

Evaluación de la calidad del agua del río Mosca, Junín, mediante el índice de calidad del agua (ICA) y su impacto en los usos del recurso hídrico

Assessment of water quality in the Mosca River, Junín, using the Water Quality Index (WQI) and its impact on water resource use

Avaliação da qualidade da água do rio Mosca, Junín, utilizando o índice de qualidade da água (WQI) e o seu impacto na utilização dos recursos hídricos

Recibido: 15/09/2025 | Revisado: 21/09/2025 | Aceptado: 21/09/2025 | Publicado: 25/09/2025

Angie Mishelle Fernández Arteaga

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9875-8510>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador

E-mail: angie.fernandez.41@espam.edu.ec

Gibely Jarleth Paredes Rodriguez

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9377-6774>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador

E-mail: gibely.paredes.41@espam.edu.ec

José Miguel Giler Molina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-1559>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador

E-mail: jose.giler@espam.edu.ec

Sállury Gema Álava Cevallos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1196-6438>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador

E-mail: salluryalava@espam.edu.ec

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del río Mosca, ubicado en Junín, Ecuador, mediante la aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF), con el fin de determinar el grado de contaminación y su incidencia en el aprovechamiento del recurso hídrico. Este río constituye una fuente esencial para el consumo humano, la agricultura y las actividades recreativas; sin embargo, su calidad se ve comprometida por descargas de aguas residuales y el uso de agroquímicos. Se recolectaron muestras en cinco puntos de muestreo a lo largo del cauce, analizando parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD) y coliformes fecales. Los valores obtenidos del ICA-NSF (66.06, 66.19, 65.96, 66.15 y 56.39) clasificaron la calidad del agua como regular, lo que significa que es aceptable para la vida acuática, aunque con limitaciones en cuanto a biodiversidad. Si bien la temperatura y el oxígeno disuelto cumplen con los rangos establecidos en el Acuerdo Ministerial 097, los altos niveles de coliformes fecales evidencian una contaminación considerable. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de implementar medidas de mitigación que contribuyan a reducir la contaminación y garantizar la protección de este recurso hídrico fundamental.

Palabras clave: Contaminación hídrica; Gestión de recursos hídricos; Índice de calidad.

Abstract

The investigation aims to evaluate the water quality of the Mosca River, located in Junín, Ecuador, through the application of the Water Quality Index (ICA-NSF), with the aim of determining the degree of contamination and its incidence in the use of the water resource. This river constitutes an essential source for human consumption, agriculture and recreational activities; However, its quality is compromised by wastewater discharges and the use of agrochemicals. Samples were collected at five sampling points throughout the basin, analyzing physicochemical parameters such as temperature, pH, oxygen dilution (DO) and fecal coliforms. The values obtained from ICA-NSF (66.06, 66.19, 65.96, 66.15 and 56.39) classify the water quality as regular, which means that it is acceptable for aquatic life, even with limitations regarding biodiversity. If the temperature and oxygen levels are high, high levels of fecal coliforms show considerable contamination. These results demonstrate the need to implement mitigation measures that contribute to reducing contamination and ensuring the protection of this fundamental water resource.

Keywords: Water pollution; Water resource management; Quality index.

Resumo

A investigação teve como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Mosca, localizado em Junín, Equador, através da aplicação do Índice de Qualidade da Água (ICA-NSF), com o objetivo de determinar o grau de contaminação e a sua incidência no aproveitamento do recurso hídrico. Este rio é uma fonte essencial para o consumo humano, a agricultura e as atividades recreativas; no entanto, a sua qualidade é comprometida por descargas de águas residuais e pelo uso de agroquímicos. Foram recolhidas amostras em cinco pontos de amostragem ao longo do curso do rio, analisando parâmetros físico-químicos como temperatura, pH, oxigénio dissolvido (OD) e coliformes fecais. Os valores obtidos do ICA-NSF (66,06, 66,19, 65,96, 66,15 e 56,39) classificaram a qualidade da água como regular, o que significa que é aceitável para a vida aquática, embora com limitações em termos de biodiversidade. Embora a temperatura e o oxigénio dissolvido estejam em conformidade com os intervalos estabelecidos no Acordo Ministerial 097, os altos níveis de coliformes fecais evidenciam uma contaminação considerável. Estes resultados evidenciam a necessidade de implementar medidas de mitigação que contribuam para reduzir a contaminação e garantir a proteção deste recurso hídrico fundamental.

Palavras-chave: Contaminação hídrica; Gestão de recursos hídricos; Índice de qualidade.

1. Introducción

La calidad del agua es un aspecto fundamental para la salud humana, la biodiversidad y el desarrollo sostenible (Gaspar et al., 2024). Sin embargo, la contaminación hídrica es un problema creciente a nivel global, afectando tanto a ecosistemas como a comunidades humanas (Johanna et al., 2024). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF, más de 2 mil millones de personas carecen de acceso a agua potable segura, especialmente en zonas rurales y comunidades de bajos recursos (Ángulo, 2024). A nivel mundial, el 80% de las aguas residuales se vierten sin tratamiento adecuado, contribuyendo a la contaminación de cuerpos hídricos esenciales para la vida (Enríquez y Sarmiento, 2023). Esta contaminación incluye el vertimiento de desechos industriales y productos químicos tóxicos, como pesticidas y metales pesados, que persisten en el medio ambiente durante décadas (Morales y Zapata, 2024; Cobos, 2023). En Ecuador, la contaminación de las cuencas fluviales, principalmente por descargas domésticas, industriales y agrícolas, afecta la sostenibilidad de los recursos hídricos y pone en riesgo la biodiversidad (Freire et al., 2020). La Demarcación Hidrográfica de Manabí está compuesta por 17 cuencas, siendo las de Chone, Portoviejo y Jama las más grandes, abarcando el 54% de su territorio. Estas últimas, especialmente las del centro, cuentan con infraestructura como embalses para gestionar el agua, a pesar de sufrir frecuentes inundaciones y sequías (Fernando & Vera, 2020).

