



Siembra

ISSN: 1390-8928

ISSN: 2477-8850

xblastra@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador
Ecuador

Zambrano Mero, Jessica Daniela; Delgado Párraga, Alex Gabriel;
Zambrano Mero, Emely Tatiana; Peñaherrera Villafuerte, Sofía Lorena

Contaminantes biológicos presentes en fuentes de
agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador

Siembra, vol. 9, núm. 2, e4011, 2022, Julio-Diciembre

Universidad Central del Ecuador
Quito, Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=653871546013>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

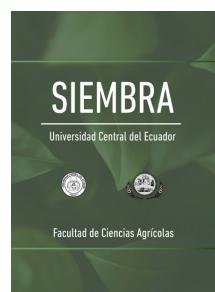
Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador

Presence of biological pollutants in water sources of the South-center of the Manabí province, Ecuador

Jessica Daniela Zambrano Mero¹, Alex Gabriel Delgado Párraga²,
Emely Tatiana Zambrano Mero³, Sofía Lorena Peñaherrera Villafuerte⁴



Siembra 9 (2) (2022): e4011

Recibido: 04/08/2022 Revisado: 05/09/2022 / 19/10/2022 Aceptado: 27/10/2022

- ¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Litoral Sur. Departamento de Protección Vegetal. 092056. Yaguachi, Guayas, Ecuador.
✉ danielazambrano20@hotmail.com
✉ <https://orcid.org/0000-0002-3562-0504>
- ² Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Litoral Sur. Departamento de Protección Vegetal. 092056. Yaguachi, Guayas, Ecuador.
✉ alex.delgado7521@yahoo.com
✉ <https://orcid.org/0000-0003-1305-959X>
- ³ Universidad Técnica de Manabí. Escuela de Acuicultura y Pesquería. 131401. Sucre, Manabí, Ecuador.
✉ ezambrano3483@utm.edu.ec
✉ <https://orcid.org/0000-0002-3616-9540>
- ⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Tropical Pichilingue. Departamento de Protección Vegetal. 170518. Quevedo. Los Ríos. Ecuador.
✉ penaaherrera80@hotmail.com
✉ <https://orcid.org/0000-0001-5055-4798>

*Autor de correspondencia:
danielazambrano20@hotmail.com

Resumen

Aproximadamente el 1% del agua dulce del planeta se encuentra disponible para los seres humanos y los ecosistemas. Debido al creciente aumento demográfico y las actividades antrópicas, su calidad está amenazada, no sólo por agentes químicos, sino también, por contaminantes biológicos. Con la finalidad de describir los impactos ambientales y sociales que ocasionan los coliformes fecales presentes en fuentes de agua en los cantones del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador, se procedió a realizar un levantamiento de información bajo parámetros descriptivos y analíticos, considerando las investigaciones comprendidas durante el período 2015-2021. Se realizó una exploración sistematizada de literatura en combinación con estrategias de búsqueda para facilitar la extracción de la información. Se encontraron varios estudios sobre la contaminación del agua sustentados por diversos resultados. Esta revisión de literatura demuestra que los coliformes fecales han sido reportados como responsables de afectar la calidad del agua, ocasionando importantes enfermedades a las personas y afectando el equilibrio en la naturaleza. Este problema es agravado por la presencia de metales pesados que atentan contra la sostenibilidad del ambiente, la seguridad alimentaria y el buen vivir. En el Ecuador existen normativas sobre la calidad del agua, las cuales no son cumplidas, ni monitoreadas constantemente por las autoridades competentes, por tal razón la presente revisión aborda este tópico con la intención de actualizar la discusión alrededor del tema y contribuir a la conservación del agua para consumo humano.

Palabras clave: calidad del agua, coliformes, contaminación, riesgos.

Abstract

Approximately 1% of fresh water on the planet is available for humans and ecosystems. Due to the growing population and human activities, its quality is threatened, not only by chemical agents, but also by biological contaminants. In order to describe the environmental and social impacts caused by fecal coliforms present in water sources in the South-central counties of the province of Manabí in Ecuador, a literature review was carried out under descriptive and analytical parameters, considering research data from the period 2015-2021. A systematic exploration of the literature was carried out in combination with search strategies to facilitate the extraction of information. Several studies on water pollution were found, which were supported by diverse findings. This literature review shows that fecal coliforms have been reported as being responsible for affecting water quality, causing illnesses to consumers and affecting the balance in nature. This problem is aggravated by the presence of heavy metals that threaten the sustainability of the environment,

SIEMBRA
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>
ISSN-e: 2477-8850
ISSN: 1390-8928
Periodicidad: semestral
vol. 9, núm. 2, 2022
siembra.fag@uce.edu.ec
DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

food security and good living. There are regulations on water quality in Ecuador, however, those are not followed or sufficiently monitored by the authorities. The present review addresses this topic with the intention of updating the discussion around the subject and contributing to the conservation of drinking water.

Keywords: water quality, coliforms, pollution, risks.

1. Introducción

El agua constituye uno de los recursos naturales más importantes para la existencia de la vida en el planeta. Aproximadamente, el 70 % del cuerpo humano está formado por agua, mientras que las plantas y animales están constituidas por el 50 % y 95 %, respectivamente (Cortez Lázaro *et al.*, 2019; Franco, 2018; Mayorga *et al.*, 2017). Se estima que el 70 % de la superficie del planeta está cubierta por agua: el 97 % es agua salada y el 3 %, dulce. Del total de agua dulce en el mundo, tan solo el 1 % está disponible para el consumo humano y de los ecosistemas (González, 2018).

El crecimiento exponencial de las poblaciones ha ocasionado severos impactos ambientales; se prevé que un cuarto de los países sufrirá escasez de agua dulce en los próximos 30 años (Garros Martínez y Safar, 2020). Es evidente que las fuentes de agua han experimentado deterioro de su calidad debido a su uso como receptor de los vertimientos generados por los poblados, zonas industriales, las actividades agropecuarias y escorrentías (Castro Chila, 2020; Morales Virgilí y Rivera Soto, 2017; Quiroz Fernández *et al.*, 2017; Romeu Álvarez *et al.*, 2015).

Gómez-Duarte (2018) sostiene que los principales contaminantes pueden ser de origen bacteriano, viral, fúngicos, parasitarios y químicos, los cuales afectan la calidad de vida. Mendoza Chancay (2019) y Corrales Ramírez *et al.* (2018) argumentan que gran parte de las enfermedades bacterianas y virales ocasionadas por agentes infecciosos, transmitidos al ser humano, provienen del consumo de agua no apta, por lo que existe un déficit respecto al manejo de este recurso que expone al riesgo de contaminación fecal. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) sostiene que el agua contaminada puede transmitir enfermedades como: diarrea, cólera, disentería, hepatitis A, esquistosomiasis, fiebre tifoidea y la poliomielitis. Consecuentemente, se ha estimado que provoca más de 502.000 muertes por diarrea cada año, y que cerca de 2.000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua contaminada por heces.

De acuerdo con WaterAid (2017), existen diez países con mayor número de población rural sin agua limpia, entre estos se encuentran: India, China, Nigeria, Etiopía, República Democrática del Congo y otros, en donde las principales dificultades que impiden el acceso digno al líquido vital son: deficiente gestión y sostenibilidad de los servicios, desigualdades sociales, pobreza, crecimiento demográfico y la variabilidad climática. Situación similar experimenta América Latina y el Caribe, donde millones de personas en la región carecen de una fuente adecuada de agua potable, más aún, de instalaciones seguras y funcionales para la eliminación de los desechos orgánicos (World Water Assessment Programme [WWAP], 2019).

Respecto a Ecuador, durante muchos años el manejo del agua se ha centrado en iniciativas para mejorar el aprovisionamiento, más no su calidad. Esta problemática es agravada por la baja disponibilidad de los recursos económicos para la conservación de fuentes primarias y la falta de un buen criterio de manejo (Terneus Jácome y Yáñez-Moretta, 2018). Esta investigación tuvo como objetivo describir los impactos ambientales y sociales que ocasionan los coliformes fecales presentes en fuentes de agua en los cantones del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador.

2. Materiales y Métodos

Este estudio fue de carácter descriptivo y analítico, desarrollado por medio de un meta-análisis, el mismo que requirió de revisiones bibliográficas, artículos, bases de datos y otras fuentes de interés. En este contexto, la información provino de las siguientes fuentes: Dialnet, Redalyc, ResearchGate, SciELO, ScienceDirect, Google Académico, entre otras.

El estudio contempló la exploración de investigaciones comprendidas durante el período 2015-2021. Los datos fueron organizados para su posterior análisis. Se revisaron 86 fuentes bibliográficas para el desarrollo del presente contenido. A continuación, en la Figura 1 se presenta la ubicación geográfica de cada uno de los cantones que conforman el centro-sur de la provincia de Manabí.

