



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

**Evaluación de la calidad de las aguas superficiales del río Jubones en el
Cantón El Guabo, Provincia de El Oro, 2022**

**PAUCAR PEÑARANDA CARLOS DANIEL
INGENIERO QUIMICO**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

**Evaluación de la calidad de las aguas superficiales del río Jubones
en el Cantón El Guabo, Provincia de El Oro, 2022**

**PAUCAR PEÑARANDA CARLOS DANIEL
INGENIERO QUIMICO**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Evaluación de la calidad de las aguas superficiales del río Jubones
en el Cantón El Guabo, Provincia de El Oro, 2022**

**PAUCAR PEÑARANDA CARLOS DANIEL
INGENIERO QUIMICO**

GONZALEZ CARRASCO VICTOR HUGO

**MACHALA
2022**

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO JUBONES EN EL CANTÓN EL GUABO, PROVINCIA DE EL ORO, 2022

por Carlos Daniel Paucar Peñaranda

Fecha de entrega: 02-sep-2022 05:21a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1891250834

Nombre del archivo: TRABAJO_DE_TITULACION_DANIEL_PAUCAR_turnitin3.docx (1.58M)

Total de palabras: 13223

Total de caracteres: 68785

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO JUBONES EN EL CANTÓN EL GUABO, PROVINCIA DE EL ORO, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

7 %

FUENTES DE INTERNET

1 %

PUBLICACIONES

2 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	ciencialatina.org Fuente de Internet	1 %
2	docplayer.fr Fuente de Internet	1 %
3	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
4	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
5	1library.co Fuente de Internet	<1 %
6	JORGE BLUHM GUTIÉRREZ. "Modelación unidimensional de la calidad del agua en embalses. Análisis comparativo de modelos y multivariantes.", Universitat Politecnica de Valencia, 2008 Publicación	<1 %
7	fr.slideshare.net Fuente de Internet	

<1 %

8

maestraruth42.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

9

Submitted to Kovadata Ltda

Trabajo del estudiante

<1 %

10

livrosdeamor.com.br

Fuente de Internet

<1 %

11

spanish.industrial-waterionizer.com

Fuente de Internet

<1 %

12

documents.mx

Fuente de Internet

<1 %

13

docslide.us

Fuente de Internet

<1 %

14

repositorio.uisek.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

15

repositorio.ulead.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

16

Submitted to Universidad Santo Tomas

Trabajo del estudiante

<1 %

17

rdrr.io

Fuente de Internet

<1 %

18

repositorio.utp.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

19 Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru <1 %
Trabajo del estudiante

20 www.docsity.com <1 %
Fuente de Internet

21 dspace.esPOCH.edu.ec <1 %
Fuente de Internet

22 www.coursehero.com <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 20 words

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, PAUCAR PEÑARANDA CARLOS DANIEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de la calidad de las aguas superficiales del río Jubones en el Cantón El Guabo, Provincia de El Oro, 2022, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



PAUCAR PEÑARANDA CARLOS DANIEL

0706953064

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico con todo mi corazón a Dios, por haberme dado la oportunidad de vivir esta experiencia y de poder llegar a este momento tan crucial e importante de mi formación académica. A mi madre quien es mi mayor motivación y ejemplo de vida, por brindarme su apoyo incondicional, valentía y coraje para vencer los obstáculos que se atravesaron desde el inicio de mi carrera, por enseñarme y levantarme de los golpes de la vida. A mi hermana mayor Angélica, que cuando mamá no está, ella asume el rol de mamá, por su enorme paciencia, cariño y consejos profesionales que me sirve para mi formación. A mi abuela, que con tanto amor y cariño me inspira a seguir adelante.

Carlos Daniel Paucar Peñaranda

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la oportunidad de llegar a este día, donde termino una etapa maravillosa de vida. A mi madre y hermana, que con su ayuda y su sabiduría brindadas he logrado avanzar en mi última etapa de formación académica, a su amor, cariño y paciencia que han sido un pilar fundamental para no doblegarme y no dar ni un paso atrás. A mi mejor amigo de cuatro patas, que siempre me ha acompañado en las noches de desvelos para realizar este trabajo de titulación.

A mi abuela que a pesar de todo siempre cree en mí y en las capacidades que muchas veces no logro apreciar pero que con su bendición suelo observarlas. A mis amigos, que me han ayudado en el trayecto experimental de mi trabajo de titulación.

A mi tutor Dr. Víctor Hugo González por ser mi guía y por toda las supervisiones brindadas en todo el trayecto de mi trabajo de titulación. Por darme la confianza de poder realizar los análisis fisicoquímicos en su laboratorio de investigación. A mi cotutor y amigo Hermel que en todo momento me brindo ayuda para la realización de esta investigación.

Carlos Daniel Paucar Peñaranda

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evalúa la calidad de las aguas superficiales del río Jubones, en la sección geográfica correspondiente a su paso por el cantón El Guabo, mediante la aplicación del índice de calidad de agua propuesto por la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF). Para ello, se delimitaron 4 puntos de muestreo y se aplicó la expresión matemática en base a resultados obtenidos de análisis de los parámetros fisicoquímicos establecidos en la metodología NSF (temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos, turbidez, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales). De acuerdo a los resultados obtenidos del cálculo del índice de calidad, se demostró que los todos los puntos de muestreo poseen una calidad MEDIA según la escala de clasificación del ICA-NSF; asimismo los resultados de los parámetros fisicoquímicos fueron comparados con la Tabla 1: criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico; Tabla 2: criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios; Tabla 3: criterios de calidad de aguas para riego agrícola, del A.M. 097-A, del Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua, demostrando que los coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP), teniendo una incidencia significativa en los criterios de calidad de la tabla 1 y 3. Respecto a la evaluación de la calidad del agua en el río Jubones, se demuestra que su calidad tiene tendencia a disminuir durante su recorrido por el cantón y esto se debe a la carga contaminante que proviene de las diferentes actividades agrícolas y el vertimiento de aguas residuales domésticas.

Palabras clave: calidad del agua, índices de calidad del agua, río Jubones, parámetros fisicoquímicos, aguas superficiales

ABSTRACT

The present research work evaluates the quality of the surface waters of the Jubones River, in the geographical section corresponding to its passage through the El Guabo canton, through the application of the water quality index proposed by the National Sanitation Foundation (NSF). For this, 4 sampling points were delimited and the mathematical expression was applied based on the results obtained from the analysis of the physicochemical parameters established in the NSF methodology (temperature, dissolved oxygen, pH, total dissolved solids, turbidity, nitrates, phosphates, demand oxygen biochemistry, fecal coliforms). According to the results obtained from the calculation of the quality index, it was shown that all the sampling points have a MEDIUM quality according to the ICA-NSF classification scale; likewise, the results of the physicochemical parameters were compared with Table 1: quality criteria of water sources for human and domestic consumption; Table 2: Admissible quality criteria for the preservation of aquatic and wild life in fresh, marine and estuarine waters; Table 3: water quality criteria for agricultural irrigation, from A.M. 097-A, of Annex 1: Environmental Quality Standard and Effluent Discharge to Water Resources, demonstrating that fecal coliforms and biochemical oxygen demand exceed the maximum permissible limits (LMP), having a significant impact on the quality criteria of the Table 1 and 3. Regarding the evaluation of the quality of the water in the Jubones River, it is shown that its quality has a tendency to decrease during its journey through the canton and this is due to the contaminant load that comes from the different agricultural activities and the dumping of domestic wastewater.

Keywords: water quality, water quality index, Jubones river, physicochemical parameters, surface water.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN	12
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS	17
Objetivo General	17
Objetivos específicos	17
CAPÍTULO I	18
1.1. MARCO TEÓRICO	18
1.1.1 El agua como recurso hídrico e industrial	18
1.1.2 Tipos de agua.....	19
1.1.2.1 Agua subterráneas	19
1.1.2.2 Aguas superficiales	19
1.1.3 Contaminación del agua	20
1.1.4 Fuentes de Contaminación del agua en los ríos	20
1.1.4.1 Tipos de contaminación y sus contaminantes del agua en los ríos .	21
1.1.4.1.1 Residuos agrícolas.....	22
1.1.4.1.2 Cambio climático	22
1.1.4.1.3 Residuos agroindustriales y agroquímicos.....	23

1.1.4.1.4	Enriquecimiento por nutrientes	23
1.1.4.1.5	Aguas residuales y desechos que demandan oxígeno.....	24
1.1.4.1.6	Contaminación térmica	24
1.1.5	Calidad del agua	25
1.1.5.1	Parámetros fisicoquímicos	25
1.1.5.1.1	pH	25
1.1.5.1.1.1	Escala del pH	26
1.1.5.1.1.2	Medida del pH de una disolución	26
1.1.5.1.2	Turbidez.....	27
1.1.5.1.3	Color.....	27
1.1.5.1.4	Olor y Sabor	27
1.1.5.1.5	Temperatura.....	28
1.1.5.1.6	Conductividad.....	28
1.1.5.1.7	Dureza total	29
1.1.5.1.8	Sólidos totales disueltos.....	29
1.1.5.1.9	Nitratos y Fosfatos	29
1.1.5.1.10	Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO ₅).....	30
1.1.5.1.11	Demanda química de oxígeno (DQO).....	30
1.1.5.2	Parámetros microbiológicos	30
1.1.5.2.1	Coliformes fecales.....	30
1.1.6	Índices de calidad del agua (ICA).....	31
1.1.6.1	Antecedentes de los índices de calidad del agua	32
1.1.6.2	Tipos de modelos de los índices de calidad del agua	33
1.1.6.2.1	Índice Universal de la Calidad del Agua (UWQI)	33
1.1.6.2.2	Índice de Calidad de Agua para Oregón (OWQI).....	34
1.1.6.2.3	Índice de calidad de agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSFWQI).....	35

CAPÍTULO II	37
2.1 METODOLOGÍA.....	37
2.1.1 Tipo de estudio.....	37
2.1.2 Identificación de Variables	37
2.1.2.1 Variable Independiente	37
2.1.2.2 Variables Dependientes	37
2.1.3 Población.....	37
2.1.4 Muestra.....	38
2.1.5 Materiales, equipos e instrumentos	39
2.1.5.1 Materiales	39
2.1.5.2 Equipos.....	39
2.1.5.3 Instrumentos	39
2.1.5.4 Sustancias y Reactivos	39
2.1.5.5 Equipos de protección personal.....	40
2.1.5.6 Otros materiales	40
2.1.6 Medición de los parámetros fisicoquímicos.....	40
2.1.6.1 Calibración de equipos.....	40
2.1.6.1.1 Calibración del medidor multiparamétrico digital 983	40
2.1.6.1.2 Calibración del turbidímetro HACH 2100N.....	41
2.1.6.1.3 Calibración del medidor de oxígeno disuelto BANTE 821	41
2.1.6.2 Parámetros medidos in situ (fisicoquímicos)	42
2.1.6.3 Parámetros medidos en laboratorio (fisicoquímico y microbiológico)	
43	
2.1.6.3.1 Parámetros fisicoquímicos	43
2.1.6.3.1.1 Nitratos	43
2.1.6.3.1.2 Fosfatos.....	44
2.1.6.3.1.3 Demanda bioquímica de oxígeno.....	44

2.1.6.3.1.4	Parámetros microbiológicos	45
2.1.7	Cálculo del índice de calidad NSF	45
2.1.7.1	Determinación del subíndice Qi	46
2.1.7.2	Determinación del factor de importancia o ponderación (W_i).....	46
2.1.7.3	Escala de clasificación del ICA-NSF	47
2.1.8	Comparación con la normativa ambiental vigente	47
CAPÍTULO III		48
3.1	RESULTADOS	48
3.1.1	Resultados de la fase in situ	48
3.1.1.1	Temperatura	48
3.1.1.2	Oxígeno disuelto (OD).....	48
3.1.1.3	pH	49
3.1.1.4	Sólidos totales disueltos (STD)	49
3.1.2	Resultados de la fase de laboratorio	50
3.1.2.1	Turbidez	50
3.1.2.2	Nitratos (NO_3^-)	51
3.1.2.3	Fosfatos (PO_4^-)	51
3.1.2.4	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5).....	52
3.1.2.5	Coliformes fecales	53
3.1.3	Resumen de resultados de monitoreo.....	53
3.1.4	Índices de calidad de agua NSF.....	54
3.1.4.1	Índice de calidad de agua en el punto 1	54
3.1.4.2	Índice de calidad de agua en el punto 2	55
3.1.4.3	Índice de calidad de agua en el punto 3	55
3.1.4.4	Índice de calidad de agua en el punto 4	56
3.1.5	Resumen de resultados del índice de calidad de agua	57

3.1.6	Comparativa con la normativa ambiental vigente	57
3.2	DISCUSIÓN	61
CAPITULO IV.....		63
4.1	CONCLUSIONES	63
4.2	RECOMENDACIONES	64
CAPITULO V.....		65
5.1	BIBLIOGRAFÍA	65
5.2	ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Olores y sabores típicos en aguas	28
Tabla 2. Valores Relativos Asignados a Cada Variable Según el ICA-NSF.....	35
Tabla 3. Coordenadas de los puntos de muestreo.....	38
Tabla 4. Parámetros, equipos y métodos utilizados en los análisis <i>in situ</i>	42
Tabla 5. Parámetros, equipos y métodos utilizados en los análisis en el laboratorio ..	43
Tabla 6. Parámetro, equipo y método utilizado por el laboratorio MSV.....	45
Tabla 7. Calidad del agua asociada al Valor del ICA (Escala de Clasificación del ICA-NSF).....	47
Tabla 8. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos muestreados en el río Jubones, cantón El Guabo, provincia El Oro	53
Tabla 9. Resultados del índice de calidad de agua NSF en el punto 1	54
Tabla 10. Resultados del índice de calidad de agua NSF en el punto 2	55
Tabla 11. Resultados del índice de calidad de agua NSF en el punto 3	56
Tabla 12. Resultados del índice de calidad de agua NSF en el punto 4	56
Tabla 13. Resumen de los índices de calidad de agua en los puntos de muestreo	57
Tabla 14. Tabla comparativa de los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicas con los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.....	57
Tabla 15. Tabla comparativa de los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos con los criterios admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios	58
Tabla 16 Tabla comparativa de los resultados de análisis de los parámetros fisicoquímicos con los criterios de calidad de agua de riego agrícola.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Países y Regiones en los que han Aplicado WQI a Nivel Mundial	32
Figura 2. Área de estudio	38
Figura 3. Curvas de calidad de los parámetros fisicoquímicos	46
Figura 4. Curva de calidad biológicas	46
Figura 5. Comparación de los resultados del análisis de temperatura en cada uno de los puntos de muestreo	48
Figura 6. Comparación de los resultados del análisis de oxígeno disuelto en cada uno de los puntos de muestreo	49
Figura 7. Comparación de los resultados del análisis de pH en cada uno de los puntos de muestreo	49
Figura 8. Comparación de los resultados del análisis de STD en cada uno de los puntos de muestreo	50
Figura 9. Comparación de los resultados del análisis de turbidez en cada uno de los puntos de muestreo	51
Figura 10. Comparación de los resultados del análisis de nitrato en cada uno de los puntos de muestreo	51
Figura 11. Comparación de los resultados del análisis de fosfatos en cada uno de los puntos de muestreo	52
Figura 12. Comparación de los resultados del análisis de DBO ₅ en cada uno de los puntos de muestreo	52
Figura 13. Comparación de los resultados del análisis de coliformes fecales en cada uno de los puntos de muestreo	53

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	26
Ecuación 2	34
Ecuación 3	34
Ecuación 4	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medición de las coordenadas de los puntos de muestreo	74
Anexo 2. Medición de los parámetros fisicoquímicos in situ	75
Anexo 3. Toma de muestras de agua para ser analizadas en el laboratorio	75
Anexo 4. Medición de parámetros fisicoquímicos en el laboratorio	77
Anexo 5. Promedio de los análisis fisicoquímicos in situ	77
Anexo 6. Promedio de los análisis fisicoquímicos del laboratorio	78
Anexo 7. Determinación del factor de ponderación Q_i	79
Anexo 8. Reporte del laboratorio MSV de los análisis de coliformes fecales del punto uno	81
Anexo 9. Reporte del laboratorio MSV de los análisis de coliformes fecales del punto dos.....	82
Anexo 10. Reporte del laboratorio MSV de los análisis de coliformes fecales del punto tres	83
Anexo 11. Reporte del laboratorio MSV de los análisis de coliformes fecales del punto cuatro	84
Anexo 12. Tubería de descarga de aguas residuales domesticas descargadas al río Jubones.....	84

INTRODUCCIÓN

El agua es fundamental para el crecimiento económico y para el medio ambiente, siendo uno de los recursos naturales más importantes. Además, es imprescindible para el desarrollo de la vida que requiere ser consumida en óptimas condiciones y fundamental en actividades socioeconómicas que benefician a las comunidades en general.¹⁻³

Aunque, el agotamiento y la contaminación del agua se encuentran entre los principales problemas ambientales del siglo XXI. Esto se debe al aumento drástico en la población, la industrialización, las actividades agrícolas, a la deficiencia de las instalaciones de alcantarillado y las escasas instalaciones de tratamiento de aguas residuales que afectan rigurosamente los recursos hídricos.^{4,5}

Según Van Vliet et al⁶ indica que el cambio climático indujo aumentos en la frecuencia e intensidad de los extremos hidroclimáticos, combinados con la intensificación de la agricultura, la industrialización, la urbanización y los diferentes usos del agua en actividades antropogénicas, agravan el deterioro de la calidad del agua desafiando la gestión sostenible del agua limpia y accesible para todos.

