



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA  
(NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL  
CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniera en Hidráulica.

**Autoras:**

Erika Julissa Chicaiza Cocha  
Nayely Marlene Iza Toapanta

**Tutor:**

Ing. Jimmy Xavier Toaza Iza. MSc

**LATACUNGA - ECUADOR**

**MARZO-2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**Chicaiza Cocha Erika Julissa**, con cédula de ciudadanía No.185018685-7, **Iza Toapanta Nayely Marlene**, con cédula de ciudadanía No. 050481282-7, declaramos ser autoras del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”**, siendo el Ing. Jimmy Xavier Toaza Iza M.Sc, tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad

Latacunga, febrero 26 del 2024

*Erika Chicaiza*  
Chicaiza Cocha Erika Julissa  
C.C.: 1850186857

  
Iza Toapanta Nayely Marlene  
C.C.: 0504812827

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHICAIZA COCHA ERIKA JULISSA**, identificado con cédula de ciudadanía No. **185018685-7** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará

**LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 8 de Marzo del 2024

Tutor: Ing. Jimmy Xavier Toaza Iza MSc.

Tema: “**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** – **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 26 días del mes de febrero del 2024

*Erika Chicaiza.*

Chicaiza Cocha Erika Julissa  
**LA CEDENTE**

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **IZA TOAPANTA NAYELY MARLENE**, identificado con cédula de ciudadanía No. **050481282-7** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará

**LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 8 de Marzo del 2024

Tutor: Ing. Jimmy Xavier Toaza Iza MSc.

Tema: “**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** – **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 26 días del mes de febrero del 2024



Iza Toapanta Nayely Marlene  
**LA CEDENTE**

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.  
**LA CESIONARIA**



## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”**, de Chicaiza Cocha Erika Julissa; Iza Toapanta Nayely Marlene, de la carrera de Hidráulica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 26 de febrero del 2024



Ing. Jimmy Xavier Toaza Iza M.Sc.  
C.C: 171762106-2  
**TUTOR**

## **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias Ingeniería y Aplicadas; los postulantes: Chicaiza Cocha Erika Julissa; Iza Toapanta Nayely Marlene, con el título del Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Por constancia firman:

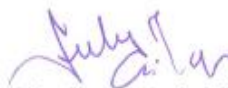
Latacunga, 26 de febrero del 2024



Ing. Riofrio Guevara Marco Antonio. MSc

**(PRESIDENTE)**

C.C: 160068291-6



Ing. Giler Ormaza Andy Miguel. MSc

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

C.C: 131282032-5



Ing. Zambrano Navarrete Xiomara Alejandra. MSc

**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

C.C: 131305845-3

## AGRADECIMIENTO

*Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo. En primer lugar, agradecemos a Dios por brindarnos fuerzas y guiar nuestros pasos en este camino académico. También extendemos nuestro agradecimiento a nuestros padres y familias por su constante apoyo y amor incondicional, que nos ha impulsado a alcanzar nuestras metas.*

*A lo largo de nuestra formación académica, hemos contado con el valioso acompañamiento de queridos docentes, cuyo conocimiento y dedicación han dejado una huella imborrable en nuestro aprendizaje. Agradecemos sinceramente a cada uno de ellos por su dedicación y compromiso con nuestra educación.*

*Nuestro reconocimiento especial va dirigido a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Carrera de Ingeniería Hidráulica, por brindarnos la oportunidad de adquirir conocimientos y formarnos como profesionales en este campo.*

*Un agradecimiento sincero al Ing. Jimmy Toaza, tutor del proyecto de investigación, por su orientación y apoyo que han sido fundamentales para el desarrollo de nuestra investigación.*

*Finalmente, agradecemos a nuestros amigos por su compañerismo y aliento en cada etapa de este proceso.*

*A todas estas personas e instituciones, ¡nuestro más sincero agradecimiento!*

***Erika Julissa Chicaiza Cocha***

***Nayely Marlene Iza Toapanta***

## DEDICATORIA

*Mi proyecto de titulación está dedicado primeramente a Dios por bendecirme en la vida, por estar conmigo en cada paso que doy, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.*

*Dedico este trabajo a mis padres, Nancy y Luis, por ser los principales promotores de mis sueños quienes siempre creyeron en mí y han hecho de mí una persona de principios, valores, una persona soñadora y sobre todo humilde; me han hecho valorar cada detalle y oportunidad que se nos presenta en cada paso que damos en la vida, sin su apoyo y esfuerzo por darme la mejor herencia que es el estudio no habría sido posible este logro.*