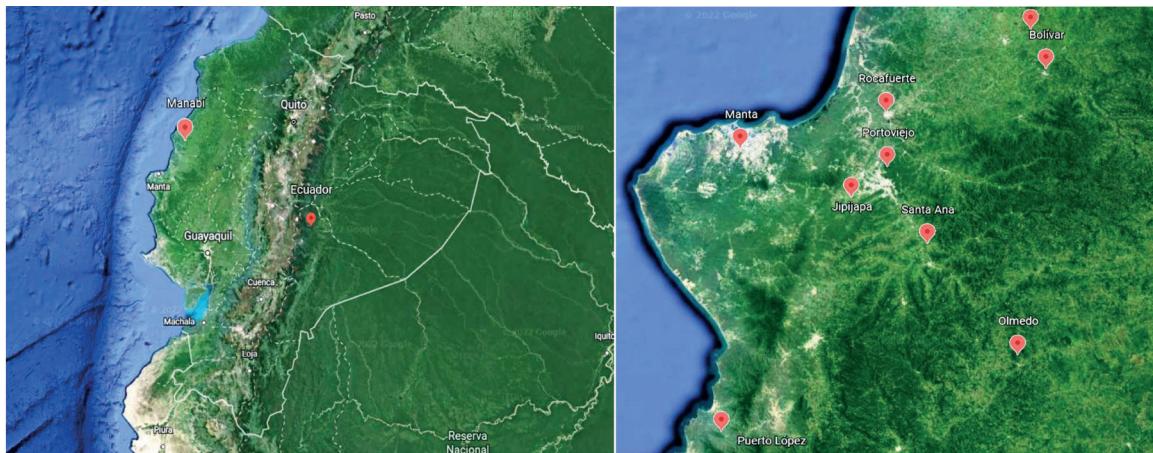


Figura 1. Ubicación geográfica de los cantones del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador (Google Earth, 2022).
Figure 1. Geographical location of the south-central cantons of the province of Manabí, Ecuador (Google Earth, 2022).

2.1. Caracterización hidrológica de los cantones del centro-sur de la provincia de Manabí

La cuenca del río Portoviejo se encuentra localizada al oeste del Ecuador, con una extensión aproximada de 11.500,68 km², constituye el sexto lugar respecto al tamaño de las demarcaciones hidrográficas del país. Se considera como una zona de elevada densidad poblacional en donde se desarrollan actividades agropecuarias. En este sentido, abastece a más de 600.000 personas en las ciudades locales como Portoviejo, Santa Ana, Rocafuerte e incluso otras fuera de su cuenca, tales como Manta, Montecristi, Jaramijó y Jipijapa (Chonlong Alcívar y Pacheco Gil, 2021).

Esta cuenca presenta problemas de contaminación desde hace varios años que han afectado los componentes social, económico y ambiental (Quijano Mera, 2022). Ante lo expuesto, Macías Párraga y Díaz Aguirre (2010) señalan que sus principales contaminantes son las descargas de aguas servidas de las comunidades rurales, las cuales carecen de sistemas de alcantarillado sanitario, disposición de residuos sólidos en las riberas, escurrimiento de aguas con agrotóxicos, residuos peligrosos de lavanderías y lubricadoras a lo largo del cauce.

En esta condición se encuentran expuestos los ríos Bravo, Muerto, Burro y Manta, los mismos que están situados geográficamente en forma longitudinal en pendiente leve, abarcando desde el cantón Montecristi hasta la ciudad de Manta, en dirección este a oeste, para finalmente desembocar en el mar (Moreira-Cevallos, 2020).

La cuenca hidrográfica predominante en el cantón Olmedo es la del río Guayas que contiene a la subcuenca del río Daule, representada por los afluentes de mayor extensión, tales como Chicompe y Calvo. Existen drenajes menores como el río Puca, que también es afectado por pasivos ambientales atribuido a las actividades agropecuarias y domésticas del cantón. Se conoce que el 64 % de la población que habita en la zona urbana se abastece de la red pública para satisfacer su consumo, el 31 % lo hace a partir del agua de pozo y el porcentaje restante lo obtiene de otras fuentes, como ríos, canales, acequias, carro repartidor, albaradas y otras. El abastecimiento en las zonas rurales es por medio de agua entubada no potabilizada y en otros casos se la extrae directamente de la fuente hídrica (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Olmedo 2019; Guerrero Calero, 2018).

Respecto al cantón Bolívar, el río Carrizal constituye la mayor cuenca hidrográfica de la provincia de Manabí; esta nace en las montañas y se extiende hasta el cantón Tosagua desembocando en el cantón Sucre, y representa la principal fuente de provisión (Calderón 2021). Políticamente este cantón se encuentra dividido en una parroquia urbana y dos rurales: Calceta, Quiroga y Membrillo. El medio de abastecimiento de agua por parte de los habitantes de Calceta se distribuye de la siguiente manera: el 26,6% tienen acceso a la red pública, el 55% la proveen a partir de pozos, el 16,3% lo hace por medio de ríos o acequias y una minoría lo realiza a partir de otras fuentes. Mientras que, en la parroquia Membrillo se abastece de la siguiente manera: el 11,3 % acceden a la red pública, el 44,4 % lo hacen por medio de pozos y el 44,2 % realizan su provisión a través de ríos o acequias. Respecto a la parroquia Quiroga se expone la siguiente situación: el 20,7 % tienen acceso a la red pública, el 34,2 % lo cumplen por medio de pozos, el 44,1 % a través de ríos o acequias y el porcentaje restante satisface sus necesidades por otros medios. El mismo autor expone que, dado la limitación de los ser-

vicios públicos sanitarios una minoría de la población (0,3 %) realiza las descargas de los desechos biológicos directamente a las fuentes hídricas y otra parte de los habitantes (1,5 %) arroja la basura a los afluentes (Vélez *et al.*, 2012a).

El cantón Chone se encuentra representado por tres ríos importantes los cuales son: Garrapata, Mosquito y Grande, estos nacen en las estribaciones de la cordillera, es decir, en las partes altas de la cuenca. Con pendientes fuertes y cauces torrentosos atraviesan la zona de transición para llegar a la llanura costera conformando el gran río Chone, el mismo que desemboca en el océano Pacífico. La confluencia de estos tres ríos provoca que la ciudad sea afectada por inundaciones y, a su vez, se encuentre expuesta a contaminaciones que se distribuyen hacia otros ríos e incluso hasta el humedal La Segua, aunque esta última no represente una fuente de abastecimiento para consumo humano es utilizada para el riego agrícola, en este lugar se ha evidenciado presencia de metales pesados, alto contenido de coliformes fecales y baja cantidad de oxígeno vulnerando el ecosistema (Gutiérrez *et al.*, 2008; Montilla Pacheco *et al.*, 2017).

En cuanto a la hidrología del cantón Rocafuerte, este se encuentra representado por los ríos Portoviejo, Chico, Bachillero, los esteros Ojo de Agua y La Papaya. Su principal actividad económica se desarrolla en torno a la agricultura, ganadería y producción artesanal de dulces (Mendoza Cedeño y Campos Cedeño, 2021). El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rocafuerte (2019) manifiesta que las fuentes de abastecimiento de agua del cantón Rocafuerte se ejecutan de la siguiente manera: el 96,5 % y el 39,5% de las viviendas urbanas y rurales, respectivamente, tienen acceso al agua potable, mientras que el 45,4 % a nivel cantonal optan por otros medios. La calidad del líquido vital se expone a riesgos de contaminación, dadas las limitaciones del acceso a servicios básicos, sustentándose lo siguiente: el 82,5 % de la zona rural carece de un sistema público de alcantarillado, por lo tanto sus excretas las realizan a través de pozos o son descargadas directamente a los ríos y quebradas por medio de letrinas. Mientras que el 17,4 % de las viviendas en la zona urbana se encuentran conectadas a la red pública de alcantarillado.

Prieto Bravo (2019) sostiene que en el cantón Jipijapa se encuentran nueve cuencas hidrográficas, citadas a continuación: Río Bravo, Canta Gallo, Portoviejo, Jipijapa, Salaite, Buenavista, Ayampe, Guayas y Valdivia. Existen otras fuentes de menor consideración como las vertientes, esteros y pozos de agua azufrada. El agua que consumen los habitantes la obtienen a partir de otros cantones, como los embalses de Poza Honda y Daule Peripa, en menor proporción de arroyos y acuíferos del subsuelo, los cuales se recargan naturalmente en época de lluvias.

Una parte importante de la población goza del abastecimiento de agua potable, otro porcentaje no dispone de la red pública, lo cual lo compensa con otros medios de abastecimiento poco fiables en calidad lo que deriva en enfermedades. Se ha evidenciado que el 0,31 % de la población realiza la descarga de aguas servidas directamente al mar, ríos, lagos y quebradas, otra minoría (0,58 %), en cambio, arroja los desechos sólidos como la basura a dichas fuentes (Vélez *et al.*, 2012b).