Por otra parte, los contaminantes que son vertidos en el agua ocasionan importantes problemas en términos de salud pública al deteriorar la calidad del agua, dado que los ríos son los mejores recursos hídricos para usos domésticos y consumo humano. Así mismo, provocan el desequilibrio del ecosistema debido a que el deterioro de la calidad del agua conduce a la muerte de animales, vegetación y organismos que mantienen la estabilidad del ecosistema acuático.⁷

En las últimas décadas, los países en desarrollo se encuentran en el arduo trabajo de proteger la calidad del agua mediante las constantes mejoras en el suministro de agua y el saneamiento. Sin embargo, la gestión de la calidad de agua requiere la recopilación y análisis de grandes conjuntos de datos sobre la calidad del agua que pueden ser difíciles de evaluar y sintetizar.⁸

Para lo cual se han desarrollado una variedad de herramientas para evaluar datos sobre la calidad del agua; el modelo del índice de calidad del agua (ICA) es una de esas. Las formas rudimentarias de los índices de calidad del agua se remontan en el año 1848 y el primer modelo de los índices de calidad del agua ha permitido a varios investigadores agrupar los múltiples parámetros fisicoquímicos y microbiológicos permitiendo una mejor interpretación de resultado, de tal manera que puede decirnos si la calidad de los

cuerpos hídricos posee una amenaza potencial para varios usos del agua, como hábitat para la vida acuática, agua de riego para la agricultura y la ganadería, recreación, estética y suministro de agua potable.^{9,10}

Los índices de calidad de agua pueden reducir la mayor parte de la información a un valor único para expresar los datos de forma simplificada y lógica tomando información de varias fuentes y las combina para desarrollar un estado general de un sistema de agua. Uno de los índices de calidad de agua más utilizado es el ICA-NSF (Índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento), modelo que ha servido a muchos investigadores explorar la calidad del agua en numerosos cuerpos hídricos del mundo.^{10,11}

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las fuentes de agua son un elemento natural del planeta Tierra, considerado como un recurso renovable limitado, permitiendo el desarrollo de la vida, sin embargo, las diferentes actividades industriales y agropecuarias del hombre han causado el deterioro de la calidad de los recursos hídricos.¹²

La contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto negativo en dicho recurso. Según la OMS el agua está contaminada “cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural”.¹³

Según estudios a nivel nacional hay probablemente 97 cuencas hidrográficas, donde 6 cuencas están en situación crítica por el deterioro ambiental y una de estas es la del río Jubones, cuyo recurso hídrico más importante en la Provincia de El Oro, convirtiéndose un grave problema a futuro y sumado a ello el desinterés de las autoridades locales por preservar este recurso.¹⁴

La cuenca del Jubones es un sistema básico de agua que beneficia a las provincias de Azuay, Loja y El Oro. Sin embargo, puede convertirse en un canal débil y de bajo rendimiento debido a la deforestación y la contaminación. Los comuneros que viven a orillas del río Orense en la provincia de Oro denuncian desde hace años la grave contaminación provocada por la minería ilegal o artesanal.¹⁵

En el cantón El Guabo, el río Jubones es el recurso hídrico más importante dado que se utiliza en gran medida para actividades agrícolas y para el consumo humano, siendo la agricultura la actividad predominante en el río Jubones.¹⁶ No obstante la gestión por parte de las autoridades municipales es deficiente, pues la falta de recolectores de basura en la parroquia La Iberia, y el carecer alcantarillado en algunos barrios que se encuentran a la orilla del río Jubones, hace que las viviendas cuentan tan solo con pozos sépticos y estas aguas servidas van al río ocasionando la contaminación del río.

JUSTIFICACIÓN

La contaminación de los recursos hídricos es un problema evidente a nivel global y nuestro país no es la excepción, a pesar de que existen normativas legales (Normas INEN, TULSMA, etc.), instituciones gubernamentales que trabajan favor de la conservación de estos recursos, el esfuerzo de las autoridades no es suficiente para frenar la contaminación de estos recursos.

La cuenca hidrográfica del Jubones es una de las cuencas más importantes del país puesto que es un elemento crucial para el progreso de las tres provincias tales como Loja, El Oro y Azuay y los cantones que conforman cada provincia. Un claro ejemplo es el tramo que corresponde al cantón el Guabo, parroquia la Iberia el cual es de vital importancia para desempeñar las actividades fundamentales de los pobladores que viven a las orillas del río. Aunque durante los últimos años, se presume que el río Jubones presenta altos índices de contaminación que afecta de manera directa la calidad de vida de los pobladores y de las especies acuáticas que habitan en él.

Por lo tanto, es probable que los supuestos altos índices de contaminación del río Jubones se genera debido a que los barrios que conforman dicha parroquia no cuentan con los servicios básicos de alcantarillado y a su vez los residuos sólidos originados por las actividades agrícolas y bananeras del sector no poseen ningún tratamiento previo de sus afluentes por lo que son descargadas al río directamente.

Se reporta que en el cantón Pasaje existen altas concentraciones de coliformes fecales debido a que sobrepasan los valores permitidos por la ley, con un rango de 1.900 NMP/100ml – 68.000 NMP/100 ml, ya que, de acuerdo a la normativa ambiental nacional, el criterio de calidad es de 1.000 NMP/100 ml.¹⁷

En el presente trabajo se busca estudiar la calidad de las aguas superficiales del río Jubones en el cantón El Guabo aplicando los índices de calidad de agua bajo la metodología propuesta por Fundación Nacional de Saneamiento (NSF), de los Estados Unidos enfocados a zonas donde existan mayores altos grados de contaminación generado por los desagües de las industrias bananeras y domésticas de la localidad, de igual manera servirá como un aporte referencial de la situación actual del cuerpo hídrico. Es menester, destacar que los índices de calidad de agua han sido una herramienta muy importante en investigaciones enfocadas a numerosos cuerpos de agua a nivel internacional (India, Nigeria, Turquía, Egipto, Irak, China, entre otros) y nacional (Portoviejo, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas, Azuay, Pichincha, Manabí,

Tungurahua, etc.), puesto que es considerado por muchos investigadores como un indicador para la valoración de la calidad de las aguas superficiales que aumenta la capacidad de comprensión de los problemas referentes a la calidad del agua reduciendo el grueso de la información a un solo valor de forma simplificada y lógica, para desarrollar un estado general de un sistema hídrico.

Adicionalmente, los resultados arrojados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos permitirán establecer el estado de calidad del sistema a monitorear e instruir medidas de control y manejo de la posible contaminación del recurso hídrico.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar el grado de calidad de las aguas superficiales del río Jubones en el cantón El Guabo, provincia de El Oro, mediante la aplicación del índice de calidad del agua propuesto por la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF).

Objetivos específicos

- Delimitar los puntos de monitoreo para la obtención de información primaria en el río Jubones, cantón El Guabo, provincia de El Oro.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos planteados por la Fundación Nacional de Saneamiento.
- Utilizar la expresión matemática propuesta por la NSF para determinar el estado de la calidad del agua del río Jubones acorde a su clasificación.

CAPÍTULO I

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1 *El agua como recurso hídrico e industrial*

El agua es sumamente importante para la existencia y mantenimiento de la vida, existe una relación directa entre el desarrollo social y la necesidad de recursos. A lo largo de la historia, la población ha buscado asentarse cerca de los puntos de agua, y esto ha contribuido a una contaminación cada vez más fuerte. A medida que las comunidades continúan desarrollándose, las aguas residuales domésticas e industriales han comenzado a contaminar los cuerpos de agua, agotando los ecosistemas acuáticos y los suelos adyacentes.¹⁸

El uso del agua es uno de los factores importantes en la producción agroalimentaria y trabajo de familias enlazadas a la agricultura, sin embargo, las distintas regiones han sobreexplotado los recursos hídricos a tal punto que han agotado las fuentes suscitando un impacto ambiental negativo, esto se debe a los métodos de producción que implementan las diferentes industrias; por ejemplo, en la producción de jitomate en campo abierto en general se necesitan entre 100-300 L/kg de jitomate.¹⁹

En la industria alimenticia, el uso del agua es muy variado, ya que van desde los procesos de limpieza e higiene hasta como elemento principal en varios productos, por lo que se plantea que el gasto de agua es fundamental para diferentes industrias, por ejemplo las industrias cerveceras, carniceras, láctea, azucarera, entre otras. Sin embargo el consumo del agua trae consigo consecuencias en su calidad, debido a que se genera grandes cantidades de aguas residuales.²⁰

El agua en la industria petrolera es fundamental e importante en las fases de exploración, producción, transporte y refinación, siendo la fase de producción donde se genera un alto porcentaje de consumo, con un 91,72%. Sin embargo el mal manejo ambiental del recurso hídrico genera riesgos ambientales a razón que las aguas residuales contienen grasas y aceites; gases como oxígeno, cloro y ácido sulfhídrico; metales pesados como bario, estroncio, cadmio, cromo, plomo y mercurio, siendo este último un metal altamente peligroso y nocivo para la salud.²¹

1.1.2 Tipos de agua

1.1.2.1 Agua subterráneas

Las aguas subterráneas representan el 97% de los recursos de agua dulce disponible en el mundo, siendo un recurso de reserva común cuyo acceso y su uso es crucial en todo el mundo, por lo que su sostenibilidad y existencia es de suma importancia en algunos continentes que carecen de recursos hídricos, tal es el caso de África.^{22,23}

Este tipo de agua se define por ser el agua presente en el suelo que interactúa con la matriz sólida de la formación y que han sido filtradas por la fuerza de la gravedad a través del suelo, se almacenan en las cavidades de las rocas existentes en el subsuelo, dicha agua se forma a partir de la lluvia y nieve que se filtra a través del subsuelo, también puede proceder de ríos y lagos situados sobre materiales más o menos porosos.²⁴

El movimiento del agua subterránea ocurre a través de los acuíferos, desde el área de entrada hasta el área de descarga, a una velocidad de metros/año a cientos de metros/día con un tiempo prolongado extenso, lo que resulta en una gran cantidad de almacenamiento masivo que se presenta a la superficie de forma natural a través de manantiales, puquios, bofedales, termas, etc.; y son extraídos artificialmente por pozos, galerías y similares.²⁴

1.1.2.2 Aguas superficiales

El agua superficial se refiere al agua que se encuentra en la superficie de la Tierra, tales como ríos, lagos, humedales y océanos; se considera como uno de los recursos naturales básicos e importantes para la supervivencia humana y el desarrollo humano. Aunque, el océano se descarta en la definición porque es muy grande y salado, sin embargo, se incluyen cuerpos de agua salada más pequeños.^{25,26} La gestión de las aguas superficiales son esenciales para el desarrollo social, especialmente en regiones áridas y semiáridas, donde las tasas de evaporación son altas y las precipitaciones raras.²⁷

Por otro lado, los cuerpos de agua superficial son recursos críticos de agua dulce, tanto para los ecosistemas humanos como para los ecológicos, puesto que son de suma importancia para sostener todas las formas de vida, ayudando a preservar la biodiversidad en los ecosistemas ribereños o de humedales al proporcionar hábitats para una plétora de flora y fauna.²⁵

La calidad del agua está relacionada e influenciada por el agua subterránea, aunque su calidad varía por los diferentes impactos ambientales negativos provocados por actividades humanas que aumentan los efectos del calentamiento global sobre la temperatura del agua y la capa de hielo estrechamente relacionada en los lagos provenientes de áreas montañosas.^{28,29}

1.1.3 Contaminación del agua

La calidad del agua ha generado varias indagaciones científicas común en la gestión de los recursos hídricos, puesto que las aguas superficiales y subterráneas se deteriora debido a la contaminación. Los contaminantes pueden incluir procesos naturales como el cambio climático que provoca precipitaciones, el transporte de sedimentos y actividades antropogénicas como descargas de aguas residuales domésticas y efluentes industriales tóxicos.³⁰

La contaminación del agua puede definirse como la alteración de las características físicas, químicas y biológicas del agua que pueden causar efectos nocivos en la vida humana y acuática.³¹ La contaminación del agua se debe a la rápida industrialización, la urbanización y la falta de conciencia entre las personas para considerar el agua como un bien fundamental, conduce al hecho que las fuentes de agua dulce se están vaciando gradualmente debido a la descarga de contaminantes, productos químicos y desechos peligrosos sin tratar de miles de industrias directamente en el cuerpo de agua.³²

Por otro lado, la acumulación excesiva de nitrógeno y fósforo del agua de fuentes difusas descargadas directamente en la columna de agua puede causar la eutrofización de lagos, ríos y aguas subterráneas, ocasionando una grave degradación de los ecosistemas acuáticos y deteriora la calidad de agua.³³

La industria textil se caracteriza por ser una actividad que genera más residuos contaminantes, puesto que las aguas residuales textiles poseen altas concentraciones con toxicidad acuática.³⁴ Asimismo, los metales pesados son unos de los mayores problemas a nivel ambiental, ya que es debido a la toxicidad que presenta en las aguas de los ríos, elevando los efectos nocivos sobre los sistemas ecológicos.³⁵

1.1.4 Fuentes de Contaminación del agua en los ríos

La contaminación del agua es un problema que todos experimentamos hoy, porque se presenta no solo en países industrializados o menos industrializados sino que también afecta a todos los sectores, de igual manera tiene un efecto dañino a cualquier cosa viva

que consume esa agua.¹³ De forma general, hay dos clases de fuentes:

- **Fuentes puntuales.-** son aquellas que tienen una fuente identificable que descargan contaminantes en zonas específicas, por ejemplo, contaminación del agua de refinería debido a la descarga de aguas residuales, la tubería conectada a una fábrica, el derrame de petróleo de un camión cisterna, entre otros.^{36,37}
- **Fuentes difusas.-** no se puede localizar fácilmente; es decir, afectan a las masas de aguas desde diferentes fuentes de origen como escorrentías de zonas agrícolas que drenan hacia los ríos. Este tipo de contaminación es difícil de identificar y controlar.^{36,37}

1.1.4.1 Tipos de contaminación y sus contaminantes del agua en los ríos

El agua puede contaminarse a partir de fuentes naturales y antropogénicas. Algunas sustancias que se encuentran de forma natural en las rocas o los suelos, como el hierro, el manganeso, el arsénico, los cloruros, los fluoruros, los sulfatos, entre otros. En los sistemas de aguas subterráneas suelen contener residuos de actividades agrícolas generados por la actividad humana, dentro de estos residuos se encuentran fertilizantes y pesticidas. Por otra parte, las escorrentías urbanas son una de las peores fuentes de contaminación, dado que contienen altas concentraciones de sólidos suspendidos y disueltos, nutrientes y pesticidas de áreas ajardinadas, metales tóxicos, aceites y grasas, patógenos de desechos humanos, pozos sépticos y compuestos orgánicos (detergente, desengrasantes, solventes químicos y otros compuestos).³⁷

Los contaminantes pueden llegar al agua a partir de actividades en la superficie terrestre, como emisiones o derrames de desechos industriales, de fuentes por debajo de la superficie terrestre pero por encima del nivel freático, como sistemas sépticos o sistemas subterráneos de almacenamiento de petróleo crudo con fugas.³⁷

A continuación se presenta algunas de las fuentes importantes de contaminación:

- Residuos agrícolas;
- Cambio climático;
- Residuos industriales y agroquímicos;
- Enriquecimientos por nutrientes;
- Aguas residuales y desechos que demandan oxígeno;
- Contaminación térmica.

1.1.4.1.1 Residuos agrícolas

Los residuos agrícolas que drenan directamente a las aguas superficiales suelen ser ricos en nutrientes (nitrógeno y fósforo), carbono orgánico biodegradable, residuos de pesticidas y bacterias coliformes fecales. El nitrógeno en forma de amoníaco y derivados del nitrato forman parte de los nutrientes de las plantas que conducen a la eutrofización.³⁷

Las actividades agrícolas influyen considerablemente en la calidad del agua, gracias al drenaje de elementos a las vías fluviales, incrementando las concentraciones de nutrientes en el agua generando problemas en la salud humana y daños en el medio acuático.³⁸

El nitrato a través de la contaminación de aguas residuales y la escorrentía de fertilizantes no es crítico en comparación a los fosfatos porque los ecosistemas acuáticos no son sensibles a los aumentos de los niveles de nitrato, sin embargo, puede causar efectos adversos en la salud humana.^{37,39}

1.1.4.1.2 Cambio climático

El cambio climático es un cambio en la distribución estadística de los patrones climáticos cuando ese cambio dura un periodo prolongado de tiempo, causado por factores como los procesos bióticos, variaciones en la radiación solar recibida por la Tierra, las placas tectónicas, erupciones volcánicas y actividades humanas que son las causas principales del cambio climático, de vez en cuando denominado calentamiento global.³⁷

El calentamiento global hace referencia al aumento de temperatura y tiene un gran impacto en los recursos hídricos por medio de grandes cambios geográficos en la intensidad, mayor evaporación, duración y frecuencia de las precipitaciones, humedad del suelo, sequías e inundaciones. Un claro ejemplo es India, donde existe una distribución desigual de los recursos hídricos, desde el noroeste más seco, donde las lluvias son escasas, hasta el noreste donde se recibe las precipitaciones más altas.^{37,40}

Otro ejemplo son los lagos que han experimentado este cambio climático incrementando la temperatura del agua y experimentando tendencias de calentamiento afectando los procesos ecológicos, como el metabolismo y crecimiento de los organismos. Este calentamiento ha sido evidente desde el año 1980 aumentando la temperatura en regiones templadas del hemisferio norte con +0.27°C por década.⁴¹

1.1.4.1.3 Residuos agroindustriales y agroquímicos

Los residuos industriales son los residuos producidos por la actividad industrial que incluye cualquier material que se inutiliza durante un proceso de fabricación, algunos de estos residuos suelen ser solventes químicos, pigmentos, lodos, metales, cenizas, pinturas, papel de lija, productos de papel, subproductos industriales y desechos radioactivos.³⁷

Por otra parte, los residuos de agroquímicos como pesticidas afectan negativamente a los ecosistemas acuáticos y provocan que los recursos hídricos no sean aptos para el consumo humano. Por ejemplo, los plaguicidas se mueven a través de escorrentías superficiales, lixiviación, mal manejo de los residuos por lo que suelen depositarse en las aguas superficiales, constituyendo un riesgo tóxico en la biota en relación al medio acuático.⁴²

Existen también otros agroquímicos tales como fertilizantes sintéticos, hormonas y agentes químicos de crecimiento. Uno de los insecticidas más controvertidos es el DDT (diclorodifeniltricloroetano) es un compuesto químico cristalino, incoloro, insípido y casi inodoro, un organoclorado, famoso por sus grandes impactos ambientales, que en ciertos niveles (10 mg/kg) puede causar intoxicación humana, donde las lluvias fácilmente puede arrastrarlos hacia los arroyos y aguas subterráneas causando el envenenamiento de las especies acuáticas.³⁷

1.1.4.1.4 Enriquecimiento por nutrientes

Los nutrientes, especialmente los que contienen nitrógeno y fósforo, pueden promover la eutrofización acelerada o el rápido envejecimiento biológico de lagos, arroyos y estuarios, debido a que son contaminantes comunes en la escorrentía residencial y agrícola, descargas de aguas residuales municipales e inclusive si las aguas residuales han recibido un tratamiento convencional.³⁷

En contraste, los nutrientes pueden ser orgánicos o inorgánicos; los compuestos orgánicos son los que en su estructura contienen carbono, mientras que los demás productos químicos son inorgánicos.³⁷ Vale la pena señalar que los altos niveles de nutrientes inorgánicos en las aguas superficiales representan una amenaza muy grave para la salud humana.⁴³

El fósforo se adhiere a los sedimentos inorgánicos y se transporta con los sedimentos en la escorrentía de las tormentas, en cambio, el nitrógeno tiende a moverse con la

materia orgánica o se filtra en los suelos y se mueve con las aguas subterráneas.³⁷ Por lo tanto, el enriquecimiento de nutrientes nitrogenados y fosforados aumenta la contaminación de las masas de agua continentales, provoca la eutrofización de las aguas superficiales, da cuenta del desequilibrio en la distribución de las especies acuáticas, favorece la proliferación de algas y aumenta el pH y la concentración de oxígeno.⁴⁴

