



e-ISSN 2588-0721
DOI: [10.33936/riemat.v11i1.8006](https://doi.org/10.33936/riemat.v11i1.8006)

RIEMAT

Página web de la revista: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat>



Artículo Original

Calidad del agua en fuentes de fincas ganaderas: Casos San Cristóbal (Galápagos) y Chone (Manabí)

Water quality in sources on livestock farms: Cases of San Cristóbal (Galápagos) and Chone (Manabí)

Camila Arteaga Triviño^a, Nayeli Anahí Cagua Rodríguez^b, José Manuel Calderón Pincay^{c*}

^a Carrera de Ingeniería Ambiental, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8538-0118>

^b Carrera de Ingeniería Ambiental, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4228-8632>

^c Carrera de Ingeniería Ambiental, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3315-997X>

* Autor para correspondencia.
jose.calderon@espam.edu.ec

Recibido: 01/11/2025
Aceptado: 30/01/2026
Publicado: 24/04/2026

Citacion sugerida: Arteaga, C., Cagua, N. & Calderón, J. (2026). Calidad del agua en fuentes de fincas ganaderas: Casos San Cristóbal (Galápagos) y Chone (Manabí). *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología. RIEMAT*, 11(1), 29-41. <https://doi.org/10.33936/riemat.v11i1.8006>

Resumen

El presente trabajo evalúa la calidad del agua en fuentes hídricas de fincas ganaderas ubicadas en la parroquia El Progreso del cantón San Cristóbal y de las parroquias San Antonio y Santa Rita del cantón Chone, identificando los niveles de contaminación y su vínculo con las prácticas ganaderas locales. Para ello, se recolectaron 14 muestras de agua en las fincas seleccionadas, 7 en el cantón San Cristóbal y 7 en el cantón Chone. La evaluación de la calidad del agua se realizó mediante el ICA-NSF, considerando ocho parámetros fisicoquímicos y microbiológicos: pH, sólidos disueltos, fosfatos y coliformes. Las fuentes de agua evaluadas correspondieron a captaciones de ríos, pozos y manantiales, siendo almacenadas en reservorios descubiertos o tanques. Los análisis mostraron que las muestras de 9 fincas excedían los límites establecidos por la normativa, debido a la acidez, elevadas concentraciones de fosfatos y presencia de coliformes. Según el índice de calidad del agua (ICA), seis fincas fueron clasificadas con calidad media, en especial aquellas con indicadores de contaminación biológica. En conclusión, estos hallazgos demuestran la necesidad de implementar estrategias de manejo hídrico sostenibles en el ámbito rural ganadero, promoviendo buenas prácticas de almacenamiento y tratamiento del agua de consumo bovino, junto con asesoría técnica, para asegurar el acceso a agua de calidad para el ganado.

Palabras clave: contaminación, ganadería, hídrico, almacenamiento, calidad

Abstract

This study evaluates the water quality of water sources on livestock farms located in the El Progreso parish of the San Cristóbal canton and the San Antonio and Santa Rita parishes of the Chone canton, identifying contamination levels and their link to local livestock practices. Fourteen water samples were collected from the selected farms, seven in the San Cristóbal canton and seven in the Chone canton. Water quality was assessed using the ICA-NSF standard, considering eight physicochemical and microbiological parameters: pH, dissolved solids, phosphates, and coliforms. The water sources evaluated consisted of river intakes, wells, and springs, and were stored in open reservoirs or tanks. The analyses showed that samples from nine farms exceeded the limits established by regulations due to acidity, high phosphate concentrations, and the presence of coliforms. According to the Water Quality Index (WQI), six farms were classified as having medium water quality, especially those with indicators of biological contamination. In conclusion, these findings demonstrate the need to implement sustainable water management strategies in rural livestock farming, promoting good practices for the storage and treatment of drinking water for

Keywords: contamination, livestock, hydric, storage, quality



1. Introducción

América Latina alberga alrededor del 30% de las fuentes de agua dulce del mundo (Prashad, 2020). Sin embargo, aproximadamente el 40% del agua de la región no se trata adecuadamente para el consumo y uso humano o animal, lo que provoca que las fuentes de agua contaminadas se descarguen en cuerpos hídricos, aumentando el riesgo de contaminación (Mora et al., 2019). Además, esta región es una de las principales zonas productoras de ganado, ocupando el segundo lugar a nivel global con 112 millones de toneladas al año de carne de res (Orús, 2024).

Ecuador posee una inmensa riqueza hídrica, situándose entre los países con mayores reservas de agua de la región (Guanoquiza et al., 2019), siendo de interés para la producción ganadera destacando con 4,3 millones de cabezas de ganado bovino a nivel nacional (Márquez, 2021). Sin embargo, la falta de sistemas de tratamiento en el 92% de los municipios del país ocasiona que desechos y aguas residuales sean vertidos directamente en fuentes de agua dulce (Zambrano et al., 2022). Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2019), el 41,3% de la población rural en Ecuador utiliza agua no apta para el consumo, enfrentando serios desafíos en la gestión de los recursos hídricos, ya que las prácticas agrícolas y ganaderas contribuyen a la contaminación y degradación de los ecosistemas acuáticos (García et al., 2021).

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional mencionó que las Islas Galápagos, enfrentan una escasez significativa de agua dulce, lo que hace fundamental su gestión sostenible, así mismo, los sistemas de producción reportaron 2 809 cabezas de ganado vacuno a nivel insular (Barrera et al., 2019). En San Cristóbal, las principales fuentes de agua, Cerro Gato y La Toma, dependen del agua fluvial y son esenciales para la comunidad local, esta última abastece a la parroquia El Progreso, un área agrícola y ganadera que aumenta la presión sobre estos recursos, subrayando la necesidad de implementar estrategias de manejo integral que equilibre la demanda para evitar alteraciones en el comportamiento y la salud de especies al generar desbalances en sus sistemas biológicos (Barrera et al., 2019; Vernaza et al., 2021; Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2022).