El río Mosca, localizado en Junín, Ecuador, es un recurso hídrico vital para la población, ya que se utiliza para consumo humano, actividades agrícolas y recreativas, estando ubicada hidrográficamente en la cuenca de Chone (Lara y Vélez, 2022). Sin embargo, la calidad del agua se ve comprometida por la descarga de aguas residuales y el uso excesivo de agroquímicos, lo que ha generado impactos negativos en los ecosistemas acuáticos y la salud humana (Morales y Zapata, 2024). Según Olivieri et al. (2019), destacan que, el deterioro de la calidad del agua puede tener consecuencias graves en la biodiversidad y en la economía local. Gómez et al. (2021) refuerzan esta idea, señalando que la contaminación hídrica reduce la capacidad de los ecosistemas para prestar servicios esenciales, como la purificación natural del agua.

En particular, los cambios en la composición de las comunidades de macroinvertebrados, indicadores clave de la calidad del agua, evidencian una disminución de la biodiversidad y un aumento de especies tolerantes a ambientes contaminados (Muñoz & García, 2021). Esta situación plantea la necesidad urgente de evaluar la calidad del agua del río Mosca y proponer estrategias para mitigar su contaminación. El marco legal ecuatoriano refuerza la importancia de esta investigación, la Constitución del Ecuador (2008) reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y equilibrado (Art. 14), mientras que, el Código Orgánico del Ambiente (COA) promueve el uso sostenible de las cuencas hidrográficas y el desarrollo de tecnologías para proteger la biodiversidad (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2017). Asimismo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en su objetivo 6, buscan garantizar

agua limpia y saneamiento, estableciendo metas para reducir la contaminación hídrica y proteger los ecosistemas relacionados (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2018).

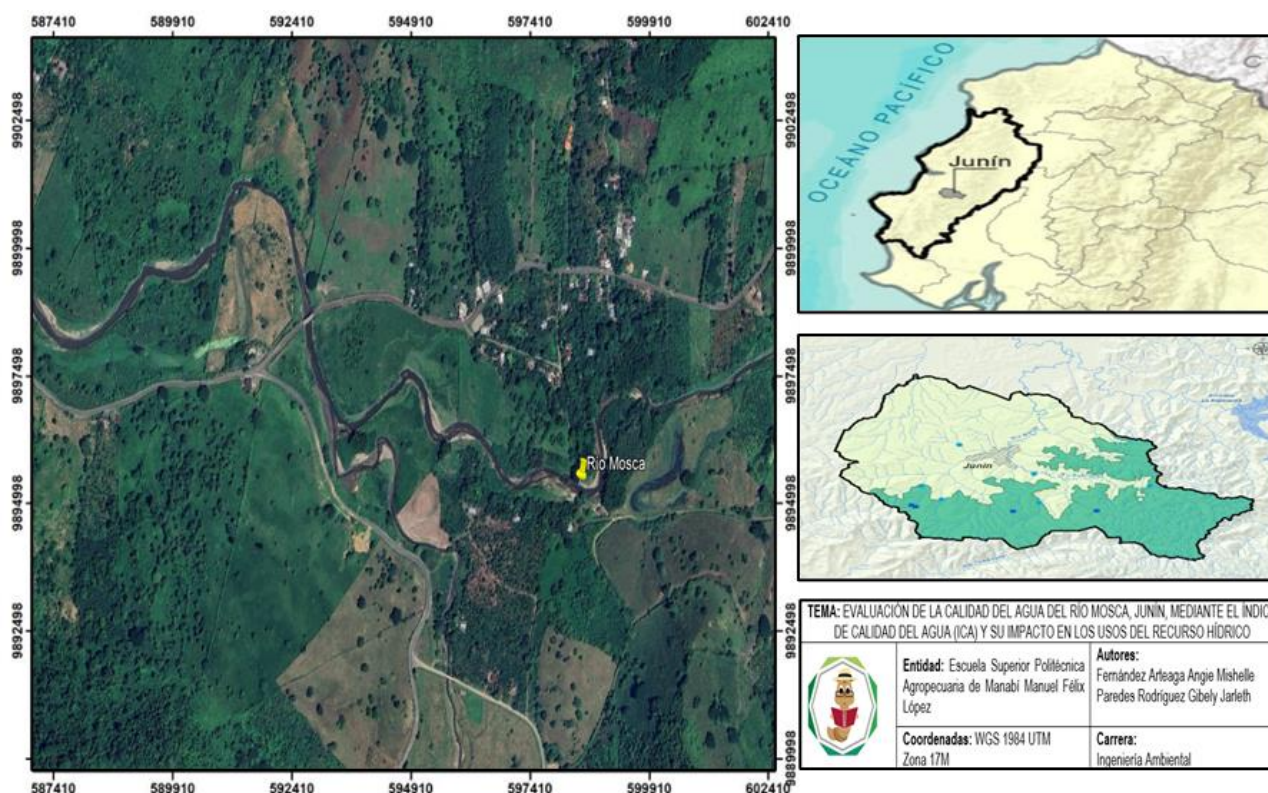
Al abordar esta problemática, el identificar los factores críticos que contribuyen al deterioro del agua, particularmente a través del análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos, será clave para el diseño de estrategias de manejo que beneficien a las comunidades, mejoren la calidad del agua y reduzcan los impactos sobre la biodiversidad acuática como destacan varios autores (Burbano, 2022; Intriago & Fernández, 2021; Freire et al., 2020; Anda, 2017). Por lo antes expuesto, el objetivo del presente estudio es evaluar la calidad del agua del río Mosca en el Junín mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA) para determinar su nivel de contaminación y su impacto en los diferentes usos del recurso hídrico.

2. Metodología

Se realizó una investigación mixta, parte en campo, parte de laboratorio y con apoyo de revisión de literatura, en un estudio de naturaleza cuantitativa (Pereira et al., 2018) haciendo uso de estadística descriptiva simple con empleo de gráficos, clases de datos y valores de frecuencia absoluta y relativa porcentual (Shitsuka et al., 2014).

La investigación se realizó en el río Mosca, situado en el cantón Junín, destacado como uno de los principales afluentes de la región gracias a su flujo constante durante todo el año, especialmente en la temporada invernal, recorriendo 34 kilómetros desde su origen en Dos Bocas de Andarieles hasta su desembocadura en el río Carrizal, en el cantón Bolívar. El cantón Junín se encuentra ubicado en la zona central de Manabí, su cabecera cantonal se encuentra ubicada geográficamente a 0° 56' 8" de longitud sur y 80° 11' 0" de longitud oeste.