En relación con la hidrología del cantón Santa Ana, aquí nacen los ríos Pata de Pájaro y Mineral con sus afluentes Chontilla y Chacra, que principalmente dan origen al río Portoviejo. A su vez cuenta con los esteros; Lodana, Bonce, Sasay, Caza Lagarto, El Mate y Ayacucho. Cabe mencionar que en la parroquia Honorato Vásquez los ríos Tigrillo, Mineral y San Germán son de mucha importancia ya que originan la represa Poza Honda (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Santa Ana, 2004).

Se conoce que el 61,4 % de los habitantes de Santa Ana de Vuelta larga se abastecen de la red pública, el 21,9 % a partir de pozos, el 10,7 % a partir de ríos o acequias y el porcentaje restante lo hace por medio de otras fuentes. En la parroquia Ayacucho el 50,6 % de los habitantes satisface sus necesidades a través de la red pública, el 28,1 % se abastece de pozo, el 20,3 % a partir de ríos o acequias y el porcentaje restante lo hace por medio de otras fuentes. En la parroquia Honorato Vásquez el 19,8 % de los habitantes tienen acceso a la red pública, el 26,7 % lo realizan a través de pozos, el 53 % por medio de ríos o acequias y el porcentaje restante corresponde a otras fuentes. En la parroquia La Unión el 0,6 % se abastece del sistema de red pública, el 44,7 % de pozos, el 53,9 % de ríos o acequias y el porcentaje restante de otras fuentes. Mientras que en la parroquia San Pablo el 4,8 % se abastece del sistema de red pública, el 70,4 % de pozos, el 24 % lo hace a partir de ríos o acequias y una minoría a partir de otras fuentes (Vélez *et al.*, 2012c).

En relación con el cantón Puerto López, la cuenca del Río Ayampe es la más importante y la comparte con los cantones Jipijapa y Santa Elena, este último pertenece a la provincia del Guayas. A su vez, está conformado por las subcuenca de los ríos Blanco, Plátano, Piñas, Grande, La Curia, Vidal y otros. Aproximadamente, el 80 % de la superficie la habitan a lo largo de las riberas (Instituto Universitario de Investigación para el Desarrollo Social Sostenible [INDESS], 2019b). El agua que consume la localidad proviene del sitio Ayampe, la cual es captada de pozos profundos y transportada a partir de un acueducto que opera la Junta de Recursos Hidráulicos que

abastece a los cantones Jipijapa, Paján y Puerto López. El servicio en dichos cantones es irregular y su provisión es por medio de tanqueros. La concepción técnica se basa en la captación del líquido vital a través de tres pozos ubicados en las riberas del río Ayampe, los cuales recargan sus fuentes mediante galerías filtrantes ubicadas para el efecto. Este cantón carece de agua potable, razón por la cual no existen garantías de higiene. Para precautelar la salud, sus habitantes tienen el hábito de hervir el agua para mantener un estado de salubridad apto para los pobladores y los turistas (INDESS, 2019a). Por otro lado, carece de sistemas de alcantarillado para la eliminación de aguas servidas, se conoce que el 40,5 % de los habitantes realizan la evacuación de las excretas a partir de pozos sépticos, el 32,8 % lo hace mediante letrinas y el porcentaje restante lo hace por distintos medios, lo que expone al riesgo de contaminación y vulnerabilidad a la población (INDESS, 2019a).

En la Figura 2 se presenta el mapa de las cuencas hidrográficas de la provincia de Manabí, Ecuador.

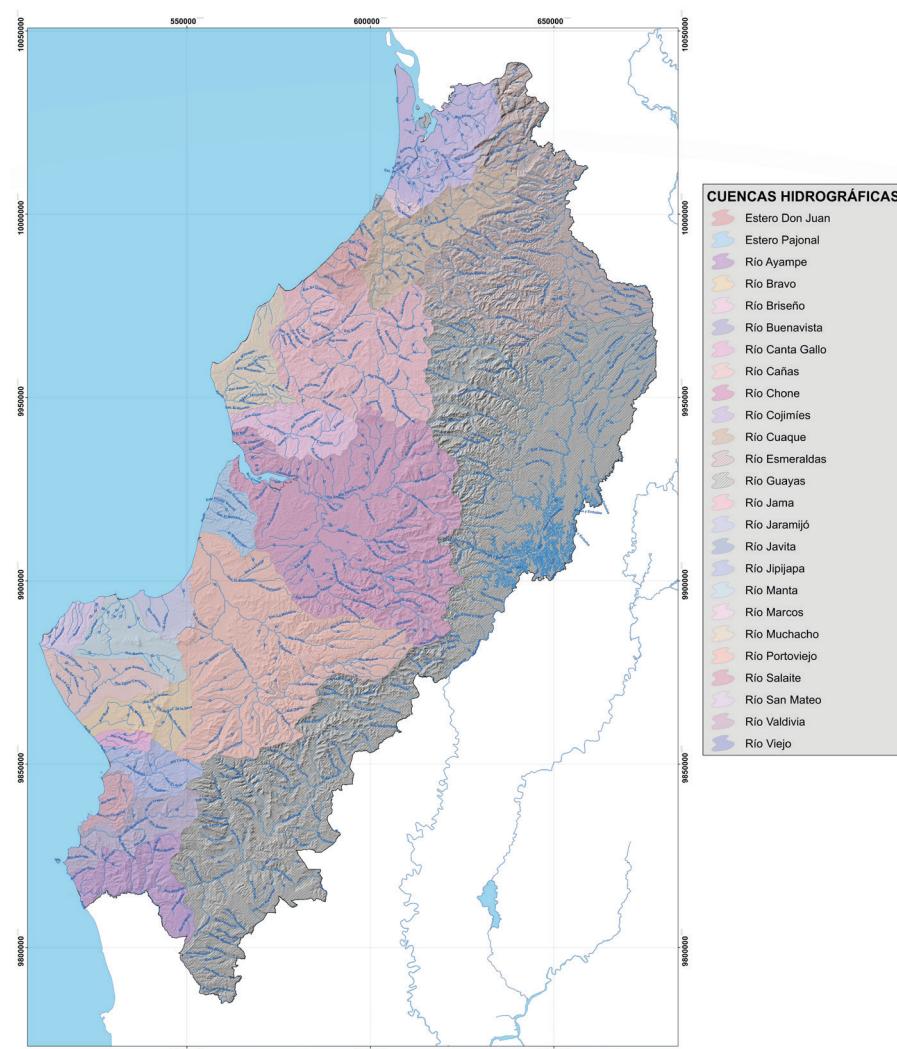


Figura 2. Mapa de cuencas hidrográficas de la provincia de Manabí, Ecuador (Bonifaz, 2018).

Figure 2. Map of watersheds of the province of Manabí, Ecuador (Bonifaz, 2018).

3. Resultados

Los resultados demostraron que, del 100 % de las investigaciones, el 47 % no cumplen con las normativas estipuladas por el Ministerio del Ambiente, el 33 % se ajustan a las disposiciones jurídicas, mientras que el 20 % presentan un cumplimiento parcial. A continuación, se detallan los estudios acontecidos en relación con el período descrito, los cuales están regularizados por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente [TULSMA] y el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Reyes Vélez (2015) determinó la variación del nivel de contaminación del río Portoviejo en dos sitios distintos: posterior a “La Laguna” y en la desembocadura del sector “La Boca-Las Gilces”, Manabí, constató que los valores de coliformes fecales para los sitios estudiados fueron 3.000 y 167,4 NMP/100 mL, respectivamente. En el primer caso, comprobó que el valor incumple la normativa estipulada en el TULSMA (1.000 NMP/100 mL), lo que indica que el agua no es propicia para el riego agrícola, tampoco para el consumo humano, ni doméstico, condición atribuida al vertimiento de aguas servidas por parte del cantón homónimo. En relación con el segundo valor (167,4 NMP/100 mL), el nivel de coliformes fecales cumple con el criterio de calidad admisible para la preservación de la vida acuática del estuario.

Molina Flores (2015) analizó la calidad del agua en el sector urbano del “Malecón de Manta”, Manabí, y encontró que los sitios presentan influencia negativa a causa de las descargas industriales vinculadas al procesamiento de productos pesqueros y domésticos en general, registrando que la contaminación orgánica es significativa para el indicador coliformes fecales con un valor de 8.789 NMP/100 mL, superando el límite propuesto (200 NMP/100 mL) atentando contra la preservación de la vida de los ecosistemas marinos.