1.1.4.1.5 Aguas residuales y desechos que demandan oxígeno

En países subdesarrollados y en desarrollo, las aguas residuales son unas de las fuentes principales de contaminación de los recursos hídricos durante las últimas tres décadas. En contexto, las crecientes descargas de las aguas residuales domésticas e industriales en un cuerpo de agua puede provocar cambios severos en la calidad del agua agravando la problemática de la contaminación del agua, ocasionando la muerte de organismos vivos y enfermedades a quienes consumen el agua.^{45,46}

En general, existe una gran cantidad de productos que aumentan la producción de contaminantes orgánicos e inorgánicos, los cuales clasifican las aguas residuales según su color. Por definición, el agua negra proviene de limpiadores de inodoros, jabones y detergentes, mientras que el agua gris es agua de fregaderos, duchas, lavavajillas y lavadoras. Las aguas residuales pueden ser un fertilizante porque liberan nutrientes como nitrógeno y fósforo, lo que provoca la proliferación masiva de algas reduciendo el contenido de oxígeno disuelto en el agua, matando gradualmente a las especies acuáticas.^{37,47}

1.1.4.1.6 Contaminación térmica

La contaminación térmica ocurre cuando una organización o industria toma, enfría o calienta agua natural, dependiendo de la industria, y la devuelve al medio ambiente a temperaturas variables. Este cambio de temperatura altera los niveles de oxígeno y puede tener efectos negativos en el medio ambiente y sus habitantes.⁴⁸

Por otro lado, la temperatura del agua afecta muchos aspectos de la calidad del agua y es uno de los parámetros más importantes que caracterizan las condiciones físicas de los ecosistemas de agua dulce, alterando las condiciones naturales de los ríos que perjudica la preservación de las especies acuáticas.⁴⁹

Las descargas calentadas en un arroyo o lago pueden alterar drásticamente la ecología del sistema acuático, por lo que sus efectos ecológicos son perjudiciales, ya que,

reducen la solubilidad del oxígeno en el agua, aumenta la tasa metabólica de los organismos acuáticos, las plantas acuáticas reducen la tasa de fotosíntesis y los organismos adaptados a un rango de temperatura particular pueden morir por el cambio abrupto en la temperatura del agua.³⁷

1.1.5 Calidad del agua

La calidad del agua de cualquier área o fuente puede evaluarse utilizando parámetros físicos, químicos y biológicos; pero la calidad de agua se ha ido deteriorando durante mucho tiempo debido a las actividades naturales y humanas antropogénicas relacionadas con la urbanización extensiva, prácticas agrícolas, la industrialización y el crecimiento poblacional, lo cual ha llevado a naciones desarrolladas para mantener y mejorar el estado de calidad del agua frente a este problema.^{50,51}

Para conocer la calidad de agua de un cuerpo hídrico es necesario diseñar e implementar un programa de monitoreo, teniendo en cuenta varios aspectos como el objetivo del estudio, el área de estudio, los puntos de muestreo, los indicadores de calidad de agua, periodo de muestreo, logística, recursos técnicos, económicos y humanos, entre otros.⁵²

La gestión de la calidad del agua requiere la recopilación y análisis de grandes conjuntos de datos del agua que pueden ser difíciles de evaluar y sintetizar; no obstante, se han desarrollado una variedad de herramientas para evaluar los datos de calidad del agua; una de esas herramientas es el modelo del índice de calidad del agua (WQI, por sus siglas en inglés), la cual es utilizada para evaluar la calidad de agua de los ríos según sus parámetros físicos, químicos y biológicos por su amplia aplicación en la integración de varios parámetros de calidad del agua en un valor adimensional que puede representar la calidad del agua.^{50,53}

Para determinar la calidad de agua de un cuerpo hídrico es necesario considerar los siguientes:

- Parámetros fisicoquímicos
- Parámetros microbiológicos

1.1.5.1 Parámetros fisicoquímicos

1.1.5.1.1 pH

Es un indicador de la acidez, basicidad y alcalinidad del agua. Además, este parámetro

provoca cambios en la composición de la flora y la fauna de los cuerpos de agua y afecta los niveles tóxicos de algunos compuestos, como el amoníaco, metales pesados, ácido sulfhídrico, etc.¹⁸

La definición química de pH se da como “el logaritmo negativo de la concentración de hidronio” y corresponde a la Ecuación 1:⁵⁴

Ecuación 1

$$\text{pH} = -\text{Log}[\text{H}_3\text{O}^+]$$

Esta ecuación de acidez es muy útil y se emplea a menudo para encontrar el pH, incluidos el agua, el suelo y en los alimentos. La concentración de iones hidronio del agua pura a 25 C es $1,0 \times 10^{-7}$ M. Utilizando la ecuación del pH, el valor del agua en estas condiciones es 7.⁵⁴

1.1.5.1.1.1 Escala del pH

Para medir el grado de acidez o alcalinidad, se utiliza la escala de pH, puesto que es aplicable a todas las disoluciones acuosas. En esta escala, se asigna con el número 7 a disoluciones neutras, por ejemplo el agua; las soluciones alcalinas tienen un pH mayor que 7 y las soluciones ácidas tienen un pH menor que 7.⁵⁵

1.1.5.1.1.2 Medida del pH de una disolución

Para determinar la medida de pH se utilizan 3 métodos; el primero se basa en un indicador que cambia de color en una zona estrecha de pH, pero suelen ser diferentes de acuerdo al tipo de indicador, para que este pueda tener efecto suele añadirse una o dos gotas del indicador, el cual denotara un color que corresponde a los valores de la escala del pH.

El segundo método es utilizando un papel indicador, el cual se expende en librito. El cambio de color de una tira del papel indicador, denotara aproximadamente el pH de la disolución ensayada, esto se efectúa cuando se moja el papel o se vierte en la disolución.⁵⁵

El tercer método es ocupando un pH-metro, siendo un equipo muy utilizado en los laboratorios. Primero se empieza por ajustar el aparato ateniéndose las instrucciones que el equipo establece en su manual y diseño. Los electrodos se introducen en la solución de ensayo y automáticamente se realizará la lectura del pH.⁵⁵

1.1.5.1.2 Turbidez.

La turbidez es la medida de la interferencia de las partículas suspendidas con la transmisión de la luz. Esto es provocado por el lodo y la arcilla del suelo que forma el lecho del río, a las partículas orgánicas, a los microorganismos y a cuerpos similares que se encuentran suspendidos en el agua.⁵⁶

La turbidez se puede asociar a tres categorías tales como minerales, partículas orgánicas húmicas y partículas filamentosas; las primeras provienen de la erosión de suelos y rocas, suelen estar con restos orgánicos, de igual manera los aportes de aguas turbias de escorrentía en épocas de lluvias ricas en minerales aumentan la turbidez en los ríos.⁵⁷ La turbidez se mide en la unidad nefelométrica (NTU o UNF), la unidad Jackson (JTU) y la unidad de formacina (FTU), el cual se mide mediante un turbidímetro.⁵⁸

1.1.5.1.3 Color.

Proviene de la disolución de materia vegetal o mineral; por la presencia de materia orgánica durante la descomposición, como lignina y taninos; óxidos de hierro, zinc y manganeso; algas, entre otros⁵⁶. El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible y son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes, puesto que el agua pura solo es azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de suelos vegetales, color amarillento debido a los ácidos húmicos y rojo cuando existe la presencia de hierro⁵⁸.

Las medidas de color suelen realizarse en el laboratorio mediante una comparación con un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto y cloroplatinato de potasio y se expresa en unidades de Pt-Co (unidades Hazen) o simplemente Pt.⁵⁸

1.1.5.1.4 Olor y Sabor

En el agua, todas las sustancias orgánicas pueden producir olores y sabores, según la concentración que se encuentre. Las algas también producen olor y sabor. Son comunes la creación de olores y sabores: el ácido sulfhídrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, entre otros.⁵⁶

El sabor y olor del agua son determinaciones sensoriales de determinación subjetiva sin instrumentos visuales, sin registro, sin unidades de medida. Sin embargo, están claramente interesados en el agua potable destinada al consumo humano.⁵⁷ Las fuentes de sabores y olores en el agua resultan de dos orígenes: naturales y artificiales, respecto

a los orígenes naturales estos incluyen gases, sales, compuestos orgánicos e inorgánicos que provienen de la actividad de los organismos acuáticos y los de origen artificial o antropogénico se originan de compuestos orgánicos e inorgánicos.⁵⁷ En la Tabla 1 se denotan algunos olores y sabores típicos que se pueden detectar en el agua.

Tabla 1. Olores y sabores típicos en aguas

Olores	Sabores
Aromático (especies, limón)	Amargo
Balsámico (flores diversas)	Metálico
Clorado	Salado
Hidrocarburos	Medicinal
Medicinal	Terroso
Sulfuroso	Mohoso
Terroso	Otros
Fecal	
Mohoso (cieno, fango, otros)	

Fuente: (Marín, 2000)

1.1.5.1.5 *Temperatura*

La variación de este parámetro aumenta la toxicidad de algunas sustancias hidrosolubles. Es un indicativo de la estabilidad del ecosistema y es importante porque afecta sobre procesos como la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos y los cambios de viscosidad en los procesos de tratamiento como la cloración, filtración, floculación, sedimentación y ablandamiento^{17,56}. El cambio de temperatura en los cuerpos de agua afecta de manera física, química y biológica influyendo directamente en la calidad de agua.⁵⁹

1.1.5.1.6 *Conductividad*

La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales iónicas como cloruro o iones de sodio, carbonatos, etc.¹⁸ Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad le da al agua un cierto valor de resistencia a la corriente. Si

el agua tiene muchos iones disueltos, su conductividad será alta..⁵⁶

1.1.5.1.7 Dureza total

La dureza total consiste en iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en el agua, que se originan en lugares donde la superficie del suelo es espesa y tiene una estructura caliza; En esta zona se liberan partículas de magnesio y calcio y, al mezclarse con el agua, la dureza en general aumenta, es decir, cambia la dureza del agua, donde el agua superficial es más blanda que la subterránea, que posee mayor dureza, los cuerpos de agua reflejan su interacción con las formaciones geológicas.²⁴

Cuando existe altas concentraciones de calcio y magnesio se dice que el agua es dura y significa que contiene sales incrustantes, que al usar el agua para la cocción de alimentos esta se dificulta, esto se debe a que los cationes reaccionan con ciertos aniones para formar condiciones supersaturadas.⁶⁰

1.1.5.1.8 Sólidos totales disueltos

Son indicativos de la existencia de sales disueltas y partículas en suspensión de origen orgánico e inorgánico¹⁷. Los sólidos totales disueltos se pueden dar en aguas subterráneas como superficiales, sin embargo para el agua potable se indica un valor máximo deseable de 500 mg/L⁵⁸. Se pueden determinar filtrando y evaporando una muestra de agua a temperaturas bajas, pero una manera rápida y simplificada de medir los STD de una muestra de agua es mediante la conductividad eléctrica.⁶¹

1.1.5.1.9 Nitratos y Fosfatos

La alta concentración de nitratos y fosfatos suele asignarse por el vertimiento de detergentes y a la aplicación excesiva de fertilizantes, provocando la contaminación y eutrofización en los cuerpos hídrico^{17,62}. Generalmente, las aguas superficiales no suelen contener cantidades de nitratos superiores a 10 mg/L e inclusive no suele llegar a sobrepasar el 1 mg/L. Sin embargo, durante los últimos 40 años existe el aumento del contenido de nitratos en aguas superficiales, por lo que estos aumentos provocan que no sean aptos para el consumo por el evidente riesgo en la salud.⁵⁷

La presencia de fosfato en los cuerpos hídricos, especialmente en las aguas superficiales ha ocasionado la escasez y el deterioro de los mismos.⁶³ Los fosfatos forman parte de los fertilizantes y estiércoles, de la materia orgánica proveniente de desechos urbanos, industriales y residuos agrícolas; por lo que se considera que la contaminación fosfatada es una consecuencia directa del uso de fertilizantes por la

agricultura.⁶³

Cuando existe un exceso de fosfatos, este ion suele operar como nutriente limitante del crecimiento de algas, cuanto mayor es la entrada de ion, más abundante es el crecimiento de las algas y cuando este último muere y empieza a descomponerse por oxidación, el agua agota el oxígeno disuelto afectando de manera directa la vida acuática de los peces.⁶⁴ Para la determinación de nitratos y fosfatos en una muestra suele efectuarse por el método colorimétrico, puesto que este método es aplicable para todo tipo de aguas incluyendo la de mar.⁶⁵

1.1.5.1.10 Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO₅)

Determina la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica que se genera a partir de los desechos orgánicos domésticos e industriales orgánicos vertidos a las líneas de agua en condiciones aeróbicas; por lo general se determina la demanda a los cinco días y mediante ecuaciones de cinética bacteriana.^{17,18}

Cuando los niveles de la DBO son altos, los niveles de oxígeno son bajos, esto se debe a que los microorganismos están consumiendo ese oxígeno en gran cantidad, pues al haber menos oxígeno existe la mínima probabilidad de que los peces, plantas acuáticas y otros organismos acuáticos sobrevivan.⁶⁶ Los valores de DBO₅ se expresan en mg/L y para su determinación se lo realiza mediante el método iodométrico.

1.1.5.1.11 Demanda química de oxígeno (DQO)

Determina la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua en condiciones y temperaturas específicas del oxidante.¹⁸ La demanda química de oxígeno (DQO) mide la cantidad total de contaminantes presentes en las aguas residuales.⁶⁶

La demanda química de oxígeno da resultados más rápidos que la DBO₅ porque no se ve afectada por muchos cambios. En la evaluación de DQO, la materia orgánica se convierte en dióxido de carbono y agua, por lo que el resultado es superior al valor de DBO₅ y la diferencia es mayor cuando hay presentes grandes cantidades de materia orgánica resistente.⁶¹

1.1.5.2 Parámetros microbiológicos

1.1.5.2.1 Coliformes fecales

Son un grupo de bacterias representadas por la familia Enterobacteriaceae que se han

utilizado como un indicador ideal del agua potable. Estos son patógenos presentes en heces animales y humanas. En este grupo, los aerobios y los anaerobios facultativos son los más destacados; aunque el mayor representante es *Escherichia coli* por su fácil crecimiento a altas temperaturas y su capacidad para producir glucuronidasa^{17,18}

Las formas patógenas de *Escherichia* y de otras bacterias: *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter K*, se determinan por medio de la técnica descrita por McGrady, el Número Más Probable (NMP) y continúan utilizándose, sin embargo, ante la ausencia de coliformes indica que el agua es potable desde un punto de vista microbiológico.⁵⁶

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliforme. Se definen como bacilos gramnegativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5°C±0.2°C dentro de las 24±2 horas. La presencia de coliformes en las fuentes de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otros tipos de desechos en descomposición.⁶⁷

1.1.6 Índices de calidad del agua (ICA)

Los índices de calidad del agua general fueron desarrollados por Brown en el año 1970 y ha sufrido modificaciones y mejoras para diferentes propósitos.⁵¹ La calidad de agua de cualquier fuente hídrica, especialmente en ríos, puede evaluarse mediante parámetros físicos, químicos y biológicos; aunque la gestión de la calidad del agua requiere de la recopilación y análisis de grandes conjuntos de datos que pueden ser difíciles de evaluar y sintetizar. Se ha desarrollado una variedad de herramientas para evaluar los datos de calidad de agua y el modelo de los índices de calidad del agua es una de esas herramientas.⁵⁰

Los modelos de ICA se fundamentan en funciones agregadas permiten el análisis de grandes conjuntos de calidad del agua que varían en el tiempo y espacio para producir un valor único, es decir, el índice de calidad del agua, indica la calidad del cuerpo hídrico.⁵⁰

El ICA es un número adimensional que combina varias variables de calidad del agua en un solo número normalizando los valores de las curvas de clasificación permitiendo una fácil interpretación simple del monitoreo de datos.⁶⁸ El uso de los índices de calidad de agua hace que el público en general este mejor informado y sea más responsable sobre el estado de las aguas superficiales circundantes.⁶⁹

En general, los índices de calidad del agua incluyen cuatro procesos. En primer lugar,

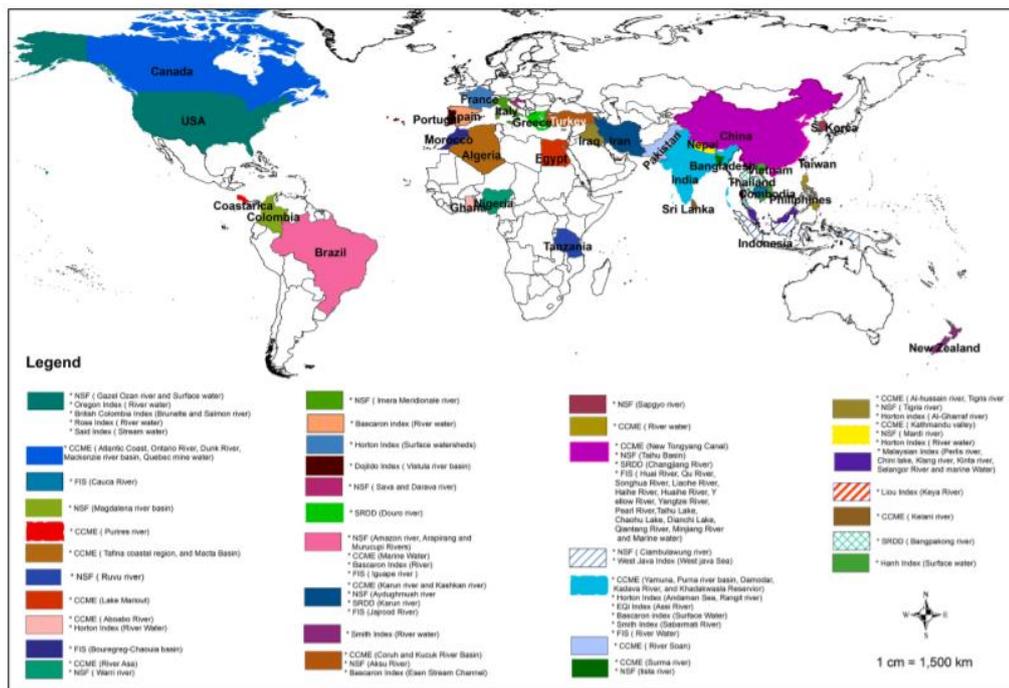
se seleccionan los parámetros de interés de la calidad del agua. En segundo lugar, se leen los datos de calidad del agua y, se transforma la concentración en un subíndice adimensional de un solo valor. En tercer lugar, se determina el factor de ponderación para cada parámetro de calidad del agua y, en cuarto lugar, se calcula un índice de calidad del agua de un solo valor único mediante una función compuesta que utiliza los subíndices y factores de ponderación para todos los parámetros de calidad del agua.⁵⁰

En la actualidad existen diversas metodologías para evaluar la calidad de agua de un cuerpo hídrico; la diferencia entre cada una radica en la forma de calcularse y en los parámetros que se tienen en cuenta en la formulación del índice respectivo, entre las metodologías más utilizadas son NSFQI (Índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento), CCMEWQI (Índice de calidad del agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente), OWQI (Índice de calidad del agua de Oregón), entre otras; a pesar de eso todavía no existe una metodología aceptada, esto se debe a las particularidades regionales de las aguas analizadas.^{8,9}

