenges for the sustainability of lakes and reservoirs in relation to the Sustainable Development Goals (SDGs). In *Water* (Switzerland) (Vol. 11, Issue 7, p. 1462). Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/w11071462>
- Hossen, H., Khairy, M., Ghaly, S., Scozzari, A., Negm, A. y Elshahabi, M. (2022). Bathymetric and Capacity Relationships Based on Sentinel-3 Mission Data for Aswan High Dam Lake, Egypt. *Water* (Switzerland), 14(5), 711. <https://doi.org/10.3390/w14050711>
- İlçi, V., ozulu, İ. M., Alkan, R. M., Erol, S., uysal, M., Kalkan, y., ... Bilgi, S. (2019). Determination of reservoir sedimentation with bathymetric survey: a case study of Obruk Dam Lake. *Fresenius environmental bulletin*, vol.28, no.3, 2305-2313.
- Iradukunda, P. y Bwambale, E. (2021). Reservoir sedimentation and its effect on storage capacity-A case study of Mureira reservoir, Kenya. *Cogent Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1917329>
- Iradukunda, P., Sang, JK, Nyadawa, MO y Maina, CW (2020). Efecto de la sedimentación sobre la capacidad de almacenamiento en el lago Nakuru, Kenia. *Revista De Investigación Sostenible En Ingeniería*, 51, 149 - 158.
- Leiva-Lozano, J. (2021). Cartografía y correlación de terrazas fluviales de los ríos Guardal y Barbata (Cuenca hidrográfica del Guadiana Menor). [Tesis de Grado, Universidad San Jaén]. <https://hdl.handle.net/10953.1/15347>
- Liu, K., Song, C., Wang, J., Ke, L., Zhu, Y., Zhu, J., Ma, R. y Luo, Z. (2020). Remote Sensing-Based Modeling of the Bathymetry and Water Storage for Channel-Type Reservoirs Worldwide. *Water Resources Research*, 56(11). <https://doi.org/10.1029/2020WR027147>
- Maina, C. W., Sang, J. K., Mutua, B. M. y Raude, J. M. (2018). Bathymetric survey of Lake Naivasha and its satellite Lake Oloiden in Kenya; using acoustic profiling system. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 23(4), 324-332. <https://doi.org/10.1111/LRE.12247>
- Muñoz, D. F., Moftakhari, H. y Moradkhani, H. (2020). Compound Effects of Flood Drivers and Wetland Elevation Correction on Coastal Flood Hazard Assessment. *Water Resources Research*, 56 (7). <https://doi.org/10.1029/2020WR027544>
- Ngula, N y Chen, J. (2019). The usefulness of alos-palsar dem data for drainage extraction in semi-arid environments in The Ilishana sub-basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 21, 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.11.003>
- Ochoa-García, S. A. (2021). Aplicación de una metodología simplificada para estimar las curvas de capacidad de embalses. *Revista de Teledetección*, 58, 105. <https://doi.org/10.4995/raet.2021.15303>
- Pizarro, R., Sangüesa, C., Vallejos, C., Mendoza, R., Pino, J., Berríos, A., Ibáñez, A., Castillo, B., Bernal, A., García, P., Arumi, J., Iroumé, A. y Valdés, R. (2019). Antecedentes de la relación masa forestal y disponibilidad hídrica en Chile. UNESCO. Uruguay. 38 pp.
- Ryan, J. C., Smith, L. C., Cooley, S. W., Pitcher, L. H. y Pavelsky, T. M. (2020). Global Characterization of Inland Water Reservoirs Using ICESat-2 Altimetry and Climate Reanalysis. *Geophysical Research Letters*, 47(17), e2020GL088543. <https://doi.org/10.1029/2020GL088543>
- Sang, J.K., Raude, J.M., Mati, B.M., Mutwiwa, U.N. y Ochieng F. (2017). Dual Echo Sounder Bathymetric Survey for Enhanced Management of Ruiru Reservoir, Kenya. *Journal of Sustainable Research in Engineering* Vol. 3 (4) 2017, 113-118
- Schwatke, C., Dettmering, D. y Seitz, F. (2020). Volume variations of small inland water bodies from a combination of satellite altimetry and optical imagery. *Remote Sensing*, 12(10), 1606. <https://doi.org/10.3390/rs12101606>
- Velásquez, F. (2020). Modelo de simulación dinámica aplicado al aprovechamiento eficiente del embalse La Esperanza, Manabí - Ecuador. Tesis para optar grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Zhu, S., Liu, B., Wan, W., Xie, H., Fang, Y., Chen, X., Li, H., Fang, W., Zhang, G., Tao, M. y Hong, Y. (2019). A new digital lake bathymetry model using the step-wise water recession method to generate 3D lake bathymetric maps based on DEMs. *Water* (Switzerland), 11(6), 1151. <https://doi.org/10.3390/w11061151>

Estado del conocimiento taxonómico de los poliquetos bentónicos de Ecuador continental

State of Taxonomic Knowledge of Benthic Polychaetes of Continental Ecuador

Jordy Soledispa Macias¹ y John Ramos Veliz²

¹ *Sociedad de investigadores de invertebrados marinos. Guayaquil, Ecuador*

² *Laboratorio de Investigación en Ecosistemas Acuáticos, Centro de Agua y Desarrollo Sustentable, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador*

Resumen

Recibido 10 de febrero 2023, recibido en forma revisada 10 de Mayo 2023, aceptado 13 de Mayo 2023, en línea 04 de junio 2023.

Este estudio tiene como objeto proporcionar una actualización del conocimiento de poliquetos bentónicos registrados en Ecuador Continental. Se realizó una revisión de la información disponible sobre especies registradas desde 1865 hasta el 2020, de lo cual, se obtuvo el número de géneros y especies por familias proporcionando un listado de poliquetos bentónicos para el país. Se han reportado 143 especies en total, en donde, 20 han sido registradas anteriormente con su sinonimia. Existe un importante aumento en la biodiversidad de poliquetos para el país y su taxonomía ha tenido muchas controversias, lo que se ve reflejado en ciertas familias. Se menciona que, El Golfo de Guayaquil es el área donde se ha encontrado un mayor número de registros de poliquetos. Con las nuevas tecnologías y disponibilidad de información, se podría incrementar este dato; es necesario considerar la distribución biogeográfica de las especies para una mejor identificación, además de, con ayuda de análisis de ADN y la opinión de especialistas, esto permitiría realizar una actualización viable sobre el conocimiento taxonómico de las especies de poliquetos para Ecuador.

Palabra claves: lista de especies, perfil costero, polychaete, revisión.

Abstract

The aim of this study is to provide an update on the knowledge of benthic polychaetes recorded in continental Ecuador. A review of the available information of species recorded from 1865 to 2020 was carried out, from which the number of genera and species by families was obtained, providing a list of benthic polychaetes for the country. A total of 143 species have been reported, 20 of those have been previously recorded with their synonymy. There is a significant increase in the biodiversity of polychaetes for the country and its taxonomy has had many controversies, which is reflected in some families. It is mentioned that the Gulf of Guayaquil is the area where the greater number of records of polychaetes have been found. With the new technologies and availability of information, this data could be increased, it is necessary to consider the biogeographic distribution of the species for a better identification, in addition, with the help of DNA analysis and specialists' opinion, this would allow to carry out a viable update on taxonomic knowledge of polychaete species for the country.

Keywords: checklist, coastal profile, polychaete, review.

Introducción

Los poliquetos son organismos vermiformes segmentados caracterizados por presentar quetas o setas en los segmentos del cuerpo, además de órganos sensoriales conocidos como tentáculos, palpos y cirros (Ruppert y Barnes, 1996), intervienen como reguladores de poblaciones de ciertos invertebrados en la zona intermareal (Vinagre et al., 2017); algunas

especies son usadas como alimento para la acuicultura (Ortiz et al., 2019), mientras que, ciertas familias como Sabellariidae contribuyen a generar estructuras como arrecifes, albergando una importante diversidad en ellas (Sepúlveda et al., 2003); también han sido utilizados como bioindicadores de contaminantes antropogénicos (Grassle y Grassle, 1976; Pearson y Rosenberg, 1977; Paredes, 2010; Elias et al., 2021). El Pacífico Oriental Tropical, limita al norte con Bahía

* Correspondencia del autor:

E-mail: jordysoledispa@outlook.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.

Magdalena, México y al sur con Punta aguja en Perú e incluye las provincias biogeográficas de Cortez y Panamíca (Padilla-Serrato et al., 2016), donde se han realizado diversos estudios sobre poliquetos encontrando especies nativas y exóticas para la región (Salazar-Vallejo y Londoño-Mesa, 2004). Ecuador forma parte del POT y es conocido por presentar una amplia biodiversidad marina (Cárdenas-Calle et al., 2020); sin embargo, uno de los taxones menos estudiados son los poliquetos (Pettibone, 1963). El primer registro de poliquetos en el país data de 1865, hasta el 2020 los trabajos realizados a nivel taxonómico son limitados, algunos se simplemente son listados de las especies sin incluir ilustraciones o caracteres de diagnósticos.

Algunas especies han sido registradas bajo diferentes sinonimias lo que dificulta una correcta identificación (Villalobos-Guerrero y Molina-Acevedo, 2014); mientras que, otras especies ameritan revisiones taxonómicas debido a que podrían tener una amplia distribución, debido a que muchas de ellas son originarias de otros continentes (de León-González, 2017); mientras que, ciertos registros ameritan revisiones detalladas, porque podrían contener especies crípticas (Salazar-Vallejo y Londoño-Mesa, 2004; Grassle y Grassle, 1976; Blake, 2009). Así mismo, existen especies registradas por una sola vez en Ecuador, como *Grubeulepis guayanensis* (Villamar, 1983).

En la literatura disponible se pueden encontrar trabajos que incluyen nuevos registros y claves taxonómicas para familias obtenidas en diferentes expediciones (Kinberg, 1864; Monro, 1933b; Hartman, 1939; Blake, 1983; Pettibone, 1963). Del mismo modo, existen investigaciones sobre invertebrados donde se incluyen a los poliquetos bentónicos como parte de la macrofauna en diversas localidades (Villamar, 1986, 2013, 2009, 2000, 1983, 1989, 2014, 2005; Cruz et al., 1980; Villamar y Cruz, 2007; Cruz et al., 2003). El primer listado de especies para el Ecuador fue proporcionado por de León-González (2017).

El registro de especies de poliquetos ha seguido en los últimos años incrementando el conocimiento de la poliquetofauna en Ecuador, así mismo, se han realizado estudios filogenéticos que cambian el estado taxonómico de ciertas especies, por lo que las actualizaciones sobre estos invertebrados son importantes. Por tal motivo, este estudio tiene como objetivo proporcionar una actualización del conocimiento de poliquetos bentónicos para el país.

Metodología

Se realizó una revisión de la información disponible sobre los géneros y especies registradas de la poliquetofauna en Ecuador hasta el 2020. Se excluyeron especies registradas en tesis de pregrado e informes donde no se pudo comprobar su veracidad taxonómica. Además, para determinar cuántas especies exóticas y nativas se encuentran en el

país se elaboró un registro de las especies según su distribución zoogeográfica.

Se realizó un listado actualizado de poliquetos bentónicos para Ecuador con la sinonimia con la que han sido registrados en el país; además de, consideraciones de las especies cuya presencia en el Pacífico Oriental Tropical (POT) son cuestionables por su localidad tipo.

Los nombres taxonómicos fueron corroborados en el *World Register of Marine Species* (WoRMS) y literatura con detalles de sistemática.

