

SITUACIÓN ACTUAL DEL RÍO JUBONES EN EL ECUADOR, UN ANÁLISIS DE LOS METALES TRAZA, CALIDAD Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA

CURRENT SITUATION OF THE JUBONES RIVER IN ECUADOR, AN ANALYSIS OF THE TRACE METALS, QUALITY AND PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF THE WATER

Kevin Andrés Espinoza Jervez ¹

¹ Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1922-068X>. Correo: kevin.espinozaj@ug.edu.ec

Wilson Orlando Pozo Guerrero ^{2*}

² Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8229-7527>. Correo: wilson.pozog@ug.edu.ec

Vinicio Xavier Macas Espinosa ³

³ Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0319-0631>. Correo: vinicio.macase@ug.edu.ec

José Luis Sánchez Cortez ⁴

⁴ Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Ecuador.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1236-2848>. Correo: jose.sanchezco@ug.edu.ec:

* Autor para correspondencia: wilson.pozog@ug.edu.ec

Resumen

Diversos son los trabajos llevados a cabo a nivel nacional para determinar la calidad del agua de los ríos en el Ecuador. No obstante, del río Jubones en el cantón Pasaje, no se cuenta con datos que posibiliten determinar el estado o calidad fisicoquímica del preciado líquido. El objetivo es analizar la situación actual del río Jubones en el Ecuador, a partir de la evaluación de los metales traza, la calidad y los parámetros fisicoquímicos del agua. El estudio comprendió una metodología caracterizada por un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental de corte transversal y alcance descriptivo de tipo retrospectivo. Para su desarrollo se establecieron 3 puntos para poder colectar las muestras a analizar. El cálculo de la calidad del agua fue

realizado por medio del empleo de la aplicación ICATest, donde se aplicó los parámetros fisicoquímicos estipulados en el índice de calidad del agua ICA-NSF. Los resultados obtenidos, a partir de los indicadores analizados, arrojan que el agua está en los rangos de media o regular de calidad de acuerdo con la clasificación de Brown. Además, se destaca que el valor de los coliformes fecales superan de manera considerable los límites superiores que son permitidos. Adicionalmente, se constató la existencia de metales traza en los sedimentos del río Jubones, como son el plomo, cadmio, arsénico y mercurio. Sin embargo, pese a los datos arrojados se puede concluir que estos valores no convierten al río Jubones en un riesgo o fuente de peligro para el adecuado mantenimiento de la vida acuática, a partir de lo estipulado en las normas internacionales empleadas en la investigación.

Palabras clave: calidad de agua; Ecuador; metales traza; parámetros fisicoquímicos; río Jubones.

Abstract

Diverse are the works carried out at the national level to determine the quality of the water of the rivers in Ecuador. However, for the Jubones river in the Pasaje canton, there are no data that make it possible to determine the state or physicochemical quality of the precious liquid. The objective is to analyze the current situation of the Jubones River in Ecuador, based on the evaluation of trace metals, quality and physicochemical parameters of the water. The study included a methodology characterized by a quantitative approach, with a non-experimental cross-sectional design and a retrospective descriptive scope. For its development, 3 points were established to be able to collect the samples to be analyzed. The calculation of the water quality was carried out through the use of the ICATest application, where the physicochemical parameters stipulated in the ICA-NSF water quality index were applied. The results obtained, from the indicators analyzed, show that the water is in the range of medium or regular quality according to the Brown classification. In addition, it is highlighted that the value of fecal coliforms considerably exceeds the upper limits that are allowed. Additionally, the existence of trace metals was found in the sediments of the Jubones River, such as lead, cadmium, arsenic and mercury. However, despite the data obtained, it can be concluded that these values do not make the Jubones River a risk or source of danger for the proper maintenance of aquatic life, based on what is stipulated in the international standards used in the investigation.

Keywords: water quality; Ecuador; trace metals; physico-chemical parameters; Jubones river.

Fecha de recibido: 21/02/2022

Fecha de aceptado: 30/05/2022

Fecha de publicado: 11/06/2022

Introducción

El agua es un recurso imprescindible e insustituible, el cual abunda en el planeta. Su extenso rango de temperatura, que va de 0 a 100 grados Celsius en su estado líquido, permite que se desarrolle la vida en ella

(Melendo, 2017). Pescorán y López (2017) señalan que el agua es un recurso natural y renovable, considerado esencial, tanto como el aire. Este recurso se relaciona íntimamente con los factores abióticos y bióticos del medio ambiente, ya que cuando están unidos establecen una estructura sistémica que impacta en el desarrollo y la existencia de la vida. Reconocer el agua como recurso implica saber a detalle la cantidad natural de agua que existe, frente a la demanda que una población requiera del recurso hídrico (Espinosa y Carrasquilla, 2017). El agua también es un recurso renovable que cada vez se ve más afectado por la contaminación, la cual tiene su origen en la urbanización y crecimiento poblacional del planeta. El desarrollo de la población implica que el agua por sus propiedades se utilice en actividades cotidianas como la agricultura, la industria y el uso doméstico (Moreira et al., 2016).

Según Ávila et al. (2020), la calidad de las fuentes de aguas se encuentra en deterioro, debido a las actividades antrópicas. Algunas de estas actividades son los efluentes generados en centros poblados, áreas industriales, actividades del sector primario y escorrentías. La disminución de la calidad del agua también se debe a la contaminación natural existente. Es por ello que es importante realizar un análisis integral de diagnóstico rápido para conocer el estado en el que se encuentra un cuerpo de agua, empleando herramientas simples como los índices de calidad de agua (ICA).