Figura 1. Área de estudio.



Fuente: Autores.

El método inductivo señalado por Gómez y Rodríguez (2020), se fundamenta en una investigación que parte del análisis de datos específicos obtenidos a través de la observación y medición de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, como el pH, oxígeno disuelto, turbidez y presencia de coliformes fecales. El analizar los diferentes parámetros antes mencionados permitirán identificar patrones en la calidad del agua en distintos puntos de muestreo a lo largo del Río Mosca.

Los métodos bibliográficos en el estudio de evaluación de la calidad del agua permitirán conocer y analizar los datos numéricos a partir de mediciones previas de los parámetros físico-químicos. Este enfoque facilita una evaluación objetiva y confiable, lo que permite comparar los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos por las normativas ambientales actuales (Pérez et al., 2020).

Esta técnica permitió recopilar la información bibliográfica permitirá la revisión de documentos que serán fundamentales para construir un marco teórico robusto en investigaciones ambientales, ya que ayuda a detectar tendencias y áreas no exploradas en el estudio (Martínez et al., 2021). Utilizado para examinar y extraer información de documentos existentes, con el fin de responder preguntas de investigación, analizar contextos y obtener datos relevantes sobre el índice de calidad del agua del Río Mosca.

Según Fernández y Torres (2023), la observación directa proporciona datos que complementan los análisis cuantitativos, permitiendo un juicio más integral del entorno hídrico y sus usos. Siendo esta técnica clave para evaluar la calidad del río Mosca, ya que permite recolectar información inmediata y objetiva sobre factores visuales que afectan el recurso hídrico, como la presencia de contaminantes, la flora y fauna acuática, y las actividades antropogénicas, identificando impactos en los usos del agua del presente estudio.

La estadística descriptiva es una herramienta fundamental para recopilar, organizar y analizar datos para obtener una visión general y comprensible de la información (Guzmán et al., 2024). Esta técnica permitirá documentar y analizar aspectos como los niveles de contaminantes y las condiciones físicas y químicas del agua del río Mosca Junín, a través de la recopilación de datos descriptivos.

Para la evaluación de la calidad del agua del río Mosca, se utilizará un muestreo estratificado aleatorio. Esta técnica realizó una representación adecuada de la variabilidad espacial a lo largo del río, lo que es fundamental para una caracterización precisa de la calidad del agua (Oliveira et al., 2020).

Para la ubicación geográfica de los puntos de muestreo a lo largo del río Mosca, se utilizó la técnica de georreferenciación. Esta técnica permite asignar coordenadas geográficas precisas a los sitios de interés, lo que facilita la representación espacial de los datos y el análisis de la variabilidad de la calidad del agua a lo largo del río (Sánchez & Quiroz, 2021).

Diagnóstico del estado actual de las descargas del río Mosca

Reconocimiento de la situación actual del río Mosca

Se realizó una visita in situ al Río Mosca ubicado en Junín para así poder conocer las diferentes actividades antropogénicas que pueden estar afectando en este lugar, es imprescindible realizar mediciones in situ de parámetros como de turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos, temperatura, pH, DBO₅, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto y coliformes fecales. Diversos estudios subrayan la relevancia de estos factores fisicoquímicos en los ecosistemas acuáticos (Lara & Vélez, 2022).

Georreferenciación de los puntos de muestreo

Para la georreferenciación de los puntos de muestreo se utilizará GPS Portátil Garmin profesional, el cual permitirá realizar la georreferenciación correspondiente, donde se obtendrán cada una de las coordenadas de los respectivas, las cuales se

ubicarán en el software de Google Earth permitiendo visualizar y analizar espacialmente los puntos de muestreo seleccionados.

Análisis de los parámetros de los índices de calidad de agua seleccionados

La caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua se realizará mediante la determinación de turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos, temperatura, pH, DBO₅, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto y coliformes fecales (Díaz, 2024; Molina & Tinoco, 2023). Estos parámetros, serán realizados principalmente en los laboratorios de la ESPAM MFL, siguiendo los protocolos establecidos, además de laboratorios externos en caso de no tener disponibilidad de equipos y reactivos.

Aplicación del Índice de calidad de agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF)

El índice de calidad del agua NSF es una medida cuantitativa que permite evaluar y comparar la calidad del agua en distintos cuerpos hídricos y a lo largo del tiempo. Esta herramienta es ampliamente utilizada en la gestión de recursos hídricos a nivel mundial (Santafe & Saltos, 2024; Mena & Pila, 2023).

Se utiliza el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) de Brown (1970) para evaluar la calidad del cuerpo de agua. Este índice, que varía de 0 a 100, se basa en un promedio ponderado de nueve parámetros, incluyendo la demanda bioquímica de oxígeno, los coliformes fecales y la turbidez, entre otros (Intriago y Prado, 2023).

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^9 SI_i \cdot W_i \quad [Ec. 1]$$

Donde:





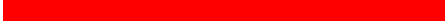
ICA-NSF: Índice de Calidad de Agua propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos.

SI: Subíndice del parámetro i

Wi: Peso o factor de ponderación para el Subíndice i

Obtenidos los pesos y subíndices de la calidad del agua según los resultados del ICA, se ponderarán según la escala propuesta en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del ICA propuesto por Brown.

Valor del índice de Calidad	Clasificación	Escala de Color
91-100	Excelente	
71-90	Buena	
51-70	Regular	
26-50	Mala	
0-25	Pésima	

Fuente: Intriago & Prado (2023).