Resultados

El análisis de referencias de poliquetofauna ecuatoriana continental registra 143 especies incluidas en 12 órdenes, 38 familias y 94 géneros, de las cuales, 20 han sido reportadas anteriormente con su sinonimia (Tabla 1). Se registran dos subclases, Errantia cuenta que con el mayor número de especies (86), las cuales se encuentran repartidas en dos órdenes: Phyllococida y Eunicida; mientras que, Sedentaria tiene 51 especies repartidas en seis órdenes: Capitellida, Cossurida, Opheliida, Sabellida, Spionida y Terebellida. Las familias Chaetopteridae, Oweniidae, Amphinomidae, Magelonidae, aún se encuentran en discusión taxonómica, por tal motivo, se las agrupa dentro los cuatro órdenes sin clasificación (Tabla 2).

Nereididae, es la familia con mayor número de géneros (nueve) y especies (16), seguido de Spionidae (ocho géneros, 14 especies); Polynoidae (seis géneros, 12 especies); Sigalionidae (cuatro géneros, ocho especies); Eunicidae y Onuphidae (cinco géneros, siete especies respectivamente), mientras que, las familias que tienen menor número de especies son: Chaetopteridae, Cossuridae, Dorvilleidae, Oweniidae, Iphionidae, Microphthalmyidae, Pilargidae, Sabellidae y Terebellidae, todos con una especie registrada para el Ecuador continental (Tabla 3).

La categoría de distribución biogeográfica indica que el 31% (44 spp.) de la poliquetofauna del Ecuador son registros cuestionables, el 57% (81 spp.) son nativas en el Pacífico Oriental Tropical (POT), 10% (15 spp.) son nativas en Ecuador y el 2% (3 spp.) son exóticas: *Microphthalmus arenarius*, *Alitta succinea*, *Capitella capitata*. Fig. 1

Desde 1864 se evidencia un aumento en el registro de especies de poliquetos. En 1983 fue el año donde más especies se han registrado en Ecuador, luego en el 2005 se encontró otro evento importante de registros al igual que en el 2020 (Fig. 2).

El golfo de Guayaquil es el área donde se ha encontrado un mayor número de registros de poliquetos, al igual que Cabo San Francisco, mientras que, en los lugares donde se presentan menor número de registro fueron Tachina y Salango (Fig. 3).

Tabla 1. Lista de especies de poliquetos registradas para el Ecuador continental

Familia	Especie	Sinonimia	Fuente
Acoetidae	<i>Acoetes pacifica</i>	<i>P a n t h a l i s</i> <i>pacifica</i> Treadwell, 1914	Cruz et al., 2003; Villamar, 1983
Acoetidae	<i>Polyodontes oculea</i>		Hartman, 1939
Acoetidae	<i>Polyodontes panamensis</i>		Cruz et al., 2003; Villamar, 1983
Amphinomidae	<i>Eurythoe complanata</i>		Hartman, 1940; Monro, 1933; Treadwell, 1928; Villamar, 2005; Villamar & Cruz, 2007
Amphinomidae	<i>Pareurythoe spirocirrata</i>		Calderón, 2016; Cárdenas-Calle et al., 2020; Villamar, 2005, 2009
Amphoretidae	<i>Aryandes forficata</i>		Kinberg, 1886
Amphoretidae	<i>Aryandes gracilis</i>		Kinberg, 1886
Aphroditidae	<i>Aphrodita japónica</i>		Hartman, 1939
Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020; Villamar, 2005
Capitellidae	<i>M e d i o m a s t u s</i> <i>californiensis</i>		Paredes, 2010
Capitellidae	<i>Notodasus magnus</i>		Calderón, 2016; Cruz et al., 2003; Villamar, 1983, 1986; Villamar & Cruz, 2007
Capitellidae	<i>Notomastus abyssalae</i>		Calderón, 2016; Cruz et al., 2003; Villamar, 1983
Chaetopteridae	<i>C h a e t o p t e r u s</i> <i>variopedatus</i>		Nishi et al., 2009
Chrysopetalidae	<i>Bhawania cryptocephala</i>		Villamar, 2005
Chrysopetalidae	<i>Paleanotus bellis</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Cirratulidae	<i>Aphelochaeta antelonga</i>		Blake, 2018
Cirratulidae	<i>A p h e l o c h a e t a</i> <i>longisetosa</i>		Blake, 2018
Cirratulidae	<i>Cauleriella ecuadoriana</i>		Blake, 2018
Cirratulidae	<i>Cirratulus cirratus</i>		Calderón, 2016; Villamar, 1983
Cirratulidae	<i>Tharyx parvus</i>		Cruz et al., 2003; Villamar, 1983, 1986, 2005
Cossuridae	<i>Cossura brunea</i>		Villamar, 2013
Dorvilleidae	<i>Dorvillea moniloceras</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020

Familia	Especie	Sinonimia	Fuente
Eulepethidae	<i>Grubeulepis ecuadorensis</i>		Pettibone, 1969
Eulepethidae	<i>Grubeulepis fimbriata</i>	<i>Parerulepis fimbriata</i> (Treadwell, 1901)	Villamar, 1983
Eulepethidae	<i>Grubeulepis guayanensis</i>		Cruz et al., 2003; Villamar, 1983
Eunicidae	<i>Eunice biannulata</i>		Villamar & Cruz, 2007
Eunicidae	<i>Leodice antennata</i>		Calderón, 2016; Hartman, 1944; Villamar, 2013
Eunicidae	<i>Lysidice natalensis</i>		Calderón, 2016; Cárdenas-Calle et al., 2020
Eunicidae	<i>Marphysa corallina</i>		Villamar, 2005
Eunicidae	<i>Marphysa sanguinea</i>		Villamar, 2005
Eunicidae	<i>Paucibranchia conferta</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Eunicidae	<i>Paucibranchia oculata</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Glyceridae	<i>Glycera americana</i>		Villamar, 2013
Glyceridae	<i>Glycera branchiopoda</i>		Calderón, 2019; Cruz et al., 2003; Villamar, 1989
Glyceridae	<i>Hemipodia pustatula</i>		Trovant et al., 2012
Hesionidae	<i>Hesione intertexta</i>		Hartman, 1940; Keppel et al. 2019
Hesionidae	<i>Oxydromus pugettensis</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Iphionidae	<i>Iphione ovata</i>		Hartman, 1939
Lumbrineridae	<i>Lumbrineris bassi</i>		(Calderón 2016; Cárdenas-Calle et al. 2020; Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 1989, 2005; Villamar & Cruz 2007
Lumbrineridae	<i>Lumbrineris sarsi</i>		Kinberg, 1864
Lumbrineridae	<i>Scoletoma tetraura</i>	<i>Lumbrineris tetraura</i> Schmarda, 1861	Villamar (2005, 2009)
Lumbrineridae	<i>Scoletoma zonata</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020; Trovant et al. 2012
Magelonidae	<i>Magelona cf. mirabilis</i>		(Aerts et al. 2004; Cruz et al. 2003; Villamar 1983
Magelonidae	<i>Magelona pacifica</i>		Cruz et al. 2003; Villamar 1983
Maldanidae	<i>Clymenella complanata</i>		Cruz et al. 2003; Villamar 1983
Maldanidae	<i>Isolda armata</i>	<i>Oeorpata armata</i> Kinberg, 1867	Kinberg, 1886

Familia	Especie	Sinonimia	Fuente
Maldanidae	<i>Maldane cristata</i>	<i>Maldane carinata</i> Moore, 1923	Cruz et al. 2003; Villamar 1983
Maldanidae	<i>Maldanella robusta</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Microphthalmidae	<i>Microphthalmus arenarius</i>		Trovant et al., 2012
Nephtyidae	<i>Aglaophamus erectans</i>		Cruz et al., 2003; Villamar (1983, 2014)
Nephtyidae	<i>Aglaophamus verrilli</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020; Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 1989, 2014
Nephtyidae	<i>Nephtys glabra</i>		Villamar, 2013
Nephtyidae	<i>Nephtys singularis</i>		Cruz et al. 1980; Villamar 2009; Villamar and Cruz 2007; Calderón 2016; Cárdenas-Calle et al. 2020
Nephtyidae	<i>Nephtys squamosa</i>		Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 2014
Nereididae	<i>Alitta succinea</i>	<i>Neanthes succinea</i> (Leuckart, 1847)	Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 1986, 1989, 2005, 2013; Villamar & Cruz 2007
Nereididae	<i>Ceratonereis costae</i>		Hartman, 1940
Nereididae	<i>Ceratonereis mirabilis</i>		Calderón 2016; Cárdenas-Calle et al. 2020; Villamar 2005
Nereididae	<i>Ceratonereis tentaculata</i>		Hartman 1940; Kinberg 1865; Monro 1933a, 1933b
Nereididae	<i>Hediste diversicolor</i>	<i>Neanthes diversicolor</i> O. F. Müller, 1776	Calderón 2016; Cárdenas-Calle et al. 2020; Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 2005
Nereididae	<i>Leptonereis laevis</i>		Kinberg, 1865
Nereididae	<i>Nereis eakini</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Nereididae	<i>Nereis paucignatha</i>		Hartman, 1940
Nereididae	<i>Nereis riisei</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020; Hartman 1940; Monro 1933a
Nereididae	<i>Nereis vexillosa</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Nereididae	<i>Nicon orensanzi</i>		de León-González & Trovant 2013
Nereididae	<i>Perinereis floridana</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Nereididae	<i>Platynereis polyscalma</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020; Hartman 1940
Nereididae	<i>Pseudonereis gallapagensis</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020; Hartman 1940; Kinberg 1865; Trovant et al. 2012

Familia	Especie	Sinonimia	Fuente
Nereididae	<i>Pseudonereis pseudonoodti</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Oeonidae	<i>Arabella iricolor</i>		Calderón 2016; Cárdenas-Calle et al. 2020
Oeonidae	<i>Arabella monroi</i>		Monro 1933a
Oeonidae	<i>Laranda sulcata</i>		Kinberg, 1864
Onuphidae	<i>Australonuphis paxtonae</i>		de León-González et al., 2008
Onuphidae	<i>Diopatra Chiliensis</i>		Paxton, 1998
Onuphidae	<i>Diopatra splendidissima</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020; Kinberg 1864; Villamar 1989, 2005
Onuphidae	<i>Diopatra tridentata</i>		Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 1986, 2013
Onuphidae	<i>Kinbergonuphis microcephala</i>	<i>Onuphis microcephala</i> Hartman, 1944	Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 1986, 2013
Onuphidae	<i>Mooreonuphis cirrata</i>		Hartman, 1944b
Onuphidae	<i>Mooreonuphis nebulosa</i>	<i>Onuphis nebulosa</i> Moore, 1911	Cruz et al. 2003; Hartman 1944b; Villamar 1983, 1986, 2009
Ophellidae	<i>Armandia salvadoriana</i> cf.		Trovant et al., 2012
Ophellidae	<i>Polyopthalmus pictus</i>		Keppel et al. 2019; Villamar 2005
Ophellidae	<i>Thoracophelia mucronata</i>	<i>Euzonus mucronata</i> (Treadwell, 1914)	Trovant et al., 2012
Oweniidae	<i>Owenia collaris</i>		Villamar, 1989
Paraonidae	<i>Aricidia similis</i>		Cruz et al. 2003; Villamar 1983
Paraonidae	<i>Levinsenia gracilis</i>	<i>Paraonis gracilis</i> (Tauber, 1879)	Villamar 2005, 2013
Paraonidae	<i>Paraonides platybranchia</i>		Villamar, 1989
Phyllodocidae	<i>Eulalia quadrioculata</i>		Villamar 2005, 2009
Phyllodocidae	<i>Notophyllum imbricatum</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020
Phyllodocidae	<i>Phyllodoce madeirensis</i>	<i>Anaitides madeirensis</i> (Langerhans, 1880)	Cárdenas-Calle et al. 2020; Villamar 2005, 2013; Villamar 2005, 2013
Phyllodocidae	<i>Phyllodoce multiseriata</i>		Calderón 2016; Trovant et al. 2012; Villamar 2005, 2013; Trovant et al. 2012; Villamar 2005, 2013