Andrade Dicao y Lugo Nazareno (2016) evaluaron la calidad del agua en el área marino-costera a nivel superficial y su variabilidad espacial en dos épocas del año, considerando varios cantones de la provincia de Manabí, entre estos, “Puerto López”, determinando un valor mínimo de coliformes fecales de 1,40 NMP/100 mL en la época lluviosa y descartando su presencia durante la época seca, por lo tanto, concluyó que cumple con el criterio de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna del ecosistema estudiado (200 NMP/100 mL).

Mera Toala y Vásquez Sánchez (2017) indagaron sobre la calidad de agua para riego en el sistema de conducción del cantón Santa Ana, Manabí, evaluando los siguientes sitios: “La represa Poza Honda”, “El canal de riego de la entrada a la parroquia Lodana y la salida”, obteniendo valores de coliformes fecales de 49; 49 y 540 NMP/100 mL, correspondientemente, concluyendo que la calidad de agua es propicia para satisfacer las necesidades agrícolas ajustándose con la normativa vigente (1.000 NMP/100 mL).

Quiroz Fernández *et al.* (2017) determinaron el índice de calidad de agua (ICA) en el río Portoviejo, Manabí, evaluando 4 sitios de estudio: la comunidad “Santa Cruz”, la “ciudadela La Paz”, “puente Las Piedras” y el “puente 5 de Junio-Picoazá”. Mediante el estudio, se obtuvo que el ICA disminuyó conforme a la trayectoria del cauce del río, alcanzando resultados promedios de 59,18; 50,28; 42,88 y 34,76, respectivamente, constatando que existe un deterioro paulatino de su calidad considerando a la comunidad Santa Cruz como el lugar con “calidad media” de agua en relación con los demás sitios estudiados, los cuales presentaron “mala calidad”, situación atribuida a la presencia de coliformes fecales en cada uno de los sitios estudiados (1.286, 2.966, 130 y 5.200 NMP/100 mL) cuyos valores promedios fueron cercanos o superiores al límite de descarga permisible en cuerpos de agua dulce (2.000 NMP/100 mL).

Mure Zambrano y Vera Bailón (2017) determinaron las influencias de las actividades ganaderas sobre la calidad del agua para consumo humano en la comunidad “Julián” del cantón Bolívar, Manabí. Mediante este estudio constataron que el agua procedente de las microcuencas alta, media y baja del río Carrizal no son aptas para el consumo humano si es tomada directamente de la fuente para tal finalidad, dado que la carga orgánica es alta y está comprendida dentro del rango 0-16 NMP/100 mL, sin embargo, con un pretratamiento de desinfección puede mejorarse su calidad, criterio sustentado en la normativa otorgada por el INEN y el TULSMA.

Ávila Palma y Granda Cárdenas (2018) evaluaron la contaminación química y microbiológica en la represa “Poza Honda”, Manabí, encontrando que el nivel de coliformes fecales oscila entre 0-2.400 NMP/100 mL superando el límite establecido (1.000 NMP/100 mL), el cual no es apto para el consumo humano ni doméstico, tampoco para el riego, debido a la presencia de bacterias como *Escherichia coli*, patógeno promotor de graves enfermedades.

Guerrero Calero (2018) determinó 36 pasivos ambientales en el río “Puca” del cantón Olmedo, Manabí. Durante su recorrido (14,3 km) identificó 16 botaderos de desechos sólidos, 12 descargas de aguas residuales (pozo séptico, camal municipal y de la urbe cantonal), 7 descargas procedentes de sitios productivos (corrales y chancheras) y 1 botadero de escombros. Además, encontró que la contaminación bacteriológica por coliformes fecales era muy alta >200 NMP/100 mL, sobrepasando los límites permisibles (200 NMP/100 mL). No obstante, comprobó altas concentraciones de hierro (Fe) y cromo (Cr), que afectan al desarrollo y la diversidad de las especies acuáticas y promueven enfermedades.

Rendón Chavarría (2019) realizó un estudio comparativo sobre la calidad del agua de consumo humano en 8 pozos de la comunidad “Balsa en Medio” del cantón Bolívar, Manabí. Los resultados determinaron que el índice promedio de coliformes fecales se aproximó a 16,63 NMP/100 mL, valor que se mantiene por debajo

del límite establecido; caso contrario ocurre con el valor de coliformes totales (101,75 NMP/100 mL) lo cuales incumplieron la normativa (50 NMP/100 mL). Concluyó que el agua debe estar sujeta a un proceso de desinfección para mejorar su calidad.

Mendoza Chancay (2019) determinó el índice de calidad de agua (ICA) en las albaradas “San Francisco” y “La Grande”, localizadas en el cantón Jipijapa, Manabí, registrando valores de 58,29 y 61,79, respectivamente, categorizando a este recurso de “calidad media o aceptable”. Además, constató que los valores de coliformes fecales fueron de 8,83 y 42,17 NMP/100 mL para las albaradas estudiadas, manteniéndose dentro del límite establecido (1.000 NMP/100 mL), lo que indica que el agua puede ser utilizada para riego en la mayoría de los cultivos, excepto, para consumo humano, lo cual sugirió que deberá estar sujeta a un tratamiento de potabilización.

Moreira-Cevallos (2020) analizó la contaminación ambiental de los ríos “Bravo” y “Muerto”, y su incidencia en la salud de los habitantes de la parroquia “Los Esteros” del cantón Manta, Manabí. Los resultados constataron la presencia de coliformes fecales y *E. coli*. Casi todas las muestras investigadas (río Muerto, río Bravo+Muerto, agua de mar y arena de mar) registraron un valor de 1.100 NMP/100 mL, superando el límite establecido para la conservación de dichos ecosistemas, excepto la muestra procedente del río Bravo, la cual reportó un valor inferior de 23 NMP/100 mL, respetando la normativa.

Ante lo expuesto, Paredes Vera (2014) y Moreira-Cevallos (2020) sostienen que el inicio de la contaminación de las playas de la ciudad se atribuye a los ríos Burro y Manta, los cuales atraviesan por varios poblados y son tomados equivocadamente como canales de descarga de aguas residuales, afectando la salud pública de los moradores, quienes se abastecen de estas fuentes. Esta situación no solo causa impactos sociales, sino ambientales, dado que por medio de su unión hidrológica desembocan en el mar.

Chilan Intriago (2020) realizó un análisis microbiológico de las aguas azufradas de la comuna “Joa” del cantón Jipijapa, Manabí, en donde reportó la presencia de coliformes fecales en los pozos azufrados 1 y 2, cuyos valores oscilaron entre 200,33 y 203,66 NMP/100 mL, concluyendo que existe deterioro de la calidad del agua, incumpliendo la normativa para uso recreativo (200 NMP/100 mL), razón por la cual, sugiere que se ejecuten programas enmarcados dentro del “Plan de Manejo Ambiental”, a fin de precautelar el entorno natural, beneficiar al personal que lo visita y a su población aledaña.

Cedeño-Muñoz (2020b) evaluó el impacto ambiental de las lagunas de tratamiento de aguas residuales, sector “Colinas San José” del cantón Rocafuerte, Manabí, determinando elevadas concentraciones de coliformes fecales >1.100 NMP/100 mL, además, registró altos valores de cobre, conductividad, cloruros, oxígeno y sólidos disueltos, incumpliendo el límite establecido de descarga, afectando al cuerpo receptor, cultivos de ciclo corto, terrenos, más aún, expuso el riesgo de inocuidad alimentaria, dado que el 67 % de las familias encuestadas se benefician de la fuente de agua para riego agrícola. Loo Gil (2021) manifiesta que el uso de aguas residuales en la agricultura representa una amenaza para la salud de los consumidores.

Peñarrieta Macías y Díaz Ponce (2020) determinaron la influencia de las actividades antropogénicas en la parroquia “San Antonio” y su incidencia en la calidad del agua del humedal “La Segua”, Manabí. Los resultados obtenidos en las cinco estaciones muestreadas demostraron que el agua es de “calidad media” la cual se encuentra deteriorada por las actividades agropecuarias y domésticas, comprobando un valor promedio de coliformes fecales de 205 NMP/100 mL, que afecta la preservación de la flora y fauna acuáticas.

Santana Quiroz y Medrano García (2021) analizaron la incidencia del consumo de agua envasada en la salud pública de los habitantes de la ciudad de “Calceta”, Manabí, constatando que la mayoría de las marcas de agua (no especificadas) presentaron altos niveles de la bacteria *E. coli*, con rangos que oscilaron entre 1,73 y 8,77 NMP/100 mL, incumpliendo los requisitos microbiológicos del agua purificada envasada estipulada por la normativa NTE INEN 2200:2008 ($<1,8$ NMP/100 mL), atribuyendo que este tipo de contaminación se debe a la falta de higiene por parte del personal de almacenamiento o de distribución.