Ramírez (2011) señala que la calidad del agua de un cuerpo hídrico, como son los lagos, mares y ríos, se establece a través de la medición de variables de carácter físico, químico y biológico, pudiendo utilizarse el ICA. El autor conceptualiza la calidad del agua como un listado de especificaciones, concentraciones y aspectos de carácter físico, relacionados con sustancias inorgánicas y orgánicas. Del mismo modo, la calidad del agua también se define o determina por el estado y la composición de la biota acuática. Finalmente, Ramírez (2011) también la define como un área del conocimiento que tiene como propósito el diagnóstico de las cuestiones relacionadas a su calidad, sus usos y analizar las variables alteradas que deben ser controladas, así como los recursos y medio para su consecución.

Otro de los elementos que alteran la calidad del agua es la existencia de metales pesados. Al igual que otros agentes contaminantes, pueden estar presentes en el medio ambiente por fuentes naturales y antropogénicas. En el agua son absorbidos y precipitados, formando coloides con materia en suspensión, tendiendo a acumularse en los sedimentos. Debido a lo anterior, es que en estudios relacionados con problemáticas ambientales por lo general se evalúan sedimentos, debido a que actúan como captadores de contaminantes. Luego, al variar las condiciones ambientales, se tornan fuentes importantes de metales, los cuales pueden ser asimilados por los organismos vivos (Pérez y Álvarez, 2016).

En el sector gubernamental, el acceso al agua es declarado como un derecho de las personas y un elemento de soberanía de una nación, de calidad de vida y subsistencia. Del mismo modo, el adecuado funcionamiento del sistema económico de un país se encuentra estrechamente relacionado con su existencia y empleo (Bastidas et al., 2016). En el ámbito socioeconómico, es el elemento base para muchas actividades. Propicia la fertilidad de los suelos, facilita la comunicación entre los pueblos y fomenta el desarrollo de diferentes industrias, el turismo y la producción energética (Melendo, 2017; Fernández et al., 2017).

El Ecuador goza de una amplia red hidrográfica, originada principalmente en la cordillera de los Andes, con desembocadura en el Océano Pacífico y en el río Amazonas. En la última década, la calidad del agua ha estado incidiada por las actividades antropogénicas, entre las que se destacan el crecimiento demográfico e industrial, el uso de productos químicos no biodegradables, el manejo inadecuado de residuos y el consumo indiscriminado de recursos naturales. Todo lo anterior ocasiona el deterioro de los recursos hídricos, lo cual afecta de forma negativa el medio ambiente (Secretaría del Agua, Agencia de Regularización y Control del Agua y Ministerio del Ambiente, 2016).

A nivel nacional seis cuencas hidrográficas están en una situación alarmante debido a la contaminación ambiental. Una de estas cuencas hidrográficas es la del Jubones, integrada por las provincias de Loja, El Oro y El Azuay. Además, el Jubones representa el recurso hídrico más importante en la provincia de El Oro (Encalada, 2014). El cantón Pasaje, que compone la cuenca hidrográfica del Jubones, no es ajeno a la problemática que significa la contaminación existente y los efectos que tiene para la biodiversidad, el equilibrio y la vida en el planeta. El cambio de color y olor son los principales indicadores de las descargas sin previo tratamiento que realizan las actividades ubicadas cerca de este cantón. En la última década, la disposición inadecuada de los efluentes domésticos del cantón se ha vuelto un serio problema con repercusiones en el medio ambiente. Ello se debe a que las aguas residuales domésticas de las parroquias urbanas son descargadas sin tratamiento alguno hacia el río Jubones (GAD Municipal de Pasaje, 2019).

Estudios analizados sobre el empleo del agua indican que es un componente crucial al momento de planificar las acciones para el desarrollo futuro de la región. La cuenca del Jubones es un sistema hídrico natural alimentado por 17 fuentes, de la cual se benefician las provincias del Azuay, Loja y El Oro. Sin embargo, debido a la deforestación y la contaminación, está en peligro de terminar como un cauce débil e improductivo. Desde hace varios años en la provincia de El Oro, los comuneros que habitan en la ribera de los ríos orenses vienen denunciando los altos niveles de contaminación a causa de la minería ilegal o artesanal. El estudio actual se centra en el estudio de los ríos, como tipo de embalse donde se encuentra el agua, como pueden ser los mares, océanos y lagos (Fernández et al., 2017). En la actualidad, gran parte de los cuerpos hídricos experimentan deterioro en la calidad de sus aguas, debido a las distintas actividades antropogénicas a las que están expuestos, principalmente a las descargas de aguas residuales industriales, domésticas, escorrentías y actividades agrícolas (Miranda et al., 2016).

En este sentido, en la evaluación de la calidad de este recurso hídrico se contempla un número determinado de variables en el orden físico, químico y biológico, analizadas de forma individualizada o en conjunto. Los parámetros físicos y químicos evaluados de forma conjunta generan un elevado volumen de datos sobre las propiedades físicas y químicas del agua. Además, brindan referencias sobre los contaminantes responsables del deterioro del recurso. Sin embargo, en el análisis de estas variables no se precisa su influencia para la vida acuática. Los parámetros fisicoquímicos son monitoreados con mayor frecuencia, esto se debe a la rapidez en que pueden ser analizados. Además, ayudan a establecer los posibles usos del agua (Samboni et al., 2007). Frente a la falta de investigación sobre la calidad del agua del río Jubones en el tramo que atraviesa al cantón Pasaje, y la problemática evidenciada en cuanto a la contaminación de este recurso, el presente estudio pretende ser un aporte referencial de la situación actual del cuerpo hídrico.