Por otra parte, Manabí es la provincia con la mayor cantidad de cabezas de ganado bovino en Ecuador con un 22% aproximadamente (Márquez, 2021; Taípe et al., 2022). La mayoría de los ganaderos de esta región se concentran en la zona norte de la provincia, destacándose el cantón Chone como el principal abastecedor de ganado en pie a nivel nacional (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Chone, 2019). Chone cuenta con aproximadamente 260 000 cabezas de ganado, lo que implica una alta demanda de gestión y control por parte de los ganaderos en la elección de fuentes de agua superficiales para su consumo, ya que una fuente de agua en buenas condiciones es indispensable para mantener la salud y reducir la incidencia de enfermedades del ganado (Castro y Rodríguez, 2022; Martínez y Gordillo, 2024).

La disponibilidad de agua dulce en territorios insulares como en las Galápagos se encuentra comprometida, ocasionado por los efectos del cambio climático que ha provocado alteraciones en los regímenes de precipitación y disminución de la recarga natural del agua (Mateus, 2019), el crecimiento de las actividades agrícolas y ganaderas ha intensificado el uso de fuentes hídricas superficiales sin la implementación de controles adecuados generando riesgos tanto para el abastecimiento de la población como para la estabilidad del ecosistema local (Vernaza, 2021).

Lucero y Mera (2024), advierten que el uso excesivo y desregulado del agua conlleva una degradación en su calidad, problemática que se ve reflejada en el incremento de coliformes y otros contaminantes microbiológicos, que representan una amenaza directa para la salud de las especies endémicas que habitan la región (Garrido, 2024), esta competencia por el recurso entre el consumo humano, la producción agropecuaria y la conservación requiere de una gestión integral que garantice el acceso sin comprometer la biodiversidad única del archipiélago (González et al., 2024).

En lo referente al territorio continental, especialmente en zonas ganaderas como la provincia de Manabí, la presión sobre las fuentes de agua también representa una problemática, debido a que de los numerosos cuerpos de agua que son utilizados para el consumo del ganado carecen de sistemas adecuados de protección o tratamiento (Zambrano et al., 2022), lo que los hace susceptibles a la contaminación por materia orgánica, sedimentos y productos agroquímicos, escenario que se agrava en los períodos de sequía, donde la reducción del caudal obliga a una concentración intensiva de ganado en pocas fuentes disponibles acelerando su deterioro (Ganchozo y Raju, 2022).

Según reportes, más del 35% de las fuentes hídricas en áreas rurales presentan algún grado de contaminación, lo que impacta negativamente en la salud animal, elevando la incidencia de enfermedades gastrointestinales y afectando los índices productivos (Cedeño et al., 2024). Frente a esta problemática, resulta necesaria la implementación de planes de manejo hídrico que promuevan prácticas ganaderas sostenibles, la protección de las fuentes naturales de agua y el monitoreo constante de su calidad, para así asegurar la viabilidad a largo plazo de los sistemas de producción pecuaria (Moreira y Zambrano, 2024).

La deficiencia de mecanismos de vigilancia y control en las fuentes hídricas de Galápagos y Manabí intensifica la problemática existente, al dificultar la identificación temprana de contaminantes, esto reduce la eficacia de las acciones preventivas y correctivas, lo que favorece la continua degradación de la calidad del recurso hídrico (Ferrer et al., 2024). En este contexto, el Índice de Calidad de Agua (ICA), National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF) desarrollado por Brown en 1970, surge como una herramienta que facilita la interpretación de los datos, al mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua para consumo animal (Quiñones et al., 2020; Casanova et al., 2024).

Esto contribuye a la toma de decisiones y a la resolución de problemas relacionados con la gestión del recurso hídrico (Huaman et al., 2020). Por tanto, el objetivo de esta investigación es analizar el problema de la calidad del agua en fuentes hídricas de fincas ganaderas de San Cristóbal (Galápagos) y Chone (Manabí), identificando las principales fuentes de contaminación, evaluando su impacto en la sostenibilidad hídrica y considerando las normativas vigentes.

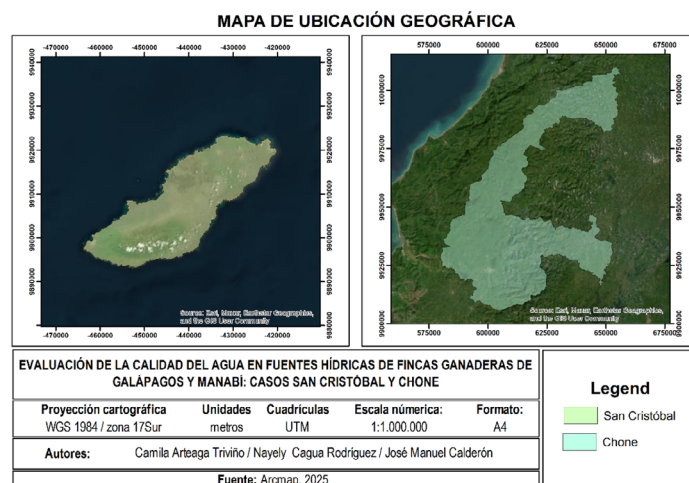
2. Materiales y Métodos

Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en 7 fincas ganaderas de la parroquia El Progreso del cantón San Cristóbal, ubicada en las coordenadas 0° 57' 00" latitud Sur y 89° 37' 30" longitud Oeste, en el archipiélago de Galápagos; y 7 en las parroquias: San Antonio localizada aproximadamente en las coordenadas 0° 42' 18.17" latitud sur y 80° 10' 01.34" longitud Oeste y Santa Rita situada en las coordenadas 0° 41' 00" latitud sur y 80° 06' 00" longitud Oeste del cantón Chone, perteneciente a la provincia de Manabí, como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1

Mapa de ubicación geográfica de las parroquias El Progreso, Santa Rita y San Antonio.