Familia	Especie	Sinonimia	Fuente
Pilargidae	<i>Sigambra bassi</i>		Calderón, 2019
Polynoidae	<i>Arctonoe vittata</i>		Hartman, 1939
Polynoidae	<i>Chaetacanthus magnificus</i>		Hartman, 1939
Polynoidae	<i>Chaetacanthus pomareae</i>	<i>Lepidonotus pomareae</i> Kinberg, 1856	Villamar, 1989
Polynoidae	<i>Halosydna fuscomarmorata</i>		Villamar, 1989
Polynoidae	<i>Halosydna johnsoni</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Polynoidae	<i>Halosydna parva</i>		Cruz et al. 2003; Hartman 1939; Villamar 1983, 1986
Polynoidae	<i>Lepidasthenia gigas</i>	<i>Lepidametria gigas</i> (Johnson, 1897)	Cárdenas-Calle et al. 2020; Villamar 1989; Villamar 1989
Polynoidae	<i>Lepidasthenia virens</i>	<i>Lepidametria virens</i> (Blanchard in Gay, 1849)	Hartman 1939; Villamar 1989
Polynoidae	<i>Lepidonotus crosslandi</i>		Cruz et al. 1980, 2003; Villamar 1983
Polynoidae	<i>Lepidonotus forcillatus</i>		Hartman, 1939
Polynoidae	<i>Lepidonotus hupferi</i>		Cruz et al. 1980, 2003; Hartman 1939; Villamar 1983
Polynoidae	<i>Thormora johnstoni</i>		Hartman, 1939
Sabellariidae	<i>Idanthyrsus cretus</i>	<i>Idanthyrsus pennatus</i> (Peters, 1854)	Cruz et al. 2003; Hartman 1944b
Sabellariidae	<i>Phragmatopoma attenuata</i>		Hartman 1944b; Villamar 2005
Sabellariidae	<i>Phragmatopoma californica</i>		Villamar 2005
Sabellidae	<i>Branchiomma bairdi</i>		Keppel et al. 2019
Scalibregmatidae	<i>Asclerocheilus acirratu</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020
Scalibregmatidae	<i>Asclerocheilus tropicus</i>		de Matos Nogueira & de Matos 2002
Serpulidae	<i>Hydroides brachyacantha</i>	<i>Hydroides brachyacantha</i> Rioja, 1941	Bastida-Zavala & ten Hove 2003; Çinar 2006
Serpulidae	<i>Hydroides chilensis</i>		Bastida-Zavala & ten Hove, 2003
Serpulidae	<i>Hydroides deleoni</i>		Bastida-Zavala & ten Hove, 2003
Serpulidae	<i>Hydroides gairacensis</i>		Bastida-Zavala & ten Hove, 2003

Familia	Especie	Sinonimia	Fuente
Serpulidae	<i>Hydrooides panamensis</i>		Bastida-Zavala & ten Hove, 2003
Serpulidae	<i>Spirobranchus giganteus</i>		Cárdenas-Calle et al., 2020
Sigalionidae	<i>Pisione longispinulata</i>		Trovant et al., 2012
Sigalionidae	<i>Sigalion lewissi</i>		Hartman, 1939
Sigalionidae	<i>Sthenelais fusca</i>		Cruz et al., 1980, 2003; Villamar 1983, 1986
Sigalionidae	<i>Sthenelais helenae</i>		Cruz et al. 2003; Hartman 1939; Villamar 1983 Hartman 1939; Villamar 1983
Sigalionidae	<i>Sthenelais tertiaglabra</i>	<i>Sthenelais hancocki</i> Hartman, 1939	Cruz et al. 2003; Villamar 1983
Sigalionidae	<i>Sthenelais verruculosa</i>		Cruz et al. 2003; Villamar 1983; Villamar 1983
Sigalionidae	<i>Sthenelanella uniformis</i>		Cruz et al. 2003; Hartman 1939; Villamar 1983
Sigalionidae	<i>Sthenolepis fimbriarum</i>		Hartman, 1939
Spionidae	<i>Boccardia tricuspa</i>		Calderón 2016; Cruz et al. 2003; Villamar 1983
Spionidae	<i>Dipolydora armata</i>		Blake, 1983
Spionidae	<i>Dipolydora giardi</i>	<i>Polydora giardi</i> Mesnil, 1893	Blake 1983; Villamar 2005
Spionidae	<i>Dipolydora socialis</i>	<i>Polydora socialis</i> (Schmarda, 1861)	Blake, 1983
Spionidae	<i>Malacoceros indicus</i>		Trovant et al., 2012
Spionidae	<i>Paraprionospio pinnata</i>		Calderón 2016, 2019; Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 2013
Spionidae	<i>Polydora anophthalma</i>		Blake, 1983
Spionidae	<i>Polydora cirrosa</i>		Blake, 1983
Spionidae	<i>Polydora ecuadoriana</i>		Blake, 1983
Spionidae	<i>Polydora nuchalis</i>		Villamar, 2005
Spionidae	<i>Polydora websteri</i>		Blake, 1983; Calderón 2016; Villamar 2005, 2009; Calderón 2016; Villamar 2005, 2009
Spionidae	<i>Prionospio heterobranchia</i>		Villamar, 1989
Spionidae	<i>Pseudopolydora primigenia</i>		Blake, 1983

Familia	Especie	Sinonimia	Fuente
Spionidae	<i>Scolelepis acuta</i>	(<i>Scolelepis</i>)	Trovant et al., 2012
Sternaspidae	<i>Sternaspis fossor</i>		Villamar, 1989
Spionidae	<i>Scolelepis acuta</i>	(<i>Scolelepis</i>)	Trovant et al., 2012
Sternaspidae	<i>Sternaspis fossor</i>		Villamar, 1989
Sternaspidae	<i>Sternaspis scutata</i>		Villamar & Cruz, 2007
Syllidae	<i>Opisthosyllis arboricola</i>		Cárdenas-Calle et al. 2020; Trovant et al. 2012
Syllidae	<i>Syllis elongata</i>		Calderón 2016; Cárdenas-Calle et al. 2020; Villamar 1983, 2005, 2009
Terebellidae	<i>Janice conchilega</i>		Calderón 2016; Cruz et al. 2003; Villamar 1983, 1989, 2005

Tabla 2. Número de especies, géneros, familias y órdenes para las dos subclases de poliquetos registrados para Ecuador continental hasta el 2020.

Subclase	Orden	%	Familia	%	Genero	%	Spp	%
-	4*	37	4	11	5	5	6	4
Errantia	2	17	20	53	54	57	86	60
Sedentaria	6	50	14	37	35	37	51	36
Total	11*	100	38	100	94	100	143	100

Nota 1: *Se enlistan 4 órdenes que no están dentro de ninguna clase debido a que aún se encuentran en discusión, aquí se representa a la familia Magelonidae como parte de este grupo porque no está dentro de un orden verdadero, lo que da un total de 11 órdenes formalmente reconocidos.

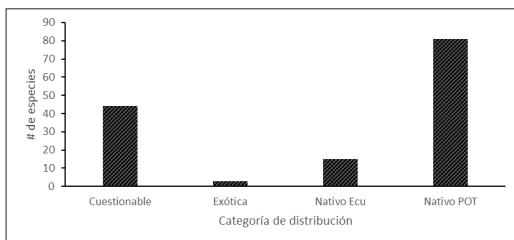


Figura 1. Categorías de distribución de especies de poliquetos bentónicos del Ecuador continental.

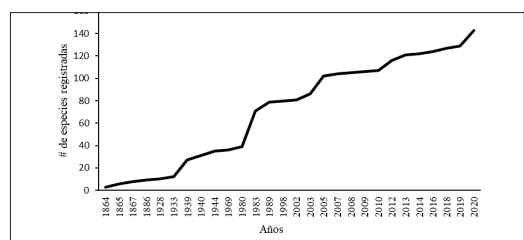


Figura 2. Tendencia de registro de especies de poliquetos en Ecuador durante los años 1864-2020.

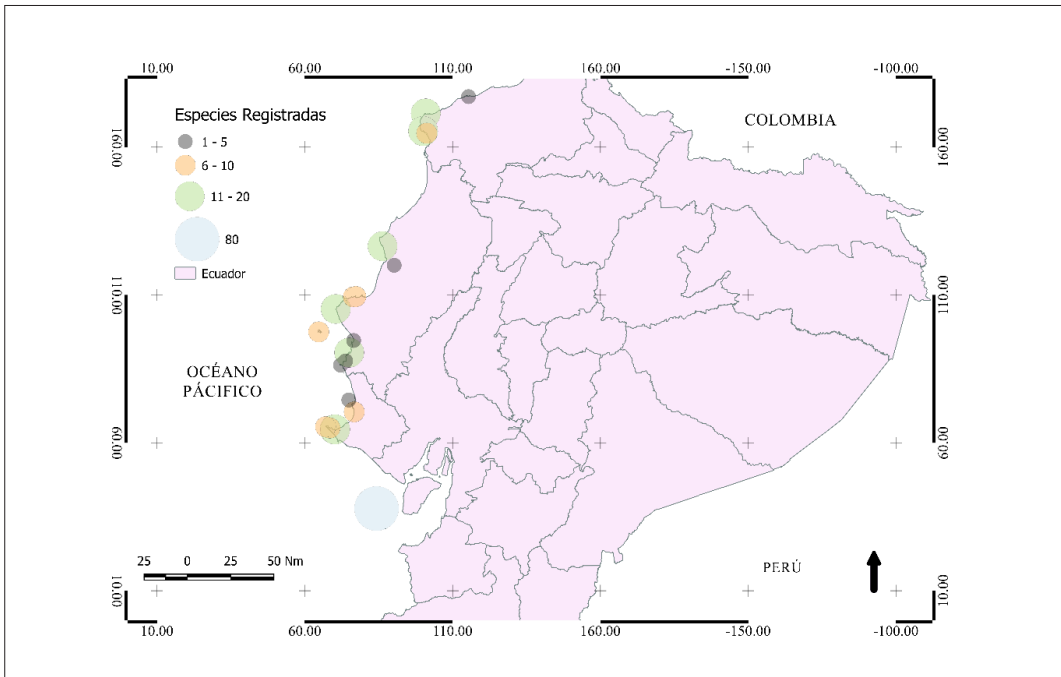


Figura 3. Mapa de las localidades donde se han realizado registros de especies de poliquetos en Ecuador.