Materiales y métodos

El objetivo es analizar la situación actual del río Jubones en el Ecuador, a partir de la evaluación de los metales traza, la calidad y los parámetros fisicoquímicos del agua. El estudio comprendió una metodología caracterizada por un alcance descriptivo de tipo retrospectivo, un diseño no experimental de corte transversal y un enfoque cuantitativo (Pérez y Tellez, 2015; Valencia-Moreno et al., 2020). Para su desarrollo se establecieron 3 puntos para poder colectar las muestras a analizar. El cálculo de la calidad del agua fue realizado por medio del empleo de la aplicación ICATest, donde se aplicó los parámetros fisicoquímicos estipulados en el ICA-NSF.

Área de estudio:

La cuenca hidrográfica del río Jubones está ubicada entre las provincias de Azuay, Loja y El Oro (Encalada, 2014), siendo esta última por donde fluye mayormente el recurso hídrico. Los cantones Zaruma, Pasaje, Chilla, El Guabo y Machala integran la cuenca hidrográfica del río Jubones en la provincia de El Oro. El cantón Pasaje representa el 5.6% del total de territorio comprendido por la cuenca entre las tres provincias. El río Jubones atraviesa el centro del cantón Pasaje (GAD Municipal de Pasaje, 2019) y en su curso dentro del cantón recibe agua de los ríos Casacay, Galayacu y Tobar. De acuerdo a la información del INAMHI citada por Navas (2009), la velocidad del río Jubones es de 2.1 m/s y el ancho promedio de 40 m. En la figura 1 se observa dónde se ubica el río Jubones.

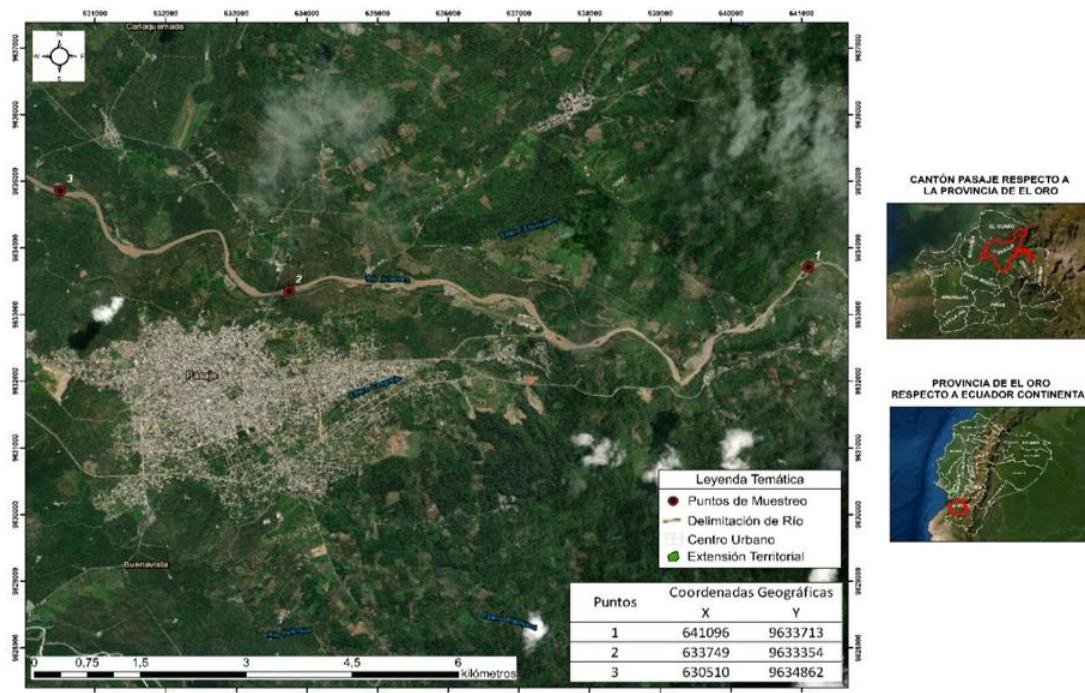


Figura 1. Río Jubones en la provincia de El Oro. Fuente: elaboración propia.

Procedimiento:

- **Etapa 1:** Determinación del área de estudio, donde se consideraron las zonas de control y las zonas referenciales, donde se realizó el levantamiento de las coordenadas. Además, comprendió la ubicación espacial del cantón Pasaje y el río Jubones.
- **Etapa 2:** Determinación de cada indicador fisicoquímico para la determinación de la calidad del agua y de los metales traza. Comprendió la selección de los parámetros fisicoquímicos y metales traza a analizar, el muestreo de cada uno de los parámetros seleccionados y metales traza, así como la determinación de la existencia de metales traza en el río Jubones.
- **Etapa 3:** Establecimiento del criterio de calidad de agua como marco de referencia de la situación existente en el río Jubones.