1.1.6.1 Antecedentes de los índices de calidad del agua

El historial de desarrollo del modelo de los índices de calidad del agua se presenta de manera gráfica en la Figura 1:⁵⁰

Figura 1. Países y Regiones en los que han Aplicado WQI a Nivel Mundial



Fuente: (Uddin et al., 2021)

Los modelos de los índices de calidad del agua se han desarrollado a lo largo de los años, por lo que su uso se enfoca en la clasificación de la calidad del agua de diferentes arroyos y lagos según su grado de calidad.⁷⁰ Horton desarrolló el primer modelo de los índices de calidad del agua en la década de 1960, el cual se basó en 10 parámetros de calidad del agua, pero Brown junto con la ayuda de la Fundación Nacional de Saneamiento, desarrolló una versión más rigurosa del modelo de Horton, conocido como Índices de calidad de agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSFWQI).⁵⁰

El desarrollo de los posteriores modelos de los índices de calidad del agua se basó en el modelo de NSF-ICA. Sin embargo, el primer índice de calidad del agua moderno basado en la bioevaluación, el “Índice biótico de Trent” (TBI), se introdujo antes del índice de Horton; TBI estaba enfocado a los arroyos de Florida, Estados Unidos.⁷⁰

En 1973, el Departamento Escocés de Desarrollo de la Investigación (SRDD) desarrolló su SRDD-ICA, también basado en el modelo de Brown, aplicado en la evaluación de la calidad del agua de ríos. Por otro lado, otra metodología importante que se desarrolló fue la de Columbia Británica (BCWQI), desarrollada por el Ministerio de Medio Ambiente, Tierras y Parques de la Columbia Británica a mediados de los años 90 y se aplicó en aguas de la Columbia Británica.⁵⁰

Solo hasta 1980, el Departamento de Calidad Ambiental de Oregón, desarrolló su propio índice a partir del NSF, sin embargo, su aplicación fue discontinua dada la dificultad de su cálculo en computadoras de primera generación.⁷¹

Luego, la comunidad Europea desarrolló el índice universal de la calidad del agua (UWQI), utilizado para evaluar la calidad del agua superficial usada para suministros de agua potable.⁷² En total, existen al menos 30 modelos comúnmente utilizados para indicadores de calidad del agua en todo el mundo, que cubren variables de 3 a 72.⁷³

1.1.6.2 Tipos de modelos de los índices de calidad del agua

1.1.6.2.1 Índice Universal de la Calidad del Agua (UWQI)

El Índice Universal de Calidad del Agua (UWQI) se utiliza para describir la calidad del agua superficial utilizada para el suministro de agua potable y ofrece varias ventajas sobre los indicadores existentes, lo que refleja la idoneidad del agua para una aplicación particular e incluye evaluar 12 parámetros en total que son: coliformes totales, cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruros, nitratos, oxígeno disuelto, pH, DBO, y

fósforo total.⁷²

UWQI utiliza la Ecuación 2 de suma ponderada, que es menos sensible a cambios severos en la calidad del agua, una condición que limita su uso para evaluar la calidad del agua en fuentes de agua superficial con cambios repentinos y drásticos en las propiedades físicas, químicas y químicas:⁷⁴

Ecuación 2

$$UWQI = \sum_i^n W_i I_i$$

Donde:

W_i : es el peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro.⁸

I_i : es el subíndice del i-ésimo parámetro.⁸

1.1.6.2.2 Índice de Calidad de Agua para Oregón (OWQI)

Se utiliza para informar sobre el estado y las tendencias de la calidad del agua de Oregón a los legisladores estatales y otros legisladores. OWQI analiza un conjunto específico de variables de calidad del agua y genera un valor agregado para describir la calidad del agua de los ríos y arroyos en Oregón. Las variables de calidad del agua que incluye son: temperatura, oxígeno disuelto (% de saturación y concentración), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), pH, sólidos totales, amonio y nitrato, fósforo total y coliformes. Está diseñado para permitir la comparación de la calidad del agua en diferentes secciones del mismo río o en diferentes cuencas. Así mismo, identifica y compara el estado de la calidad del agua.⁷⁵

El modelo matemático de OWQI está dado por la Ecuación 3⁷⁶:

Ecuación 3

$$OWQI = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{SI_i^2}}}$$

Donde:

n : número de subíndices.⁷⁶

SI : subíndice del i-ésimo parámetro.⁷⁶

1.1.6.2.3 Índice de calidad de agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSFWQI)

Los índices de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento desarrollado en 1970 por Brown, a partir de una encuesta aplicada a 142 expertos de los Estados Unidos, considera 9 parámetros como los más importantes para determinar la calidad del agua (oxígeno disuelto (OD), coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), nitratos, fosfatos, temperatura, sólidos totales y turbidez⁷⁷.

El índice de calidad de agua propuesto por la NSF se fundamenta en un procedimiento que tiene en cuenta el promedio aritmético ponderado de nueve variables, y se determina a través de la Ecuación 4:¹²

Ecuación 4

$$\text{NSFWQI} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i w_i$$

Donde:

w_i : representa el factor de importancia o ponderación de la variable i respecto a las restantes variables que conforman el índice.¹²

Q_i : corresponde con el factor de escala de la variable, depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes.¹²

i : representa la variable o parámetro considerado.¹²

El valor de Q_i se estima a partir de funciones de calidad, expresadas a partir de ecuaciones o curvas para cada variable con el objetivo de convertir los valores de las variables en una escala adimensional ya que su expresión es en unidades diferentes (mgL⁻¹, porcentaje, unidades, etc.), para permitir su agregación. En la Tabla 2 se presentan los pesos asignados de las variables que conforman en los Índices de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento⁷⁸

Tabla 2. Valores Relativos Asignados a Cada Variable Según el ICA-NSF

Coliformes fecales (CF)	0,15
Potencial de hidrógeno (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	0,10

Nitratos (NO_3^{-1})	0,10
Fosfatos (PO_4^3)	0,10
Cambio de la Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totales disueltos (STD)	0,08
Oxígeno disuelto (OD)	0,17

Fuente: (Quiroz et al., 2017)

CAPÍTULO II

2.1 METODOLOGÍA

2.1.1 Tipo de estudio

La presente investigación se desarrolló de manera cuasi-experimental y longitudinal con enfoque cuantitativo, pues se manipula algunas variables a analizar en el transcurso del río Jubones, es decir, el muestreo que se realizó en los 4 puntos de muestreo previamente seleccionados, con el objetivo de determinar y establecer el estado actual que presenta la calidad del agua en del río Jubones en el cantón El Guabo, Provincia de El Oro.

2.1.2 Identificación de Variables

2.1.2.1 Variable Independiente

- Puntos de muestreo

2.1.2.2 Variables Dependientes

- Parámetros fisicoquímicos (Temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez, sólidos totales disueltos, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos).
- Parámetros microbiológicos (Coliformes fecales).

2.1.3 Población

La cuenca hidrográfica del Jubones está ubicada al sur occidente de la República del Ecuador, que comprende un territorio de 436.170 hectáreas, que integra 3 provincias: Azuay, El Oro y Loja. El río Jubones se encuentra establecido dentro de la provincia de El Oro con los cantones El Guabo, Pasaje, Chilla y Zaruma.^{14,79}

La cuenca hidrográfica del Jubones es considerada la sexta cuenca más grande de la vertiente Occidental y la doceava a nivel nacional.⁸⁰ Sus límites son:

Norte:	x = 689.973	y = 9661137
Sur:	x = 687.645	y = 9589552
Este:	x = 728.259	y = 9631688
Oeste:	x = 610.988	y = 9639089

2.1.4 Muestra

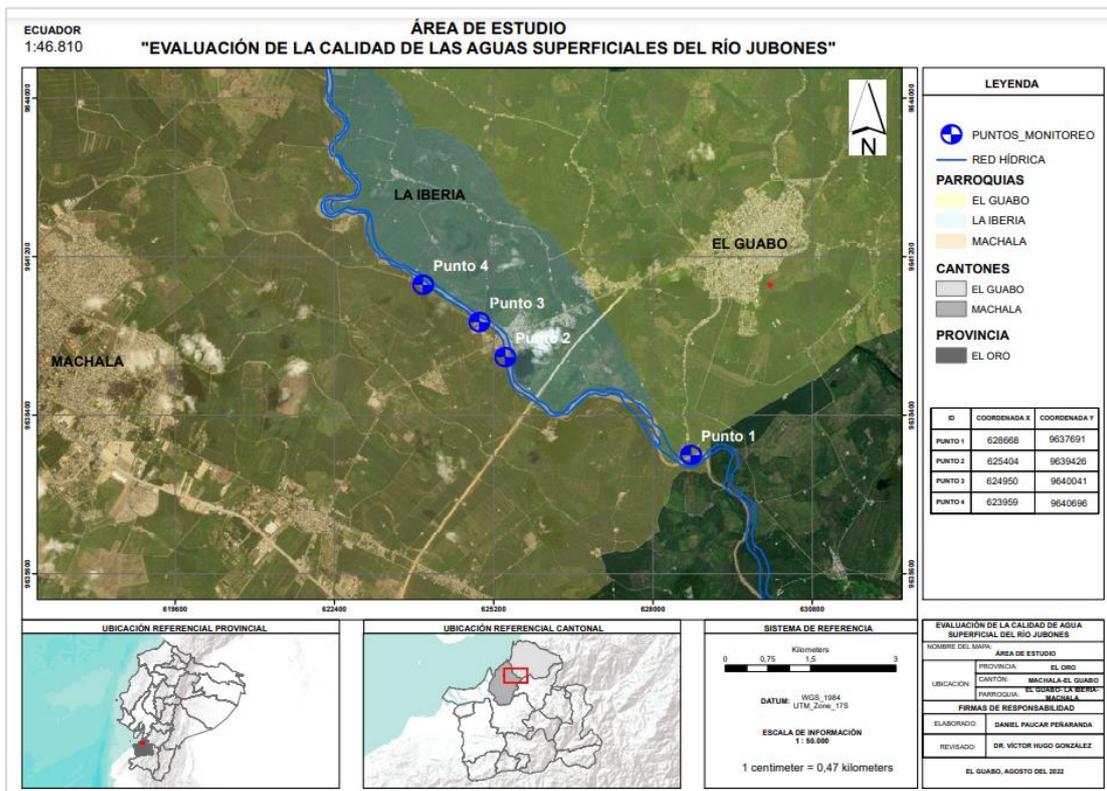
Se propone recolectar 4 muestras superficiales del río Jubones a lo largo de su recorrido por el cantón de El Guabo, comprendidos en la época húmeda o lluviosa. En la Tabla 3 se presentan las coordenadas (sistema WGS84-UTM Z 17S) de los puntos de muestreo propuestos:

Tabla 3. Coordenadas de los puntos de muestreo

No	Puntos de Muestreo	Coordenadas en X	Coordenadas en Y
1	Punto 1	628668	9637691
2	Punto 2	625404	9639426
3	Punto 3	624950	9640041
4	Punto 4	623959	9640696

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

Figura 2. Área de estudio



Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

2.1.5 *Materiales, equipos e instrumentos*

2.1.5.1 *Materiales*

- 1 Hielera o Cooler grande
- 5 Frascos de vidrio de color ámbar de 1000 ml
- 5 Frascos de policarbonato de 250 ml
- 6 Embudos de vidrio pequeño
- 3 Soportes de embudo
- 6 Matraz aforado de 200 ml
- 6 Matraz Erlenmeyer de 250 ml

2.1.5.2 *Equipos*

- Medidor Multiparamétrico HACH
- Turbidímetro
- Espectrofotómetro HACH DR 1900
- Medidor portátil de oxígeno disuelto BANTE 821
- GPS Garmin 72H
- Cámara fotográfica
- Esterilizador

2.1.5.3 *Instrumentos*

- NTE INEN 2176:1998
- NTE INEN 2226:2013
- NTE INEN 2169:2013
- Índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento propuesto por Brown
- Ficha técnica muestreo

2.1.5.4 *Sustancias y Reactivos*

- Agua destilada

- Alcohol potable 70%
- Reactivo HACH NitraVer®5
- Reactivo HACH PhosVer®3
- Inhibidor de nitrificación
- 200g de hidróxido de sodio
- Solución electrolítica

2.1.5.5 Equipos de protección personal

- Zapatos punta de acero
- Guantes de vinilo
- Mascarilla
- Bata de laboratorio

2.1.5.6 Otros materiales

- Tijeras
- Estilete
- Papel periódico
- Papel aluminio
- Papel absorbente
- Toallas de microfibra

2.1.6 Medición de los parámetros fisicoquímicos

En la metodología del trabajo de titulación incluye realizar análisis in situ y en el laboratorio de investigación de Toxicidad Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud en la Universidad Técnica de Machala.

2.1.6.1 Calibración de equipos

2.1.6.1.1 Calibración del medidor multiparamétrico digital 983

Para la calibración del equipo se requiere el uso de un líquido de fosfato estándar de pH 6,86 a 25°C, dentro de la solución tampón estándar se sumergió el electrodo de pH. Luego, se presionó la tecla “EC/pH” para elegir “pH”, con la ayuda de un destornillador

se reguló el trimmer "pH7" hasta obtener el valor de la solución tampón correspondiente a la temperatura de medición.⁸¹

Por consiguiente, se limpió el electrodo con agua destilada y se sumergió el electrodo en pH4.01 o pH9.18 de la solución tampón estándar. Después de un minuto aproximadamente, se obtiene el valor de la solución tampón correspondiente a la temperatura de medición. Por último, se muestra el valor y el valor de pH de la solución tampón está dentro del rango de error.⁸¹

2.1.6.1.2 Calibración del turbidímetro HACH 2100N

Para la calibración del turbidímetro HACH 2100N se presionó en la tecla CAL y la luz S0 se iluminó, de tal manera que, la pantalla mostró el valor NTU del agua de dilución utilizada en la última calibración. Para ello, se procedió a coger el vial <0,01 NTU, así mismo, se limpió el vial con un paño de microfibra con el fin de eliminar gotas de agua y las huellas del dedo, luego se aplicó unas pequeñas gotas de aceite de silicona desde la parte superior del vial hasta la inferior, para eso, se empleó un paño lubricante que suministra el aceite de forma uniforme, eliminando el exceso de aceite.⁸²

Seguidamente, se colocó el vial en el soporte de cubetas de muestra con el triángulo del vial alineado con la marca de referencia del soporte de cubetas de muestras, se cerró la cubierta y se pulsó "ENTER" por lo que el instrumento realizará una cuenta para atrás y medirá el estándar que deberá usarse.⁸²

La luz S1 se iluminará y se retira el vial del soporte de cubetas. Asimismo, se repitió los mismos pasos para los otros viales StablCal desde el estándar NTU más bajo hasta el más alto, de tal manera que la luz S0 se encendió después que se midió el último vial. Por último, se pulsó "CAL" para guardar los nuevos datos de calibración y proceder a medir nuevas muestras.⁸²

2.1.6.1.3 Calibración del medidor de oxígeno disuelto BANTE 821

Para la calibración del medidor de oxígeno disuelto se presionó en la tecla "Mode" para ingresar al modo de concentración de oxígeno disuelto y seleccionar la calibración de 1 punto en el menú de configuración, se pulsó la tecla "Cal", mostrando 8,25 mg/L/CAL1 @25°C en la pantalla del equipo. Se procedió a colocar el electrodo de oxígeno disuelto en el agua saturada de aire durante 10 minutos, mientras se agitaba el electrodo, se presionó en la tecla "Enter", empezando la calibración hasta que el icono de calibración deje de parpadear y se estabilice. Una vez que se realice la calibración, el medidor

mostró “End” y vuelve al modo de medición.⁸³

2.1.6.2 Parámetros medidos *in situ* (físicoquímicos)

Para el levantamiento de información se llevó a cabo del 11 de junio al 22 de julio, siguiendo los procedimientos de muestreo que están encaminados a lograr que la composición de la muestra tomada sea lo más representativa del medio que se está muestreando, siendo este un paso fundamental para el éxito de proceso analítico. Las metodologías de referencia son:

- NTE INEN 2226:98 Agua: Calidad del agua, muestreo, diseño de los programas de muestreo.
- NTE INEN 2176:98 Agua: Calidad de agua, muestreo, técnicas de muestreo.
- NTE INEN 2169:98 Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

Es importante destacar, que el monitoreo *in situ* de los parámetros de evaluación se los realizo con los equipos de la Universidad Técnica de Machala previamente calibrados y bajo la supervisión del tutor de tesis. A continuación, en la Tabla 4 se presentan los parámetros, equipos y métodos que se evaluaron de manera *in situ*:

Tabla 4. Parámetros, equipos y métodos utilizados en los análisis *in situ*

Parámetros	Equipo Utilizado	Método
Temperatura	Medidor Multiparamétrico digital 983	Termoeléctrico (sensor)
Turbidez (NTU)	Turbidímetro HACH 2100N	USEPA180.1
Sólidos Totales Disueltos	Medidor Multiparamétrico Digital 983	Potenciométrico Electrométrico
Potencial de Hidrógeno (pH)	Medidor Multiparamétrico Digital 983	Potenciómetro (Electrodo)
Oxígeno Disuelto (OD)	Medidor de Oxígeno Disuelto BANTE 821	Sensor polarográfico/electroquímico

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

2.1.6.3 Parámetros medidos en laboratorio (físicoquímico y microbiológico)

2.1.6.3.1 Parámetros físicoquímicos

Los parámetros que no pueden ser evaluados *in situ* como: nitratos, fosfatos y demanda bioquímica de oxígeno, fueron evaluados en el laboratorio de Toxicidad Ambiental de la Universidad Técnica de Machala aplicando los procedimientos estandarizados para lograr que la muestra represente la composición media del punto de muestreo, teniendo en cuenta las condiciones que permite el campo. Las metodologías de referencia son las mismas mencionadas anteriormente. Para más detalle, en la Tabla 5 se presentan los parámetros, equipos y métodos que se utilizaron para los análisis en laboratorio:

Tabla 5. Parámetros, equipos y métodos utilizados en los análisis en el laboratorio

Parámetros	Equipo Utilizado	Método
Nitratos	Espectrofotómetro HACH modelo DR1900	Reducción de Cadmio (0,3-30,0 mg/L)
Fosfatos	Espectrofotómetro HACH modelo DR1900	USEPA, Ácido ascórbico (0,02-2,50 mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Cabezales de OxiTop®	Método Respirométrico

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

2.1.6.3.1.1 Nitratos

Para la determinación de nitratos en las muestras de aguas se utilizó un espectrofotómetro de marca HACH modelo DR1900 y el reactivo NitraVer[®]5, siguiendo la metodología detallada por el fabricante. Por consiguiente se encendió el equipo y se inició en el programa “355N, nitrato HR PP”. Para la preparación de la muestra, se llenó una celda con 10mL de muestra, el cual debe estar enrasado correctamente, se adiciona el contenido de un sobre de reactivo en polvo NitraVer[®]5, se procede a colocar el tapón en la celda de la muestra, para agitar la celda de manera vigorosa por un minuto e iniciar el temporizador del equipo con un tiempo 5 minutos, tiempo suficiente para que el reactivo reaccione con la muestra.⁸⁴

Para la preparación del blanco, se llenó otra celda con 10mL de muestra, posteriormente, se limpió la celda utilizando un paño de microfibra, luego se insertó el

blanco en el equipo para cubrirla con el protector y se presionó el botón “Cero” mostrando en la pantalla del equipo 0,0 mg/L NO_3^- -N.⁸⁴

Después de que el temporizador de 5 minutos expira, se limpió la celda con la muestra preparada, se introdujo en el soporte del equipo para cubrirla con el protector y se presionó “Medición”, mostrando los resultados en mg/L NO_3^- -N.⁸⁴ Una vez finalizado la respectiva lectura y anotación de los resultados, se procede a arrojar las muestras de las celdas y se las limpió con agua destilada. Este procedimiento se realiza de la misma manera para todas las muestras.