Tabla 3. Numero de especies y géneros por familias de los 11 órdenes de poliquetos registrados para el Ecuador continental hasta el 2020. (especies = spp)

Orden	Familia	Género	Spp.	Orden	Familia	Género	Spp.
Amphinomida	Amphinomidae	2	2	Phyllodocida	Microphthalmidae	1	1
Capitellida	Capitellidae	3	4	Phyllodocida	Nephtyidae	2	5
Capitellida	Maldanidae	4	4	Phyllodocida	Nereididae	9	16
Chaetopterida	Chaetopteridae	1	1	Phyllodocida	Phyllodocidae	3	4
Cossurida	Cossuridae	1	1	Phyllodocida	Pilargidae	1	1
Eunicida	Dorvilleidae	1	1	Phyllodocida	Polynoidae	6	12
Eunicida	Eunicidae	5	7	Phyllodocida	Sigalionidae	5	8
Eunicida	Lumbrineridae	2	4	Phyllodocida	Syllidae	2	2
Eunicida	Oeononidae	2	3	Sabellida	Sabellariidae	2	3
Eunicida	Onuphidae	5	7	Sabellida	Sabellidae	1	1
Opheliida	Ophellidae	3	3	Sabellida	Scalibregmatidae	1	2
Oweniida	Oweniidae	1	1	Sabellida	Serpulidae	2	6
Phyllodocida	Acoetidae	2	3	Spionida	Spionidae	8	14
Phyllodocida	Aphroditidae	1	1	Spionida	Magelonidae	1	2
Phyllodocida	Chrysopetalidae	2	2	Terebellida	Amphoretidae	1	2
Phyllodocida	Eulepethidae	1	3	Terebellida	Cirratulidae	4	5
Phyllodocida	Glyceridae	2	3	Terebellida	Paraonidae	3	3
Phyllodocida	Hesionidae	2	2	Terebellida	Sternaspidae	1	2
Phyllodocida	Iphionidae	1	1	Terebellida	Terebellidae	1	1

Discusión

Hasta el 2020 se han registrado 143 especies que están incluidas en 94 géneros y 38 familias de poliquetos para el Ecuador continental, este resultado contrasta con León-González (2017), donde, menciona un total de 100 especies dentro de 72 géneros y 31 familias. Nuestros resultados contribuyen a tener un dato más preciso y actualizado del número de las especies de poliquetos en Ecuador e indica que existe un significativo aumento en el conocimiento de la biodiversidad de poliquetos para el país.

La taxonomía de los poliquetos han tenido muchas controversias, lo que se ve reflejado en el caso de las familias Chaetopteridae, Oweniidae, Amphinomidae, Magelonidae, que han sido tratadas en estudio filogenéticos recientes (Parry et al., 2016), tomando en cuenta que estas familias están dentro de un orden, Magelonidae se encuentra dentro de un grupo aparte de los poliquetos (Mortimer et al., 2021), probablemente porque sus características morfológicas que son similares a los miembros de Spionida, contrasta con el análisis filogenético que demuestra que esta familia es más primitiva, haciendo difícil su clasificación (Parry et al., 2016). Esto limita a los análisis taxonómicos y la clasificación de taxones superiores.

Las familias más representativas que se encuentran en Ecuador son Nereididae, Spionidae, Polynoidea y Sigalionidae, coincidiendo con lo que reporta de León-González (2017); sin embargo, Serpulidae es otra familia que presenta un número importante de registros, representada por cinco especies (Bastida-Zavala y Hove, 2003), la cual, en dicho listado, está representada solo por *Hydroides brachyacantha* (Çinar et al., 2006).

Un caso especial que se da por problemas de dudosa identificación o clasificación taxonómica son las especies de estatus cuestionable. Entre éstas, en la presente revisión bibliográfica se encontraron 44 registros, mientras que en el último listado publicado se mencionan aproximadamente 17 (de León-González, 2017), esta diferencia, se debe a que se corroboró la información de la distribución de especies de un trabajo actualizado (de León-González et al., 2021).

El hecho de que se sigan registrando especies cuestionables por su supuesta amplia distribución, nos da la idea de que, la información taxonómica en Ecuador dirigida hacia los poliquetos aun es insuficiente, probablemente por falta de taxónomos especialistas que sean capaces de identificar correctamente a las especies y hacer revisiones taxonómicas precisas.

Existen casos como *Alitta succinea* considerada una invasora por las actividades antropogénicas (Wilson, 1988). Está descrita para Helgoland, Alemania y se distribuye ampliamente en aguas tropicales y

templadas a nivel mundial (de León-González et al., 1999); en Ecuador, ha sido reportada como *Neanthes succinea* para Tachina, distribuyéndose hasta el Golfo de Guayaquil.

Del mismo modo, *Microphthalmus arenarius*, fue descrita por primera vez para el océano Atlántico (Westheide, 1973). En Ecuador ha sido reportada con base en material colectado en Cabo San Francisco como un género de la familia Hesionidae (Trovant et al., 2012), y luego reubicado en Microphthalmidae, cuando ésta fue elevada al rango de familia (Salazar-Vallejo et al., 2019).

Hediste diversicolor fue registrada por primera vez en Ecuador por Villamar (1983), dando una pequeña descripción, donde se ilustran ciertas características taxonómicas. Otros autores registran la misma especie como parte estudios ecológicos (Cruz et al., 2003; Villamar, 2005; Calderón, 2016; Cárdenas-Calle et al., 2020).

De León-González (2017), recomienda que *H. diversicolor* debe ser revisada debido a que esta especie se comprende de linajes alopatricos divergentes en Europa (Teixeira et al., 2022).

Hartman (1944b), describe para Ecuador a *Idanthyrsus pennatus*, pero a través de una revisión filogenética (Barrios et al., 2009), se determina que *I. pennatus* del POT pertenece en realidad a *Idanthyrsus cretus*. Estos ejemplos, demuestran que es importante el estudio taxonómico de los poliquetos para Ecuador y que las revisiones taxonómicas y actualizaciones en este grupo son necesarias.

La tendencia de acumulación de nuevos registros muestra que en 1983 existe la mayor cantidad de especies registradas, publicados en un único artículo sobre un estudio exclusivo de la distribución de poliquetos en el Golfo de Guayaquil. Con las nuevas tecnologías y disponibilidad de información, se estima que podría incrementar el número de registros de poliquetos bentónicos del Ecuador.

Conclusión

A pesar de que el estudio sobre los poliquetos es aún insuficiente, existe un progreso en el incremento de nuevos registros, y un conocimiento más preciso de la biodiversidad de poliquetos del Ecuador.

Son necesarias revisiones taxonómicas apoyadas en la distribución biogeográfica y filogenias con base en herramientas moleculares para obtener datos más precisos en la sistemática y taxonomía de los poliquetos y reducir a las especies cuestionables.

Recomendaciones

Realizar más investigaciones en la taxonomía, ecología e importancia de los poliquetos.

Consultar a taxónomos especialistas para la identificación de especímenes de poliquetos.

Actualizar periódicamente el estado taxonómico de las especies.

Bibliografía

- Aerts, K., T. Vanagt, S. Degraer, S. Guartatanga, J. Wittoeck, N. Fockedeey, M.P. Cornejo-Rodríguez, J. Calderón y M. Vincx. 2004. Macrofaunal Community Structure and Zonation of an Ecuadorian Sandy Beach (Bay of Valdivia). *Belgian Journal of Zoology* 134(1): 17-24.
- Barrios, L., S. Chambers, N. Ismail, H. Guzman y J. Mair. 2009. "Distribution of *Idanthyrsus cretus* (Polychaeta: Sabellariidae) in the Tropical Eastern Pacific and Application of PCR-RAPD for Population Analysis." *Zoosymposia* 2: 487-503.
- Bastida-Zavala, J.R. y H.A. ten Hove. 2003. Revision of *Hydroides gunnerus*, 1768 (Polychaeta: Serpulidae) from the Eastern Pacific Region and Hawaii. *Beaufortia* 53(4): 67-110.
- Blake, J. 1983. Biology of the Antarctic Seas 14. Polychaetes of the Family Spionidae from South America, Antarctica, and Adjacent Seas and Islands. *Antarctic Research Series* 39: 205-88.
- . 2009. Redescription of *Capitella capitata* (Fabricius) from West Greenland and Designation of a Neotype (Polychaeta, Capitellidae)." *Zoosymposia* 2: 55-80.
- . 2018. Bitentaculate Cirratulidae (Annelida, Polychaeta) Collected Chiefly during Cruises of the R/V Anton Bruun, USNS Eltanin, USCG Glacier, R/V Hero, RVIB Nathaniel B. Palmer, and R/V Polarstern from the Southern Ocean, Antarctica, and off Western South America. *Zootaxa* 4537(1): 1-130.
- Calderón, T. 2016. Poliquetos Bentónicos Como Bioindicadores de Materia Orgánica En La Zona Intermareal de La Isla Santa Clara (Golfo de Guayaquil Exterior). <http://hdl.handle.net/1834/11017>.
- . 2019. Estudio Taxonómico, Abundancia y Distribución Del Filum Annelida: Poliquetos, En el Área de Puerto Bolívar, Ecuador, Durante agosto de 2018. *Acta Oceanográfica Del Pacífico* 23(1): 45-55.
- Cárdenas-Calle, M., E. Mora, G. Torres, J. Pérez-Correa, G. Bigatti, J. Signorelli y J. Coronel. 2020. Marine Invertebrate and Seaweed Biodiversity of Continental Coastal Ecuador. *Biodiversity Data Journal* 8 (July): e53818-e53818. <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e53818>.
- Çinar, M.E. 2006. Serpulid Species (Polychaeta: Serpulidae) from the levantine coast of Turkey (Eastern Mediterranean), with special emphasis on alien species. *Aquatic Invasions* 1(4): 223-40.
- Cruz, M., M. de González, E. Gualancañay y F. Villamar. 1980. Lista de la Fauna Sublitoral Bentónica del Estero Salado Inferior, Ecuador. Instituto Oceanográfico de la Armada, Guayaquil, Ecuador. <http://hdl.handle.net/1834/2103>.
- Cruz, M., N. Gaibor, E. Mora, R. Jiménez y J. Mair. 2003. The Known and Unknown About Marine Biodiversity in Ecuador (Continental and Insular)/Lo Conocido y Desconocido de la Biodiversidad Marina en el Ecuador (Continental e Insular). *Gayana* 67(2): 232-60.
- Grassle, J. y F. Grassle. 1976. Sibling Species in the Marine Pollution Indicator *Capitella* (Polychaeta). *Science* 192(4239): 567-69. <https://doi.org/10.1126/science.1257794>.
- Hartman, O. 1939. Polychaetous Annelids. Part I. Aphroditidae to Pisionidae. *Allan Hancock Pacific Expeditions. [Reports]* 7: 1-154. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/245087>.
- . 1940. Polychaetous Annelids. Part II. Chrysopetalidae to Goniadidae. *Allan Hancock Pacific Expeditions. [Reports]* 7(3): 173-287. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/88616>.
- . 1944a. Polychaetous Annelids, Part. V. Eunicea. *Allan Hancock Pacific Expeditions. [Reports]* 10(1944-1947): 564. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/26531>.
- . 1944b. Polychaetous Annelids. Pt. VI. Paraonidae, Magelonidae, Longosomidae, Ctenodrilidae and Sabellariidae. *Allan Hancock Pacific Expeditions. [Reports]* 10: 311-89. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/27180>.
- Keppel, E., I. Keith, G.M. Ruiz y J.T. Carlton. 2019. New Records of Native and Non-Indigenous Polychaetes (Annelida: Polychaeta) in the Galapagos Islands. *Aquatic Invasions* 14 (1): 59-84.
- Kinberg, J. 1864. Annulata Nova. Eunicea. *Öfversigt Af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Forhandlingar* 21(1864): 559-74. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/100621>.
- . 1865. Annulata Nova. Nereidum. *Öfversigt Af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Forhandlingar* 22 (2): 167-79. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/70555>.
- . 1886. Annulata Nova. Amphoretidae, Maldanidae. *Öfversigt Af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Forhandlingar* 23: 337-57. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/70557>.
- de León-González, J. 2017. Estado del conocimiento taxonómico de los poliquetos en Ecuador. En: Díaz-Díaz, O., D. Bone, C.T. Rodríguez y V.H. Delgado-Blas (Eds.) 2017. Poliquetos de Sudamérica. Volumen especial del Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Cumaná, Venezuela, 149 pp. Available from: https://www.researchgate.net/publication/316636564_Estado_del_conocimiento_taxonomico_de_los_poliquetos_en_Ecuador [accessed May 08 2023].
- de León-González, J., R. Bastidas-Zavala y S. Salazar-Vallejo. 2021. *Anélidos Marinos de México y América Tropical*. Primera. Nuevo León: Universidad Autónoma Nueva León.
- de León-González, J., M. Cornejo-Rodríguez y S. Degraer. 2008. A New Species of *Australonuphis* (Polychaeta: Onuphidae) from the Eastern Pacific. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(4): 739-42. <https://doi.org/10.1017/S0025315408001252>.
- de León-González, J., V. Solís-Weiss y V. Ochoa Rivera. 1999. Nereidids (Polychaeta) from the Caribbean Sea and Adjacent Coral Islands of the Southern Gulf of Mexico. *Biological Society of Washington* 112(4): 667-81.
- de León-González, J. y B. Trovant. 2013. A New Species of *Nicon* Kinberg, 1866 (Polychaeta, Nereididae) from Ecuador, Eastern Pacific, with a Key to All Known Species of the Genus. *Zookeys*, 269: 67-76.
- de Matos Nogueira, J. 2002. *Asclerocheilus Tropicus* Blake, 1981 (Polychaeta: Scalibregmatidae): Redescription Based on Brazilian Specimens. *Proceedings-Biological Society of Washington* 115(2): 323-32.
- Monro, C. 1933a. The Polychaeta Errantia Collected by Dr. C. Crossland at Colón, in the Panama Region, and the Galapagos Islands during the Expedition of the S.Y. St. George. *Proceedings of the Zoological Society of London* 103 (1): 1-96. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1933.tb01578.x>.
- . 1933b. The Polychaeta Sedentaria Collected by Dr. C. Crossland at Colón, in the Panama Region, and the Galapagos Islands during the Expedition of the SY St. George. In *Proceedings of the Zoological Society of London*, 103:1039-92.
- Mortimer, K., K. Fitzhugh, A.C. dos Brasil y P. Lana. 2021. Who's Who in Magelona: Phylogenetic Hypotheses under Magelonidae Cunningham & Ramage, 1888 (Annelida: Polychaeta). *PeerJ* 9 (September): e11993. <https://doi.org/10.7717/peerj.11993>.
- Nishi, E., C. Hickman y J. Bailey-Brock. 2009. *Chaetopterus* and *Mesochaetopterus* (Polychaeta: Chaetopteridae)