Herramientas empleadas en el desarrollo del estudio

Índice de calidad del agua (Ica-Nsf): Brown lo desarrolló, el cual es una modificación de la versión original del WQI, que fue implementada por la *National Sanitation Foundation* (NSF). Esta se implementó para la evaluación de la calidad del recurso hídrico en distintos puntos de un mismo río y, a su vez, para comparar con la calidad de otros cuerpos hídricos. La determinación de la categoría cualitativa de la calidad del agua se realiza luego de haberse obtenido la ponderación numérica del ICA. La calidad del recurso hídrico se clasifica con base en los siguientes rangos (Rovira et al., 2016):

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente	Azul	91-100
Buena	Verde	71-90
Regular	Ambar	51-70
Mala	Orange	26-50
Pésima	Rojo	0-25

Figura 2. Clasificación del ICA propuesta por Brown. Fuente: Rovira et al. (2016).

ICATest: Es un software que permite calcular una gran cantidad y variedad de ICA. Posibilita también poder determinar el nivel de contaminación del recurso hídrico. La herramienta informática permite, además de generar y guardar reportes e históricos, realizar estudios de comparación de calidad de agua (Fernández et al. 2004).

Resultados y discusión

Los resultados del presente estudio se analizaron de acuerdo a las etapas desarrolladas. Debido a su importancia, se analizan los principales datos arrojados en las etapas 2 y 3, según el procedimiento definido.

Etapa 2. Determinación de los indicadores fisicoquímicos de calidad de agua y metales traza y comparación de los resultados obtenidos.

Medición de los parámetros físicos

Los resultados de las mediciones realizadas en campo, como se muestra en la tabla 1, indican que la variabilidad del pH entre los tres puntos es inapreciable. Son valores en el Punto 1 de 7.67, en el Punto 2 con un valor 7.36 y el Punto 3 con un valor de 7.49. Son pH prácticamente neutros en una tendencia ligeramente de alcalinidad. A su vez, la temperatura desciende de forma poco significativa entre un punto de muestreo y otro. Resultando en el P3 la lectura más baja con relación a los puntos que le preceden, con un valor de 22,9°C. Respecto a la conductividad, entre los 3 puntos de muestreo, el P1 y P3 registran una capacidad de conductividad similar, con un valor de 218 (μ S) en el primer punto y 219 (μ S) en el tercero; la variación no es significativa en relación al P2 que posee un valor de 210 (μ S). Por último, respecto a los sólidos totales disueltos, las concentraciones no varían considerablemente entre los puntos muestreados, siendo el punto 3 el que mayor número de sólidos disueltos registra con una concentración de 156 ppm en comparación con el punto 2 que registra 143 ppm, siendo este el de menor concentración de sólidos disueltos.

Tabla 1. Datos asociados con la medición de los parámetros físicos. Fuente: elaboración propia.

Parámetros	Resultados de la medición en los puntos de muestreo		
	P1	P2	P3
pH	7.67	7.36	7.49
Temperatura (°C)	24.2	23.9	22.9
Conductividad (μ S)	218	210	219
SDT (ppm)	152	143	156

Determinación de los parámetros fisicoquímicos en laboratorio

Con base en los reportes remitidos por el laboratorio Productos y Servicios Ambientales PSI Cia. Ltda., respecto a los análisis de los parámetros fisicoquímicos realizados a las muestras de agua natural colectadas en los tres puntos de muestreos ubicados en el tramo del río Jubones, cantón Pasaje, se registran los siguientes resultados:

Tabla 2. Información sobre la determinación de cada parámetro fisicoquímico muestreado en el río Jubones, Cantón Pasaje. Fuente: elaboración propia.

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis		
		P1	P2	P3
DBO ₅	(mg/L)	5	4	7

DQO	(mg/L)	8	6	15
Oxígeno Disuelto	(%Sat)	101,02	102,63	96,33
Coliformes fecales	(NMP/100mL)	1900	2200	68000
Nitratos	(mg/L)	8	8	8
Sólidos Totales	(mg/L)	40	16	10
Fosfatos	(mg/L)	0,2	0,27	0,66
Turbidez	(NTU)	17	15	10

En la tabla 3 se puede apreciar una variación poco significativa entre el P1, P2 y P3, de parámetros como la DBO₅ y Oxígeno Disuelto. El valor de los Nitratos no varía entre puntos. Los resultados de coliformes fecales presentan una elevación de sus valores en referencia al primer punto de muestreo, evidenciando una mayor concentración en el Punto 3. con un valor de 68000 NMP/100mL, punto situado después de la zona poblada del cantón Pasaje. La demanda de oxígeno arroja un descenso en el P2. con relación al valor obtenido en el P1. de muestreo, y asciende de manera significativa en el P3. Así mismo, los fosfatos manifiestan un aumento de sus valores, siendo el punto 3. donde se presenta la mayor concentración, en esta área se desarrollan actividades agrícolas. Por otra parte, se evidencia una disminución en los valores resultantes de los parámetros sólidos totales y turbidez en cada uno de los puntos muestreados, registrando sus ponderaciones más bajas en el punto 3, los sólidos totales con 10 mg/L y la turbidez con 10 NTU.

Determinación de la presencia de metales traza

De los análisis realizados por la Secretaría de Calidad e Inocuidad del Ministerio de Acuacultura y Pesca, a los sedimentos colectados en los puntos de muestreos en el río Jubones, cantón Pasaje, se obtuvieron los resultados que seguidamente son mostrados:

Tabla 3. Análisis de los metales traza en sedimento. Fuente: elaboración propia.