Comparación de los resultados de los índices de calidad aplicados en el río Mosca con los límites permisibles para calidad de agua

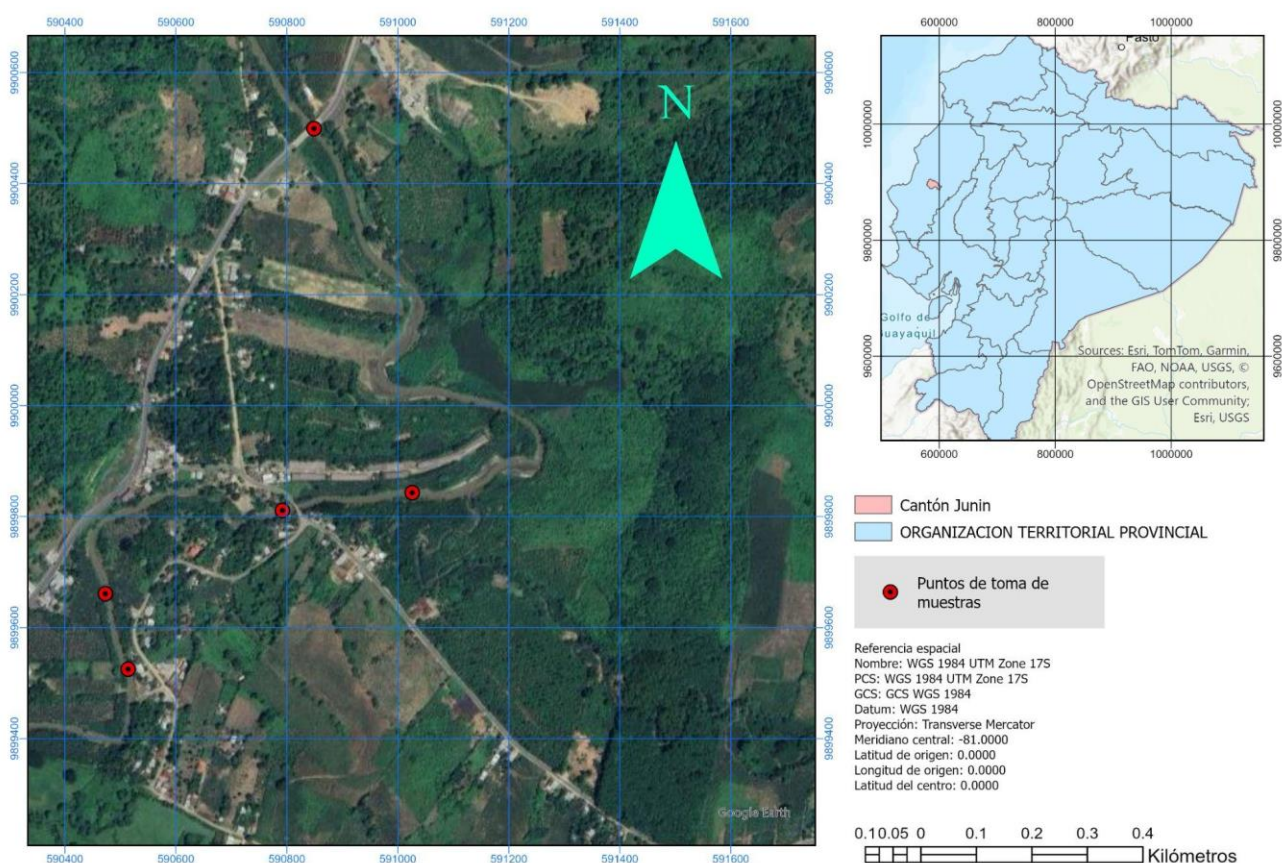
Análisis y comparación de los resultados con la normativa aplicable

Luego de conocer la calidad del agua del río Mosca mediante los índices de calidad evaluados, se procederá a realizar la tabulación de los datos en una tabla y posterior a esto se análisis se encuentran dentro de los rangos de los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 (Coronel & Jaramillo, 2022; Cevallos & Molina, 2020).

3. Resultados y Discusión

La Figura 2 presenta los puntos de muestreo establecidos en el río Mosca, definidos a partir del reconocimiento de su situación actual. Para su selección se consideró la identificación de las principales fuentes de contaminación generadas por actividades antropogénicas a lo largo del cauce, así como la determinación y ubicación precisa de los sitios estratégicos para la toma de muestras destinadas a los análisis físico-químicos de laboratorio.

Figura 2. Georeferenciación de los puntos de muestreo.



Fuente: Autores.

Análisis de los parámetros físico-químicos de los índice de calidad

Una vez analizados los parámetros de las muestras de agua recolectadas in situ y procesadas en laboratorio, se elaboró un análisis de la calidad del agua con base en los criterios establecidos por los laboratorios institucionales, los cuales se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos obtenidos de los parámetros del índice de calidad de agua.

Parámetros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
pH (unidades de pH)	6,86	6,87	6,93	6,97	7,00
Temperatura (°C)	26,65	26,53	26,87	27,20	26,84
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	982,00	980,00	989,00	980,00	900,00
Nitratos (ppm, o mg/L)	1,25	1,11	0,95	1,14	1,02

Fosfatos (ppm, o mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	7,85
Sólidos Totales o TS (ppm, o mg/L)	914,00	684,00	3147,00	875,00	751,00
Sólidos Disueltos Totales o TDS (ppm, o mg/L)	462,00	461,00	465,00	461,00	423,00
Sólidos Suspendidos Totales o TSS (ppm, o mg/L)	452,00	223,00	2682,00	414,00	328,00
Oxígeno Disuelto (% de Saturación)	100,00	98,77	100,00	100,00	100,00
DBO ₅ (ppm, o mg/L)	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10
Turbidez (NTU)	8.64	8.13	10.15	9.32	13.56
Coliformes Fecales (nmp / 100 ml)	178x10 ⁵	73x10 ⁵	69x10 ⁵	113x10 ⁵	130x10 ⁵

Fuente: Autores.

Cálculo de subíndice para cada parámetro (ICA-NSF)

Se determina a partir de cada valor de subíndice de cada parámetro en el Índice de Calidad de Agua (ICA), mediante la ecuación propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos y el ICA-Torres.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 3, el valor del índice de calidad de agua (ICA-NSF) calculado para el punto 1 fue de 66.06. Al compararlo con la clasificación propuesta por Brown (Tabla 1), este valor se ubica en el rango de 51-70, lo que corresponde a una calidad de agua regular.

La aplicación del índice de calidad del agua (WQI) mediante la metodología ICA-NSF revela que la calidad del agua para la fauna acuática puede clasificarse como moderada cuando las puntuaciones oscilan entre 51 y 70, en las cinco muestras realizadas las cuales se pueden observar en la Tablas 2, 3, 4, 5, 6. Esta clasificación es crucial para comprender la salud ecológica de las masas de agua y guiar las prácticas de gestión.