- from the Galapagos Islands, with Descriptions of Four New Species. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 158(1): 239-259. <https://doi.org/10.1635/053.158.0113>.
- Ortiz, A., P. Naranjo, F.J. T. Jiménez, R. Sardá y J. Gil. 2019. Producción de Poliquetos Libres de Enfermedades Para Su Uso Como Alimento Vivo En La Industria Camaronera de Ecuador. Prospección, Localización, Captura e Identificación de Poliquetos Autóctonos.
- Padilla-Serrato, J., J. López-Martínez, J. Rodríguez-Romero, D. Lluch-Cota, F. Galván-Magaña y A. Acevedo-Cervantes. 2016. Composición y Aspectos Biogeográficos del Ensamble de Peces de La Laguna Costera Las Guásimas, Sonora, México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44(1): 85-98.
- Paredes, P. 2010. Determinación de la concentración de hidrocarburos en las aguas superficiales y sedimentos y su relación con *Capitella capitata* para conocer la contaminación del Estuario del Río Chone." *Acta Oceanográfica del Pacífico* 16(1): 53-60. <http://hdl.handle.net/1834/4217>.
- Parry, L., G. Edgecombe, D. Eiby-Jacobsen y J. Vinther. 2016. The Impact of Fossil Data on Annelid Phylogeny Inferred from Discrete Morphological Characters. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283 (1837): 20161378. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1378>.
- Paxton, H. 1998. The *Diopatra chiliensis* Confusion—Redescription of *D. chiliensis* (Polychaeta, Onuphidae) and implicated Species. *Zoologica Scripta* 27 (1): 31-48. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.1998.tb00427.x>.
- Pearson, T. y R. Rosenberg. 1977. Pearson, T. y R. Rosenberg. Macrobenthic Succession in Relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environment. *Oceanography and Marine Biology* 16: 229-311.
- Pettibone, M. 1963. *Marine Polychaete Worms of the New England Region. I. Aphroditidae through Trochochaetidae*.
- Pettibone, M. 1969. Revision of the Aphroditoid Polychaetes of the Family Eulepethidae Chamberlin (= Eulepidinae Darboux; = Pareulepididae Hartman). *Smithsonian contributions to Zoology*, no. 41.
- Ruppert, E.E. y R.D. Barnes. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Sexta. 1. Madrid.
- Salazar-Vallejo, S. y M. Londoño-Mesa. 2004. Lista de Especies y Bibliografía de Poliquetos (Polychaeta) del Pacífico Oriental Tropical. *Anales Del Instituto de Biología Serie Zoología* 75 (1): 9-97.
- Salazar-Vallejo, S., J. Angel de León-González y L. Carrera-Parra. 2019. Phylogeny of Microphthalminae Hartmann-Schröder, 1971, and Revision of *Hesionella* Hartman, 1939, and *Struwela* Hartmann-Schröder, 1959 (Annelida, Errantia). *PeerJ* 7 (September): e7723. <https://doi.org/10.7717/peerj.7723>.
- Sepúlveda R., R. Moreno y F. Carrasco. 2003. Diversidad de Macroinvertebrados Asociados a Arrecifes de *Phragmatopoma moerchi* Kinberg, 1867 (Polychaeta: Sabellariidae) en el intermareal rocoso de Cocholgue, Chile. *Gayana (Concepción)* 67(1): 45-54.
- Teixeira, M., T. Bakken, P. Vieira, J. Langeneck, B. Sampieri, P. Kasapidis, A. Ravara, A. Nygren y F. Costa. 2022. The curious and intricate case of the European *Hediste diversicolor* (Annelida, Nereididae) Species complex, with description of two new Species." *Systematics and Biodiversity* 20(1): 1-39. <https://doi.org/10.1080/14772000.2022.2116124>.
- Treadwell, A. 1928. Polychaetous Annelids from the Arcturus Oceanographic Expedition. *Zoologica: Scientific Contributions of the New York Zoological Society* 8(8): 449-85. <https://doi.org/10.5962/p.190372>.
- Trovant, B., R. Elias, M. Diez y J. de León-González. 2012. New Records of Polychaetes (Annelida) for northern Ecuador. *Marine Biodiversity Records* 5(32): 1-8.
- Villalobos-Guerrero, T. y I. Molina-Acevedo. 2014. Lista de Especies y Estado de Conocimiento de Los Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de Sinaloa, Golfo de California. *Boletín Del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 53(1): 79-109.
- Villamar, F. 1983. Poliquetos Bentónicos del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 2(2): 659-733. <http://hdl.handle.net/1834/2101>.
- . 1986. Distribución de Los Poliquetos Bentónicos en el Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 3(1): 121-31. <http://hdl.handle.net/1834/2110>.
- . 1989. Estudio de Los Poliquetos Bentónicos en el Golfo de Guayaquil, Exterior (Canal Del Morro y Jambeli). *Acta Oceanográfica del Pacífico* 5(1): 34-40. <http://hdl.handle.net/1834/2150>.
- . 2000. Estudio de La Distribución y Diversidad de Los Poliquetos Bentónicos en Las Islas Galápagos, Sept./oct. de 1999. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 10 (1): 119-25. <http://hdl.handle.net/1834/2269>.
- . 2005. Estudio Taxonómico y Distribución de los Poliquetos Bentónicos en la zona intermareal de las provincias de Esmeraldas y Manabí (Ecuador). *Instituto Oceanográfico de La Armada, Instituto Oceanográfico de la Armada, Guayaquil, Ecuador*. <http://hdl.handle.net/1834/3801>.
- . 2009. Estudio de los poliquetos bentónicos y fauna acompañante en la zona intermareal y submareal de la Bahía de Santa Elena (Ecuador) durante el año 2007. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 15(1): 127-38. <http://hdl.handle.net/1834/3362>.
- . 2013. Estudio de los poliquetos (Gusanos marinos) en la zona intermareal y submareal de la Bahía de Manta (Ecuador), y su relación con Algunos Factores Ambientales, Durante Marzo y agosto del 2011. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 13(1): 117-30. <http://hdl.handle.net/1834/5756>.
- Villamar, F. y Manuel Cruz. 2007. Poliquetos y Moluscos macrobentónicos de la zona intermareal y submareal en la provincia del Guayas (Monteverde, Ecuador). *Acta Oceanográfica del Pacífico* 14(1): 147-53. <http://hdl.handle.net/1834/2348>.
- Villamar, F. 2014. Poliquetos Bentónicos del Golfo de Guayaquil. II Edición. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 19 (1). <http://hdl.handle.net/1834/8328>.
- Vinagre, P.A., A.J. Pais-Costa, S.J. Hawkins, Á. Borja, J.C. Marques y J. Magalhães Neto. 2017. Addressing a Gap in the Water Framework Directive Implementation: Rocky Shores Assessment Based on Benthic Macroinvertebrates. *Ecological Indicators* 78: 489-501. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.044>.
- Westheide, W. 1973. Zwei Neue Interstitielle Microphthalmus-Arten (Polychaeta) von Den Bermudas.
- Wilson, R. 1988. Synonymy of the Genus *Nectoneanthes* Imajima, 1972, with *Neanthes* Kinberg, 1866 (Polychaeta: Nereididae). *Biological Society of Washington* 101(1): 4-10.

Características superficiales y azolvamiento en la cuenca aportante al embalse La Esperanza, Manabí, Ecuador

Surface characteristics and clogging of the contributing basin of La Esperanza reservoir, Manabí, Ecuador

Francisco Javier Velásquez Intriago¹, Francisco Alejandro Alcántara
Boza², Eric Cabrera Estupiñán³, Leonardo Sebastián Bazurto Meza⁴

¹⁻⁴ *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta,
Ecuador.*

² *Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.*

³ *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.*

Recibido 10 de febrero 2023, recibido en forma revisada 10 de Mayo 2023, aceptado 13 de Mayo 2023, en línea 04
de junio 2023.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la característica superficial actual que ha influido mayormente en el azolvamiento del embalse La Esperanza, en la provincia de Manabí, costa de Ecuador. Para lo cual se delimitó y caracterizó fisiográficamente la cuenca en estudio, mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), a través de un modelo de elevación digital (DEM) descargado del satélite ALOS PALSAR (<https://www.asf.alaska.edu/>), complementándola con el Sistema Nacional de Información (www.sni.gob.ec). Se determinó una mayor geomorfología de vertientes regulares (32,13%) y mesas muy disectadas (32,42%) con una geología de tipo sedimentaria entre areniscas tobáceas, lutitas y limolitas propensas a la erosión hídrica. En conclusión, las microcuencas de Membrillo y Bejuco en su parte alta presentan gargantas de valles encañonados con pendientes que alcanzan los 30 grados, que unida a la precipitación se convierte en la principal característica superficial que actualmente ha influido con mayor azolvamiento en dos de los ramales del embalse.

Palabras clave: embalse, azolvamiento, geomorfología, secciones transversales.

Abstract

The aim of this research was to determine the current surface characteristic that has a major influence on the clogging of La Esperanza reservoir, in the province of Manabí, coastal Ecuador. The basin under study was delimited and physiographically characterized, through the use of Geographic Information Systems (GIS), through a digital elevation model (DEM) downloaded from the ALOS PALSAR satellite (<https://www.asf.alaska.edu/>), and complemented with the National Information System (www.sni.gob.ec). A greater geomorphology of regular slopes (32.13%) and highly dissected mesas (32.42%) with a sedimentary-type geology between tuffaceous sandstones, shales and siltstones prone to water erosion was determined. In conclusion, the Membrillo and Bejuco micro-basins in their upper part present gorges of canyoned valleys with slopes that reach 30 degrees, which together with precipitation becomes the main surface characteristic that has currently influenced greater clogging two of the branches of the reservoir.