METALES PESADOS	UNIDADES	P1	P2	P3
Arsénico	(mg/kg)	13,29	16,19	12,76
Cadmio	(mg/kg)	0,12	0,15	0,13
Mercurio	(mg/kg)	< 0,09	0,075	< 0,09
Plomo	(mg/kg)	8,24	9,92	9,14

La existencia de metales pesados como son el cadmio y el mercurio en los sedimentos del río Jubones, muestran una variación de poca significancia, la cual es comparada entre los 3 puntos de muestreo. El arsénico por su parte, registra una mayor concentración en el P2 con 16,19 mg/kg, en relación a los valores resultantes del análisis de sedimentos en el P1 y P3. Así mismo, el plomo aumenta su concentración en el P2 con relación a los valores resultantes del análisis de sedimentos en el P1 y P3. Del análisis realizado a los metales estudiados, en comparación con los valores máximos permitido por la norma canadiense *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, se determina que cumple con lo establecido en esta normativa.

Etapa 3. Establecimiento del criterio de calidad de agua como marco de referencia de la situación existente en el río Jubones.

Determinación del ICA

A partir de los datos arrojados en la aplicación ICATest, el ICA del río Jubones en el cantón Pasaje no varía entre los 3 puntos de muestreo. Según la clasificación del ICA NSF, se determina que el río posee una calidad de agua media, como se precisa en la tabla 4.

Tabla 4. Análisis del índice de Calidad de Agua. Fuente: datos obtenidos de ICATest.

	P1	P2	P3
Color:	Amarillo	Amarillo	Amarillo
Rango:	51-70	51-70	51-70
Clasificación:	Media	Media	Media
Número de parámetros:	9	9	9
Valor del índice:	63.02	63.15	56.9

En todos los puntos de muestreo, el ICA varió de manera poco significativa, registrando su valor más bajo de 57,16 en el P3. Los P1 y P2 se sitúan dentro del rango que va de 51 a 70, determinando que la calidad del agua tiene una clasificación media. Con base en los resultados generados por el software ICATest, para el cálculo de la calidad (valor Q) de cada uno de los parámetros analizados, se evidencia que los coliformes fecales y turbidez presentan una calidad muy mala en los tres puntos de monitoreo; seguido por la DBO₅ que resulta en una calidad mala en el P3 y media en los P1 y P2. Además, los nitratos representan una calidad media en los tres puntos, a diferencia del oxígeno disuelto y pH que simulan excelente calidad en los tres puntos muestreados. Los fosfatos varían desde calidad excelente, buena a media, en ese orden de puntos muestreados. Los SDT mantienen una buena calidad en los tres puntos.

Calidad del agua de acuerdo a lo estipulado en las normativas nacionales

Comparando los resultados arrojados en cada análisis realizado con respecto a los parámetros fisicoquímicos del agua del río Jubones, como se muestra en la tabla 5, se determina que el Nitrato y pH cumplen con los límites establecidos, mientras que los demás indicadores sobrepasan los criterios de calidad establecidos para las fuentes del recurso hídrico para los consumos domésticos y humanos.

Tabla 5. Hallazgos arrojados de cada parámetro fisicoquímico con los criterios de calidad establecidos para las fuentes del recurso hídrico para los consumos domésticos y humanos. Fuente: elaboración propia.

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis			Límite máximo permisible
		P1	P2	P3	
DBO ₅	(mg/L)	5	4	7	<2
DQO	(mg/L)	8	6	15	<4
Oxígeno Disuelto	(%Sat)	101,02	102,63	96,33	
Coliformes fecales	(NMP/100mL)	1900	2200	68000	1000

Nitratos	(mg/L)	8	8	8	50
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	40	16	10	
Fosfatos	(mg/L)	0,2	0,27	0,66	
Turbidez	(NTU)	17	15	10	100
pH	—	7.67	7.36	7.49	6-9
Temperatura	(°C)	24.2	23.9	22.9	
Conductividad	(μS)	218	210	219	
SDT	(ppm)	152	143	156	

Del mismo modo, en la tabla 6 se precisa cada resultado del análisis efectuado con relación a los parámetros fisicoquímicos. Estos tienen los criterios de calidad que se consideran adecuados para poder preservar la vida silvestre y acuática en fuentes hídricas marinas, dulces y estuarios. Estos 9 parámetros analizados constituyen indicadores de cumplimiento ambiental.

Tabla 6. Datos obtenidos por cada parámetro fisicoquímico con los criterios de calidad que se consideran adecuados para poder preservar la vida silvestre y acuática en fuentes hídricas marinas, dulces y estuarios. Fuente: elaboración propia.

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis			Límite máximo permisible
		P1	P2	P3	
DBO ₅	(mg/L)	5	4	7	20
DQO	(mg/L)	8	6	15	40
Oxígeno Disuelto	(%Sat)	101,02	102,63	96,33	>80
Coliformes fecales	(NMP/100mL)	1900	2200	68000	
Nitratos	(mg/L)	8	8	8	13
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	40	16	10	Incremento máximo del 10% de las condiciones naturales
Fosfatos	(mg/L)	0,2	0,27	0,66	
Turbidez	(NTU)	17	15	10	
pH	—	7.67	7.36	7.49	6.5 - 9
Temperatura	(°C)	24.2	23.9	22.9	
Conductividad	(μS)	218	210	219	
SDT	(ppm)	152	143	156	

Por último, en la tabla 7 se observan los hallazgos relacionados con los análisis de cada parámetro fisicoquímico empleado, donde se visualizan los criterios de calidad del recurso hídrico empleado para el riego en la agricultura. En este sentido, los coliformes fecales son el parámetro que sobrepasa el umbral permitido por la normativa ambiental vigente.