La investigación fue de tipo exploratorio-descriptivo y utilizó un enfoque cuantitativo con alcance correlacional, para analizar la calidad del agua en fuentes hídricas de fincas ganaderas en San Cristóbal y Chone, evaluando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, para ello se aplicaron estándares internacionales para medir objetivamente la calidad del agua y se identificó la relación entre las prácticas pecuarias y el estado de los recursos hídricos en ambas regiones.

Mapeo y georreferenciación del área de estudio

Se realizó la identificación y georreferenciación de fuentes hídricas superficiales en fincas ganaderas, empleando sistemas de información geográfica y dispositivo GPS marca Trimble TDC150 de ArcGIS para generar una base de datos precisa y útil para el análisis espacial (Doumet et al., 2021). Dado el número limitado de fincas ganaderas en las zonas de estudio, se seleccionaron aquellas que presentaban buenas condiciones de manejo, participaron en programas como la Escuela de Campo Ganadera implementados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y donde se disponían de reservorios de agua para el ganado, asegurando una muestra representativa (Mucha et al., 2021).

Levantamiento de información de las fincas ganaderas

Se realizaron visitas de campo en la parroquia El Progreso del cantón San Cristóbal y en las parroquias San Antonio y Santa Rita del cantón Chone para obtener información primaria sobre los ganaderos de la región, se recopilaron datos sobre el número de productores, sus prácticas pecuarias, métodos de manejo, destino de la producción y medidas sanitarias utilizadas (Vásquez et al., 2022), además de datos cuantitativos, estas visitas permitieron obtener una perspectiva cualitativa a través de la interacción directa con los ganaderos y la observación de sus rutinas productivas (Severino et al., 2023).

Recopilación de datos socioambientales de los propietarios de las fincas ganaderas

Se elaboró y aplicó una encuesta estructurada mediante la aplicación Survey123 de ArcGIS, lo que permitió una mejor representación de los datos, la encuesta fue dirigida a los propietarios de fincas ganaderas de El Progreso y Chone, con el objetivo de recopilar información detallada sobre sus prácticas de manejo (Casanova et al., 2024). Las preguntas fueron diseñadas estratégicamente para abordar aspectos como la gestión del ganado, el uso de recursos naturales, estrategias de alimentación y reproducción, medidas sanitarias y destinos de comercialización de productos pecuarios (Aguilar, 2021).

Toma de la muestra

Se recolectaron 14 muestras puntuales en las fincas ganaderas identificadas, siguiendo la norma de muestreo INEN 2176:2013. Las muestras se mantuvieron a una temperatura de 0–4 °C, utilizando envases plásticos estériles de 100 ml, los cuales se llenaron dejando un espacio de 10 ml entre la muestra y la tapa para facilitar su agitación; las muestras se codificaron con el número de finca y el lugar, M1CH hasta M7CH para Chone y M1GPS hasta M7GPS para Galápagos (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2013).

Análisis de los parámetros físicos químicos y microbiológicos

Se realizaron análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, incluyendo variables como pH, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos disueltos totales (TDS), los cuales fueron medidos in situ mediante equipos portátiles, los demás parámetros se analizaron en laboratorio, siguiendo los lineamientos establecidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association, 2020). La Tabla 1 presentó los parámetros evaluados junto con los métodos aplicados.

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados.

Parámetros	Unidades	Método
pH	-	Medidor multiparámetro
Conductividad eléctrica (CE)	uS/cm	
Temperatura (Temp)	°C	Medidor de bolsillo
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	
Dureza Total (DT)	mg/L	Tiras reactivas
Nitritos (NO ₂)	mg/L	
Nitratos (NO ₃)	mg/L	Espectrómetro
Fosfatos (PO ₄)	mg/L	
Coliformes totales (CFT)	UFC/100mL	AOAC 991.14

Cálculo del índice de calidad del agua

Se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA) de Brown para las fincas ganaderas seleccionadas, considerando nueve parámetros clave, este índice es ampliamente utilizado debido a su capacidad para evaluar las variaciones temporales de la calidad del agua en cuerpos fluviales y permitir comparaciones que indiquen niveles de contaminación (Sánchez et al., 2021). El ICA se expresa en una escala donde 100 representa condiciones óptimas, disminuyendo conforme aumenta la contaminación (Robledo, 2023). El cálculo se realizó conforme a la Ecuación 1.

$$ICA = \sum_{i=1}^{i=n} (Q_i * W_i) \tag{1}$$

Donde:

- W_i : importancia o factor de ponderación de la variable (i) respecto al resto de variables.
- Q_i : factor de escala de la variable, depende de la magnitud de la variable y es independiente.
- i : representa la variable o parámetro considerado

El valor de Q_i se determinó utilizando las curvas de función correspondientes a cada variable, lo que permitió convertir los valores de estas variables a una escala adimensional, están diseñadas en una escala de clasificación específica para cada parámetro, estableciendo la relación entre el parámetro y el nivel de contaminación asociado, el valor de W_i se asignó con la Tabla 2.

Tabla 2






Factor de ponderación para los parámetros evaluados.