Keywords: reservoir, clogging, geomorphology, cross sections.

Introducción

El azolvamiento es uno de los factores que amenaza la sostenibilidad de los embalses, debido a que reduce su capacidad de almacenamiento; este se ha convertido en una problemática ambiental y administrativa. La relación entre el agua y suelo es muy estrecha debido a que cualquier cambio en el uso del suelo

o su inadecuado afectarían directamente de manera adversa al recurso agua (Iradukunda et al., 2021).

En países donde la presión demográfica aumenta continuamente, los recursos de tierra y agua son explotados y su utilización es imprescindible constituyendo a las cuencas hidrográficas en unidades primordiales de estudio (Rai et al., 2015).

* Correspondencia del autor:

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



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

En este contexto, el análisis morfométrico es esencial debido a que proporciona una información valiosa para la toma de decisiones y planificación de cuencas, este incluye el conocimiento de las características del área de estudio como la pendiente, la topografía, el estado del suelo, las características de escorrentía y el potencial hídrico entre otros (Guevara et al., 2019).

El surgimiento de los modelos de elevación digital (DEM) y el progreso en la informática ha llevado al desarrollo de varios métodos para definir áreas, derivar redes de corrientes, analizar pendientes, simular inundaciones y obtener diferentes parámetros morfológicos de las cuencas hidrográficas (Jarrin, 2020) and by Geographical Information System (GIS).

El análisis morfométrico de una cuenca es de gran ayuda para comprender la influencia del drenaje sobre accidentes geográficos de superficie y sus características (Mangano et al., 2019).

Una de las ventajas de la evaluación cuantitativa es que, en muchas cuencas, los parámetros derivados se expresan en forma de razones y números adimensionales, lo que facilita la comparación independientemente de la escala. La definición de las cuencas hidrográficas y la estimación de sus áreas son esenciales para muchos estudios, incluyendo los relacionados con el clima, la agricultura, la gestión de sedimentos, la gestión de recursos hídricos, la geomorfología y la hidrología (Aparna et al., 2015; Hussainzada y Lee, 2021; Varis et al., 2019; Resmi et al., 2019)

Materiales y Métodos

La cuenca aportante al embalse La Esperanza se encuentra ubicada en el cantón Bolívar, provincia de Manabí, en la costa de Ecuador. Está localizada entre el límite de las zonas secas y húmedas de la provincia, con una alta variabilidad pluviométrica debido a su ubicación geográfica y al cambio estacional.

La delimitación y caracterización fisiográfica de la cuenca aportante al embalse La Esperanza se elaboró mediante la integración de técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sensores remotos para analizar las características morfométricas de la cuenca, a través de un modelo de elevación digital (DEM) descargado del satélite ALOS PALSAR e información vectorial del Sistema Nacional de Información (SIN).

El proceso consistió en la elaboración y análisis de mapas temáticos del área en estudio donde se contemplaron los siguientes parámetros de acuerdo a Shekar y Aneesh (2022):

Área de la cuenca (A)
Perímetro de la cuenca (P)
Longitud de cuenca (L)

Coefficiente de Compacidad (Kc)

Es la correspondencia adimensional geométrica de la cuenca adaptada a un círculo de equivalente área, donde los valores cercanos a 1 indicarán una rápida respuesta hídrica, que se representa en la ecuación expresada por Gravelius (1914):

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

P: Perímetro de la cuenca (Km).

A: Área de la cuenca (Km²)

Factor de forma (Kf)

Se conceptualiza como el cociente entre el ancho medio de la cuenca y la longitud de la misma que indica su forma con relación al tiempo de concentración hidrológica, que se representa en la ecuación esquematizada por Horton (1932):

$$Kf = \frac{B}{L} = \frac{\frac{A}{L}}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

B: Ancho medio de la cuenca (Km).

L: Longitud de la cuenca (Km).

A: Área de la cuenca (Km²).

Mediante el programa ArcGIS 10.4.1 se procesaron una serie de información vectorial en formato de extensión shapefile, imágenes satelitales y modelos de elevación digital en formato ráster de alta resolución y de uso libre en la delimitación de la cuenca aportante y sus microcuencas, además de su geomorfología, geología, precipitación, representación gráfica de la estadística de elevaciones, pendientes y secciones transversales. La textura del suelo en el área de estudio fue tomada de la bibliografía especializada, para complementar el análisis de las características superficiales con respecto al azolvamiento.

Para la evaluación de las pendientes se realizó un análisis de las secciones transversales de la microcuenca Membrillo y Bejuco, obtenidas a través del modelo digital de elevación, las cuales están compuestas por pares ordenados de cotas en el eje "Y" y abscisas en el eje "X", con distancias determinadas entre cada uno. Las secciones transversales se establecieron a través del software Global Mapper v 18.0, que consiste en trazar una franja topográfica y mediante la herramienta Path profile, que toma como referencia una línea recta en paralelo al cauce, determinando las secciones características como la distancia, elevación y pendientes de cada sección trazada.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se presenta el condensado de la geometría superficial de las microcuencas Carrizal, Membrillo, Bejuco y Cañas (fig. 1), estableciéndose

un área de 428,50 Km² para la cuenca aportante al embalse La Esperanza, encuadrándose como una cuenca intermedia - pequeña según la clasificación de Campos Aranda, de forma oval oblonga con tendencia entre media y baja a las crecidas con una precipitación anual histórica promedio de 1742 mm (fig. 2). La cantidad de precipitación en una cuenca hidrográfica tiene un impacto directo en la disponibilidad de agua y la cuenca aportante al embalse La Esperanza no es ajena a este detalle.

Las cuencas con precipitaciones entre 1700 a 2000 mm se consideran adecuadas para el desarrollo de la vegetación y la agricultura y es probable que sus ríos tengan un flujo constante de agua (Chiles, 2020).

La precipitación con más de 1000 mm anuales, aportan cifras significativas de sedimentos, debido a que el agua de lluvia que fluye a través de la cuenca hidrográfica transporta sedimentos y los deposita en las partes bajas contribuyendo al azolvamiento de los cursos de ríos, lagos y embalses (Mora, 2021), sin embargo, la sedimentación fluvial está determinada por factores naturales, siendo uno de los más relevantes la erosión hídrica debido a que provee la energía necesaria para mover los sedimentos, además las formas y características de relieves acompañados de las altas pendientes influyen en el azolvamiento de las cuencas hídricas.

En la tabla 2 se puede observar que la cuenca aportante al embalse La Esperanza está conformada por 7 tipos

de geoformas desde terrazas aluviales, pasando por colinas medianas y altas, mesas disectadas y muy disectadas, vertientes regulares hasta gargantas de valles encañonados (fig. 3). De estas geomorfologías, las vertientes regulares con 137,67 Km² (32,13%) y las mesas muy disectadas con 138,94 Km² (32,42%) representan la mayor extensión de la cuenca.

La geología de la cuenca aportante (fig. 4) data del periodo Neógeno, comprendido entre el Mioceno y Plioceno en la parte media y baja de la cuenca con formación Onzole constituidas de lutitas y limolitas, mientras que la parte alta de la misma corresponde a la época del Plioceno con formación Borbón, compuesta litológicamente de areniscas tobáceas.

De acuerdo con Chacón (2018), la distribución de las capas geológicas cambia a medida que se va desplazando desde el norte hacia el sur, ciertas formaciones desaparecen y otras disminuyen en su grosor, sin embargo, los suelos de esta región por lo general contienen una combinación de lutitas, limolitas y areniscas tobáceas.

La presencia de lutitas y limolitas favorecen la infiltración del agua en el subsuelo, teniendo una mayor capacidad para retener el agua, lo que ayuda a mantener los niveles de agua subterráneos y a reducir la escorrentía superficial, en contraste con los suelos compuestos principalmente de areniscas tobáceas son más propensos a la erosión debido a su baja cohesión,

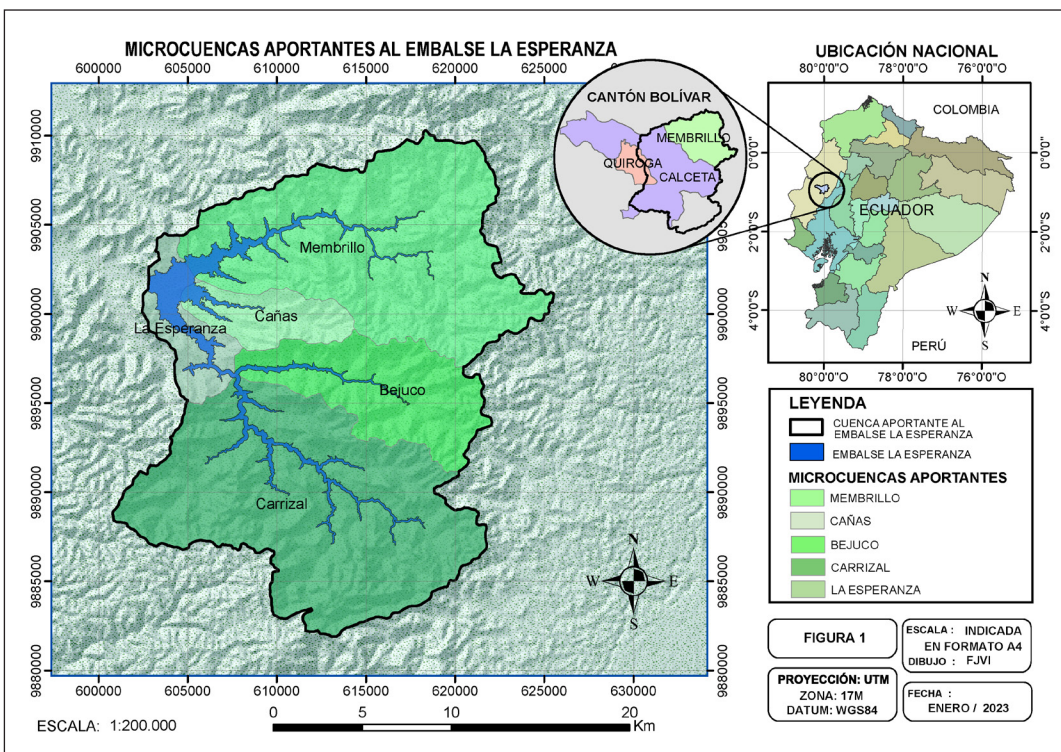


Figura 1. Mapa de microcuencas aportantes al embalse La Esperanza.