Una calidad moderada del agua puede sostener únicamente una biodiversidad acuática limitada, lo cual se evidencia en la presencia de elevados niveles de coliformes y en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (Peñaranda et al., 2023). Investigaciones realizadas en el río Córdoba señalan que el índice de calidad del agua (ICA-NSF) en la parte baja del río se clasificó como Regular, con valores comprendidos entre 51 y 70, lo que indica que el recurso hídrico presenta condiciones aceptables para la preservación de la flora y fauna acuática (Fontalvo y Tamaris, 2018). El índice de calidad del agua (ICA-NSF) del río Jubones, clasificado como «medio», oscila entre 51 y 70. Esta clasificación indica condiciones aceptables para la fauna acuática y se ajusta a las normas de conservación de la vida acuática según la metodología utilizada (Paucar et al., 2023).

Tabla 3. Cálculo del índice de ICA-NSF del punto 1.

Parámetros	Resultados	Valor-Q	Factor de ponderación	Total
pH (unidades de pH)	6.86	84.5	0.11	9.3
Temperatura (°C)	26.86	13.72	0.1	1.37
Nitratos (mg/L)	1.25	95.75	0.1	9.58
Fosfatos (mg/L)	0	100	0.1	10
Sólidos Totales (mg/L)	914	20	0.07	1.4
Oxígeno Disuelto (% de Saturación)	100	99	0.17	16.83
DBO ₅ (mg/L)	0.10	99.6	0.11	10.96
Turbidez (NTU)	8.64	78.72	0.08	6.3
Coliformes Fecales (nmp / 100 ml)	178x10 ⁵	2	0.16	0.32
Valor del índice				66.06

Fuente: Autores.

Según los resultados de la Tabla 4, el valor del índice de calidad de agua (ICA-NSF) calculado para el punto 2 fue de 66.19. Este valor se sitúa en el rango de 51-70 de la clasificación de Brown, lo que indica que la calidad del agua en este punto es regular.

Tabla 4. Cálculo del índice de ICA-NSF del punto 2.

Parámetros	Resultados	Valor-Q	Factor de ponderación	Total
pH (unidades de pH)	6.87	84.75	0.11	9.32
Temperatura (°C)	26.53	13.86	0.1	1.39
Nitratos (mg/L)	1.11	95.89	0.1	9.59
Fosfatos (mg/L)	0	100	0.1	10
Sólidos Totales (mg/L)	684	20	0.07	1.4
Oxígeno Disuelto (% de Saturación)	97.77	99	0.17	16.83
DBO ₅ (mg/L)	0.10	99.6	0.11	10.96
Turbidez (NTU)	8.13	79.74	0.08	6.38
Coliformes Fecales (nmp / 100 ml)	73x10 ⁵	2	0.16	0.32
Valor del índice				66.19

Fuente: Autores.

Con base en la Tabla 5, el valor del índice de calidad de agua (ICA-NSF) para el punto 3 fue de 65.96. Comparado con la clasificación de Brown, este valor se encuentra en el rango de 51-70, lo que clasifica la calidad del agua como regular.

Tabla 5. Cálculo del índice de ICA-NSF del punto 3.

Parámetros	Resultados	Valor-Q	Factor de ponderación	Total
pH (unidades de pH)	6.93	86.25	0.11	9.49
Temperatura (°C)	26.87	13.48	0.1	1.35
Nitratos (mg/L)	0.95	95.06	0.1	9.6
Fosfatos (mg/L)	0	100	0.1	10
Sólidos Totales (mg/L)	3147	20	0.07	1.4
Oxígeno Disuelto (% de Saturación)	100	99	0.17	16.83
DBO ₅ (mg/L)	0.20	99.2	0.11	10.91
Turbidez (NTU)	10.15	75.7	0.08	6.06
Coliformes Fecales (nmp / 100 ml)	69x10 ⁵	2	0.16	0.32
Valor del índice				65.96

Fuente: Autores.

Los resultados de la Tabla 6 muestran que el valor del índice de calidad de agua (ICA-NSF) para el punto 4 fue de 66.15. Este valor, al ser comparado con la clasificación de Brown, se ubica en el rango de 51-70, lo que lo clasifica como una calidad de agua regular.

Tabla 6. Cálculo del índice de ICA-NSF del punto 4.

Parámetros	Resultados	Valor-Q	Factor de ponderación	Total
pH (unidades de pH)	6.97	86.25	0.11	9.6
Temperatura (°C)	27.20	13.11	0.1	1.31
Nitratos (mg/L)	1.14	95.86	0.1	9.59
Fosfatos (mg/L)	0	100	0.1	10
Sólidos Totales (mg/L)	875	20	0.07	1.4
Oxígeno Disuelto (% de Saturación)	100	99	0.17	16.83
DBO ₅ (mg/L)	0.20	99.2	0.11	10.91
Turbidez (NTU)	9.32	77.36	0.08	6.19
Coliformes Fecales (nmp / 100 ml)	113x10 ⁵	2	0.16	0.32
Valor del índice				66.15

Fuente: Autores.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 7, el valor del índice de calidad de agua (ICA-NSF) para el punto 5 fue de 56.39. Este valor se encuentra en el rango de 51-70 de la clasificación de Brown, lo que indica que la calidad del agua en este punto es regular.

Tabla 7. Cálculo del índice de ICA-NSF del punto 5.

Parámetros	Resultados	Valor-Q	Factor de ponderación	Total
pH (unidades de pH)	7	88	0.11	9.68
Temperatura (°C)	26.84	13.51	0.1	1.35
Nitratos (mg/L)	1.02	95.98	0.1	9.6
Fosfatos (mg/L)	7.85	7.15	0.1	0.72
Sólidos Totales (mg/L)	751	20	0.07	1.4
Oxígeno Disuelto (% de Saturación)	100	99	0.17	16.83
DBO ₅ (mg/L)	0.10	99.6	0.11	10.96
Turbidez (NTU)	13.56	69.16	0.08	5.53
Coliformes Fecales (nmp / 100 ml)	130x10 ⁵	2	0.16	0.32
Valor del índice				56.39

Fuente: Autores.