Tabla 7. Información resultante por cada parámetro fisicoquímico con los criterios de calidad del recurso hídrico para el riego en la agricultura. Fuente: elaboración propia.

Parámetros	Unidades	Resultados de los análisis			Límite máximo permisible
		P1	P2	P3	
DBO ₅	(mg/L)	5	4	7	
DQO	(mg/L)	8	6	15	
Coliformes fecales	(NMP/100mL)	1900	2200	68000	1000
Oxígeno Disuelto	(%Sat)	101,02	102,63	96,33	3
Nitratos	(mg/L)	8	8	8	
Fosfatos	(mg/L)	0,2	0,27	0,66	
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	40	16	10	
Turbidez	(NTU)	17	15	10	
pH	—	7.67	7.36	7.49	6-9
Temperatura	(°C)	24.2	23.9	22.9	
Conductividad	(μS)	218	210	219	
SDT	(ppm)	152	143	156	

Del mismo modo, como parte de la evidencia arrojada en el estudio, en la figura 3 se observa la recogida de muestras de agua para el envío a los laboratorios, para su análisis.

**Figura 3.** Recogida de muestras de agua para el envío a los laboratorios. Fuente: elaboración propia.

Para evaluar la calidad del recurso hídrico del río Jubones, en el tramo que cursa el cantón Pasaje, se obtuvieron los valores de una serie de indicadores, los cuales fueron comparados con los límites superiores permitidos para considerar que el agua tiene calidad. Para ello, se tuvo en cuenta las fuentes de agua para utilización doméstica y consumo humano. Adicionalmente, se consideró su calidad para preservar la

existencia de la vida silvestre y acuática en entornos marinos, de agua dulce y estuarios. Por último, se consideró su calidad para el riego en la agricultura.

Luego de analizados los hallazgos, se afirma que algunos parámetros como el pH, los nitratos y la turbiedad están en los límites superiores que son permitidos, los cuales se establecen en los criterios de calidad utilizados como referencia en el presente estudio. Así mismo, se observó que el oxígeno disuelto se encontraba también en los límites adecuados. Los datos anteriores obtenidos guardan relación con el estudio realizado por Navas (2009) en la subcuenca del río Casacay, para la confección de un plan para manejar de manera integral. Con base en los parámetros fisicoquímicos, en su investigación Navas (2009) determina que variables como el pH, la temperatura, la conductividad y el oxígeno disuelto no sobrepasan los límites máximos permisibles.

Del mismo modo, se considera que la DBO, con un rango de 5 mg/L - 7mg/L, y la DQO, con un rango de 8mg/L-15mg/L, sobrepasan los niveles de criterios de calidad, lo que es coincidente con los resultados obtenidos por la Secretaría del Agua, Agencia de Regularización y Control del Agua y el Ministerio del Ambiente en 2016, en el ENCA, para los parámetros como la DBO, la DQO, los coliformes fecales, entre otros. De igual manera, los coliformes fecales sobrepasan los valores permitidos por la ley, con un rango de 1.900 NMP/100ml – 68.000 NMP/100 ml, siendo este último valor alarmante. Ello se debe a que, a nivel nacional según las regulaciones y normas ambientales vigentes, el criterio de calidad del agua debe estar en valores superiores a 1.000 NMP/100 ml.

Considerando que la concentración de coliformes fecales en el agua del río Jubones aumentan significativamente en los puntos 2 y 3, los cuales se relacionan con el centro del casco urbano y cruzando el mismo, esta elevación de concentraciones microbiológicas se las puede atribuir al vertido de aguas residuales domésticas hacia el río sin ningún tratamiento previo (GAD Municipal de Pasaje, 2019). Estos resultados guardan relación con lo concluido por Díaz (2018), en su estudio sobre el río Yaguachi, donde los valores obtenidos para coliformes fecales exceden el límite permisible, debido a que en este río se realiza la descarga directa de aguas negras, haciendo imposible su uso para fines de riego, recreativos, consumo humano y uso doméstico.

Así mismo, en el estudio realizado por Vera (2015) en el río Quevedo, se determina que el parámetro coliformes fecales excede los límites permisibles, con un rango de concentraciones de 126.000 NMP/100ml – 280.000 NMP/100ml. Tales datos dejan en evidencia la inexistencia de control por parte de la autoridad ambiental y una pésima gestión en el tratamiento del agua residual doméstica. Teniendo en cuenta los criterios de calidad de referencia en la investigación, los valores obtenidos de los indicadores analizados están en los límites superiores permitidos. Esta información significa que el recurso hídrico del Jubones está apto para albergar vida acuática en el ámbito de estos parámetros.

Con relación a los criterios de calidad, los parámetros de oxígeno disueltos y coliformes fecales incumplen con los límites máximos permisibles, situación que ha sido documentada con anterioridad por la ARCA en 2016. Esta institución nacional señala que en promedio el 53,25% de las aguas incumple con los criterios de

calidad estipulados para el riego en la agricultura, porcentaje que muestra una tendencia creciente desde la fecha que se realizó el estudio (ARCA, 2016).

En relación a los niveles de calidad del agua del río Jubones, el análisis fue realizado por medio del empleo del software ICATest, bajo el método ICA-NSF. Con base en los datos suministrados, el programa informático clasificó a las aguas de este recurso hídrico con una calidad media o regular, de acuerdo a los criterios estipulados por Brown. Esta información arrojada es similar a la calidad del recurso hídrico determinado en 6 de los ríos ubicados en el cantón Santa Rosa, también en la provincia de El Oro, con un ICA que oscila entre 51 y 70, como precisa en su investigación Parra et al. (2019).