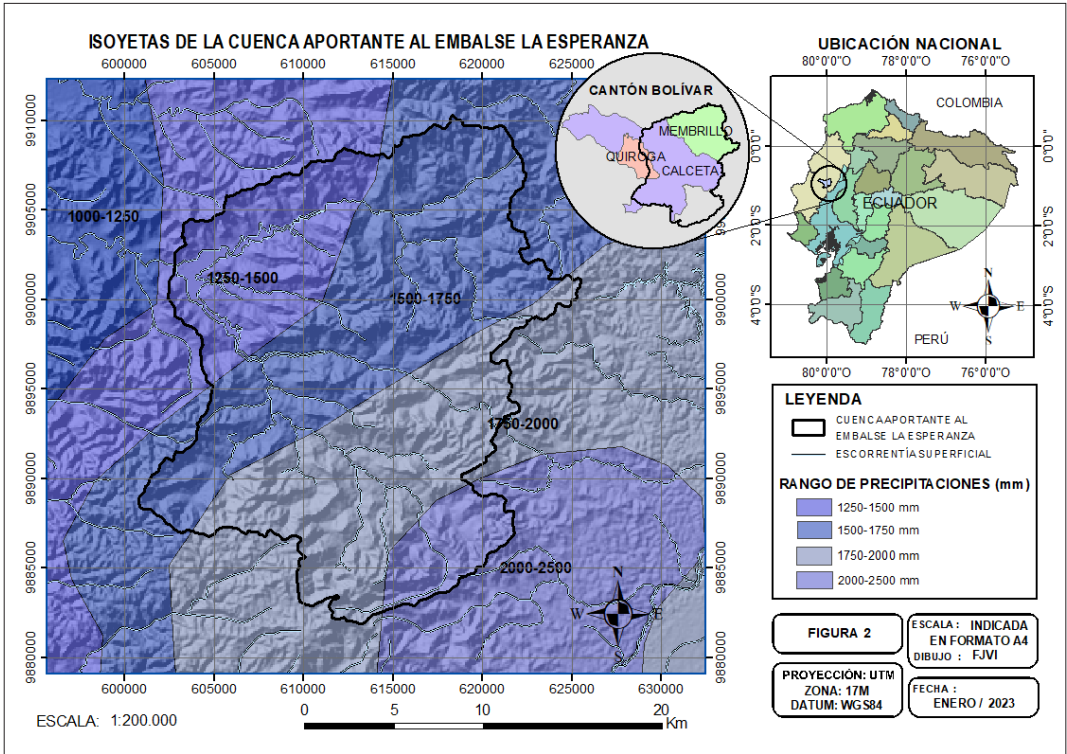


Figura 2. Mapa de isoyetas de la cuenca aportante al embalse La Esperanza.

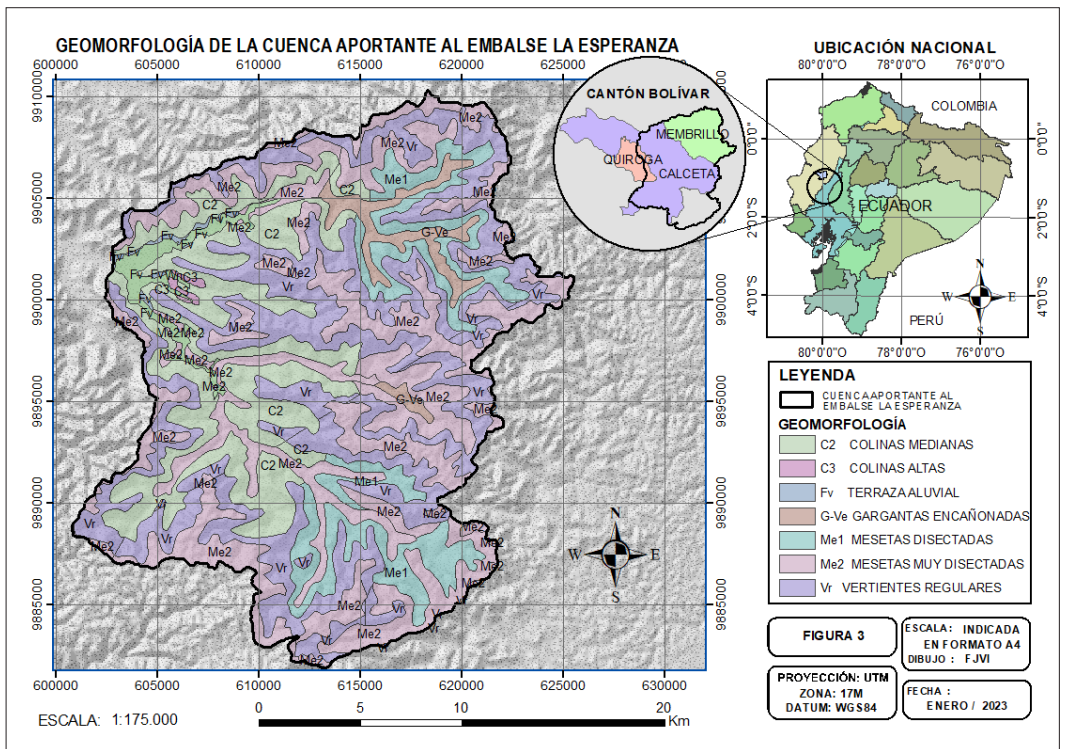


Figura 3. Mapa geomorfológico de la cuenca aportante al embalse La Esperanza.

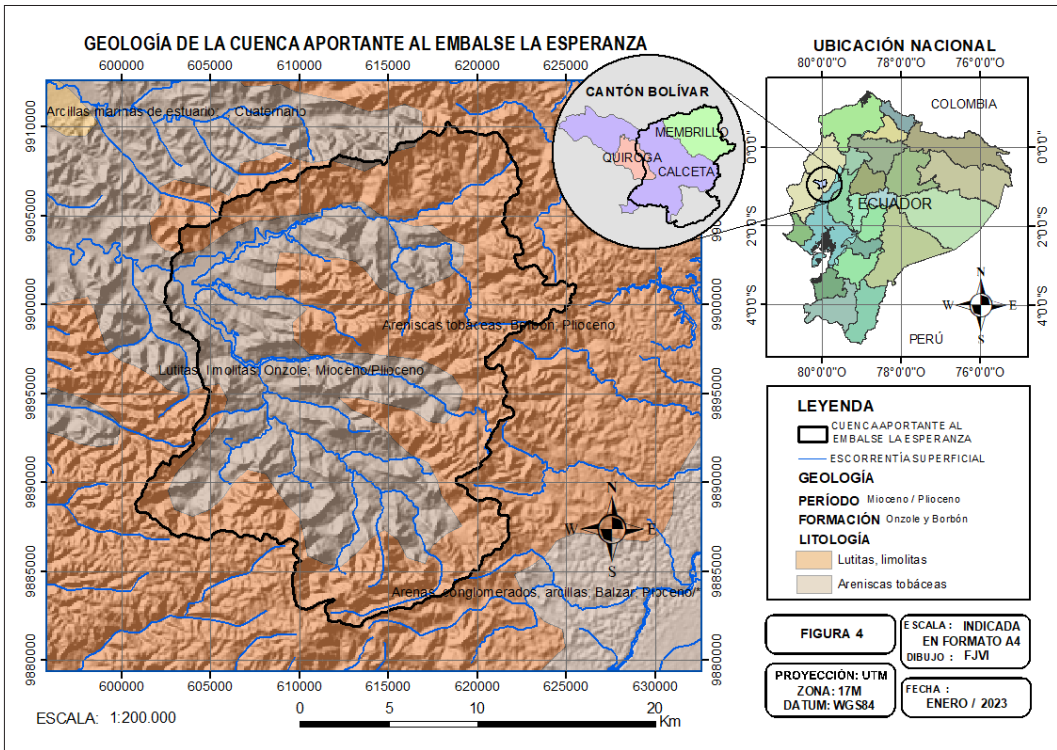


Figura 4. Mapa geológico de la cuenca aportante al embalse La Esperanza.

Tabla 1. Geometría superficial de la cuenca aportante al embalse La Esperanza.

Microcuencas aportantes al embalse La Esperanza						
Descripción	Área (A) Km ²	Tamaño	Perímetro (P) Km	Longitud (Lc) Km	Coefficiente de compacidad (Kc)	Coefficiente de forma (Kf)
Carrizal	171,84	Pequeña	69,09	16,09	1,49	0,66
Membrillo	150,25	Pequeña	64,77	17,43	1,49	0,49
Bejuco	58,2	Pequeña	43,68	14,19	1,62	0,29
Cañas	23,93	Muy pequeña	24,02	9,82	1,39	0,25
Cuenca aportante	428,50	Intermedia Pequeña	111,72	25,04	1,52	0,76

Fuente: Velásquez (2020).

Tabla 2. Datos de geomorfológicos del área de estudio.

Estadística de Clasificación de Elevaciones en la cuenca aportante al embalse La Esperanza	
Conteo:	5956 puntos
Mínimo:	25 m.s.n.m.
Máximo:	559 m.s.n.m.
Media:	218 m.s.n.m.
Desviación Típica:	106,82

Fuente: Velásquez (2020).

Tabla 3. Datos de elevaciones del área de estudio.

Código	Descripción	Área	
		Km ²	%
Fv	Terraza aluvial	1,53	0,36
C2	Colinas medianas	79,86	18,64
Me1	Mesas disectadas	46,90	10,95
Vr	Vertientes regulares	137,67	32,13
Me2	Mesas muy disectadas	138,94	32,42
G-Ve	Gargantas de valles encañonados	13,51	3,15
C3	Colinas altas	1,17	0,27
Wn	Cuerpos de agua (cota 43-44 m.s.n.m)	8,92	2,08
Total		428,50	100

Fuente: Velásquez (2020).

Tabla 4. Propiedades físicas del suelo en la cuenca aportante del embalse La Esperanza.

Parámetros	Unidad	Suelo de uso forestal (franco)			Suelo de uso ganadero (franco)		
		Arena	Limo	Arcilla	Arena	Limo	Arcilla
Textura	%	40	36	25	38	42	21
Densidad aparente	g/cm ³	0,91			1,29		
Densidad real	g/cm ³	2,47			2,27		
Porosidad	%	62,93			43,03		
Humedad	%	19,10			15,50		
Conductividad hidráulica	m/s	0,0000371			0,0000220		
Velocidad de infiltración	cm/h	10,05			0,51		

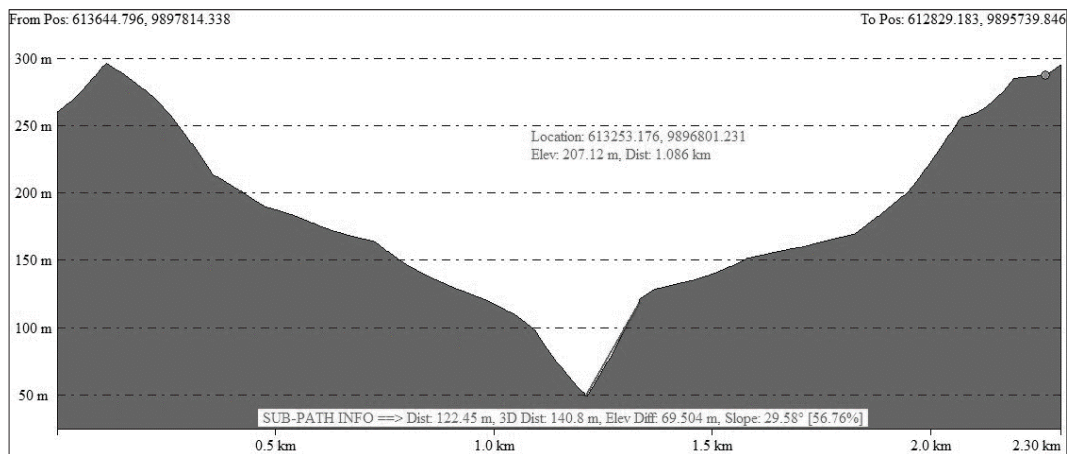


Figura 5. Sección transversal del ramal parte alta de la microcuenca de Membrillo.

Fuente: Velásquez (2020).