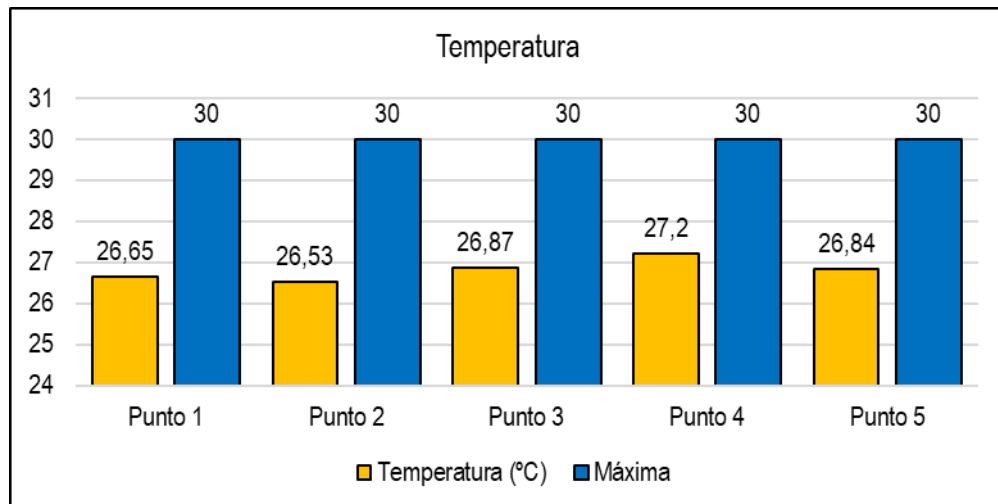
Comparación de los resultados de los índices de calidad aplicados en el río Mosca con los límites permisibles para calidad de agua

El análisis de la calidad del agua en el río Mosca se llevó a cabo comparando los valores obtenidos en las mediciones con los límites permisibles establecidos en la Tabla 4 del Acuerdo Ministerial 097, que detalla los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en cuerpos de agua dulce y salada. Esta comparación, reflejada en las Figuras 3, 4, 5 nos permite determinar el grado de cumplimiento normativo del río.

Según la Figura 3, la temperatura promedio del agua en los cinco puntos de muestreo osciló entre 26.53 °C y 27.2 °C. Aunque todas las mediciones se mantuvieron por debajo del límite máximo de 30 °C, los valores de los puntos 1, 2, 3 y 5 resultaron muy similares, mientras que el punto 4 presentó la temperatura más alta, sin sobrepasar el valor permisible. Mantener un régimen térmico estable resulta fundamental, ya que la temperatura incide directamente en la abundancia, diversidad y procesos fisiológicos de los organismos acuáticos (Halaj et al., 2014). Asimismo, la relevancia de este parámetro

radica no solo en su papel ecológico, sino también en su incorporación en modelos estadísticos que permiten estimar la dinámica térmica de los ríos (Souza & Nóbrega, 2023).

Figura 3. Análisis y comparación de los resultados obtenidos con la normativa aplicable para el parámetro de temperatura.

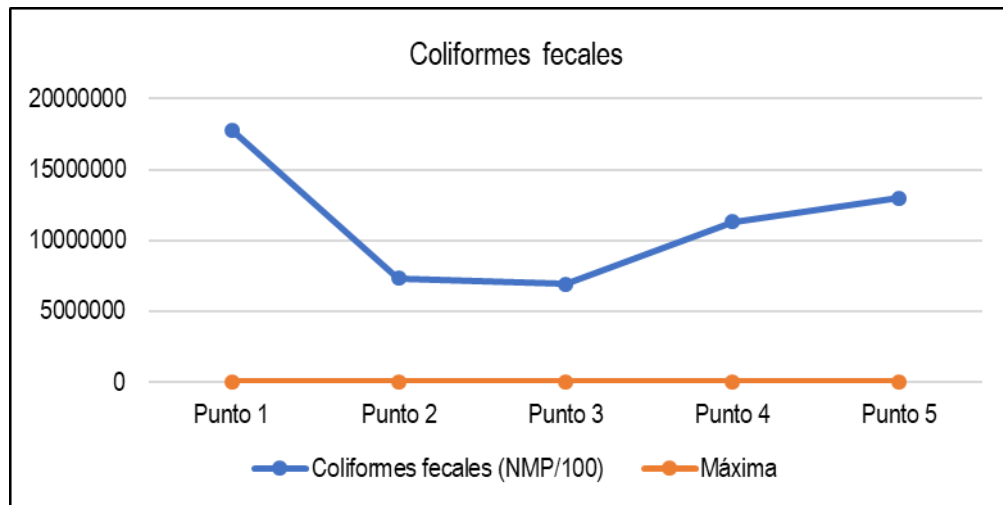


Fuente: Autores.

La presencia de coliformes fecales en el agua constituye un indicador crítico de su calidad, especialmente en lo referente a la preservación de la vida acuática. De acuerdo con el Acuerdo Ministerial 097, el límite máximo permitido para coliformes fecales es de 200 MPN/100 ml, valor que resulta fundamental para mantener el equilibrio ecológico y garantizar la seguridad de los ecosistemas acuáticos. La detección de *Escherichia coli*, como organismo indicador, revela una posible contaminación fecal, lo que resalta la importancia de un monitoreo constante para prevenir riesgos a la salud y daños ambientales (Andrade y Barros, 2019). Cuando las concentraciones se mantienen dentro de los límites establecidos (≤ 200 MPN/100 ml), el agua puede considerarse adecuada tanto para ciertos usos humanos como para la conservación de la biodiversidad acuática. Sin embargo, superar este umbral refleja una contaminación microbiana significativa, que compromete la aptitud del recurso para consumo, recreación y otras actividades, además de generar impactos negativos en los ecosistemas (Some et al., 2021).

Los resultados de las muestras indicaron el exceso de coliformes fecales en el agua dulce lo que afecta negativamente a la vida acuática al reducir la diversidad microbiana y alterar la composición de las comunidades, como se observa en los arroyos urbanos con alta contaminación antropogénica, lo que lleva a una mayor presión selectiva sobre las poblaciones microbianas y a posibles alteraciones del ecosistema (Paruch et al., 2019).