Parámetros	Unidades	Método
pH	-	0.13
Conductividad eléctrica	µs/cm	0.11
Temperatura	°C	0.10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	0.10
Dureza	mg/L	0.12
Nitritos	mg/L	0.13
Fosfatos	mg/L	0.13
Coliformes totales	UFC/100ml	0.18

Nota: Tomando de Sánchez et al. (2021).

Tabla 3

Clasificación de la calidad del agua.

Rango	Ponderación	Color
Muy mala	0-25	
Mala	26-50	
Media	51-70	
Buena	71-90	
Excelente	91-100	

Nota: Tomando de Sánchez et al. (2021).

Análisis de los parámetros evaluados con la normativa ambiental vigente

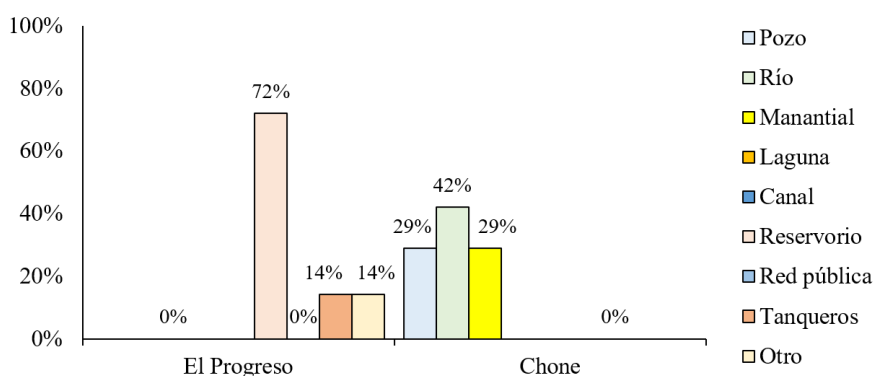
Una vez obtenidos los resultados de la evaluación de los parámetros analizados, se procedió a tabular la información, la cual se contrastó con la normativa ambiental vigente establecida por el Ministerio del Ambiente (2015) en la Tabla 5, Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, para determinar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (nitritos, nitratos, coliformes fecales y sólidos disueltos totales) (Montes de Oca et al., 2022).

3. Resultados y Discusión

En la Figura 2 se evidencia que en la parroquia El Progreso el 72% de los encuestados usa los reservorios como fuente de abastecimiento de agua para los potreros, mientras el restante se sirve de tanqueros (14%) y otras fuentes (14%), en cuanto, al almacenamiento del agua, el 57% de ganaderos utilizan los reservorios, mientras que un pequeño grupo usa tanques plásticos (29%) o no almacena el agua (14%).

Figura 2

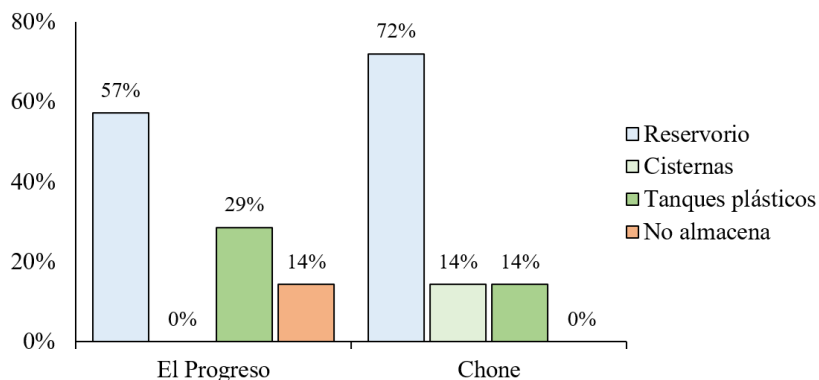
Información sobre la fuente de abasto de agua para potreros.



Por otro lado, en San Antonio y Santa Rita el 42% de los encuestados utiliza los ríos como principal fuente de abastecimiento de agua, del 58% restante recurre a otras opciones, como pozo (29%) y manantial (29%), en lo que respecta al almacenamiento del agua, el 72% de los ganaderos también emplea reservorios, mientras que un 14% utiliza tanques plásticos y un 14% cisternas (Figura 3).

Figura 3

Información sobre el almacenamiento de agua para los rebaños.



Un estudio de González (2022) sobre sistemas ganaderos señala que, en zonas en las que existe una limitada disponibilidad de fuentes hídricas superficiales permanentes, el uso de reservorios artificiales es una práctica común, especialmente durante la época seca, mientras que Forero et al. (2020) sostiene que, en regiones con mayor disponibilidad de agua, los productores suelen abastecerse directamente de estas fuentes, el

hecho de que el 72% de los ganaderos en San Antonio y Santa Rita almacenen agua en reservorios refleja una preocupación ante la variabilidad climática y la necesidad de asegurar el suministro en épocas críticas (Choque y Torrico, 2024), esta tendencia coincide con lo señalado por Jaramillo et al (2022), que destaca la importancia estratégica de los reservorios rurales como medida de adaptación frente a los cambios en los patrones de precipitación.

De igual manera Hartley y Suárez (2020), documentaron en la región costera del país que el 15% de los ganaderos optan por tanques plásticos o cisternas, una decisión que se ve influida por limitaciones económicas y el escaso acceso a programas de apoyo gubernamental, lo que lleva a implementar alternativas de menor capacidad y eficiencia.

Los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados de las fincas de las parroquias “El Progreso”, “San Antonio” y “Santa Rita” se presentan en la Tabla 4, además de los valores normativos para su uso en la ganadería.

Tabla 4

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados.