4. Discusión

4.1. Deterioro de la calidad del agua a causa de la contaminación microbiológica

Buitrón Cisneros (2009) sostiene que en el Ecuador existe un grave problema de contaminación y destrucción de las fuentes de agua. Se estima que la mayoría de los ríos por debajo de los 2.000 m s. n. m. se encuentran contaminados, situación atribuida a que el 92 % de los municipios del país carecen de sistemas de tratamientos de basura y de aguas servidas, razón por la cual las descargas se realizan en cuerpos de agua dulce.

Bravo-Moreira *et al.* (2016) y Campaña (2017) sostentaron que esta situación es agravada por los asentamientos urbanos, y también por los sectores rurales, en donde las defecaciones de los animales domésticos y silvestres, son realizadas a campo abierto y por acción de las escorrentías son arrastradas hasta los ríos. Cedeño-Muñoz (2020a) sostiene que cerca de la mitad de los humedales del planeta se han perdido, y más del 20 % de las 10.000 especies conocidas de agua dulce en el mundo se han extinguido, mientras que otras se encuentran amenazadas.

Uno de los parámetros importantes tomados en consideración para la evaluación de la calidad del agua se fundamenta en el análisis microbiológico, el cual permite detectar a organismos que poseen comportamientos similares a los patógenos, entre estos se encuentran las bacterias coliformes, las cuales representan un indicativo de contaminación. Los coliformes fecales constituyen un subgrupo de coliformes totales, aproximadamente el 95 % está representado por *E. coli* y ciertas especies de *Klebsiella*; estos patógenos pueden llegar a ser altamente nocivos e incluso ocasionar la muerte de las personas (Fontalvo Julio y Tamaris-Turizo, 2018; Ospina Zúñiga, 2015; Ríos Tobón *et al.*, 2017).

La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por condiciones apropiadas de pH, humedad, temperatura, materia orgánica y otras (Aceves Zayas, 2018; Chacón y García, 2018; Fernández-Santisteban, 2017; Quingaluisa Parra, 2019). Sin embargo, *E. coli* representa la especie más abundante dentro del grupo coliformes fecales, por tal razón, es empleada como bioindicadora a escala mundial (Bianchi *et al.*, 2014; Daly *et al.*, 2013).

4.2. Impactos de la contaminación microbiológica sobre el medio ambiente

Meshesha *et al.* (2020) sostentaron que los altos niveles de carga orgánica disminuyen las concentraciones espaciales de oxígeno disuelto (OD) en relación con la tolerancia mínima de algunos peces, amenazando la supervivencia.

Cardozo *et al.* (2018) sostienen que *E. coli* no es un habitante natural de la microbiota de los peces como sucede con otras especies, sin embargo, puede presentarse en su intestino debido a la elevada exposición a los ambientes contaminados. Esta bacteria presenta cepas patógenas con potencial zoonótico, ocasionando virulencia en humanos, bovinos, ovinos y porcinos, tal es el caso de *E. coli* shigatoxigénica (STEC) y *E. coli* enteropatógena (EPEC).

Su presencia no solo amenaza a los seres humanos, sino también a los reptiles y a los animales endotérmicos. La distribución puede ocurrir por medio del agua o sedimentos de los ríos penetrando a organismos acuáticos a través de la absorción (branquias) o por consumo de alimentos contaminados, afectando a distintos órganos, como el hígado, branquias, piel, tejido muscular y el intestino (Bianchi *et al.*, 2014; Dang y Dalsgaard, 2012; Ribeiro *et al.*, 2015).

Abdel-Latif y Sedeek (2017) estudiaron la diversidad de enterobacterias recuperadas a partir de peces cultivados (*Oreochromis niloticus*) en “Egipto”, determinando alrededor de 144 cepas bacterianas, asociadas a especies enfermas ocasionándoles septicemia general, signos hemorrágicos, ulceraciones cutáneas, necrosis en el hígado, congestiones en las branquias y el bazo. Entre los patógenos vinculados a esta problemática se encuentran: *E. coli*, *Enterobacter cloacae*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Providencia* sp., *Salmonella* sp., *Shigella* sp., entre otras.

En reptiles, como el cocodrilo se han observado lesiones cutáneas, además de la muerte por septicemia a causa de la enterobacteria *Serratia fonticola*, patógeno oportunista en especies inmunológicamente comprometidas. Este microorganismo presenta una extensa distribución en ambientes acuáticos, suelo y excrementos de aves silvestres (García *et al.*, 2008).

Pernía *et al.* (2019) evaluaron los efectos de la contaminación sobre los manglares del Ecuador, constatando, entre los principales problemas: elevadas concentraciones de coliformes fecales, totales, bacterias como *E. coli* y *Salmonella* sp., situación que también fue agravada por la presencia de metales pesados y residuos sólidos, lo que ha ocasionado deformaciones, tumoraciones en especies de cangrejos y peces, y finalmente su muerte.

Cabe mencionar que la salud de un ecosistema acuático es esencial y no depende de su cantidad de agua, sino de su calidad, por lo tanto, es importante realizar monitoreos respectivos para proveer información sobre su condición (Rodríguez *et al.*, 2018).

4.3. Impactos de la contaminación microbiológica sobre la salud pública

Cobeña-Zambrano y González-Arteaga (2020) sostienen que la calidad del agua varía a lo largo del año y está sujeta a continuos cambios producto de las acciones antrópicas de origen doméstico, agropecuario e industrial.

Viloria y Cañón Barriga (2016) e Izurieta *et al.* (2019) sustentaron que los posibles contaminantes biológicos de las fuentes de agua del Ecuador se asocian a los siguientes patógenos; bacterias (*Campylobacter* spp., *E. coli*, *Helicobacter pylori*, *Legionella* spp., *Leptospira* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio cholera*, *Yersinia enterocolitica*), virus (Rotavirus, Astrovirus, Norovirus, Hepatitis A, Hepatitis E, Coxsackie virus, Enterovirus, Polioviruses, Adenoviruses, Echoviruses), parásitos y algas contaminantes (*Cryptosporidium* spp., *Giardia duodenalis*, *Entoameba histolytica*, *Balantidium coli*, *Geo helminos*, Cianobacterias) precursores de importantes enfermedades en los seres vivos.

Pauta-Calle *et al.* (2020) argumentaron que las bacterias como *E. coli* y los enterococos están relacionados directamente con enfermedades respiratorias, gastroenteritis, conjuntivitis, dermatitis, entre otras. Estos agentes han demostrado gran estabilidad en aguas marinas alcanzando un período de supervivencia de 0,8 y 2,4 días, respectivamente, razón por la cual se sugiere como indicador para vigilar la calidad del agua en playas de uso recreativo. Ocaña de Jesús *et al.* (2018) acotaron que, *E. coli* puede afectar la cadena productiva e incidir sobre la calidad e inocuidad alimentaria.

Ribeiro *et al.* (2015) mencionaron que la cepa patogénica *E. coli* EPEC, genera daños en las células epiteliales del intestino delgado de las personas, produciendo lesiones típicas, mientras que la cepa *E. coli* STEC, ocasiona colitis hemorrágica, insuficiencia renal aguda y secuelas crónicas superiores a la infección conduciendo a la muerte.

Rock y Rivera (2014) sustentaron que otro patógeno de importancia presente en los alimentos y agua contaminada es la bacteria *Salmonella* sp., precursora de la fiebre tifoidea y la Salmonellosis originando síntomas como: náuseas, vómitos, cólicos abdominales, diarrea y fiebre. Ríos Tobón *et al.* (2017) argumentaron que dentro del grupo de los parásitos se encuentran los protozoos y los helmintos; en el primer caso, sus formas parasitarias (quistes u oocistos y trofozoitos) pueden ser retenidos durante el proceso de filtración del sistema de tratamiento de aguas. Por ejemplo, los oocistos de *Cryptosporidium* spp., pueden permanecer viables hasta 140 días y resistir a desinfectantes corrientes (clorados) razón por la cual se dificulta su manejo. Este oportunista produce enfermedades diarreicas, incluso, muertes en niños, ancianos y pacientes inmunodeprimidos (Ríos Tobón *et al.*, 2017).

Rock y Rivera (2014) acotaron que, a causa este parásito (*Cryptosporidium* spp.), en 1993 se generó una de las epidemias más grandes en Milwaukee, Estados Unidos, la cual infectó a más de 400.000 personas y ocasionó la muerte a más de 100 individuos. Esto se debe a que las fuertes lluvias inundaron llanos agrícolas en Wisconsin y produjeron escurreimientos hacia el río que abastecía de agua potable a la ciudad (Milwaukee). La planta de tratamiento no tuvo éxito rotundo sobre su control debido a la resistente capa exterior del parásito.

Respecto a Ecuador, el panorama que se vive en torno a esta temática es crítico, García-Loor *et al.* (2020) realizaron un análisis acerca de las plantas purificadoras y la realidad del agua embotellada en la ciudad de Portoviejo. Su estudio demostró que las unidades investigadas no cumplen con las “condiciones higiénicas sanitarias” (CHS nivel I y II), careciendo de procedimientos asépticos y de un sistema adecuado para el control de plagas, factor que está desmejorado por la falta de personal técnico capacitado.