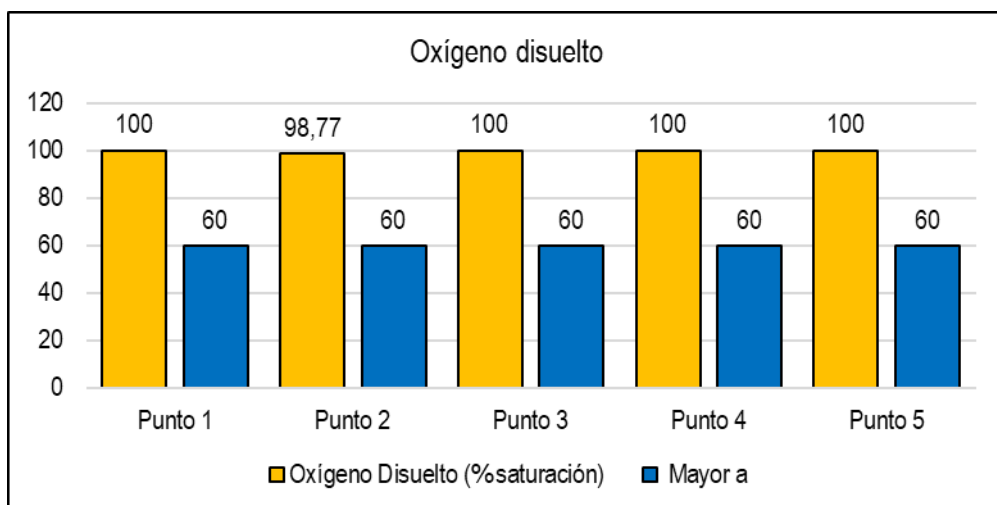
Figura 4. Análisis y comparación de los resultados obtenidos con la normativa vigente para el parámetro de Coliformes Fecales.



Fuente: Autores.

El oxígeno disuelto (OD) registrado en los cinco puntos de muestreo se encuentra dentro de los parámetros óptimos (>60%) para la vida acuática. Este resultado es considerado excelente, ya que evidencia que el agua dispone de suficiente oxígeno para sustentar a los organismos acuáticos. Según el Acuerdo Ministerial 097, mantener niveles de OD superiores al 60% es fundamental para conservar la biodiversidad y garantizar el equilibrio ecológico. El oxígeno disuelto es esencial para la respiración de peces y otros organismos, incidiendo directamente en su crecimiento, reproducción y supervivencia (Jeong et al., 2024). Asimismo, niveles adecuados de este parámetro favorecen la salud general de los ecosistemas, influyen en los ciclos biogeoquímicos y potencian la productividad de los cuerpos de agua (Marcé et al., 2023).

Figura 5. Análisis y comparación de los resultados obtenidos con la normativa vigente para el parámetro de Oxígeno Disuelto.



Fuente: Autores.

4. Conclusión

Se puede concluir que la calidad del agua del río Mosca es regular en todos los puntos de muestreo evaluados. Los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) oscilaron entre 56.39 y 66.19, lo que indica que, si bien el agua puede soportar la vida acuática, su estado no es óptimo para mantener una biodiversidad completa. La investigación también reveló que, aunque parámetros como la temperatura y el oxígeno disuelto cumplen con los límites normativos, los altos niveles de coliformes fecales en todas las muestras sugieren una contaminación significativa, probablemente derivada de descargas de aguas residuales. Este hallazgo es un indicador crítico de que el recurso hídrico se encuentra comprometido, subrayando la necesidad de implementar estrategias de manejo y saneamiento para mitigar los impactos negativos sobre el ecosistema y los usos del agua en la región.

Referencias

- Aguirre, M. R. (2016). Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA) para evaluación de cuerpos de agua en Guatemala. *Revista Cubana de Ciencias Biomédicas*, 2(2), 45-60.
- Anda Sánchez, J. D. (2017). Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y ambiente*, (14), 119-143.
- Andrade, G. F., & Barros, D. B. (2019). *Bioindicadores Microbiológicos para Indicação de poluição Fecal*. 34. <https://doi.org/10.25248/REAS.E1099.2019>
- Andrés Prado-Vélez, J. I., & Benito Intriago-Flores III, J. (2023). Estrategias de aminoración de contaminantes: Calidad del agua de la cuenca baja del río Portoviejo Strategies to reduce contaminants: Water quality in the lower basin of the Portoviejo River Estratégias para reduzir contaminantes: Qualidade da água na bac. 85(11), 175–197. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i11.6202>
- Angulo, K. L. C. (2024). Soluciones tecnológicas para el Tratamiento de agua. Una aproximación desde las políticas públicas. *Dominio de las Ciencias*, 10(2), 460-480.
- Burbano-Rosero, E. M. (2022). Colifagos, indicadores virales de riesgo en la gestión del agua, el saneamiento y la seguridad. *Revista Investigación en Salud Universidad de Boyacá*, 9(2), 13-26.
- Cevallos Paredes, H. I., & Molina Mier, Y. L. (2020). Evaluación de la calidad del agua provista por la Junta Administradora de Agua Potable del Barrio Ascilla Bajo de la Parroquia San José de Minas (Bachelor's thesis, Quito, 2020.).
- Cobos Castillo, G. J. (2023). Análisis del procedimiento legal establecido para la legalización de la concesión, uso y aprovechamiento de aguas, en el sector rural” Investigador (Bachelor's thesis, Facultad de Jurisprudencia, Ciencias Sociales y Políticas: Carrera de Derecho).
- Coronel, J., & Jaramillo, A. (2022). Repositorio ESPAM. Obtenido de https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1778/1/TIC_IA04D.pdf
- Díaz Guerrero, M. D. (2024). Evaluación de calidad de agua de mar mediante el método ICA en el estero de Punta Camero, septiembre 2023–junio 2024 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024).
- Enríquez Enríquez, J. A., & Sarmiento Cayamcela, J. L. (2023). Diseño de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad La Playa del cantón Nabón, provincia del Azuay (Bachelor's thesis).
- Fernández, J., & Torres, A. (2023). Metodologías de investigación en recursos hídricos. Editorial Ciencias Ambientales.
- Fontalvo Julio, F. A., & Tamaris-Turizo, C. E. (2018). *Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF*. 13(2), 101–111. <https://doi.org/10.21676/23897864.2510>
- Freire, J., Vásquez, P., & Sánchez, R. (2020). Contaminación hídrica en Ecuador: Estado actual y propuestas de manejo. Quito: Editorial Universitaria.
- Freire, R. del P., Pino-Vallejo, M., Andrade, P., & Mejía, A. (2020). Evaluación de la calidad del agua del río chambo en época de estiaje utilizando el índice de calidad del agua ICA-NSF. *Perfiles*, 1(23), 54–60.
- Gaspar-Santos, M. E., Suárez-Véliz, M. F., & Merino-Velásquez, J. (2024). Desarrollo sostenible y el derecho al agua: Una perspectiva global. *Iustitia Socialis. Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas*, 9(17), 35-49.
- Gómez, P., Martínez, L., & Torres, A. (2020). Herramientas para la evaluación de la calidad del agua en cuerpos hídricos.
- Intriago-Flores, A., & Quiroz-Fernández, J. (2021). El Índice de Calidad del Agua (ICA) como herramienta para la gestión hídrica. *Revista de Recursos Hídricos*, 14(2), 78-92.
- Intriago-Flores, J. B., & Quiroz-Fernandez, L. S. (2021). Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación Water quality of the middle basin of the Portoviejo river. Strategies to mitigate pollution Qualidade da água da bacia média do rio Portoviejo. Estratégias para mitigar a poluição. *Polo Del Conocimiento*, 6(6), 1144–1171. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2811>