Muestras	pH	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	PO ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	Dureza (ppm)	Temp. (°C)	TDS (ppm)	CFT (UFC/100ml)
Normativa	6.5-8.5	<1500	0.5	<100	<500	<25	<3000	<100
M1GPS	5.5	87	0.1	10	89	17.9	41	4
M2GPS	6.3	89	0.5	10	0	19.7	42	93
M3GPS	7.6	76	0.1	10	0	21	35	7
M4GPS	6.8	68	2.0	10	89	21	31	282
M5GPS	6.6	34	0.25	10	0	21	16	7
M6GPS	5.9	104	0.1	10	178	21.3	49	115
M7GPS	6.3	146	0.1	10	89	22.2	69	5
M1CH	6.8	268	2	1	126	22.0	50	427
M2CH	6.7	410	2	1	190	22.4	90	921
M3CH	7.1	425	2	1	200	25.3	179	11
M4CH	6.9	251	2	1	118	24.7	42	5
M5CH	7.1	210	1	1	99	24.7	49	6
M6CH	6.9	285	1	1	134	24.8	90	0
M7CH	7.6	370	2	1	174	24.5	90	0

Se observó que el parámetro de pH estuvo por debajo del límite establecido por la normativa en las muestras M1GPS y M6GPS con 5.5 y 5.9, respectivamente lo que indica condiciones ácidas en el agua, esto se encuentra relacionado a procesos naturales de descomposición de materia orgánica y a la presencia de suelos ácidos en esta zona (Rodríguez et al., 2022), estudios presentados por Mola et al. (2025) mencionan que el pH es un parámetro crítico para la mayoría de especies de animales rumiantes ya que su alteración afecta a la absorción de nutrientes y al metabolismo, además de que condiciones ácidas en el agua potencia la solubilidad de los metales pesado ya que un pH por debajo de 6 puede aumentar hasta en un 40% la solubilidad del plomo lo que genera riesgos toxicológicos (Vega, 2021).

Las concentraciones de fosfatos observadas en las muestras de las 7 fincas de chone (>1.0 mg/L) superan el valor referencial de 0.5 mg/L, Bravo (2020) sugiere influencia de contaminación por fuentes antrópicas como lo son los fertilizantes, los detergentes domésticos y las aguas residuales sin tratamiento, Ortiz (2025) evidenció que concentraciones de 0.7 mg/L en zonas agrícolas y periurbanas ha conducido a los proceso de eutrofización alterando el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, mientras que concentraciones superiores a 1.0 mg/L induce a la proliferación de algas provocando un estado anóxico en los cuerpos de aguas.

Referente a la contaminación microbiológica las concentraciones de coliformes fecales detectados en las muestras M4GPS, M6GPS, M1CH y M2CH superan ampliamente el límite de 100 UFC/100 ml establecido por el Acuerdo Ministerial 097-A, la presencia de estos microorganismos es un indicador de contaminación fecal, representando un riesgo sanitario para el ganado y humanos en el caso del contacto directo (Sáenz

et al., 2023), la Organización Mundial de la Salud indica que el agua contaminada por coliformes es portadora de patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* o *Cryptosporidium*, microorganismos asociados a enfermedades entéricas, disminución en la productividad animal y brotes zoonóticos (Coello et al., 2024).

Los resultados del Índice de Calidad del Agua NSF, aplicado en las fincas de las parroquias “El Progreso”, “San Antonio” y “Santa Rita” se presentan en la Tabla 5, además de su respectiva clasificación de acuerdo con los rangos de calidad.

Tabla 5

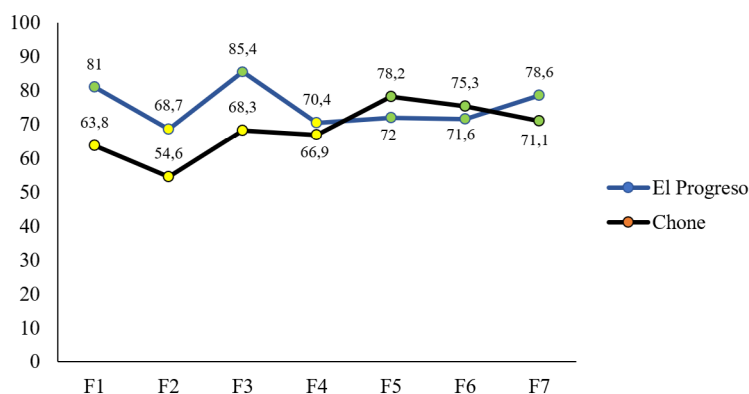
Resultados del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF.

Muestras	Coordenadas	WQI NSF	Clasificación NSF
El Progreso			
M1GPS	0°53'42"S 89°31'16"O	81	Buena ●
M2GPS	0°53'41"S 89°31'19"O	68.7	Media ●
M3GPS	0°53'31"S 89°31'32"O	85.4	Buena ●
M4GPS	0°53'42"S 89°31'47"O	70.4	Media ●
M5GPS	0°53'35"S 89°31'53"O	72	Buena ●
M6GPS	0°55'26"S 89°28'20"O	71.6	Buena ●
M7GPS	0°53'47"S 89°32'11"O	78.6	Buena ●
San Antonio y Santa Rita			
M1CH	0°43'21"S 80°8'25"O	63.8	Media ●
M2CH	0°43'17"S 80°7'12"O	54.6	Media ●
M3CH	0°48'27"S 80°7'23"O	68.3	Media ●
M4CH	0°48'14"S 80°1'21"O	67.9	Media ●
M5CH	0°48'21"S 80°1'17"O	78.2	Buena ●
M6CH	0°49'11"S 89°3'21"O	75.3	Buena ●
M7CH	0°49'14"S 89°3'16"O	71.1	Buena ●

De acuerdo con los criterios establecidos por el ICA NSF, en El Progreso las fincas 1, 3, 5 fueron clasificadas como de buena calidad, con valores que oscilaron entre 71 y 85, mientras que las fincas 2 y 4 fueron calificadas con una calidad media, mientras que en San Antonio y Santa Rita las fincas 5, 6 y 7 se clasificaron en calidad buena, y por otro lado las fincas 1, 2, 3 y 4 se categorizaron en una calidad media, las fuentes hídricas que presentaron los valores más altos de coliformes totales fueron las que se clasificaron como de calidad media. La Figura 4 muestra el comportamiento de las fuentes hídricas en las localidades estudiadas.