De los metales considerados como pesados que fueron estudiados en el sedimento de este cuerpo hídrico, el arsénico está en una mayor concentración, en rangos que oscilan entre los 12,76 mg/kg y los 16,19 mg/kg. Por otro lado, el plomo arrojó valores entre 8,24 mg/kg y 9,92 mg/kg. Además, la existencia de mercurio fluctúa entre 0,009 mg/kg y 0,075 mg/kg. Por último, el cadmio tuvo valores que se comportaron entre 0,12 mg/kg y 0,15 mg/kg. Posteriormente, se compararon estos valores obtenidos con cada límite estipulado de calidad ambiental del sedimento, establecidos en la norma canadiense antes abordada. Los datos obtenidos no sobrepasan el nivel de concentraciones donde no se presentan (ISQG) ni se suelen presentar (PEL) efectos biológicos adversos.

Los resultados antes evidenciados fueron relacionados con los obtenidos por Padilla (2016), en el estero San Camilo-Durán, donde los valores del plomo, el cadmio y el mercurio superan la concentración de cada uno de los metales analizados en el presente estudio. Los niveles de plomo oscilan entre 16.918 y 5486 µg/kg, el mercurio registró valores entre 2.294 µg/kg a 172 µg/kg, y el cadmio arrojó un nivel de concentración de 375 µg/kg.

Adicionalmente, los anteriores resultados fueron cruzados con el estudio realizado por Morán (2014), quien en su investigación determinó el nivel de concentración de plomo y cadmio en muestras de sedimento y agua del río Santa Rosa, en el cantón del mismo nombre. El autor arrojó como resultado que los valores encontrados afectan tanto a los pobladores del cantón, como a la vida acuática de ese hábitat. Del mismo modo, en el estudio ejecutado por Díaz (2018) en el río Yaguachi en Guayas, se analizaron un conjunto de parámetros fisicoquímicos como el pH, la conductividad, la salinidad y la turbidez, así como parámetros biológicos como los coliformes fecales y totales. Su objetivo fue la determinación de la distribución espacio-temporal de cada uno de los indicadores biológicos, donde se obtuvo como resultado que dichos parámetros sobrepasaban los límites permisibles.

Finalmente, las concentraciones de metales pesados detectadas en el sedimento del río Jubones que cursa el cantón Pasaje, no tienen significancia estadística. Por lo tanto, los sedimentos no estarían actuando como fuentes secundarias de contaminación de este recurso. La afirmación anterior es secundada por Núñez et al. (2013), como sucede en el caso anterior, y en el río Santa Rosa, donde las concentraciones de plomo y cadmio en muestras de agua y sedimento reflejan valores que afectan a los pobladores del cantón y la vida acuática (Morán, 2014).

Conclusiones

Los resultados obtenidos, a partir de los indicadores analizados, arrojan que el agua está en los rangos de calidad regular o media, a partir de la clasificación de Brown. Además, se destaca que el valor de los coliformes fecales se encuentran muy superiores a los límites permitidos. Por otro lado, se constató la existencia de metales traza en el sedimento del río Jubones, como son el plomo, cadmio, arsénico y mercurio.

Del mismo modo, en el estudio se delimitó el área de estudio, considerando zonas de control y zonas referenciales. En los análisis realizados se tuvo en consideración la distribución de cada parámetro biológico, químicos y físico estudiado. Además, en la determinación de los valores arrojados en los análisis, se tuvo en consideración el ICA y su interpretación. Para ello, se trabajó con el software ICATest.

Por otro lado, en cada uno de los puntos muestreados se calculó el ICA. En ese sentido, se arrojó como conclusión fundamental que en los tres puntos muestreados la calidad del recurso hídrico es regular. Sin embargo, el parámetro con mayor influencia negativa en el análisis de criterio de calidad del agua son los Coliformes Fecales, los cuales incumplen con cada criterio de calidad establecido por los principales estándares y normas vigentes al respecto.

En este estudio se obtuvieron niveles de concentraciones relativamente bajos para los metales trazas en los P1, P2, P3. El plomo arrojó valores de 13,29; 16,19 y 12,76. El cadmio mostró valores de 0,12; 0,15 y 0,13. El mercurio tuvo resultados de 0,09; 0,075 y 0,09. Por último, el arsénico mostró valores de 8,24; 9,92 y 9,14 mg/kg. Todo lo anterior evidencia la existencia de metales traza en los sedimentos del río Jubones por cada uno de los tres puntos muestreados. Sin embargo, estos valores no convierten al río Jubones en un riesgo o fuente de peligro para el adecuado mantenimiento de la vida acuática, a partir de lo estipulado en las normas internacionales empleadas en la investigación

Para futuras investigaciones se recomienda resaltar la necesidad de implementar estrategias eficientes en cuanto al adecuado tratamiento de efluentes de origen doméstico, con el propósito de lograr un mejoramiento de la calidad del agua de este cuerpo hídrico, que comprende una de las demarcaciones hidrográficas más importantes del país. Esta consideración se debe a las evidencias obtenidas respecto a las altas concentraciones de microorganismos patógenos existentes en el río Jubones, por lo que se deben realizar acciones que repercutan de manera favorable y significativa en la calidad de agua del río Jubones del tramo estudiado.