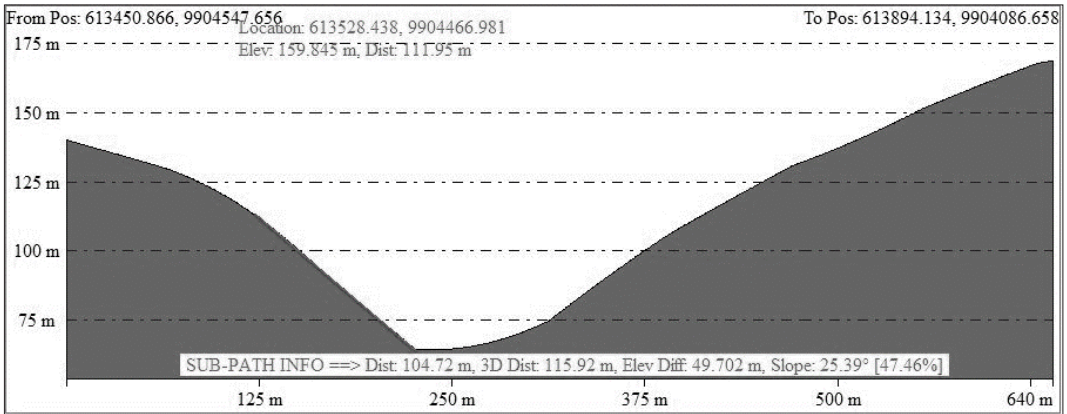


Figura 6. Sección transversal del ramal parte alta de la microcuenca de Bejuco.

Fuente: Montañó y Solórzano (2015).

la falta de arcilla y carbonato de calcio, sin embargo es importante mencionar que todo esto depende mucho de la distribución, textura, profundidad y relación de estas litologías en una cuenca hidrográfica (Morales et al., 2020; Barbecho y Calle, 2012; Idrovo et al., 2021).

La cuenca en estudio presenta una elevación media de 218 m.s.n.m (tabla 3) con geomorfología de gargantas de valles encañonados (fig. 3) en la parte alta y media de la microcuenca de Membrillo, y en la parte alta de la microcuenca de Bejuco. La formación geológica superficial es tipo sedimentaria entre areniscas tobáceas, lutitas y limolitas (fig. 4), con usos de suelos forestales, ganaderos y agrícolas en su mayoría, con textura de suelos francos (tabla 4). De acuerdo al cuadro de texturas, el suelo de la zona de estudio es franco con suelos de usos forestales que contienen 36% de limo, 25% de arcilla, 40 % de arena y una densidad aparente de 1,29 g/cm³, mientras que los suelos de usos ganaderos contienen 42% de limo, 21% de arcilla, 38% de arena y una densidad aparente de 0,91 g/cm³ con variabilidad de 19,9% de su porosidad.

Las pendientes pronunciadas de la cuenca aportante al embalse La Esperanza comprenden pendientes mayores entre los 25° y 30° de inclinación, de acuerdo a Almeida et al. (2019) el origen de las características de relieve es determinado por los procesos físicos, químicos, litológicos del suelo.

El cambio en las redes de drenaje puede resultar en accidentes geográficos que producen azolvamientos, los procesos de erosión más comunes resultan en deslizamiento de suelo las cuales requieren de pendientes con grados de inclinación mayor a 25° donde el suelo se vuelve inestable propenso a deslizamientos (Xiao et al., 2019), contrastando con lo descrito la cuenca aportante al embalse La Esperanza en la parte alta y media de la microcuenca de Membrillo y alta de Bejuco mediante el análisis

de secciones transversales en el modelo de elevación digital se determinó pendientes de 25,39 y 29,58 grados de inclinación (figs. 5 y 6), contrastando con el azolvamiento en sitio, se deduce que la principal característica superficial que actualmente ha influido en dos de los ramales del embalse La Esperanza en mayor grado son las pendientes muy pronunciadas que unido a la deforestación y la litología del sector la hacen más susceptibles a la erosión hídrica.

Conclusiones

La cuenca aportante al embalse La Esperanza contempla un área de 428,50 Km² encuadrándose como una cuenca intermedia - pequeña según la clasificación de Campos Aranda, con forma oval oblonga con tendencia entre media y baja a las crecidas con una precipitación promedio de 1742 mm anuales, contando con una geomorfología con vertientes regulares (32,13%) y mesas muy disectadas (32,42%) en mayor proporción.

La formación geológica superficial es tipo sedimentaria entre areniscas tobáceas, lutitas y limolitas; con usos de suelos forestales, ganaderos y agrícolas en su mayoría, con textura de suelos francos.

Las microcuencas de Membrillo y Bejuco como parte de la cuenca aportante al embalse, presentan gargantas de valles encañonados con pendientes que alcanzan hasta los 29,58 grados de inclinación (56,76 %).

La principal característica superficial que actualmente ha influido con mayor azolvamiento en dos de los ramales del embalse son las pendientes pronunciadas mayores a 25 grados de inclinación (46,63%).

En 22 años de operación del embalse La Esperanza (1997-2018), se estima un volumen de azolvamiento de 26,36 hm³ equivalente al 5,8%, resultado calculado mediante la diferencia de los volúmenes: 455 hm³ (inicio de operatividad de la represa) y 428,64 hm³

(corte de estudio batimétrico) en el nivel máximo de operación (cota 66 m.s.n.m.) entre los años en mención.

Recomendaciones

Realizar monitoreos periódicos de azolvamiento y deforestación, específicamente en las partes donde la cuenca presenta pendientes pronunciadas por parte de los entes encargados de la administración del territorio a través de sus técnicos con el objetivo de establecer estrategias para minimizar los impactos negativos que fomenten la sostenibilidad hídrica del embalse.

Impulsar otras investigaciones relacionadas a los procesos geológicos y meteorológicos en la cuenca aportante al embalse La Esperanza por parte de la academia con el fin de complementar los resultados de esta investigación que ayuden a tener una perspectiva amplia de los procesos del entorno que permitan tomar mejores decisiones.

Referencias bibliográficas

- Almeida, M., Araujo, J., Ribeiro, M. y Souza, V. (2019). Relief Position and Soil Properties under Continuous Banana Cropping in Subhumid Climate in Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 43. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20180207>
- Aparna, P., Nigee, K., Shimna, P. y Drissia, T. K. (2015). Quantitative Analysis of Geomorphology and Flow Pattern Analysis of Muvattupuzha River Basin Using Geographic Information System. *Aquatic Procedia*, 4, 609-616. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.079>
- Barbecho, J. y Calle, J. (2012). Caracterización de la conductividad hidráulica de los suelos de la subcuenca del Río Tarqui. Tesis de grado para la obtención de título de Ingeniero Civil. Universidad De Cuenca.
- Chacón (2018). Geología del cuaternario de la ciudad de Portoviejo y su zona de influencia (escala 1:20000). Tesis de grado para la obtención de título de Ingeniero en Geología. Universidad Central Del Ecuador, UCE.
- Chiles, G. (2020). Caracterización de la variabilidad climática de la cuenca hidrográfica del río Mira en el periodo 1981-2010, con base en la información hidrometeorológica disponible. Tesis de Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Gravelius, H. (1914) *Grundrifi der gesamten Gewisserskunde. Band I: Flufkunde (Compendium of Hydrology, Vol. I. Rivers, in German)*. Goschen, Berlin.
- Guevara, R., Olguín, J., Mancilla, O. y Barreto O. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila, Jalisco-México. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (24), 141-158. <https://doi.org/10.21138/GF.622>
- Horton, R. (1932). Drainage basin characteristics. *Trans. Amer. Geophys. Union* 13, 350-361.
- Hussainzada, W. y Lee, H. (2021). Hydrological Modelling for Water Resource Management in a Semi-Arid Mountainous Region Using the Soil and Water Assessment Tool: A Case Study in Northern Afghanistan. *Hydrology*, 8(1), 16. <https://doi.org/10.3390/hydrology8010016>
- Idrovo, B., González, I. y Guerrero, O. (2021). Efecto del cambio del uso del suelo en la producción y retención de sedimentos: caso de una cuenca hidrográfica de montaña. *Revista Geoespacial*, 18(1), 49-61. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v18i1.2213>
- Iradukunda, P., Bwambale, E. y Ahsan, A. (2021). Reservoir sedimentation and its effect on storage capacity - A case study of Murera reservoir, Kenya. *Cogent Eng*, 8: 1917329
- Jarrín, A. (2020). Análisis de modelos digitales de terreno para la obtención de un mapa de densidad de drenaje mediante softwares fotogramétricos y sistemas de información geográfica para imágenes obtenidas con UAV, resultados aplicados a estudios morfométricos en laderas. Tesis de grado para la obtención de título de Ingeniero Civil. Escuela Politécnica Nacional.
- Mangan, P., Haq, M. y Baral, P. (2019). Morphometric analysis of watershed using remote sensing and GIS—a case study of Nanganji River Basin in Tamil Nadu, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(6), 202. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4382-4>
- Montaño, D. y Solórzano, J. (2015). Variabilidad entre los suelos de uso forestal y ganadero del sitio Zapote, cantón Bolívar, provincia de Manabí. Tesis de grado para la obtención de título de Ingeniería en Medio Ambiente. EC. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Mora, D. (2021). Evaluación del Balance sedimentario de las Cuencas Hidrográficas de Zapotal y Jipijapa hacia la zona litoral. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Morales, R., Borja, A. y Mares, R. (2020). Estudio Hidrogeológico de Zonas de Recarga Acuífera para el Abastecimiento de Agua a la Ciudad de México. México. Moro Ingeniería S.C. The Nature Conservancy.
- Rai, P., Chandel, R., Mishra, V. y Singh, P. (2018). Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi river basin of India for water resource management based on remote sensing data. *Applied Water Science*, 8(1), 15-15. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0660-7>
- Resmi, M., Babeesh, C. y Hema A (2019) Quantitative analysis of the drainage and morphometric characteristics of the Palar River basin, Southern Peninsular India; using BAd calculator (bearing azimuth and drainage) and GIS, *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(4), 295-307, DOI: 10.1080/24749508.2018.1563750
- Shekar, P. y Aneesh, M. (2022). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds of Murredu River basin, Telangana State, India, using a geographical information system. *J. Eng. Appl. Sci.* 69, 44. <https://doi.org/10.1186/s44147-022-00094-4>
- Varis, O., Taka, M. y Kumm, M. (2019). The Planet's Stressed River Basins: Too Much Pressure or Too Little Adaptive Capacity? *Earth's Future*, 7(10), 1118-1135. <https://doi.org/10.1029/2019ef001239>
- Velásquez, F. (2020). Modelo de simulación dinámica aplicado al aprovechamiento eficiente del embalse La Esperanza,

Manabí - Ecuador. Tesis para optar grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Xiao, H., Liu, G., Liu, P., Zheng, F., Zhang, J. y Hu, F. (2017). Sediment transport capacity of concentrated flows on steep loessial slope with erodible beds. *Scientific Reports*, 7(1), 2350 <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02565-8>

Contenidos de la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales Vol. 17(1)

Huella de carbono generada por la producción de huevos. Caso: granja avícola Velasco, provincia de Manabí, Ecuador / Carbon Footprint Generated By Egg Production. Case: Velasco Poultry Farming, Province Of Manabi, Ecuador.....	427
.....Holanda Teresa Vivas Saltos, Alejandro Javier Vélez Velasco.....	
Estimación del volumen de agua en la represa La Esperanza (Manabí, Ecuador), utilizando batimetría y sistemas de información geográfica / Estimation of water volume in La Esperanza dam (Manabí, Ecuador), using bathymetry and geographic information systems	433
.....Francisco Velásquez , Francisco Alcántara, Eric Cabrera, Leonardo Bazarro.....	
Estado del conocimiento taxonómico de los poliquetos bentónicos de Ecuador continental / State of Taxonomic Knowledge of Benthic Polychaetes of Continental Ecuador	439
.....Jordy Soledispa Macias & John Ramos Veliz.....	
Características superficiales y azolvamiento en la cuenca aportante al embalse La Esperanza, Manabí, Ecuador / Surface characteristics and clogging of the contributing basin of La Esperanza reservoir, Manabí, Ecuador.....	452
.....Francisco Velásquez, Francisco Alcántara, Eric Cabrera, Leonardo Bazarro	
Normas para la publicación de artículos, “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”	