Figura 4

Comportamiento del índice de calidad del agua en las diferentes fincas estudiadas.



Los hallazgos de este estudio son consistentes con investigaciones previas desarrolladas en áreas rurales de Ecuador como de otros países de América Latina, donde se ha observado que la calidad del agua destinada a la ganadería varía considerablemente, Mera et al. (2022) identificaron en comunidades rurales de la provincia de Imbabura que alrededor del 60 % de las fuentes hídricas evaluadas fueron clasificadas como de calidad media según el ICA-NSF, principalmente debido a la presencia de coliformes totales y fecales. De igual manera, Gonzales et al. (2023) detectaron que, en la Sierra del Perú, un 45 % de las muestras analizadas mostraron contaminación por fosfatos y bacterias coliformes, lo que influyó negativamente en su valoración dentro del índice.

La variabilidad observada está relacionada con la presencia de coliformes totales, considerados uno de los parámetros más sensibles dentro del ICA-NSF. En el estudio de Cajas y Córdova (2023), señalan que la contaminación microbiológica representa uno de los principales factores que deterioran la calidad del agua en zonas rurales con actividad agropecuaria intensiva, ya que el 65% fuentes hídricas en las que se documentaron concentraciones mayores a 200 UFC/100ml presentaron puntajes más bajos en el índice, debido al impacto negativo que esto tiene sobre la potabilidad y la seguridad del recurso hídrico para el consumo animal (Facco et al., 2021).

Kido et al. (2024), subrayan la importancia de garantizar agua que esté clasificada al menos con una calidad buena para los sistemas ganaderos, debido a que en fincas donde las concentraciones superaban los 500 UFC/100 mL se reportó un incremento del 42% en casos de enfermedades gastrointestinales en el ganado, además de una disminución en la producción de leche de un 15% a 20%, debido a la presencia de infecciones subclínicas (Jennerich et al., 2022).

4. Conclusiones

Entre las fuentes y métodos de almacenamiento de agua entre las parroquias evaluadas en El Progreso, predomina el uso de reservorios tanto para el abastecimiento (72%) como para el almacenamiento de agua (57%), en cambio, en San Antonio y Santa Rita, los ríos representan la principal fuente de abastecimiento (42%), mientras que los reservorios son la opción más utilizada para el almacenamiento (72%).

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos revelaron que de las fincas estudiadas 3 en la parroquia El Progreso y 6 en San Antonio y Santa Rita no cumplen con los estándares establecidos por la normativa vigente, particularmente por presentar pH ácido, concentraciones elevadas de fosfatos y presencia de coliformes, esto indica que las fuentes hídricas en las parroquias estudiadas están sujetas tanto a contaminación de origen natural como a impactos de actividades humanas.

Por su parte, ICA-NSF ubicó a 2 de las fincas de la parroquia El Progreso y a 4 de San Antonio y Santa Rita dentro de la categoría de calidad media, siendo más común en aquellas con altos niveles de coliformes totales, este comportamiento confirma que la contaminación biológica representa uno de los principales factores que afectan la calidad del agua en áreas rurales con uso ganadero intensivo.

Declaración de disponibilidad de datos

Los autores declaran que los datos utilizados en este estudio se encuentran descritos en el manuscrito y debidamente citados a lo largo del documento. Asimismo, las fuentes de los datos están disponibles en la sección de referencias, con el fin de garantizar la transparencia y la reproducibilidad de los resultados.

Declaración sobre el uso de IA generativa y tecnologías asistidas por IA en el proceso de redacción

Durante la preparación de este manuscrito, los autores utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa con el fin de apoyar la mejora de la redacción, el estilo del texto y la organización de algunas secciones del documento. Estas herramientas fueron empleadas únicamente como asistencia en el proceso de elaboración del manuscrito.

Posteriormente, los autores revisaron cuidadosamente todo el contenido generado o sugerido por dichas herramientas, realizaron las correcciones pertinentes y validaron la información presentada para asegurar

su precisión, coherencia académica y rigor científico. Los autores asumen la responsabilidad total por el contenido final del manuscrito.

Declaración de contribución de los autores CRediT

Camila Arteaga Triviño: Análisis y Redacción, borrador. **Nayely Anahí Cagua Rodríguez:** Conceptualización, Análisis y Redacción, borrador. **José Manuel Calderón Pincay:** Conceptualización de la idea, Metodología y revisión del artículo.

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran que no tiene ningún interés financiero ni relación personal que pudiera influir en el trabajo descrito en este artículo.