- Jeong, J., Awosile, B., Thakur, K. K., Stryhn, H., Boyce, B., & Vanderstichel, R. (2024). Longitudinal dissolved oxygen patterns in Atlantic salmon aquaculture sites in British Columbia, Canada. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1289375>
- Lara, J. N. C., & Vélez, J. P. I. (2022). Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el río mosca del Cantón Junín. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1923>
- López, RG, Hernández, A., & Rodríguez, F. (2019). Efectos de sólidos suspendidos en la turbidez y su relación con la calidad del agua. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 16(1), 55-72.
- Macías, J. E. C., & Mendoza, A. J. J. (2022). Tema : Calidad Del Agua Del Estero Maconta Afectada Por Residuales Del Cantón Tosagua Autoras : Jaramillo Mendoza Aida Jacqueline Tutor : file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TIC_IA04D.pdf
- Marcé, R., Gómez-Gener, L., & Carey, C. C. (2024). *Oxygen* (pp. 237–274). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822701-5.00011-2>
- Mena Maya, M. A., & Pila Rosero, W. N. (2023). Biodiversidad de la calidad del agua mediante el estudio de macroinvertebrados acuáticos en el río San Pedro, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha (Bachelor's thesis).
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (12 de abril de 2017). Código Orgánico De Ambiente (COA). Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE] Gobierno Nacional del Ecuador: <https://www.ambiente.gob.ec/wp->
- Molina Larrea, C. D., & Tinoco Ordóñez, J. L. (2024). Evaluación de la calidad del agua de los ríos Matadero, Llaviuco y Tomebamba mediante la aplicación de ICA-NSF.
- Morales, R., & Zapata, D. (2024). Impactos de la contaminación hídrica en los ecosistemas acuáticos.
- Muñoz, C., & García, L. (2021). Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en ríos ecuatorianos. *Revista Andina de Biología*, 10(4), 78-89.
- Oliveira, R., Silva, M., & Pereira, J. (2020). Técnicas de muestreo para la evaluación de la calidad del agua en ríos. *Revista de Hidrología*, 25(3), 78-92.
- Olivieri, R., Rodríguez, A., & Fernández, G. (2019). Parámetros fisicoquímicos y biológicos en la evaluación de la calidad del agua.
- Organización de Naciones Unidas. (diciembre de 2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Repositorio digital Comisión Económica para América Latina y el Caribe: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Paruch, L., Paruch, A. M., Eiken, H. G., & Sørheim, R. (2019). Faecal pollution affects abundance and diversity of aquatic microbial community in anthropo-zoogenically influenced lotic ecosystems. *Scientific Reports*, 9(1), 19469. <https://doi.org/10.1038/S41598-019-56058-X>
- Paucar, C. D., González, V. H., Alvarez, H., Madrid, B. A., Pérez, C., & Acosta, A. M. (2023). Aplicación del índice de calidad del agua (ICA) caso de estudio: río jubones, Ecuador. *Ciencia Latina*, 7(4), 1264–1277. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.6953
- Peñaranda, C. D. P., Carrasco, V. H. G., Pucha, H. D. Á., Celi, B. A. M., Pérez, C. A. D. G., & Acosta, A. R. F. (2023). Aplicación del índice de calidad del agua (ICA) caso de estudio: río jubones, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1264-1277.
- Peñaranda, C. D., González, V. H., Alvarez, H., Madrid, B. A., Pérez, C., & Acosta, A. M. (2023). Aplicación del índice de calidad del agua (ICA) caso de estudio: río jubones, Ecuador. *Ciencia Latina*, 7(4), 1264–1277. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.6953
- Pereira, A. S. et al. (2018). Metodología da pesquisa científica. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Pérez, J., Gómez, S., & Díaz, M. (2020). Fundamentos del análisis cuantitativo en estudios ambientales. Ediciones Académicas.
- Robledo, J A (2023). Evaluación del Índice de Calidad de Agua ICA-NSF en cuerpos de agua naturales y su aplicación en la gestión ambiental. *Revista Científica de Ciencias Ambientales*, 36(1), 106-123.
- Santafe Alvarez, J. T., & Saltos Vega, B. I. (2024). Determinar el índice de calidad del agua (NSF) de la microcuenca del río Cutuchi ubicado en la provincia de Cotopaxi (Doctoral dissertation, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi:(UTC)).
- Shitsuka, R. et al. (2014). Matemática fundamental para tecnologia. (2.ed). Editora Erica.
- Some, S., Mondal, R., Mitra, D., Jain, D., Jain, D., Verma, D., & Das, S. (2021). *Microbial pollution of water with special reference to coliform bacteria and their nexus with environment. 1*, 100008. <https://doi.org/10.1016/J.NEXUS.2021.100008>
- Souza, R. A. C., & Nóbrega, O. (2023). Estimación da temperatura da água: um levantamento dos modelos estatísticos para a aplicação em IOT e Tanques de Aquicultura. *Research, Society and Development*, 12(4), e26912441142. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i4.41142>
- Valdés, E., Ríos Rodríguez, G., et al. (2021). Impacto de contaminantes microbiológicos en la calidad del agua superficial. *Revista Latinoamericana de Recursos Hídricos*, 14(4), 213-225.