2.1.6.3.1.2 Fosfatos

Para la determinación de nitratos en las muestras de aguas se utilizó un espectrofotómetro de marca HACH modelo DR1900 y el reactivo PhosVer[®]3, siguiendo la metodología detallada por el fabricante. Por consiguiente se encendió el equipo y se inició en el programa “490P, React. PP”. Para la preparación de la muestra, se llenó una celda con 10mL de muestra, el cual debe estar enrasado correctamente, se adiciona el contenido de un sobre de reactivo en polvo PhosVer[®]3, se procede a colocar el tapón en la celda de la muestra, para agitar la celda de manera vigorosa por 20-30 segundos e iniciar el temporizador del equipo con un tiempo 2 minutos, tiempo suficiente para que el reactivo reaccione con la muestra.⁸⁵

Para la preparación del blanco, se llenó otra celda con 10mL de muestra, posteriormente, se limpió la celda utilizando un paño de microfibra, luego se insertó el blanco en el equipo para cubrirla con el protector y se presionó el botón “Cero” mostrando en la pantalla del equipo 0,0 mg/L PO_4^{3-} .⁸⁵

Después de que el temporizador de 2 minutos expira, se limpió la celda con la muestra preparada, se introdujo en el soporte del equipo para cubrirla con el protector y se presionó “Medición”, mostrando los resultados en mg/L PO_4^{3-} .⁸⁵ Una vez finalizado la respectiva lectura y anotación de los resultados, se procede a arrojar las muestras de las celdas y se las limpió con agua destilada. Este procedimiento se realiza de la misma manera para todas las muestras.

2.1.6.3.1.3 Demanda bioquímica de oxígeno

Las mediciones se realizaron por el método respirométrico con el equipo Oxitop, que consiste en agregar una alícuota de la muestra, valor que se coloca de acuerdo al factor del equipo. Para ello se utilizó el rango bajo que corresponde a un volumen de 432 ml

teniendo como rango de medición de 0 a 40 mg/L. Este volumen se colocó en las botellas de ámbar, adicionando una varilla de agitación magnética, luego se añadió 10 gotas de inhibidor de nitrificación en cada una de las botellas de ámbar.⁸⁶

Inmediatamente, en el cuello de las botellas de ámbar se introduce un carcaj de goma que permite el cierre hermético y a su vez en él depositan de 3 a 4 pastillas de hidróxido de sodio. Luego se enrosca el Oxitop en la botella cerrando de manera hermética, a su vez se posicionan las botellas de ámbar en la plancha de agitación al interior de la incubadora. Finalmente se mantiene en la incubadora durante 5 días a 20°C.^{86,87}

2.1.6.3.1.4 Parámetros microbiológicos

Los análisis microbiológicos fueron realizados por el laboratorio MSV con certificado de acreditación SAE-LEN-16-018. Es menester destacar, que el levantamiento, recolección y transporte de muestras fueron realizados por el tesista aplicando la NTE INEN 2169-98.

En la Tabla 6 se exhibe el parámetro, equipo y método utilizado por el laboratorio MSV para el análisis correspondiente:

Tabla 6. Parámetro, equipo y método utilizado por el laboratorio MSV

Parámetro	Equipo Utilizado	Método
Coliformes Fecales	Filtro de membrana	APHA 9222 D – Filtración de membrana

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

2.1.7 Cálculo del índice de calidad NSF

El índice de calidad de agua, aplicado al presente estudio, fue desarrollado en 1970 por la Fundación de Saneamiento de los Estados Unidos y se conoce por sus siglas en inglés como NSFQI. El índice se utiliza para determinar el nivel de calidad del agua basándose en nueve parámetros que son: temperatura, sólidos totales, pH, coliformes fecales, turbidez, nitrato, fosfato, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno.⁸⁸

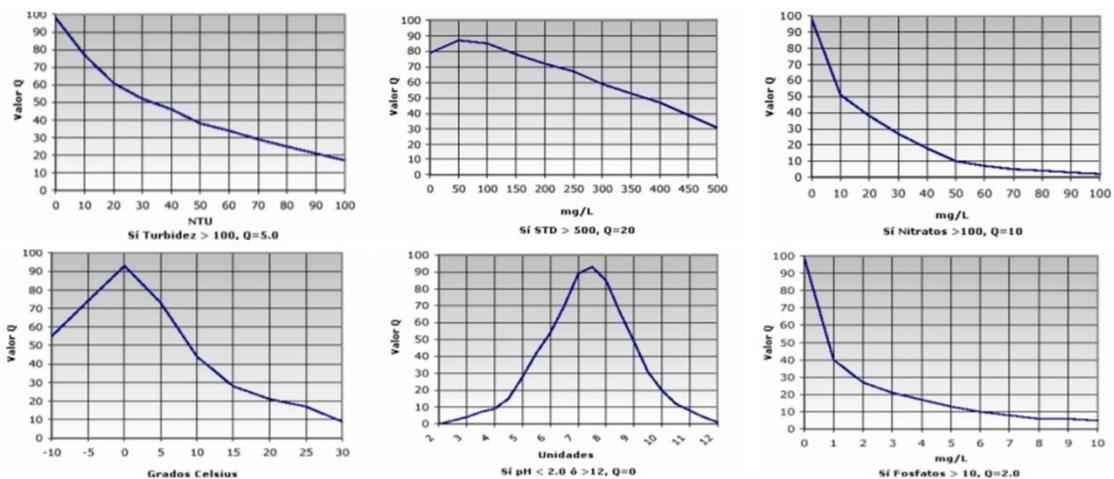
Para calcular el NSFQI, se puede utilizar una suma lineal ponderada que matemáticamente se expresa en la Ecuación 4. En función de los datos obtenidos en las campañas de monitoreo, el NSFQI será aplicado en los cuatro puntos de muestreo seleccionados.

2.1.7.1 Determinación del subíndice Q_i

El valor de Q_i se estima a partir de funciones de calidad, expresadas a partir de ecuaciones o curvas para cada variable con el objetivo de transformar los valores de las variables a una escala adimensional en razón de su expresión en diferentes unidades para permitir su agregación.¹²

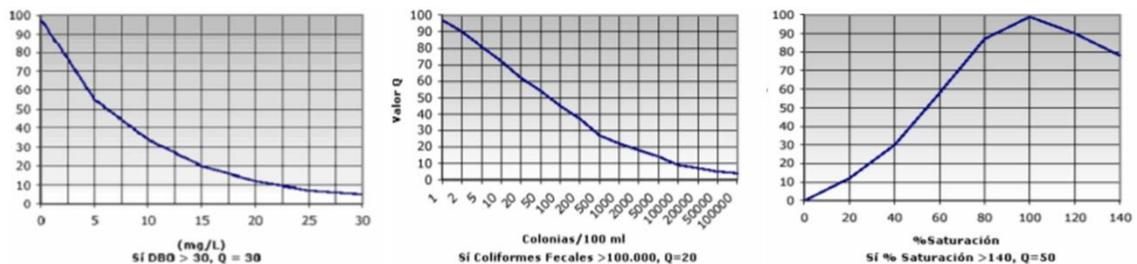
Para la determinación del factor de escala de cada uno de los parámetros de medición, es decir, el valor Q_i correspondiente, se utilizó las curvas de calidad propuesta por Brown, las cuales están representadas en las Figura 3 y Figura 4, aquellas curvas presentan límites de confianza del 80%.^{12,71}

Figura 3. Curvas de calidad de los parámetros fisicoquímicos



Fuente: (Fernandez & Solano, 2005)

Figura 4. Curva de calidad biológicas



Fuente: (Fernandez & Solano, 2005)

2.1.7.2 Determinación del factor de importancia o ponderación (W_i)

Para la determinación del factor de ponderación se hizo una revisión bibliográfica de artículos científicos y de tesis enfocadas a los índices de calidad de agua NSF, tomando

como referencia los factores de ponderación de cada una de las investigaciones con el fin de sacar un promedio y utilizarlo en el cálculo general del índice de calidad de agua NSF. Esto se puede verificar en el Anexo 7.

2.1.7.3 Escala de clasificación del ICA-NSF

En la Tabla 7 se refleja la escala utilizada por Fernández y Solano para interpretar el resultado final de la calidad del agua del río Jubones de acuerdo al ICA-NSF.¹²

Tabla 7. Calidad del agua asociada al Valor del ICA (Escala de Clasificación del ICA-NSF)

Calidad del agua	Valor del ICA
Excelente	91 – 100
Buena	71 – 90
Media	51 – 70
Mala	26 – 50
Muy Mala	0 – 25

Fuente: (Quiroz et al., 2017)

2.1.8 Comparación con la normativa ambiental vigente

Los resultados de los análisis serán comparados con los LMP establecidos en el A.M. 097-A, en su Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua, de la Tabla 1: Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y doméstico, Tabla 2: Criterios Admisibles para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, Marinas y Estuarios y Tabla 3: Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola.

Es importante resaltar, que los parámetros establecidos en la Tabla 1, 2 y 3 del A.M. 097-A, no incluyen los siguientes parámetros: temperatura y fosfatos.

CAPÍTULO III

3.1 RESULTADOS

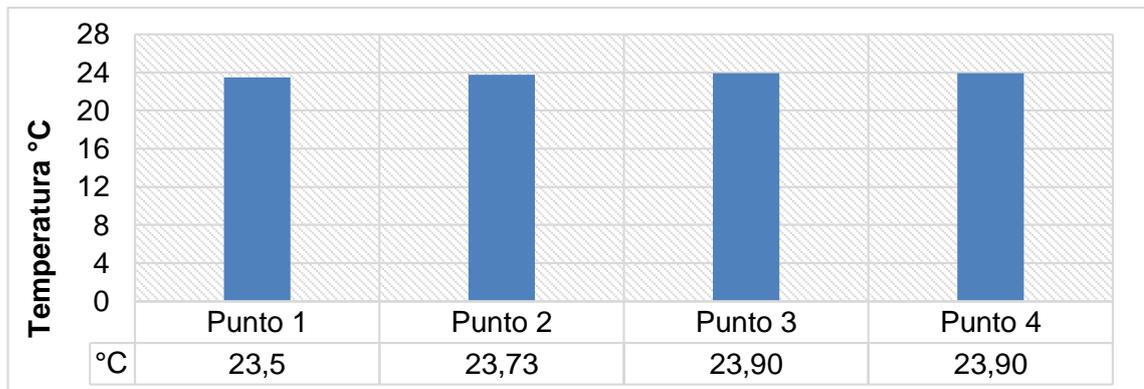
3.1.1 Resultados de la fase in situ

Los análisis realizados en la fase in situ realizados en los cuatro puntos de muestreo seleccionados a lo largo del río Jubones, cantón El Guabo, se pueden apreciar en la Figura 5, Figura 6, Figura 7 y Figura 8 . Cabe mencionar, que se llevó a cabo tres mediciones in situ en tres fechas correspondientes, con el fin de sacar un promedio (Ver Anexo 5)

3.1.1.1 Temperatura

Como se puede observar en la Figura 5, la temperatura asciende de manera poco significativa entre los cuatro puntos de muestreo, sin embargo tanto en el punto tres y unto cuatro presentan un valor de temperatura igual de 23,9°C.

Figura 5. Comparación de los resultados del análisis de temperatura en cada uno de los puntos de muestreo

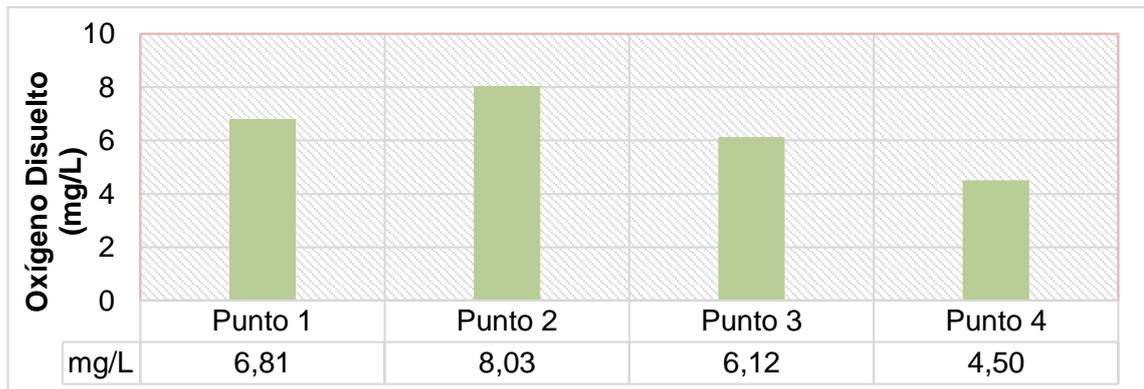


Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.1.2 Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto presente en los dos primeros puntos presenta un comportamiento ascendente con un valor en el primer punto de 6,81 mg/L y 8,03 mg/L en el segundo punto. Por otro lado, el punto tres y cuatro refleja un comportamiento descendente con un valor de 6,12 mg/L en el punto tres y 4,50 mg/L en el punto cuatro según la Figura 6.

Figura 6. Comparación de los resultados del análisis de oxígeno disuelto en cada uno de los puntos de muestreo

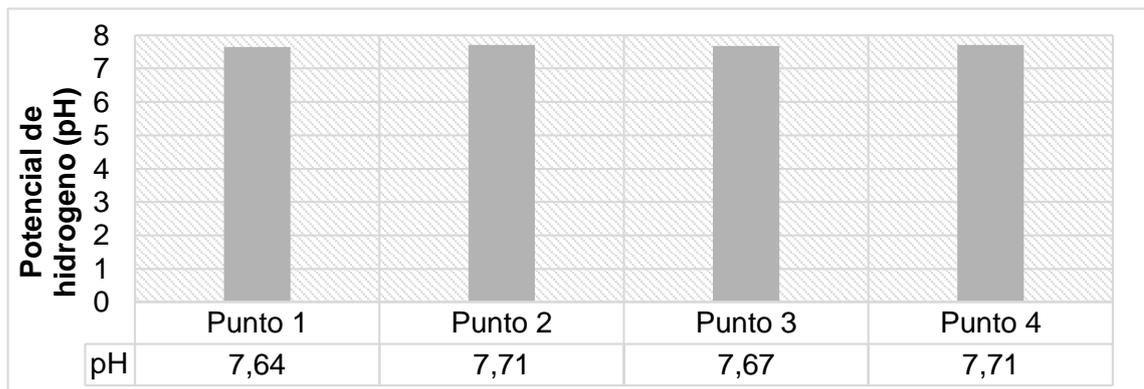


Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.1.3 pH

Los resultados de las mediciones realizadas en campo muestran que no existe una gran variabilidad del pH en los cuatro puntos, tal y como se puede observar en la Figura 7. El punto uno tiene un valor de 7,64, en el punto dos con un valor de 7,71 al igual que el punto cuatro y el punto tres presenta un valor de 7,67.

Figura 7. Comparación de los resultados del análisis de pH en cada uno de los puntos de muestreo



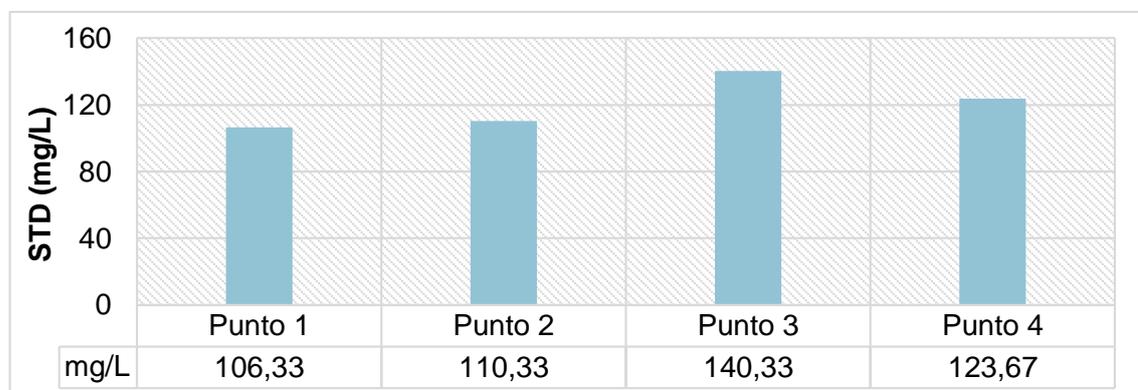
Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.1.4 Sólidos totales disueltos (STD)

Referente a los sólidos totales disueltos, no se registran capacidades similares en ninguno de los cuatro puntos de muestreo conforme a la Figura 8, a comparación de los parámetros anteriores, puesto que cada punto de muestreo presenta variaciones

significativas. El punto uno presenta un valor de 106,33 mg/L, siendo este la concentración de sólidos totales disueltos más bajo, por otro lado, el punto tres posee la concentración de sólidos totales disueltos más alto con un valor de 140,33 mg/L.