5. Referencias

- Aguilar, E. (2021). Impacto Socioambiental de la ganadería bovina extensiva de tipo tradicional en Chapultenango, Chiapas. *Universidad Autónoma Chapingo*. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/ede0645b-ac11-4c1a-824d-14d952307182>
- American Public Health Association. (2020). Standar methods for the examination of water and wastewater. <https://www.standardmethods.org/action/showTopic?taxonomyUri=part&topicCode=part2000>
- Barrera, V., Valverde, M., Escudero, L. y Allauca, J. (2019). Productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria de las islas Galápagos-Ecuador. Libro Técnico. Quito, Ecuador. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. <https://bit.ly/3Z5ewvA>
- Bravo, G. (2020). Evaluación económica y financiera de un sistema de extracción de agua subterránea en una finca ubicada en el departamento del Cesar para impulsar su producción ganadera. *Fundación Universidad de América*. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7966>
- Cajas, J. y Córdova, A. (2023). Calidad de agua en río Cutuchi mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, Latacunga, Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA*, 14(2), 115–123. https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i2.413
- Casanova, A., Zambrano, M., Pincay, M. y Calderón, J. (2024). Assessment of animal drinking water quality in livestock farms in Galapagos Islands. *Enfoque UTE*, 15(4). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.1068>
- Castro, I. y Rodríguez, M. (2022). Potencial de producción de biogás para su aprovechamiento energético en el contexto rural de Manabí. *Ingeniería Energética*, 43(3), 62-70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329173954008>
- Cedeño, J., Vivas, H., y Gaón, J. (2024). Enfermedades Asociadas a las Actividades Agropecuarias: Análisis Geoespacial en San Isidro, Manabí-Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales Y Ambientales*, 18(2). <https://doi.org/10.53591/cna.v18i2.1932>
- Choque, W. y Torrico, J. (2024). Efectos y medidas adaptativas al cambio climático en sistemas agropecuarios del Altiplano: Revisión de literatura. *Horizonte Académico*, 4(2), 221–249. <https://doi.org/10.70208/3007.8245.v4.n2.42>
- Coello, J., Jiménez, M., Serrano, B. Herrera, G. (2024). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los cuerpos de agua para uso agropecuario. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 5(9), 4-20. <https://doi.org/10.35381/a.g.v5i9.2509>
- Dirección del Parque Nacional Galápagos (2022). Calidad de Agua. *Parque Nacional Galápagos*. <https://galapagos.gob.ec/calidad-de-agua/>
- Doumet, Y., Cruz, B. y Mendoza, I. (2021). Sistemas de información geográfica para diagnósticos turísticos

- territoriales. *Sosquua*, 3(2). <https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/sosquua/article/view/518>
- Facco, J., Junior, S., Caregnatto, F., Cancelier, J. y Netto, T. (2021). Valoração de recursos hídricos vinculado à produção animal: estudo de caso em propriedade rural em Marema, Santa Catarina, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 7(4), 36662–36684. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-231>
- Ferrer, Y., Ramírez, A., Plasencia, A. y Abasolo, F. (2024). Impacto del uso de suelo y la fragmentación del paisaje sobre la calidad del agua del río Teaone en Ecuador. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 40, 15–36. <https://doi.org/10.20937/RICA.54900>
- Forero, G., Ramírez, J. y Ramírez, G. (2020). Propuesta de almacenamiento de agua lluvia para suministrarla al municipio de Albán utilizando HEC-GeoHMS. *Avances Investigación En Ingeniería*, 17(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6031>
- Ganchozo, D. y Raju N. (2022). Evaluación de calidad del agua de los ríos canuto y carrizal en época seca, Manabí, Ecuador. *Revista Científico-Académica Multidisciplinaria*, 7(9), 537-554. Disponible en <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4589/10991>
- García, J., Osorio, M., Saquicela, R. y Cadme, M. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del Agua*, 25(2), 115. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- Garrido, C. (2024). Colonización y desarrollo agropecuario en las Islas Galápagos, 1832-1924: Nuevos aportes a la historia humana del archipiélago. *Siembra*, 11(1), e5423. <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i1.5423>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Chone. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Chone*. <https://www.chone.gob.ec/pdf/lotaip2/documentos/pdot.pdf>
- González, F., Ullón, D., Yaguachi, A., Ramos, J., Montenegro, V. y Loján, J. (2024). Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo en la isla Santa Cruz, archipiélago de las Galápagos, periodo 1991-2023. *Ciencia Y Tecnología*, 17(1), 1–9. <https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.521>
- González, J. (2022). Las charcas temporales ganaderas en el Cabriel requenense (Valencia): acervo cultural y oasis de biodiversidad. *Cuadernos De Geografía De La Universitat De València*, (108-9), 175–192. <https://doi.org/10.7203/CGUV.108-9.23799>
- Guanquiza, L. y Antúnez, A. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1053–1102. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7946>
- Hartley, M. y Suárez, K. (2020). Exportación de servicios turísticos: ¿un sector estratégico para enfrentar el cambio climático en Costa Rica? *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 53–70. <https://doi.org/10.21158/01208160.n0.2020.2738>
- Huaman, S., Lucen, M., Paredes, M. y Changanaqui, D. (2020). Evaluation of the water quality of Laguna Marvilla in Pantanos de Villa (Lima – Perú). *South Sustainability*, 1(2), e022. <https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-019>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2019). *Indicadores ODS Agua, Saneamiento e Higiene*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/indicadores-ods-agua-saneamiento-e-higiene/>
- Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2013). *NTE INEN 2176:2013 Agua*. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202176%20-%20AGUA.%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20MUESTREO.%20T%C3%89CNICAS%20DE%20MUESTREO.pdf>
- Jaramillo, J., Guerrero, J., Vargas, S. y Bustamante, Á. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 9(1). <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170>
- Jennerich, L., Panigatti, C. Ghiberto, P. (2022). Evaluación del uso y consumo de agua en sistemas de