Adicionalmente, es preciso realizar un estudio completo en el río Jubones, donde se deben considerar las 2 épocas del año y las actividades que se desarrollan colindantes al cuerpo hídrico, con la finalidad de establecer la dinámica entre el río y sus contaminantes. Finalmente, en cuanto a los metales trazas, se deben desarrollar estudios que determinen con mayor asertividad las fuentes de los mismos.

Referencias

ARCA. (2016). *DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DEL AGUA*. Disponible en: <https://silo.tips/download/diagnostico-de-las-estadisticas-del-agua-en-ecuador-informe-final>

- Ávila, P. D., Zaldívar, A. R., Rodríguez, M. F., Londres, Y. F., y Doimeadios, L. M. (2020). Evaluación de los procesos erosivos, la materia sedimentable y el caudal en la cuenca del río Yamanigüey. *Ciencia & Futuro*, 10(2), 19-37. Disponible en: http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/view/1923/1510
- Bastidas, J. O., Sánchez, M. C., y Montenegro, A. F. (2016). Valoración económica del recurso natural agua del humedal Coroncoco de Villavicencio. *Lámpsakos*, (16), 33-43. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964501003/613964501003.pdf>
- Díaz, R. V. (Septiembre de 2018). *Distribución espacial y temporal de coliformes totales y fecales en el río Yaguachi* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil, Ecuador]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35182>
- Encalada, P. (13 de Diciembre de 2014). La Mancomunidad de La Cuenca Del Río Jubones. *Scribd*. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/250057130/13-La-Mancomunidad-de-La-Cuenca-Del-Rio-Jubones-Pedro-Encalada-1>
- Espinosa, R. R., y Carrasquilla, L. C. O. (2017). Economía Solidaria y Sustentabilidad. *Editorial EUMED*. Disponible en: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2017/1692/1692.pdf#page=126>
- Fernández, L. Q., Kulich, E. I., y Gutiérrez, C. M. (julio de 2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382017000300004&script=sci_arttext&tlang=pt
- Fernández, N., Ramos, G., y Solano Fredy. (2004). Fernández, N., Ramos, G., & Solano, F. (2004). Una herramienta informática para el análisis y valoración de la calidad del Agua. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 2(2), 88-97. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/903/90320212.pdf>
- GAD Municipal de Pasaje. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PDOT 2019 -2023. *Alcaldía Pasaje*. Disponible en: <https://www.pasaje.gob.ec/pdyot>
- Melendo, J. D. V. (2017). El agua, un recurso cada vez más estratégico. *Cuadernos de estrategia*, (186), 71-118. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6115630.pdf>
- Miranda, J. R., Mosquera, J. S., y Céspedes, J. S. (2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 8(1), 159-167. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5177/517752176015/517752176015.pdf>
- Morán, F. V. (2014). *Evaluación ambiental de la Calidad del Agua del río Santa Rosa y lineamientos para un Plan Ambiental* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil, Ecuador]. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11616>
- Moreira, C. D. B., Moreira, I. B., y Zambrano, Y. M. L. (3 de junio de 2016). Contaminación de agua cruda de río y potabilizada de consumo doméstico en Manta-Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 2(3), 171-186. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/128>
- Navas, A. (2009). *Plan de manejo integral de la subcuenca del río Casacay* [Tesis de Licenciatura, Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, Ecuador]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1012/1/T-ESPE-026607.pdf>

Núñez, J. H., Corrales, J. R., Campos, J. M. C., Silva, V. S., y Alpízar, H. B. (2013). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Revista Tecnología en Marcha*, 26(1), 27. <https://doi.org/10.18845/tm.v26i1.1119>

Parra, C., Quije, G., Sanguña, G., y Garcés, D. (2 de septiembre de 2019). *Relación entre la calidad del agua de los ríos y el uso del suelo en el cantón Santa Rosa - provincia de El Oro*. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Pérez, B. A. A., y Álvarez, M. Ñ. (2016). Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú). *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(2), 98-107. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/81>

Pérez, J. F. R., y Tellez, R. B. (2015, August). Propuesta de red cubana Aurora para la colaboración médica a través de Infomed utilizando un enfoque de redes sociales. In Convención Salud 2015. Disponible en:

<https://www.convencionsalud2015.sld.cu/index.php/convencionsalud/2015/paper/viewPaper/1649>

Pescorán, J. A., y López, J. P. (2017). El agua como origen de vida y de conflictos sociales. *Pensamiento Crítico*, 21(2), 007-021. <https://doi.org/10.15381/pc.v21i2.13240>

Ramírez, C. A. S. (2011). *Calidad de agua, evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la u.

Rovira, D., Branda, G., y Valdés, B. (2016). *Calidad del agua de la subcuenca baja del río David y su impacto sobre la salud pública*. Repositorio JA DIMIKE. Disponible en: <https://jademike.unachi.ac.pa/handle/123456789/151>

Samboni, N., Carvajal, Y., y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-56092007000300019

Secretaría del Agua, Agencia de Regularización y Control del Agua y Ministerio del Ambiente. (2016). *Estrategia nacional de calidad del agua*. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

Valencia-Moreno, J. M., López, E. G., Pérez, J. F. R., Rodríguez, J. P. F., & Xochihua, O. Á. (2020, February). Exploring breast cancer prediction for cuban women. In *International Conference on Information Technology & Systems* (pp. 480-489). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40690-5_47

Vera, R. R. (2015). *Caracterización de la calidad del agua para consumo doméstico del río Quevedo en el cantón Quevedo, Provincia de los Ríos* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil, Ecuador]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12122>