Figura 8. Comparación de los resultados del análisis de STD en cada uno de los puntos de muestreo



Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

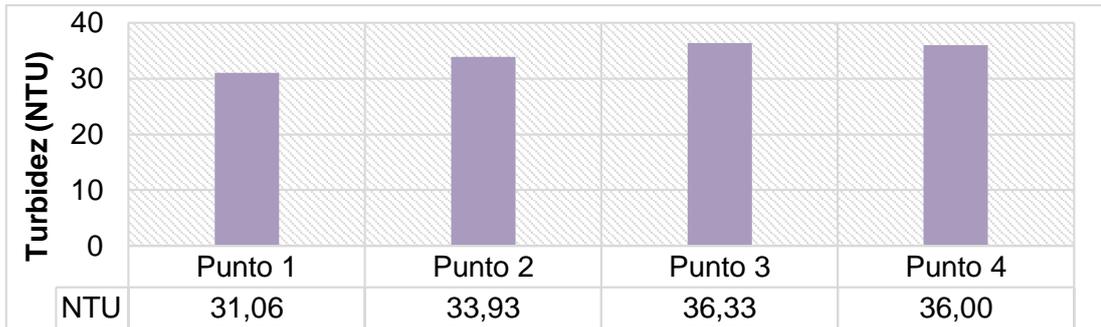
3.1.2 Resultados de la fase de laboratorio

Los análisis realizados en la fase de laboratorio realizado en los cuatro puntos de muestreo seleccionados a lo largo del río Jubones, cantón El Guabo, se obtuvieron los siguientes resultados que se pueden apreciar en la Figura 9, Figura 10, Figura 11, Figura 12 y Figura 13. Del mismo modo, se llevó a cabo tres mediciones in situ en tres fechas correspondientes, con el fin de sacar un promedio (Ver Anexo 6)

3.1.2.1 Turbidez

La turbidez según la Figura 9 asciende de forma poco significativa en los primeros tres puntos de muestreo. No obstante, en los puntos tres y cuatro poseen capacidades de turbidez similar, con un valor de 36,33 NTU en el tercer punto y 36,0 NTU en el cuarto.

Figura 9. Comparación de los resultados del análisis de turbidez en cada uno de los puntos de muestreo

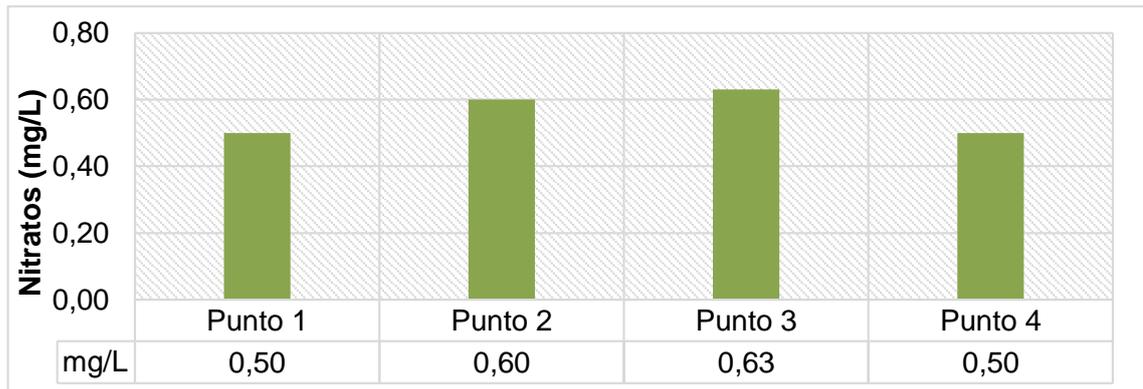


Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.2.2 Nitratos (NO_3^-)

En los resultados de nitratos de acuerdo a la Figura 10 se puede apreciar manifiestan una concentración igual en el punto uno y punto cuatro con un valor de 0,50 mg/L. En cambio, en los puntos dos y tres presentan una concentración casi equivalente con una diferencia de 0,03 mg/L. En base a los resultados se afirma que en las zonas cercanas a los puntos de muestreo hay actividades agrícolas y bananeras.

Figura 10. Comparación de los resultados del análisis de nitrato en cada uno de los puntos de muestreo



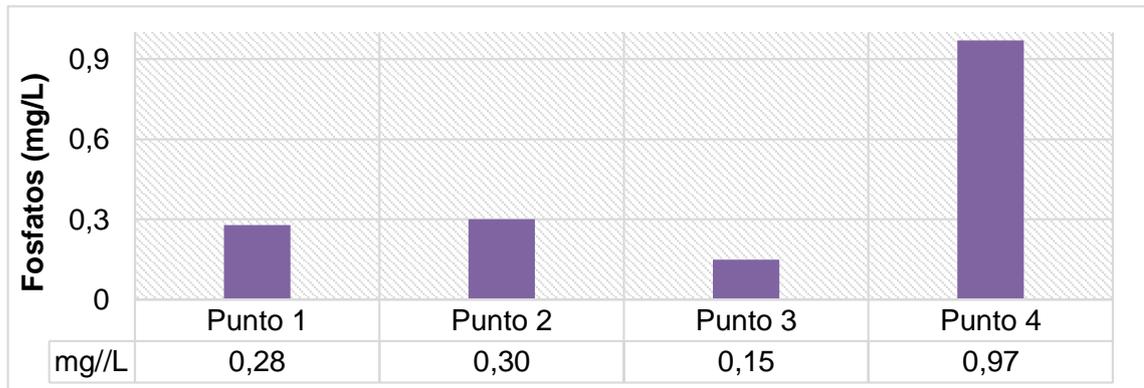
Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.2.3 Fosfatos (PO_4^-)

Los fosfatos presentes en los cuatro puntos revelan que en el punto cuatro existe una mayor concentración de fosfatos con 0,97 mg/L, indicando que en esta área se desarrollan actividades agrícolas. Por otro parte la Figura 11 también apunta a que en

el punto tres las actividades agrícolas son escasas, dado que posee una menor concentración de 0,15 mg/L.

Figura 11. Comparación de los resultados del análisis de fosfatos en cada uno de los puntos de muestreo

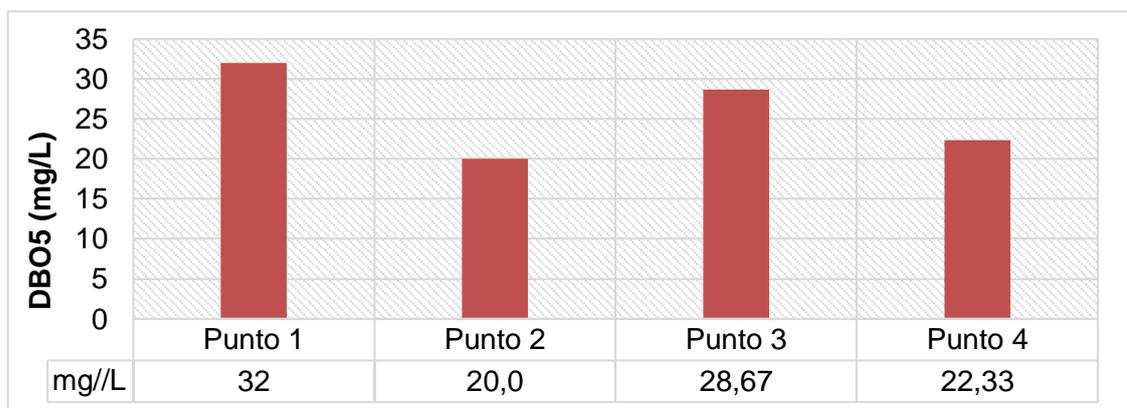


Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.2.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

En la Figura 12 se puede apreciar una variación significativa en cada uno de los puntos de muestreo, siendo el punto uno con mayor concentración de DBO₅ de 32 mg/L y el punto dos con una menor concentración de 20 mg/L. De acuerdo a estos resultados se evidencia que las aguas superficiales del río Jubones, cantón El Guabo, están poco contaminadas.

Figura 12. Comparación de los resultados del análisis de DBO₅ en cada uno de los puntos de muestreo

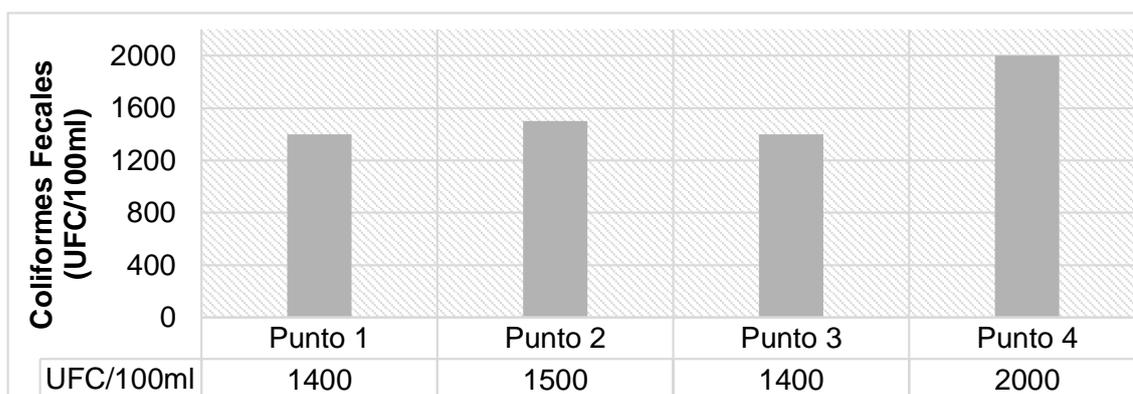


Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.2.5 Coliformes fecales

En la Figura 13 se indica que los resultados de coliformes fecales demuestran concentraciones similares en el punto uno y cuatro, con un valor de 1400 UFC/100mL, puntos que están situados cerca de zonas pobladas. El punto 4 evidencia una mayor concentración, registrando un valor de 2000 UFC/100mL, el cual se encuentra ubicado después de la zona poblada de la parroquia La Iberia.

Figura 13. Comparación de los resultados del análisis de coliformes fecales en cada uno de los puntos de muestreo



Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.3 Resumen de resultados de monitoreo

A continuación en la Tabla 8 se presenta los resultados de los análisis fisicoquímicos en los cuatro puntos de monitoreo.

Tabla 8. Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos muestreados en el río Jubones, cantón El Guabo, provincia El Oro

Parámetros	Unidades	P1	P2	P3	P4
DBO ₅	(mg/L)	32,0	20,0	28,67	22,33
Oxígeno Disuelto	(mg/L)	6,82	8,04	6,12	5,44
Coliformes Fecales	(UFC/100mL)	14000	15000	14000	20000
Fosfatos	(mg/L)	0,28	0,30	0,15	0,97
Nitratos	(mg/L)	0,50	0,60	0,63	0,47
pH		7,64	7,71	7,67	7,72

Parámetros	Unidades	P1	P2	P3	P4
Sólidos totales disueltos	(mg/L)	106,33	150,33	140,33	123,67
Temperatura	(°C)	23,50	23,73	23,90	23,90
Turbidez	NTU	31,07	33,93	33,53	36,0

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.4 Índices de calidad de agua NSF

De acuerdo con los resultados obtenidos a través de la aplicación de la Ecuación 2 y a la clasificación según la Tabla 7 de los índices de calidad de agua NSF, se detalla lo siguiente:

3.1.4.1 Índice de calidad de agua en el punto 1

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y conjuntamente con la aplicación de los índices de calidad NSF, el punto uno de muestreo presenta una calidad de agua **MEDIA**, con un valor de 55,13, tal y como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados del índice de calidad de agua NSF en el punto 1

Punto 1						
Parámetro	Resultados de los análisis	W _i (NSF)	Q _i (NSF)	Q _i *W _i	ICA	Rango
DBO ₅	32,00	0,10	5	0,5	55,13	Medio
Oxígeno disuelto	6,82	0,17	58	9,86		
Coliformes Fecales	14000	0,16	20,4	3,264		
Fosfatos	0,28	0,10	83,47	8,35		
Nitratos	0,50	0,10	96,5	9,65		
pH	7,64	0,12	91,6	10,99		
Sólidos totales disueltos	106,33	0,08	82,82	6,63		
Temperatura	23,50	0,10	17,22	1,72		
Turbidez	31,07	0,08	52,14	4,17		

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.4.2 Índice de calidad de agua en el punto 2

Conforme a los resultados obtenidos, aplicando los índices de calidad de agua NSF, el punto dos de muestreo posee una calidad de agua **MEDIA**, según la Tabla 10. Cabe mencionar, que el punto dos posee un valor de 53,92, siendo el más bajo en todos los puntos de muestreo. Del mismo modo, se observa que existe una ligera decadencia en comparación al punto anterior.

Tabla 10. Resultados del índice de calidad de agua NSF en el punto 2

Punto 2						
Parámetro	Resultados de los análisis	W _i (NSF)	Q _i (NSF)	Q _i * W _i	ICA	Rango
DBO ₅	20,00	0,10	12	1,2	53,92	Medio
Oxígeno disuelto	8,04	0,17	52	8,84		
Coliformes Fecales	15000	0,16	20	3,2		
Fosfatos	0,30	0,10	81,33	8,13		
Nitratos	0,60	0,10	96,4	9,64		
pH	7,71	0,12	90,9	10,9		
Sólidos totales disueltos	150,33	0,08	78,96	6,32		
Temperatura	23,73	0,10	16,97	1,70		
Turbidez	33,93	0,08	49,86	3,99		

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.4.3 Índice de calidad de agua en el punto 3

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y conjuntamente con la aplicación de los índices de calidad NSF, el punto tres de muestreo presenta una calidad de agua **MEDIA**, tal y como se observa en Tabla 11. Es importante resaltar que el punto tres es el que posee un valor de 57,44; siendo este el más alto en todos los puntos de muestreo.

Tabla 11. Resultados del índice de calidad de agua NSF en el punto 3

Punto 3						
Parámetro	Resultados de los análisis	W _i (NSF)	Q _i (NSF)	Q _i *W _i	ICA	Rango
DBO ₅	28,67	0,10	5,44	0,54	57,44	Medio
Oxígeno disuelto	6,12	0,17	68	11,56		
Coliformes Fecales	14000	0,16	20,4	3,264		
Fosfatos	0,15	0,10	94	9,40		
Nitratos	0,63	0,10	96,37	9,64		
pH	7,67	0,12	91,3	10,96		
Sólidos totales disueltos	140,33	0,08	79,85	6,39		
Temperatura	23,90	0,10	16,78	1,68		
Turbidez	33,53	0,08	50,18	4,01		

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.4.4 Índice de calidad de agua en el punto 4

Conforme a los resultados obtenidos, aplicando los índices de calidad de agua NSF, el punto dos de muestreo posee una calidad de agua **MEDIA**, con un valor de 56,56 según la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados del índice de calidad de agua NSF en el punto 4

Punto 4						
Parámetro	Resultados de los análisis	W _i (NSF)	Q _i (NSF)	Q _i *W _i	ICA	Rango
DBO ₅	22,33	0,10	9,29	0,93	56,56	Medio
Oxígeno disuelto	5,44	0,17	94,52	16,07		
Coliformes Fecales	20000	0,16	18	2,88		
Fosfatos	0,97	0,10	41	4,10		
Nitratos	0,47	0,10	96,53	9,65		
pH	7,72	0,12	90,8	10,90		
Sólidos totales disueltos	123,67	0,08	81,3	6,50		
Temperatura	23,90	0,10	16,78	1,68		
Turbidez	36,00	0,08	48,2	3,86		

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.5 Resumen de resultados del índice de calidad de agua

A continuación en la Tabla 13 se presenta un resumen general de los resultados obtenidos de los índices de calidad de agua NSF en los cuatro puntos de muestreo estudiados:

Tabla 13. Resumen de los índices de calidad de agua en los puntos de muestreo

Resultados del índice de calidad de agua NSF del río Jubones, cantón El Guabo, provincia El Oro				
	P1	P2	P3	P4
Valor del índice	55,13	53,92	57,44	56,56
Número de parámetros	9	9	9	9
Escala de clasificación	Media	Media	Media	Media
Rango	51-70	51-70	51-70	51-70
Color	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.1.6 Comparativa con la normativa ambiental vigente

Acorde a la Tabla 14 presenta, que los parámetros que cumplen con los LMP son pH, nitratos y turbidez, en cambio, la concentración de coliformes fecales y DBO₅ sobrepasan los LMP. Los demás parámetros no poseen LMP debido a que no están incluidos en los criterios de calidad.

Tabla 14. Tabla comparativa de los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicas con los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

Parámetros	Unidades	Resultados de los Análisis				Límite Máximo Permissible
		P1	P2	P3	P4	
DBO ₅	mg/L	34,0	22,0	30,67	24,33	< 2

Parámetros	Unidades	Resultados de los Análisis				Límite Máximo Permissible
		P1	P2	P3	P4	
Oxígeno disuelto	mg/L	6,82	8,04	6,12	5,44	-
Coliformes Fecales	NMP/100mL	4060	4350	4060	5800	1000
Fosfatos	mg/L	0,28	0,30	0,15	0,97	-
Nitratos	mg/L	0,50	0,60	0,63	0,47	13
pH	-	7,64	7,71	7,67	7,72	6,5 - 9
Sólidos totales disueltos (STD)	mg/L	106,33	150,33	140,33	123,67	-
Temperatura	°C	23,50	23,73	23,90	23,90	-
Turbidez	NTU	31,07	33,93	33,53	36,0	100

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

Al realizar las comparaciones de los valores normativos y de referencia con los resultados obtenidos de calidad de agua, tal y como se observa en la Tabla 15, se tiene que el DBO₅ no cumple con LMP, a diferencia que el pH, STD y nitratos están por debajo de los LMP.

Tabla 15. Tabla comparativa de los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos con los criterios admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios

Parámetros	Unidades	Resultados de los Análisis				Límite Máximo Permissible (LMP)
		P1	P2	P3	P4	
DBO ₅	mg/L	34,0	22,0	30,67	24,33	20
Oxígeno disuelto	mg/L	6,82	8,04	6,12	5,44	> 80% y >6mg/L

Parámetros	Unidades	Resultados de los Análisis				Límite Máximo Permisible (LMP)
		P1	P2	P3	P4	
Coliformes Fecales	UFC/100mL	1400	1500	1400	2000	-
Fosfatos	mg/L	0,28	0,30	0,15	0,97	-
Nitratos	mg/L	0,50	0,60	0,63	0,47	13
pH	-	7,64	7,71	7,67	7,72	6,5 - 9
Sólidos totales disueltos (STD)	mg/L	106,33	150,33	140,33	123,67	max incremento de 10% de la condición natural
Temperatura	°C	23,50	23,73	23,90	23,90	-
Turbidez	NTU	31,07	33,93	33,53	36,0	-

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

Según la Tabla 16, tres parámetros fisicoquímicos se consideran en la Tabla 3 del A.M. 097-A, se tiene que los coliformes fecales y oxígeno disuelto sobrepasan los LMP en este criterio de calidad. Mientras que los otros se encuentran por debajo de los LMP.

Tabla 16 Tabla comparativa de los resultados de análisis de los parámetros fisicoquímicos con los criterios de calidad de agua de riego agrícola

Parámetros	Unidades	Resultados de los Análisis				Límite Máximo Permisible (LMP)
		P1	P2	P3	P4	
DBO ₅	mg/L	34,0	22,0	30,67	24,33	-
Oxígeno disuelto	(%sat)	71,52	84,32	64,18	57,05	3
Coliformes Fecales	NMP/100	4060	4350	4060	5800	1000

Parámetros	Unidades	Resultados de los Análisis				Límite Máximo Permisible (LMP)
		P1	P2	P3	P4	
Fosfatos	mg/L	0,28	0,30	0,15	0,97	-
Nitratos	mg/L	0,50	0,60	0,63	0,47	-
pH		7,64	7,71	7,67	7,72	6 - 9
Sólidos totales disueltos	mg/L	106,33	150,33	140,33	123,67	-
Temperatura	°C	23,50	23,73	23,90	23,90	-
Turbidez	NTU	31,07	33,93	33,53	36,0	-

Elaborado por: (Paucar, C. 2022)

3.2 DISCUSIÓN

Para la evaluación de la calidad de agua del río Jubones en el segmento que concierne al cantón El Guabo se utilizó los índices de calidad de agua NSF (Fundación Nacional de Saneamiento), que incluye una serie de 9 parámetros que a su vez fueron comparados con los límites máximos permisibles (LMP) del A.M. 097-A, en su Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Tabla 1: criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico; Tabla 2: criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios; Tabla 3: criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

La DBO_5 y coliformes fecales no se encuentran dentro de los LMP de los criterios de calidad de la Tabla 1, teniendo similitud con el estudio realizado por Espinoza¹⁷, quien analiza la evaluación de la calidad del agua y metales traza del río Jubones en el cantón Pasaje (misma población pero diferente área de estudio).