Cobeña-Zambrano y González-Arteaga (2020) sustentaron que en muchos casos la infraestructura del sistema de captación, almacenamiento y distribución es obsoleta y deficiente, no obstante, el líquido vital que llega a los hogares no es apto, más aún, la situación empeora cuando los habitantes tienen la costumbre de ingerir agua no tratada procedente del estero o del grifo, vulnerando la salud de las personas, especialmente, aquellas que poseen entre 20 y 65 años, quienes optan por este hábito.

Lucas Vidal y Carreño Mendoza (2018) evaluaron la calidad de agua de consumo humano en las comunidades del cantón Bolívar de Manabí (microcuenca carrizal), determinando que los mayores riesgos microbiológicos están asociados a las comunidades “Balsa en Medio” y “Severino”. No obstante, el menor riesgo de contaminación lo representa la comunidad “Julián”.

Otro de los impactos en el aspecto social es la restricción de actividades turísticas (pesca deportiva y la natación) a causa de la contaminación, como sucede con el río Jipijapa, que reporta alta contaminación a causa de la bacteria *E. coli*, parásitos y diatomeas especialmente el cauce cercano a la zona céntrica de la ciudad, sin embargo, las partes extremas de la vertiente se encuentran menos contaminadas (Sánchez Guaranda *et al.*, 2018).

Baque Mite *et al.* (2016) argumentaron que otro factor potencial que afecta su calidad es la presencia de agentes químicos, así como metales pesados, procedentes de fuentes industriales, agrícolas y de escorrentía urbana, tal es el caso de los organofosforados y carbamatos, precursores del cáncer, daño de órganos, alteraciones en el sistema nervioso, médula espinal, etc.

4.4. Políticas públicas ambientales: derechos de la naturaleza

En el Ecuador se ha prestado poca atención a la degradación de cuerpos hídricos, y se han realizado esfuerzos mínimos para dar solución a esta problemática, lo que ha conllevado al deterioro de muchos afluentes importantes (Pino *et al.*, 2021). A pesar de la multiplicidad de disposiciones jurídicas, no existe la rigidez necesaria para sancionar a entes responsables sometiéndolos a pagos por medio del impuesto ambiental (Antúnez Sánchez y Guanoquiza Tello, 2019).

La Constitución de la República del Ecuador, capítulo 7.^o, art. 71, establece los derechos de la naturaleza como una prioridad para garantizar el “buen vivir” de las personas en un ambiente natural, sano y sin contaminación. De la misma forma, el art. 72 respalda los derechos de la naturaleza cuando esta sea intervenida a causa de las actividades socioeconómicas. En caso de generar impactos ambientales, los causantes deberán tomar las medidas de mitigación y restauración hacia el entorno.

Por su parte, en el art. 36 de la Sección Tercera de la Gestión y Administración de los Recursos Hídricos, de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, se manifiesta que, el Estado a través de su máxima autoridad, que es el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], tiene el deber de promover y garantizar el derecho al agua, regular sus usos, aprovechamiento y las acciones para preservarla en cantidad y calidad, sean estos, ecosistemas marino costeros, altoandinos y amazónicos, especialmente páramos, humedales y todos aquellos que almacenen agua, regularizado mediante un manejo sustentable a partir de normas técnicas y parámetros de calidad.

Terneus Jácome y Yáñez-Moretta (2018) sustentan que el MAATE mediante el TULSMA, debe someterse a las disposiciones planteadas aplicándose obligatoriamente en el territorio nacional. Los siguientes criterios que aborda la norma técnica se fundamentan en el Libro IV, Anexo 1, en donde se citan:

- a. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- b. Los criterios de calidad del agua para sus distintos usos.
- c. Los métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Por medio de esta estructura legal se ha intentado regular y administrar el uso adecuado del recurso hídrico. No obstante, es importante fortalecer el elemento técnico para potencializar la eficacia, eficiencia y operatividad de estas iniciativas.

5. Conclusiones

Se concluye que existen varios estudios sobre la contaminación del agua, los cuales se encuentran sustentados por diversos resultados. En este sentido, la presencia de coliformes fecales ha sido uno de los problemas más influyentes en el deterioro de los cuerpos de agua, lo que inhabilita el uso para determinadas actividades, tales como, el abastecimiento, la extracción de los recursos ictiológicos, las actividades turísticas, entre otras. No obstante, esta situación es agravada por la presencia de agentes químicos nocivos para el ecosistema y la salud pública.

Es importante mencionar que su calidad puede variar en función del manejo, tiempo y el ambiente, razón por la cual es necesario realizar un monitoreo de los recursos hídricos para conocer la situación actual de los cuerpos de aguas en distintos lugares del país, realizar los análisis correspondientes, fortalecer la educación de la sociedad, diseñar nuevas estrategias poniendo en conocimiento a las instituciones delegadas. Es evidente que, aunque existan las disposiciones jurídicas, estas no son cumplidas ni supervisadas por las autoridades competentes, razón por la cual es necesario que haya rigidez con la finalidad de precautelar la calidad del patrimonio líquido vital y mejorar las condiciones de vida.

Contribuciones de los autores

- Jessica Daniela Zambrano Mero: conceptualización, investigación principal, metodología, recursos, redacción – borrador original, administración del proyecto.

- Alex Gabriel Delgado Párraga: investigación de apoyo, curación de datos, redacción – revisión y edición.
- Emely Tatiana Zambrano Mero: visualización, validación, redacción – revisión y edición de apoyo.
- Sofía Lorena Peñaherrera Villafuerte: supervisión, validación, redacción – revisión y edición final.

Referencias

- Abdel-Latif, H. M. R., y Sedeek, E. K. (2017). Diversity of Enterobacteriaceae retrieved from diseased cultured *Oreochromis niloticus*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(1-Part A), 29-34. <https://www.fisheriesjournal.com/archives/?year=2017&vol=5&issue=1&part=A&ArticleId=1040>
- Aceves Zayas, D. G. (2018). *Evaluación de la contaminación por coliformes totales y fecales en balnearios del sur de Quintana Roo con relación al período vacacional de primavera 2016*. Universidad de Quintana Roo. <http://risisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/1843>
- Andrade Dicão, G., y Lugo Nazareno, G. (2016). *Calidad de agua en el área marino costera a nivel superficial en los sectores de Manta, Bahía de Caráquez, Pedernales y Puerto López y su variabilidad espacial en dos épocas del año*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/39866>
- Antúnez Sánchez, A., y Guanoquiza Tello, L. L. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable*, (19), 64–101. <https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>
- Ávila Palma, E. R., y Granda Cárdenas, V. E. (2018). *Contaminación química y microbiológica en la represa Poza Honda, Santa Ana, Manabí, Ecuador, 2018*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/2181>
- Baque Mite, R., Simba Ochoa, L., González Osorio, B., Suatunce, P., Diaz Ocampo, E., y Cadme Arévalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *CIENCIA UNEMI*, 9(20), 109-117. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p>
- Bianchi, V. A., Varela, P. G., Flores, D. G., y Durando, P. E. (2014). Evaluación de *Escherichia coli* resistente a antibióticos como especie bioindicadora de contaminación fecal en agua y peces en la cuenca inferior del río San Juan. *Natura Neotropicalis*, 1(2), 45-69. <http://dx.doi.org/10.14409/natura.v1i45.4357>
- Bonifaz, F. (2018). *Cuencas hidrográficas de Manabí*. SCRIBD. <https://es.scribd.com/document/369280906/0003-CUENCAS-HIDROGRAFICAS>
- Bravo-Moreira, C., Bello-Moreira, I., y López-Zambrano, Y. (2016). Contaminación de agua cruda de río y potabilizada de consumo doméstico en Manta - Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 2(3), 171-186. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v2i3.128>
- Buitrón Cisneros, R. (2009). Derecho humano al agua en el Ecuador. En *¿Estado constitucional de derechos?: Informe sobre derechos humanos Ecuador 2009* (pp. 139-162). Universidad Andina Simón Bolívar. Sede Ecuador. Programa Andino de Derechos Humanos, PADH; Abya Yala. <http://hdl.handle.net/10644/938>
- Calderón, A. L. (2021). Las márgenes del río Carrizal de Calceta como espacio público e integrador. *Revista San Gregorio*, (48), 61-77. <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i48.1731>
- Campaña, A., Gualoto, E., y Chiluisa-Utreras, V. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del Distrito Metropolitano de Quito. *Bionatura*, 2(2), 305-310. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.02.6>
- Cardozo, M. V., Borges, C. A., Bernaldo, L. G., Maluta, R. P., Pollo, A. S., Borzi, M. M., dos Santos, L. F., Kariyawasam, S., y Ávila, F. A. de. (2018). Shigatoxigenic and atypical enteropathogenic *Escherichia coli* in fish for human consumption. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(4), 936-941. <https://doi.org/10.1016/J.BJM.2018.02.013>
- Castro Chila, D. Y. (2020). *Evaluación de la oxidación avanzada para la eliminación de coliformes fecales en la remediación del río Puente Lucía, cantón Guayaquil*. Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CASTRO%20CHILA%20DENISSE%20YOSSARY.pdf>
- Cedeño-Muñoz, D. (2020b). Impacto ambiental de las lagunas de tratamiento de aguas residuales. Sector Colinas San José, Ciudad de Rocafuerte. *Polo del Conocimiento*, 5(01), 257-280. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v5i01.1223>
- Cedeño-Muñoz, H. A. (2020a). Calidad de la descarga de aguas servidas de las lagunas de tratamiento de aguas residuales al río Carrizal. *Polo del Conocimiento*, 5(01), 232-256. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v5i01.1222>