- producción de leche en el centro oeste de la provincia de Santa Fe. *Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 21(2). <http://portal.amelica.org/ameli/journal/586/5863684011/>
- Kido, M., Martínez, C., Zúñiga, T. y Cotera, J. (2024). Estimación del bienestar animal del bovino lechero en trópico, mediante criterios de acondicionamiento ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 27(3), e2676. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2676>
- Lucero, R., y Mera, M. (2024). Impacto del Turismo en el Desarrollo Económico Sostenible de la Isla San Cristóbal, Galápagos. *Maestro Y Sociedad*, 21(4), 2074–2084. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/6617>
- Márquez, J. (2021). Boletín Técnico. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, 2020. *Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf
- Martínez, M. y Gordillo, B. (2024). Determinación de la calidad de agua en una confluencia. Caso cascada de Jun Jun. *Revista Científica Multidisciplinaria HEXACIENCIAS*, 4(8), 2–17. <https://soeici.org/index.php/hexaciencias/article/view/222>
- Mateus, C., Guerrero, C., Quezada, G., Lara, D. y Ochoa, V. (2019). An Integrated Approach for Evaluating Water Quality between 2007-2015 in Santa Cruz Island in the Galapagos Archipelago. *Water*, 11(5), 937. <https://doi.org/10.3390/w11050937>
- Mera, J., Tuarez, J. y Córdova, R. (2022). Evaluación de la calidad de agua de pozo de la comunidad El Gramal de la parroquia rural Pueblo Nuevo, Manabí - Ecuador. *Impacto Científico*, 17(2), 413-430. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/impacto/article/view/39251>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 097-A: Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)*. Registro Oficial No. 387. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Mola, B., Bonet, C. Rodríguez, D. (2025). Evaluación de la calidad del agua para el abasto y el riego en la ganadería. *Ingeniería Agrícola*, 15. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/2092>
- Montes de Oca, R., Pérez, J. y Rodríguez, M. (2022). Lead levels in water, soil and grass from Valle de Lerma, State of Mexico municipalities, dedicated to livestock. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.949>
- Mora, D., Barboza, R. y Orozco, J. (2019). Índice de calidad y continuidad de los servicios de agua para consumo humano en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i10.4882>
- Moreira, J. y Zambrano, X. (2024). Caracterización agroproductiva integral: Un estudio de los cantones de Manabí–Ecuador. *Investigación Valdizana*, 18(3), e2206. <https://doaj.org/article/0e8a2ba098d44d72a32c7b368e67322f>
- Mucha, L., Chamorro, R., Oseda, M. y Alania, R. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Desafíos*, 12(1). <https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253>
- Ortiz, R. (2025). *Evaluación de estrategias sostenibles para la disminución del conflicto humano-felino en fincas ganaderas de Trinidad, Casanare - Colombia*. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/12229>
- Orús, A. (2024). Carne: producción mundial por región en 2022. *Statista*. <https://es.statista.com/estadisticas/1329880/produccion-de-carne-a-nivel-mundial-por-region/>
- Prashad, J. (2020). La crisis de la contaminación del agua de América Latina y sus efectos en la salud de los niños. *Humanium*. <https://www.humanium.org/es/la-crisis-de-la-contaminacion-del-agua-de-america-latina-y-sus-efectos-en-la-salud-de-los-ninos/>

- Quiñones, L., Ochoa, L., Kemper, N., Gamarra, O., Bazán, J. y Delgado, J. (2020). Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua. *Enfoque UTE*, 11(2), 109-120. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n2.633>
- Reyes, F. y Ruiz, I. (2023). *Índice de Calidad del agua del río Parcoy aplicando metodologías ICA-RHS e ICA-NSF para diseñar un Plan de Manejo Ambiental*. Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/19912>
- Robledo, J. (2023). Evaluación del Índice de Calidad de Agua ICA-NSF en las microcuencas del Parque Nacional Río Dulce como herramienta en la gestión integral del manejo sustentable, Livingston, Izabal, Guatemala, Centroamérica. *Tecnología en Marcha*, 36(1). <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v36i1.6241>
- Rodríguez, S., Jaramillo, S., Zurita, L., Valdiviezo, A. Choloquina, C. (2022). Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS). *Revista Politécnica*, 49(2), 55–64. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.06>
- Sáenz, S., Garcés, O., Córdoba, T., Blandon, L., Espinosa Díaz, L., Vivas, L. y Canals, M. (2023). Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacciones microorganismos–microplásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras colombianas. *Ecosistemas*, 32(1), 2489. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2489>
- Sánchez, V., Chávez, E., Garayar, H., Álvarez, A., Lacho, P. y Manrique, A. (2021). Calidad del agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica según ICA-NSF. *Revista De investigación científica Siglo XXI*, 1(1). <https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v1i1.10>
- Severino, V., López, L., Perezgrovas, R., Albores, S., Sierra, Á. y Piñeiro, Á. (2023). Evaluación socioambiental en unidades de producción con bovinos criollos Nunkiní en Campeche, México. *Acta Universitaria*, 33. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3721>
- Taipe, M., Duicela, L., Solorzano, J., Molina, C. y Aranguren, J. (2022). Realidades de la ganadería bovina en la provincia de Manabí. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 311-338. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2588
- Vásquez, H., Barrantes, C., Vigo, C. y Maicelo, J. (2022). Factores socioeconómicos que influyen en la adopción de tecnologías para mejoramiento genético de ganado vacuno en Perú. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 19(3), 312–330. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i3.1358>
- Vega, C. (2021). Evaluación de la calidad del agua y sedimento de la subcuenca del río Birrís, en cuanto a su contenido de metales pesados. *Instituto Tecnológico de Costa Rica*. <https://hdl.handle.net/2238/13238>
- Vernaza, W., Pozo, R., Mateus, M., Quiroga, D., Stewart, J., Thompson, A., Raheem, N. y Ochoa, V. (2021). Agua para Galápagos: un programa de monitoreo de la calidad del agua en las islas Galápagos. *Esferas*, 2, 10-35. <https://doi.org/10.18272/esferas.v2i.2026>
- Zambrano, J., Delgado, A., Zambrano, E. y Peñaherrera, S. (2022). Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2), e4011. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>