En la Tabla 2, la DBO_5 es el único parámetro que excede los LMP para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios a diferencia de los resultados obtenidos por Simbaña et al⁸⁹, donde la DBO_5 se encuentra por debajo de los LMP con valores de 6, 8 y 20 mg/L. Del mismo modo, el oxígeno disuelto y coliformes fecales sobrepasan los LMP de la tabla 3, siendo mayores al 3% de saturación de oxígeno y 1000 NMP/100 mL, en concordancia por los resultados de Veloz y Carbonel⁹⁰, en su estudio enfocado al río Chibunga, Suárez et al⁷⁷ en su estudio aplicado al sector la Playita del Guasmo.

Cabe destacar, que los coliformes fecales sobrepasan los valores de los criterios de calidad de la Tabla 1 y 3 del A.M. 097-A, se debe principalmente a que a lo largo del río Jubones se encuentran zonas pobladas (tal y como se muestra en el área de estudio) que muchas veces no cuentan con servicios de alcantarillado y conectan las tuberías de descargas de aguas residuales domésticas directamente hacia al río. (Ver Anexo 12)

En cuanto, la calidad del río Jubones en cada uno de los puntos de muestreo mediante la aplicación de la ecuación del método NSF, los clasificó con calidad MEDIA, de acuerdo a la escala de clasificación del ICA-NSF, teniendo similitudes con la calidad del agua determinada en las comunidades Julián, Balsa en Medio y Severino de la microcuenca Carrizal, con un nivel de calidad medio en las dos primeras comunidades y mala en la última.⁹¹

Cabe mencionar que el nivel de calidad de agua de cada uno de los puntos de muestreo se ve afectado debido a que las concentraciones de la DBO₅ y coliformes fecales son elevadas, en vista de las descargas de aguas residuales domésticas, como sucede en la calidad del agua del río Chambo, donde la calidad del agua del punto 2, 3, 4 y 5 se ve afectado por las descargas de agua residual.⁹²

Es menester resaltar, que el nivel calidad del punto 1 y 2 disminuye poco considerable, evidenciando un valor de 55,13 y 53,92, lo cual concuerda con los resultados de Quiroz et al¹² indicando que la calidad de agua disminuye a medida que el río recorre la trayectoria de su cauce.

CAPITULO IV

4.1 CONCLUSIONES

Se delimitó cuatro puntos de monitoreo para la obtención de información primaria del río Jubones en el tramo que cursa por el cantón El Guabo, en base a la zonas pobladas, a la representatividad de las muestras respecto al estudio de la población y a su accesibilidad, es decir, a los criterios de inclusión y de exclusión. Para ello, fue fundamental el uso del software ArcMap para la creación del mapa y las coordenadas de los puntos de monitoreo.

Para la determinación del índice de calidad de agua (ICA-NSF), se analizó los 9 parámetros que incluye la metodología NSF, los cuales son: temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes fecales, pH, nitratos, fosfatos y sólidos totales disueltos (STD). Siendo, la DBO_5 y coliformes fecales los parámetros que tienen mayor influencia en el nivel de calidad de agua, sobrepasando los LMP de la tabla 1 y 3 del A.M. 097.

Conforme a la aplicación de la ecuación matemática del ICA-NSF en los resultados de los análisis fisicoquímicos de los cuatro puntos, se constata que el valor del punto uno es de 55,13, clasificada como agua de calidad MEDIA; en el punto dos el valor es de 53,92; clasificada como agua de calidad MEDIA; en el punto tres el valor es de 57,44, clasificada como agua de calidad MEDIA; al igual que el punto cuatro pero con un valor de 56,56. No obstante, hay que resaltar que el valor más bajo de calidad de agua es el punto 2 y que posiblemente dentro de unos años puede pasar su clasificación de calidad media a calidad mala si no se toma medidas a tiempo.

4.2 RECOMENDACIONES

- Al evidenciar que la calidad del agua superficial del río Jubones, cantón El Guabo, es media, es importante realizar y generar medidas de control con la finalidad de que la calidad del agua en los próximos años no empeore. De igual modo, implementar un sistema de tratamiento previo a los efluentes que son arrojadas hacia el río.
- Realizar monitoreos constantes en diferentes épocas del año (secas y lluviosas) con el objetivo de observar el comportamiento de la calidad del agua y realizar una comparación en las dos épocas que permita identificar los parámetros que disminuyen el nivel de calidad del agua en el río Jubones.
- Establecer un convenio entre GAD municipal del cantón El Guabo y el Ministerio de Agua, Ambiente y Transición Ecológica, para que elaboren proyectos sobre el manejo del recurso hídrico que ayude a proteger y conservar la calidad del agua del río Jubones, especialmente la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Conforme a los resultados obtenidos y presenciar que la concentración de coliformes fecales sobrepasa los LMP de los criterios de calidad de la tabla 1 y 3 del A.M. 097-A, del Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua, es importante que el GAD Municipal del cantón El Guabo efectúe sistemas de alcantarillado a las viviendas que se encuentren cerca de las orillas.
- Concientizar a los pobladores que habitan en las zonas cercanas al río Jubones sobre el manejo de residuos sólidos de formas amigables con el apoyo del GAD Municipal a través de su departamento de gestión ambiental.

CAPITULO V

5.1 BIBLIOGRAFÍA

- (1) Augustine, E. E.; Hanafiah, M. M. Awareness Level of Water Resource Conservation of University Students. *Water Conserv. Manag.* **2019**, 3 (2), 18–21. <https://doi.org/10.26480/wcm.02.2019.18.21>.
- (2) Del Valle, J. *El Agua, Un Recurso Cada Vez Más Estratégico*; 2017.
- (3) Chávez, M.; Herrera, G.; Jiménez, M. Monitoreo y Calidad Del Agua En Contribución a Una Experiencia Sostenible de Vida. *Rev. Arbitr. Interdiscip. Koinonía* **2021**, 6 (11), 34–39. <https://doi.org/10.35381/r.k.v6i11.1146>.
- (4) Corral, V.; Carrus, G.; Bonnes, M.; Moser, G.; Sinha, J. Environmental Beliefs and Endorsement of Sustainable Development Principles in Water Conservation: Toward a New Human Interdependence Paradigm Scale. *Environ. Behav.* **2008**, 40 (5), 703–725. <https://doi.org/10.1177/0013916507308786>.
- (5) Sharma, R.; Kumar, R.; Satapathy, S.; Al-Ansari, N.; Singh, K. K.; Mahapatra, R.; Agarwal, A.; Le, H. Van; Pham, B. T. Analysis of Water Pollution Using Different Physicochemical Parameters: A Study of Yamuna River. *Front. Environ. Sci.* **2020**, 8, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.581591>.
- (6) Van Vliet, M.; Jones, E.; Flörke, M.; Franssen, W.; Hanasaki, N.; Wada, Y.; Yearsley, J. Global Water Scarcity Including Surface Water Quality and Expansions of Clean Water Technologies. *Environ. Res. Lett.* **2021**, 16 (2), 1–13. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbfc3>.
- (7) Kükreer, S.; Mutlu, E. Assessment of Surface Water Quality Using Water Quality Index and Multivariate Statistical Analyses in Saraydüzü Dam Lake, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* **2019**, 191 (2), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7197-6>.
- (8) Caho, C. A.; López, E. A. Determinación Del Índice de Calidad de Agua Para El Sector Occidental Del Humedal Torca-Guaymaral Empleando Las Metodologías UWQI y CWQI. *Prod. + Limpia* **2017**, 12 (2), 35–49. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>.
- (9) Briciu, A. E.; Graur, A.; Oprea, D. I. Water Quality Index of Suceava River in Suceava City Metropolitan Area. *Water (Switzerland)* **2020**, 12 (8), 1–17.

<https://doi.org/10.3390/W12082111>.

- (10) Ferahtia, A.; Halilat, M.; Mimeche, F.; Bensaci, E. Surface Water Quality Assessment in Semi-Arid Region (El Hodna Watershed, Algeria) Based on Water Quality Index (WQI). *Stud. Univ. Babeş-Bolyai Chem.* **2021**, *66* (1), 127–142. <https://doi.org/10.24193/subbchem.2021.1.10>.
- (11) Kabir, M. H.; Tusher, T. R.; Hossain, M. S.; Islam, M. S.; Shammi, R. S.; Kormoker, T.; Proshad, R.; Islam, M. Evaluation of Spatio-Temporal Variations in Water Quality and Suitability of an Ecologically Critical Urban River Employing Water Quality Index and Multivariate Statistical Approaches: A Study on Shitalakhya River, Bangladesh. *Hum. Ecol. Risk Assess.* **2020**, *27* (5), 1388–1415. <https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1848415>.
- (12) Quiroz, L.; Izquierdo, E.; Ménéndez, C. Aplicación Del Índice de Calidad de Agua En El Río Portoviejo, Ecuador. *Rev. Ing. Hidráulica y Ambient.* **2017**, *38* (3), 41–51.
- (13) Guadarrama, R.; Kido, J.; Roldan, G.; Salas, M. Contaminación Del Agua. *Rev. ciencias Ambient. y Recur. Nat.* **2016**, *2* (5), 1–10.
- (14) Encalada, P. La Mancomunidad de La Cuenca Del Río Jubones: Una Alternativa Para La Gestión Del Territorio En El Sur Occidente de La República Del Ecuador. *Los aprendizajes, desafíos y limitaciones en la gestión Ambient.* **2008**.
- (15) Espinoza, K.; Pozo, W.; Macas, V.; Sánchez, J. Situación Actual Del Río Jubones En El Ecuador, Un Análisis de Los Metales Traza, Calidad y Parámetros Físicoquímicos Del Agua. *Rev. Científica Arbitr. Multidiscip. PENTACIENCIAS* **2022**, *4* (2), 292–307.
- (16) Hasan, M. M.; Wyseure, G. Impact of Climate Change on Hydropower Generation in Rio Jubones Basin, Ecuador. *Water Sci. Eng.* **2018**, *11* (2), 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2018.07.002>.
- (17) Espinoza, K. A. Evaluación de La Calidad de Agua y Metales Traza Del Río Jubones En El Cantón Pasaje, Provincia de El Oro, Ecuador, Universidad de Guayaquil, 2020.
- (18) Gualdrón, L. Evaluación de La Calidad de Agua de Ríos de Colombia Usando Parámetros Físicoquímicos y Biológicos. *Din. Ambient.* **2016**, *1* (1), 83–102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>.

- (19) Salazar, R.; Rojano, A.; Lorenzo, I. La Eficiencia En El Uso Del Agua En La Agricultura Controlada. *Tecnol. y Ciencias del Agua* **2014**, *V*(2), 177–183.
- (20) Muñoz, S.; Sánchez, R. El Agua En La Industria Alimentaria. *Bol. Soc. Española Hidrol. Medica* **2018**, *33*(2), 157–171. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2018.0571>.
- (21) Mesa, S.; Orjuela, J.; Ortega Ramírez, A.; Sandoval, J. Revisión Del Panorama Actual Del Manejo de Agua de Producción En La Industria Petrolera Colombiana. *Gestión y Ambient.* **2018**, *21*(1), 87–98. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n1.69792>.
- (22) Scheihing, K.; Fraser, C.; Vargas, C.; Kukuri, N.; Lictevout, E. Groundwater for Sustainable Development A Review of Current Capacity Development Practice for Fostering Groundwater Sustainability. *Groundw. Sustain. Dev.* **2022**, *19*, 100823. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100823>.
- (23) Muchingami, I.; Mkali, A.; Kanyerere, T.; Vinqi, L.; Xu, Y.; Pietersen, K.; Karsten, J. H.; Vilholth, K. G.; Whitehead, R. Review: Groundwater Resource Occurrence in Hout River Gneiss Crystalline Basement Formation in the Limpopo Basin, South Africa. *J. African Earth Sci.* **2022**, *194*, 104593. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104593>.
- (24) Apaza, T. L. Evaluación de Arsénico, Dureza, Coliformes Termotolerantes y E. Colien Aguas Subterráneas, de Las Urbanizaciones de Santa Adriana y Niño San Salvador, Del Distrito de Juliaca, Puno 2019, Universidad Peruana Unión, 2020.
- (25) Huang, C.; Chen, Y.; Zhang, S.; Wu, J. Detecting, Extracting, and Monitoring Surface Water From Space Using Optical Sensors: A Review. *Rev. Geophys.* **2018**, *56*(2), 333–360. <https://doi.org/10.1029/2018RG000598>.
- (26) Parween, S.; Siddique, N.; Diganta, M. T. M.; Uddin, M. G. Assessment of Urban River Water Quality Using Modified NSF Water Quality Index Model at Siliguri City, West Bengal, India. *Environ. Sustain. Indic.* **2022**, *16*, 100202. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100202>.
- (27) Li, P.; Qian, H.; Wu, J. Conjunctive Use of Groundwater and Surface Water to Reduce Soil Salinization in the Yinchuan Plain, North-West China. *Int. J. Water Resour. Dev.* **2018**, *34*(3), 337–353. <https://doi.org/10.1080/07900627.2018.1443059>.
- (28) Hoslett, J.; Massara, T. M.; Malamis, S.; Ahmad, D.; van den Boogaert, I.; Katsou,

- E.; Ahmad, B.; Ghazal, H.; Simons, S.; Wrobel, L.; Jouhara, H. Surface Water Filtration Using Granular Media and Membranes: A Review. *Sci. Total Environ.* **2018**, 639, 1268–1282. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.247>.
- (29) Ptak, M.; Sojka, M.; Choiński, A.; Nowak, B. Effect of Environmental Conditions and Morphometric Parameters on Surface Water Temperature in Polish Lakes. *Water (Switzerland)* **2018**, 10 (5). <https://doi.org/10.3390/w10050580>.
- (30) Amin, A.; Oukil, A.; Boutaghane, H.; Bermad, A.; Boulassel, M.-R. A New Methodology for Assessing Water Quality, Based on Data Envelopment Analysis: Application to Algerian Dams. *Ecol. Indic.* **2021**, 121, 106952. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106952>.
- (31) Morie, S.; Khatun, R. Water Pollution: Causes, Consequences, Prevention Method and Role of WBPHEd with Special Reference from Murshida Related Papers A Comparative Analysis of Urban Drinking Water Management and Distribution Processes; a ... Water Pollution: Causes, Consequences. *Int. J. Sci. Res. Publ.* **2017**, 7 (8), 269–277.
- (32) Jayaswal, K.; Sahu, V.; Gurjar, B. R. Water Pollution, Human Health and Remediation. In *Energy, Environment, and Sustainability*; 2018; pp 11–27. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7551-3_2.
- (33) Li, D.; Zheng, B.; Liu, Y.; Chu, Z.; He, Y.; Huang, M. Use of Multiple Water Surface Flow Constructed Wetlands for Non-Point Source Water Pollution Control. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **2018**, 102 (13), 5355–5368. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9011-8>.
- (34) Sánchez, M. B.; Gutiérrez, R.; Pérez, R.; Uribe, C.; Valle, P. Contaminación de Los Ambientes Acuáticos Generados Por La Industria Textil. *Campus* **2018**, 23 (26), 129–144. <https://doi.org/10.24265/campus.2018.v23n26.03>.
- (35) Pabón, S. E.; Benítez, R.; Sarria, R. A.; Gallo, J. A. Contaminación Del Agua Por Metales Pesados, Métodos de Análisis y Tecnologías de Remoción. Una Revisión. *Entre Cienc. e Ing.* **2020**, 14 (27), 9–18. <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>.
- (36) Aurora. La contaminación del Agua <http://ecolisima.com/la-contaminacion-del-agua/> (accessed Jan 21, 2022).
- (37) Speight, J. G. Sources of Water Pollution. In *Natural Water Remediation:*

- Chemistry and technology*.; Butterworth-Heinemann, Ed.; 2020; pp 165–198.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803810-9.00005-x>.
- (38) Saran, L.; Meneghine, A.; Célico, A.; Pinheiro, D.; Carareto, L. Freshwater Quality of a Stream in Agricultural Area Where Organic Compost from Animal and Vegetable Wastes Is Used. *Ciência e Agrotecnologia* **2017**, *41* (3), 263–278.
<https://doi.org/10.1590/1413-70542017413037616>.
- (39) Górski, J.; Dragon, K.; Jan, P. M. Nitrate Pollution in the Warta River (Poland) between 1958 and 2016: Trends and Causes. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2019**, *26* (3), 2038–2046. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9798-3>.
- (40) Goyal, M. K.; Surampalli, R. Y. Impact of Climate Change on Water Resources in India. *J. Environ. Eng.* **2018**, *144* (7), 04018054.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)ee.1943-7870.0001394](https://doi.org/10.1061/(asce)ee.1943-7870.0001394).
- (41) Piccolroaz, S.; Zhu, S.; Ptak, M.; Sojka, M.; Du, X. Warming of Lowland Polish Lakes under Future Climate Change Scenarios and Consequences for Ice Cover and Mixing Dynamics. *J. Hydrol. Reg. Stud.* **2021**, *34*, 100780.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100780>.
- (42) Rodríguez, B.; Martínez, L.; Peregrina, A.; Ortiz, C.; Cárdenas, O. Análisis de Residuos de Plaguicidas En El Agua Superficial de La Cuenca Del Río Ayuquila-Armería, México. *Terra Latinoam.* **2019**, *37* (2), 151–161.
<https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.462>.
- (43) Jiang, Q.; Song, X.; Liu, J.; Shao, Y.; Feng, Y. Enhanced Nutrients Enrichment and Removal from Eutrophic Water Using a Self-Sustaining in Situ Photomicrobial Nutrients Recovery Cell (PNRC). *Water Res.* **2019**, *167*, 115097.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115097>.
- (44) Yan, Z.; Wang, Q.; Li, Y.; Wu, L.; Wang, J.; Xing, B.; Yu, D.; Wang, L.; Liu, C. Combined Effects of Warming and Nutrient Enrichment on Water Properties, Growth, Reproductive Strategies and Nutrient Stoichiometry of *Potamogeton Crispus*. *Environ. Exp. Bot.* **2021**, *190*, 104572.
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104572>.
- (45) Morillo, L.; Naranjo, D.; Pérez, J.; Villacis, W.; Vargas, P.; Muñoz, F. Remoción de Tensoactivos y Coliformes En Aguas Residuales Domésticas Mediante Procesos Fenton. *Rev. Int. Contam. Ambient.* **2019**, *35* (4), 931–943.