- Chacón, C., y García, H. (2018). Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales y Subterráneas, de la Subcuenca del Rio Viejo. *Revista Científica Tecnológica*, 1(1), 11–18. <https://revistarecientec.unan.edu.ni/index.php/recientec/article/view/187>
- Chilan Intriago, P. L. (2020). *Ánálisis microbiológico de las aguas azufradas de la comuna Joa del cantón Jipijapa*. Universidad Estatal del Sur de Manabí. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2571>
- Chonlong Alcívar, J. P., y Pacheco Gil, H. A. (2021). Estimación de zonas potenciales de aguas subterráneas en la cuenca del río Portoviejo mediante análisis jerárquico basado en SIG y Teledetección. *Revista Bases de la Ciencia*, 6(1), 1-18. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v6i1.2648
- Cobeña-Zambrano, G., y González-Arteaga, C. (2020). Análisis de la contaminación del agua e incidencia por consumo en la salud de la población del sitio río Santo, parroquia Ricaurte del cantón Chone, año 2017. *Revista Científica Arbitrada de Posgrado y Cooperación Internacional CLAUSTRO*, 3(5), 2-11. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/clastro/article/view/136>
- Constitución de la República del Ecuador [Const]. 20 de octubre de 2008.
- Corrales Ramírez, L. C., Sánchez Leal, L. C., y Quimbayo Salamanca, M. E. (2018). Microorganismos potencialmente fitopatógenos en aguas de riego proveniente de la cuenca media del río Bogotá. *Nova*, 16(29), 71–89. <https://doi.org/10.22490/24629448.2691>
- Cortez Lázaro, A. A., Santa Cruz Ventura, A. P., Hernández Amasifuen, A. D., y Romero Bozzetta, J. L. (2019). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018. *Big Bang Faustiniano*, 8(4), 17-20. <https://doi.org/10.51431/bbf.v8i4.556>
- Daly, E., Kolotelo, P., Schang, C., Osborne, C., Coleman, R., Deletic, A., y McCarthy, D. T. (2013). *Escherichia coli* concentrations and loads in an urbanised catchment: the Yarra River, Australia. *Journal of Hydrology*, 497, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.05.024>
- Dang, S. T. T., y Dalsgaard, A. (2012). *Escherichia coli* contamination of fish raised in integrated pig-fish aquaculture systems in Vietnam. *Journal of Food Protection*, 75(7), 1317-1319. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-501>
- Fernández-Santisteban, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2), 70-73. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251011>
- Fontalvo Julio, F. A., y Tamaris-Turizo, C. E. (2018). Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia) usando el ICA-NSF. *Intrópica*, 13(2), 101-111. <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2510>
- Franco, V. A. (2018). Agua, ciudad y derecho. *Alegatos*, 23(72), 229-246. <http://revistastmp.azc.uam.mx/alegatos/index.php/ra/article/view/391>
- García, M. E., Lanzarot, P., Costas, E., López Rodas, V., Marín, M., y Blanco, J. L. (2008). Isolation of *Serratia fonticola* from skin lesions in a Nile Crocodile (*Crocodylus niloticus*) with an associated septicaemia. *The Veterinary Journal*, 176(2), 254–256. <https://doi.org/10.1016/J.TVJL.2007.02.025>
- García-Loor, E., Chávez-Wilson, J., Loor-Zambrano, H., y Córdova-Mosquera, R. (2020). Plantas purificadoras: Realidad del agua embotellada en Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 692-705. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1241>
- Garros Martínez, M. C., y Safar, E. (coords.) (2020). *Agua segura como derecho humano*. Ediciones Universidad Católica de Salta (EUCASA).
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rocafuerte. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Rocafuerte 2030*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rocafuerte. https://rocafuerte.gob.ec/wp-content/uploads/PDOT_Rocafuerte_2030_compressed.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Olmedo. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, cantón Olmedo 2019-2023*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Olmedo. [https://www.olmedo.gob.ec/index.php/transparencia/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-category/1507-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-2019-2023](https://www.olmedo.gob.ec/index.php/transparencia/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial/category/1507-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-2019-2023)
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Santa Ana. (2004). Plan de Desarrollo Estratégico del Cantón Santa Ana. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Santa Ana. https://issuu.com/edisonmero/docs/plan_desarrollo_estrategico_canton_santa_ana
- Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1), 7-8. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>
- González, B. G. (2018). Agua y ciudad: análisis y perspectivas del consumo de agua en el municipio de Guatemala. *Revista Análisis de la Realidad Nacional*, 7(24), 179-199.

- Google Earth. (2022). *El globo terráqueo más completo*. <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Guerrero Calero, J. M. (2018). *Determinación de pasivos ambientales en las riberas del río Puca del cantón Olmedo*. Universidad Estatal del Sur de Manabí. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1068>
- Gutiérrez, C., Góngora, E., y Melo, P. (2008). *Estudio hidrológico de inundaciones en la cuenca alta del río Chone (Subcuenca: Garrapata, Mosquito y Grande)*. Estudios e Investigaciones Hidrológicas Superficiales. INAMHI, CLIRSEN, y FAO.
- Instituto Universitario de Investigación para el Desarrollo Social Sostenible [INDESS]. (2019a). *Informe “Estudio de situación del cantón Puerto López”*. Ecomuseo de la Pesca Artesanal., Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí [Uleam]., Universidad de Cádiz [UCA]., Junta de Andalucía Programa de Cooperación Internacional. <https://indess.uca.es/wp-content/uploads/2019/05/Instituto-para-el-Desarrollo-Social-Sostenible-ecomuseo.pdf?u>
- Instituto Universitario de Investigación para el Desarrollo Social Sostenible [INDESS]. (2019b). *Territorio*. Ecomuseo de la Pesca Artesanal. <https://indess.uca.es/ecomuseo-de-la-pesca-artesanal/territorio/>
- Izurieta, R., Campaña, A., Calles, J., Estévez, E., y Ochoa, T. (2019). Calidad del agua en Ecuador. En *Calidad del agua en las Américas. Riesgos y oportunidades* (pp. 283-306). IANAS La Red Interamericana de Academias de Ciencias. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Calidad-de-agua-en-las-Am%C3%A9ricas_2019.pdf
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Ecuador. Registro Oficial, Suplemento 305. 06 de agosto de 2014.
- Loo Gil, C. (2021). Contaminación agrícola por el uso de aguas residuales. *Tecnohumanismo*, 2(1), 34-58. <https://doi.org/10.53673/th.v1i5.25>
- Lucas Vidal, L. R., y Carreño Mendoza, Á. L. (2018). Calidad de agua de consumo humano en las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador. *Revista del Instituto de investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 21(42), 39-46. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v21i42.15785>
- Macías Párraga, R., y Díaz Aguirre, S. (2010). Estrategias generales para el control y prevención de la contaminación del agua superficial en la cuenca del Río Portoviejo. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 41, 1-7. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220509053>
- Mayorga, O., Ramírez, M., y Mayorga, J. (2017). Nota técnica: Índice de calidad de agua de los ríos Albarregas y Milla del Estado Mérida, Venezuela. *Revista INGENIERÍA UC*, 24(3), 428-432. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70754692016>
- Mendoza Cedeño, J., y Campos Cedeño, A. (2021). Análisis Hidrológico de la Cuenca Rocafuerte para Estimar el Potencial Hídrico de la Zona. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 33(1), 8. <https://doi.org/10.37815/rte.v33n1.783>
- Mendoza Chancay, C. M. (2019). *Aplicación del índice de calidad de agua en las albaradas del recinto Sancán, Comuna Sancán, Manabí*. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39660>
- Mera Toala, J. F., y Vásquez Sánchez, D. D. (2017). *Determinación de la calidad de agua para riego en el sistema de conducción, Santa Ana*. Universidad Técnica de Manabí. <http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/1049>
- Meshesha, T. W., Wang, J., y Melaku, N. D. (2020). Modelling spatiotemporal patterns of water quality and its impacts on aquatic ecosystem in the cold climate region of Alberta, Canada. *Journal of Hydrology*, 587, 124952. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124952>
- Molina Flores, L. M. (2015). *Ánalisis de la calidad de agua en el sector urbano del malecón de Manta, provincia de Manabí*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo. <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/2178>
- Montilla Pacheco, A., Zambrano Vera, M., Reyna Palma, C. (2017). Análisis de las condiciones geográficas y ecológicas del humedal La Segua, provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica. Revista de las Agrociencias*, 18, 71-78. http://dx.doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i18.809
- Morales Virgilí, M., y Rivera Soto, M. (2017). Estudio ambiental en la cuenca del río San Juan de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 37(2), 249-263. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852017000200008&script=sci_arttext&tlang=en
- Moreira-Cevallos, J. E. (2020). Contaminación ambiental de los ríos Bravo y Muerto, y su incidencia en la salud de los habitantes de la parroquia Los Esteros, cantón Manta. *Polo del Conocimiento*, 5(2), 556-578. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i2.1298>

- Mure Zambrano, R. J., y Vera Bailón, C. J. (2017). *Actividades ganaderas y su afección en la calidad del agua (microbiológica) para consumo humano en la comunidad de Julián*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/624>
- Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 2200:2008. Primera revisión. Agua purificada envasada. Requisitos. Ocaña de Jesús, R., Gutiérrez, A., Sánchez, J., Mariezcurrena, M., Eslava, C., y Laguna, A. (2018). Persistencia, internalización y translocación de *Escherichia coli* O157: H7, O157: H16 y O105 ab en plantas y frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Argentina de Microbiología*, 50(4), 408-416. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.12.001>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2019). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=Se%20calcula%20que%20unas%20842,mala%20higiene%20de%20las%20manos>
- Ospina Zúñiga, O. E. (2015). Análisis de la contaminación microbiológica en el río Combeima, municipio de Ibagué (Tolima, Colombia). *Producción + Limpia*, 10(2), 92-103. <http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/899>
- Paredes Vera, J. P. (2014). *Estudio de aguas residuales de lagunas de oxidación e incidencia en la contaminación y desarrollo turístico de la playa Tarqui-Manta, año 2013*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1401>
- Pauta-Calle, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Loja-Sari, M., y Palta-Vera, A. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 11(2), 46-57. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>
- Peñarrieta Macías, F. F., y Díaz Ponce, M. (2020). *Actividades antropogénicas en la parroquia San Antonio y su incidencia en la calidad del agua del humedal La Segua*. Editorial Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/594>
- Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., y Zambrano, J. (2019). Impactos de la contaminación sobre los manglares de Ecuador. *Manglares de América*, 375-419. <http://www.manglaresdeamerica.com/index.php/ec/article/view/57>
- Pino, S. L., Barros, D. V., Sisalema, L. A., Fernández, P. L., y Molina, C. D. (2021). El costo de remediación del recurso agua por contaminación de coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, Guayaquil-Ecuador. *Revista Espacios*, 42(4), 102-120. <https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n04p09>
- Prieto Bravo, K. (2019). *Estudio de impacto ambiental para la operación, mantenimiento, cierre y abandono de las actividades de comercialización y venta de combustibles líquidos de la estación de servicios “Jipijapa 2”*. Sisgae. <https://www.manabi.gob.ec/wp-content/uploads/2021/07/ESIA-JIPIJAPA-2.pdf>
- Quijano Mera, J. I. (2022). *Contaminación del río Portoviejo producida por las actividades antrópicas de la ciudadela La Paz, cantón Portoviejo, provincia de Manabí*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/19889>
- Quingaluisa Parra, R. E. (2019). *Evaluación de la presencia de determinantes de resistencia a antibióticos emergentes en aguas de riego y superficiales del Ecuador, año 2018-2019*. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30547/1/BQ%202010.pdf>
- Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., y Menéndez Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51. <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/408>
- Rendón Chavarria, M. M. (2019). *Evaluación comparativa de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad de Balsa en Medio*. Escuela Superior Politécnica de Manabí. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1203>
- Reyes Vélez, P. E. (2015). *Ánalisis de la gestión ambiental aplicada por el Gobierno Provincial de Manabí en la cuenca del río Portoviejo e impactos en la conservación de recursos naturales, año 2013*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1379>
- Ribeiro, L. F., Barbosa, M. M. C., de Rezende Pinto, F., Guariz, C. S. L., Maluta, R. P., Rossi, J. R., Rossi, G. A. M., Lemos, M. V. F., y do Amaral, L. A. (2015). Shiga toxicogenic and enteropathogenic *Escherichia coli* in water and fish from pay-to-fish ponds. *Letters in Applied Microbiology*, 62(3), 216-220. <https://doi.org/10.1111/lam.12536>
- Ríos Tobón, S., Agudelo Cadavid, R. M., y Gutiérrez Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>

- Rock, C., y Rivera, B. (2014). *La calidad del agua, E. coli y su salud*. The University of Arizona, College of Agriculture and life Sciences. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Rodríguez, S. C., Asmundis, C. L., Ayala, M. T., y Arzú, O. R. (2018). Presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano en San Cosme (Corrientes, Argentina). *Revista Veterinaria*, 29(1), 9-12. <https://doi.org/10.30972/vet.2912779>
- Romeu Álvarez, B., Quintero Álvarez, H., Larrea Murrel, J., Lugo Moya, D., Rojas Hernández, N., y Heydrich Pérez, M. (2015). Experiencias en el monitoreo ambiental: contaminación de ecosistemas dulceacuícolas de La Habana (Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 15(3). 1325-1335. <https://saludpublica.ugr.es/investigacion/revista-electronica/contenido/2015>
- Sánchez Guaranda, I. J., Parrales Oviedo, M. A., Toala Baque, L. M., y Orlando Narváez, S. R. (2018). Contaminación del río Jipijapa y sus efectos hacia el turismo del cantón Jipijapa, Ecuador. *Revista Brasileira De Ecoturismo (RBECOTUR)*, 12(4), 334-352. <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2019.v12.6702>
- Santana Quiroz, D. E., y Medrano García, S. P. (2021). *Incidencia del consumo de agua envasada en la salud pública de la ciudad de Calceta, Manabí-Ecuador*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1452>
- Terneus Jácome, E., y Yáñez-Moretta, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja*, 27(1), 36-50. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.03>
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Libro VI. Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro Oficial -- Edición Especial N° 387. 4 de noviembre de 2015.
- Vélez, C., Cabrera, A., Sáenz, M., Terán, F., Lescano, C., Donoso, E., Vallejo, O., Aguirre, D., Crespo, M., y Verdesoto, S. (2012a). *Memoria Técnica. Cantón Bolívar. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. Componente 5: Socioeconómico y Cultural*. Ministerio de Defensa Nacional, Instituto Espacial Ecuatoriano, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Sistema de Información Geográfica y del Agro, Instituto Nacional de Estadística y Censos. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA4/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/MANABI/BOLIVAR/IEE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_bolivar_socioeconomico.pdf
- Vélez, C., Cabrera, A., Sáenz, M., Terán, F., Lescano, C., Donoso, E., Vallejo, O., Aguirre, D., Crespo, M., y Verdesoto, S. (2012b). *Memoria Técnica. Cantón Jipijapa. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. Componente 5: Socioeconómico y Cultural*. Ministerio de Defensa Nacional, Instituto Espacial Ecuatoriano, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Sistema de Información Geográfica y del Agro, Instituto Nacional de Estadística y Censos. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA4/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/MANABI/JIPI-JAPA/IEE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_jipijapa_socioeconomico.pdf
- Vélez, C., Cabrera, A., Sáenz, M., Terán, F., Lescano, C., Donoso, E., Vallejo, O., Aguirre, D., Crespo, M., y Verdesoto, S. (2012c). *Memoria Técnica. Cantón Santa Ana. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. Componente 5: Socioeconómico y Cultural*. Ministerio de Defensa Nacional, Instituto Espacial Ecuatoriano, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Sistema de Información Geográfica y del Agro, Instituto Nacional de Estadística y Censos. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA4/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/MANABI/SANTA_ANA/MEMORIAS_TECNICAS/mt_santa_anan_socioeconomico.pdf
- Viloria, M. I., y Cañón Barriga, J. E. (2016). Avances y perspectivas para modelos de decaimiento de patógenos en ríos y cuencas. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad*, 3(2), 1-15. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/CAA/article/view/323242/20780448>
- WaterAid. (2017). *Aguas turbulentas. Estado mundial del agua 2017*. <https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxoof256/files/aguas-turbulentas-estado-mundial-del-agua-2017.pdf>
- World Water Assessment Programme [WWAP]. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>