<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.12>.

- (46) Yang, T.; Wang, S.; Benetti, D.; Wang, K.; Sun, Y.; Ji, H.; Qian, T.; Yan, C.; Rosei, F. Efficient Solar Domestic and Industrial Sewage Purification via Polymer Wastewater Collector. *Chem. Eng. J.* **2022**, *428*, 131199. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131199>.
- (47) Barreto, S.; Vargas, D.; Ruiz, L.; Gómez, S. Evaluación de Coagulantes Naturales Para El Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.* **2020**, *11* (1), 105–116. <https://doi.org/10.22490/21456453.3081>.
- (48) Alava, J. C.; Rugel, C. Análisis de La Contaminación Térmica, Del Suelo y Visual Producidas Por Actividades Petroleras En La Región Americana, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2021.
- (49) Issakhov, A.; Zhandaulet, Y. Thermal Pollution Zones on the Aquatic Environment from the Coastal Power Plant: Numerical Study. *Case Stud. Therm. Eng.* **2021**, *25*, 100901. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100901>.
- (50) Uddin, M. G.; Nash, S.; Olbert, A. I. A Review of Water Quality Index Models and Their Use for Assessing Surface Water Quality. *Ecol. Indic.* **2021**, *122* (March), 107218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>.
- (51) Lkr, A.; Singh, M. R.; Puro, N. Assessment of Water Quality Status of Doyang River, Nagaland, India, Using Water Quality Index. *Appl. Water Sci.* **2020**, *10* (1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1133-3>.
- (52) Larrea, J.; Romeu, B.; Lugo, D.; Rojas, M. Aspectos Fundamentales Del Monitoreo de Calidad de Las Aguas: El Río Almendares Como Caso de Estudio. *Rev. CENIC Ciencias Biológicas* **2022**, *53* (2), 148–159.
- (53) Wu, H.; Yang, W.; Yao, R.; Zhao, Y.; Zhao, Y.; Zhang, Y.; Yuan, Q.; Lin, A. Evaluating Surface Water Quality Using Water Quality Index in Beiyun River, China. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2020**, *27* (28), 35449–35458. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09682-4>.
- (54) Zeece, M. *Chemical Properties of Water and PH*; 2020. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809434-1.00001-3>.
- (55) Cane, B.; Sellwood, J. *Sustancia y Sus Cambios*, Reverté.; 1975.
- (56) Raffo, E. Tratado Del Agua y La Legislación Peruana. *Ind. Data* **2013**, *16* (2), 106–

117.

- (57) Marín, R. *Fisicoquímica y Microbiología de Los Medios Acuáticos: Tratamiento y Control de Calidad de Aguas*, Ediciones.; 2000.
- (58) Rigol, M. *Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Proceso y Residuales*, Marcombo.; 1989.
- (59) Olaya, E. A. Evaluación Del Estado Trófico En Aguas Superficiales de Uso Agrícola de La Microcuenca Del Río Palenque, 2021.
- (60) Jiménez, B. *La Contaminación Ambiental En México*, Limusa.; 2001.
- (61) Roldán, G.; Ramírez, J. *Fundamentos de Limnología Neotropical.*, Universida.; 2008.
- (62) Pérez, J. P.; Ortega, H. M.; Ramírez, C.; Flores, H.; Sánchez, E. I.; Can, Á.; Mancilla, O. R. Concentración de Nitrato, Fosfato, Boro y Cloruro En El Agua Del Río Lerma. *Ecosistemas y Recur. Agropecu.* **2019**, 6 (16), 175–182. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1829>.
- (63) Lavie, E.; Morábito, J. A.; Salatino, S. E.; Bermejillo, A.; Filippini, M. F. Contaminación Por Fosfatos En El Oasis Bajo Riego Del Río Mendoza. *Rev. la Fac. Ciencias Agrar.* **2010**, 42 (1), 169–184.
- (64) Baird, C. *Química Ambiental*, Reverte.; 2001.
- (65) Severiche, C.; Gonzales, H. Determinación de Fosfatos En Aguas Por Método Colorimétrico. Validación Del Método. *Quim. Hoy* **2012**, 2 (3), 28–32. <https://doi.org/10.29105/qh2.3-156>.
- (66) Sánchez, Ó.; Hezig, M.; Peters, E.; Márquez, R.; Zambrano, L. *Perspectivas Sobre Conservación de Ecosistemas Acuáticos En México*; 2007.
- (67) Ramirez, L. Contaminación Bacteriológica Por Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia Coli y Salmonella Sp. En Aguas Termales de Alcance Turístico de La Región San Martín, 2018, Vol. 53.
- (68) Kachroud, M.; Trolard, F.; Kefi, M.; Jebari, S.; Bourrié, G. Water Quality Indices: Challenges and Application Limits in the Literature. *Water (Switzerland)* **2019**, 11 (2), 1–26. <https://doi.org/10.3390/w11020361>.
- (69) Marselina, M.; Wibowo, F.; Mush, A. Water Quality Index Assessment Methods for Surface Water : A Case Study of the Citarum River in Indonesia. *Heliyon* **2022**,

- 8, e09848. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09848>.
- (70) Abbasi, T.; Abbasi, S. *Water Quality Indices*; 2012. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-69472-7>.
- (71) Fernandez, N.; Solano, F. *Indices de Calidad y de Contaminación Del Agua*; 2005.
- (72) Boyacioglu, H. Development of a Water Quality Index Based on a European Classification Scheme. *Water SA* **2007**, *33* (1), 101–106. <https://doi.org/10.4314/wsa.v33i1.47882>.
- (73) Samboni, N. E.; Carvajal, Y.; Escobar, J. C. Revisión de Parámetros Físicoquímicos Como Indicadores de Calidad y Contaminación Del Agua. *Ing. e Investig.* **2010**, *27* (3), 172–181.
- (74) Torres, P.; Cruz, C.; Patiño, P. Índices de Calidad de Agua En Fuentes Superficiales Utilizadas En La Producción de Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica. *RSC Theor. Comput. Chem. Ser.* **2009**, *8* (15), 79–94.
- (75) Castro, M.; Almeida, J.; Ferrer, J.; Díaz, D. Indicadores de La Calidad Del Agua: Evolución y Tendencias a Nivel Global. *Ing. Solidar.* **2014**, *10* (17), 111–124. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>.
- (76) Tyagi, S.; Sharma, B.; Singh, P.; Dobhal, R. Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index. *Am. J. Water Resour.* **2013**, *1* (3), 34–38. <https://doi.org/10.12691/ajwr-1-3-3>.
- (77) Suárez, R.; Rivera, F.; Guillen, T.; Morales, H. Calidad Del Agua Del Sector La Playita Del Guasmo, Guayaquil, Ecuador. *Facsalud-Unemi* **2020**, *4* (6), 47–54.
- (78) González, V.; Caicedo, O.; Aguirre, N. Aplicación de Los Índices de Calidad de Agua NSF, DINIUS y BMWP En La Quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambient.* **2013**, *16* (1), 97–108.
- (79) Luna, A.; Ramírez, I.; Sánchez, C.; Conde, J.; Agurto, L.; Villaseñor, D. Distribución Espacio-Temporal de La Precipitación En La Cuenca Del Río Jubones, Ecuador: 1975-2013. *Sci. Agropecu.* **2018**, *9* (1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>.
- (80) Fajardo, J. R. Desarrollo de Una Propuesta de Gerenciamiento Del Recurso Hídrico En La Cuenca Del Jubones, Universidad Politécnica Salesiana, 2010.
- (81) Armotec. *Modelo Multiparámetro Digital 983: Especificaciones Técnicas*.

- (82) HACH. *2100N IS: Manual de Usuario*; 2015.
- (83) Instruments, B. *Bante Series Portable PH/ORP/Ion/Conductivity/DO Meters: User Manual*.
- (84) Company, H. *Nitrate Cadmium Reduction Method 8039*; 2019.
- (85) Company, H. *Phosphorus, Reactive (Orthophosphate) Method 8048*; 2017.
- (86) Guachamin, S. Estudio de La Influencia de Las Fuentes Antropogénicas Sobre La Calidad Del Agua de La Cuenca Media y Baja Del Río Ambato, Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- (87) *Instruction Manual: Operation of the Single Measuring System*; 2004.
- (88) Effendi, H. River Water Quality Preliminary Rapid Assessment Using Pollution Index. *Procedia Environ. Sci.* **2016**, 33, 562–567. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.108>.
- (89) Simbaña, K.; Romero, D.; Yáñez, G.; Benavides, D.; Navarrete, H. Evaluación de La Calidad Del Agua Del Río Pita (Ecuador), Implicación Para La Conservación de La Vida Acuática y Silvestre. *infoANALÍTICA* **2019**, 7 (2), 71–93. <https://doi.org/10.26807/ia.v7i2.104>.
- (90) Veloz, N.; Carbonel, C. Evaluación de La Calidad Del Agua de La Microcuenca Del Río Chibunga-Ecuador En Variaciones Estacionales , Periodo 2013. *Inst. Investig. FIGMMG-UNMSM* **2018**, 21 (42), 13–26.
- (91) Lucas, L.; Carreño, Á. Calidad de Agua de Consumo Humano En Las Comunidades Balsa En Medio, Julián y Severino de La Microcuenca Carrizal, Ecuador. *Rev. del Inst. Investig. la Fac. minas, Metal. y ciencias geográficas* **2018**, 21 (42), 39–46.
- (92) Del Pilar, R.; Pino, M.; Andrade, P.; Mejía, A. Evaluación de La Calidad Del Agua Del Río Chambo En Época de Estiaje Utilizando El Índice de Calidad Del Agua ICA-NSF. *Número* **2020**, 1, 54–60.

5.2 ANEXOS



Anexo 1. Medición de las coordenadas de los puntos de muestreo





Anexo 2. Medición de los parámetros fisicoquímicos in situ



Anexo 3. Toma de muestras de agua para ser analizadas en el laboratorio





Anexo 4. Medición de parámetros fisicoquímicos en el laboratorio

Puntos de monitoreo	Temperatura °C			
	Fecha 1 8/7/2022	Fecha 2 15/7/2022	Fecha 3 22/7/2022	Promedio
Punto 1	23,1	25,2	22,2	23,50
Punto 2	22,2	25,7	23,3	23,73
Punto 3	23,0	25,8	22,9	23,90
Punto 4	22,9	26,0	22,8	23,90

Puntos de monitoreo	pH			
	Fecha 1 8/7/2022	Fecha 2 15/7/2022	Fecha 3 22/7/2022	Promedio
Punto 1	7,61	7,78	7,53	7,64
Punto 2	7,71	7,89	7,54	7,71
Punto 3	7,65	8,03	7,34	7,67
Punto 4	7,78	7,93	7,44	7,72

Puntos de monitoreo	STD (ppm)			
	Fecha 1 8/7/2022	Fecha 2 15/7/2022	Fecha 3 22/7/2022	Promedio
Punto 1	105	128	86	106,33
Punto 2	124	139	188	150,33
Punto 3	170	188	63	140,33
Punto 4	106	204	61	123,67

Puntos de monitoreo	Oxígeno Disuelto (ppm)			
	Fecha 1 8/7/2022	Fecha 2 15/7/2022	Fecha 3 22/7/2022	Promedio
Punto 1	8,18	4,00	8,27	6,82
Punto 2	11,77	6,17	6,17	8,04
Punto 3	5,45	5,91	7,00	6,12
Punto 4	8,27	3,88	4,16	5,44

Anexo 5 Promedio de los análisis fisicoquímicos in situ

Puntos de monitoreo	Turbidez (NTU)				Puntos de monitoreo	DBO5 (ppm)			
	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Promedio		Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Promedio
	8/7/2022	15/7/2022	22/7/2022			8/7/2022	15/7/2022	22/7/2022	
Punto 1	17,6	33,5	42,1	31,07	Punto 1	8	72	16	32,00
Punto 2	21,6	37,8	42,4	33,93	Punto 2	23	33	4	20,00
Punto 3	23,1	42,5	35,0	33,53	Punto 3	23	30	33	28,67
Punto 4	21,2	35,0	51,8	36,00	Punto 4	62	4	1	22,33

Puntos de monitoreo	Nitratos (ppm)				Puntos de monitoreo	Fosfatos (ppm)			
	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Promedio		Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	Promedio
	8/7/2022	15/7/2022	22/7/2022			8/7/2022	15/7/2022	22/7/2022	
Punto 1	0,60	0,30	0,60	0,50	Punto 1	0,30	0,38	0,16	0,28
Punto 2	0,80	0,30	0,70	0,60	Punto 2	0,29	0,58	0,04	0,30
Punto 3	0,90	0,40	0,60	0,63	Punto 3	0,23	0,11	0,11	0,15
Punto 4	0,80	0,40	0,20	0,47	Punto 4	2,50	0,35	0,05	0,97

Anexo 6. Promedio de los análisis fisicoquímicos del laboratorio

Peso ideal											
Parametros	Articulo Cientifico: Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador	Articulo Cientifico: Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador	Articulo Cientifico: Evaluación de la calidad del agua del río Chambo en época de estiaje utilizando el índice de calidad del agua ICA-NSF	Tesis: Evaluación de la calidad del agua mediante el índice de calidad de agua ICA-NSF del río Quero, cantón Quero	Articulo Cientifico: Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013-2017	Tesis: Determinación del índice de calidad de agua mediante el monitoreo de macroinvertebrados, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Sinincay, Cuenca-Ecuador	Articulo Cientifico: Calidad del agua del sector la Playita del Guasmo, Guayaquil, Ecuador	Tesis: Determinación de Indices de calidad del agua para la cuenca del río Coca, utilizando datos 2019-2020, para la evaluación de la calidad ambiental de la cuenca	Tesis: Evaluación de la calidad de agua y metales traza del río Jubones en el cantón Pasaje, Provincia de El Oro, Ecuador	Articulo Cientifico: Evaluación de la calidad del agua del río Pita (Ecuador), implicación para la conservación de la vida acuática y silvestre	Promedio
Oxigeno Disuelto	0,17	0,17	0,17	0,17	0,21	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Coliformes Fecales	0,16	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16
pH	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11	0,10	0,10	0,1	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10
Temperatura	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Fosfatos	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Nitratos	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Turbidez	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Solidos Totales disueltos	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08
Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Anexo 7. Determinación del factor de ponderación Q_i

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1452-22
Orden de ingreso: OI-698-22
Cuenca, 05 de Agosto del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: CARLOS DANIEL PAUCAR PEÑARANDA
Dirección: EL GUABO, AV PANAMERICANA, CALLE CARCHI
Teléfono: 0981764934

DATOS DE LA MUESTRA

² NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA DE RIO - X: 628668 - Y:9637691			
² MARCA COMERCIAL: N/A		² FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: PARROQUIA LA BOCATOMA	TIPO DE MUESTRA: AGUA NATURAL	² TIPO DE ENVASE: ENVASES PLASTICOS COLOR AMBAR	
² PRESENTACIONES: 500 ml		² FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI69822	² LOTE: N/A	² FECHA ELAB: 2022-08-01	² FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2022-08-02	FECHA ANALISIS: 2022-08-02 - 2022-08-05	FECHA ENTREGA: 2022-08-05	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 D - FILTRACION DE MEMBRANA	UFC/100ml	1.5x10 ⁴

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, •Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE., MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 8. Reporte del laboratorio MSV de los análisis de coliformes fecales del punto uno



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1450-22
Orden de ingreso: OI-700-22
Cuenca, 05 de Agosto del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: CARLOS DANIEL PAUCAR PEÑARANDA
Dirección: EL GUABO, AV PANAMERICANA, CALLE CARCHI
Teléfono: 0981764934

DATOS DE LA MUESTRA

² NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA DE RIO - X: 625404 - Y: 9639426			
² MARCA COMERCIAL: N/A		² FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: PARROQUIA LA IBERIA	TIPO DE MUESTRA: AGUA NATURAL	² TIPO DE ENVASE: ENVASES PLASTICOS COLOR AMBAR	
² PRESENTACIONES: 500 ml		² FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERAC	
CODIGO MUESTRA: OI70022	² LOTE: N/A	² FECHA ELAB: 2022-08-01	² FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2022-08-02	FECHA ANALISIS: 2022-08-02 - 2022-08-05		FECHA ENTREGA: 2022-08-05
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 D - FILTRACION DE MEMBRANA	UFC/100ml	1.5x10 ⁴

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: ⁺Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. ⁻Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 9. Reporte del laboratorio MSV de los análisis de coliformes fecales del punto dos



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1449-22
Orden de ingreso: OI-699-22
Cuenca, 05 de Agosto del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: CARLOS DANIEL PAUCAR PEÑARANDA
Dirección: EL GUABO, AV PANAMERICANA, CALLE CARCHI
Teléfono: 0981764934

DATOS DE LA MUESTRA

² NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA DE RIO - X: 624950 - Y: 9640041			
² MARCA COMERCIAL: N/A		² FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: PARROQUIA LA IBERIA	TIPO DE MUESTRA: AGUA NATURAL	² TIPO DE ENVASE: ENVASES PLASTICOS COLOR AMBAR	
² PRESENTACIONES: 500 ml		² FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI69922	² LOTE: N/A	² FECHA ELAB: 2022-08-01	² FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2022-08-02	FECHA ANALISIS: 2022-08-02 - 2022-08-05		FECHA ENTREGA: 2022-08-05
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 D - FILTRACION DE MEMBRANA	UFC/100ml	1.4x10 ⁴

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: ³Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. ⁴Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 10. Reporte del laboratorio MSV de los análisis de coliformes fecales del punto tres



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1451-22
Orden de ingreso: OI-701-22
Cuenca, 05 de Agosto del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: CARLOS DANIEL PAUCAR PEÑARANDA
Dirección: EL GUABO, AV PANAMERICANA, CALLE CARCHI
Teléfono: 0981764934

DATOS DE LA MUESTRA

² NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA DE RIO - X: 623959 - Y: 9640696			
² MARCA COMERCIAL: N/A		² FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: PARROQUIA LA IBERIA	TIPO DE MUESTRA: AGUA NATURAL	² TIPO DE ENVASE: ENVASES PLASTICOS COLOR AMBAR	
² PRESENTACIONES: 500 ml		² FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	
CODIGO MUESTRA: OI70122	² LOTE: N/A	² FECHA ELAB: 2022-08-01	² FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2022-08-02	FECHA ANALISIS: 2022-08-02 - 2022-08-05		FECHA ENTREGA: 2022-08-05
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 D - FILTRACION DE MEMBRANA	UFC/100ml	2.0x10 ⁴

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: ³Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. ⁴Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 11. Reporte del laboratorio MSV de los análisis de coliformes fecales del punto cuatro



Anexo 12. Tubería de descarga de aguas residuales domesticas descargadas al río Jubones