*A mi novio, Jonathan, por su amor incondicional y su constante apoyo durante toda esta travesía académica, ha sido mi luz en los momentos de oscuridad, mi confidente, mi mejor amigo quien me ha impulsado a conseguir y luchar por mis sueños.*

*A mis hermanos, Jairo, Omar y Morelia porque han sido mis compañeros de vida y mis ejemplos a seguir y mi motivación en cada paso del camino. A mis queridos sobrinos, por ser mi fuente de alegría.*

*A mi amiga de fórmula Naye, quien me brindo su sincera amistad, amor incondicional y por el apoyo para realizar este logro en mi vida.*

*Y a todas las personas que han sido parte de mi vida y han contribuido de alguna manera a mi crecimiento personal y profesional.*

*Que este trabajo sea un tributo a su amor y confianza en mí.*

***Erika Julissa Chicaiza Cocha***

## **DEDICATORIA**

*Mi proyecto de investigación va dedicado primeramente a Dios por bendecirme y brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.*

*Con profundo amor y cariño dedico a mi madre Nancy cuyo amor, apoyo y sacrificio, ha sido mi roca durante todo este viaje académico. Sus consejos y sabiduría me han servido de fortaleza y guía incondicional para convertirme en una profesional, este logro es triunfo a su inquebrantable fe en mí mami.*

*A mis hermanos y hermanas, por haber depositado en mí sus mensajes de aliento y apoyo, ya que ustedes han sido mi guía y ejemplo de superación y constancia para cumplir un sueño anhelado.*

*A mi querida y apreciada amiga July, por su vínculo indestructible y sincero, esta investigación es un tributo a nuestra amistad.*

*A todos mis amigos que han sido parte de nuestra formación profesional y que, hasta el día de hoy, seguimos siendo buenos amigos, me llevo de ustedes muchos momentos gratos, anécdotas y risas, su amistad y apoyo han sido un regalo invaluable, les dedico este logro con profunda gratitud y humildad.*

***Nayely Marlene Iza Toapanta***

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Autoras:**

Chicaiza Cocha Erika Julissa  
Iza Toapanta Nayely Marlene

#### RESUMEN

El índice de calidad del agua ICA evalúa parámetros físico - químicos y microbiológicos en una ecuación ponderada multiplicativa para determinar la calidad del agua en los ríos. El objetivo del presente proyecto fue determinar el índice de calidad del agua (NSF) en la microcuenca Nagsiche ubicada en el cantón Salcedo provincia de Cotopaxi. Para el cual se realizó la caracterización de la zona de estudio, donde se establecieron tres puntos de muestreo ubicadas en las parroquias de Cusubamba y Panzaleo. La metodología aplicada fue cuantitativa, sujetos al índice de calidad del agua propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos (ICA-NSF); en base a la técnica de muestreo e instrumentos respectivos para la toma de agua se realizó la recolección de muestras en los 3 puntos de la microcuenca Nagsiche. En cuanto a los resultados obtenidos se evidencia el comportamiento del estado del cauce del río, siendo así en la cuenca alta registra un ICA de 60,35, dando así una categoría de regular, para la cuenca media proporcionó un ICA de 53,34 catalogando como regular y para la cuenca baja proveyó un ICA de 50,36 con una clasificación de mala. La calidad del agua en la microcuenca Nagsiche oscilan en un promedio de 55,68, en relación a las tres zonas de muestreo, para el cual proporcionó una categorización como regular debido a la variación de actividades efectuadas a las riberas del río. A su vez los parámetros establecidos por el ICA-NSF fueron comparados con la normativa ecuatoriana vigente TULSMA, de acuerdo a los criterios de uso determinados, donde se evidenció la variabilidad de la microcuenca reflejando una contaminación en los parámetros de Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, DBO5, Temperatura y Nitratos de acuerdo al uso direccionado. Por ende, la calidad del agua se encuentra en condiciones regulares de contaminación físico-químico y microbiológico.

**Palabras clave:** Microcuenca Nagsiche, Calidad del agua, Puntos de muestreo, ICA-NSF, Normativa Ambiental TULSMA.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE: "DETERMINATION OF THE WATER QUALITY INDEX (NSF) OF THE  
NAGSICHE MICRO-WATERSHED LOCATED IN SALCEDO CANTON, PROVINCE  
OF COTOPAXI".**

**Authors:**

Chicaiza Cocha Erika Julissa  
Iza Toapanta Nayely Marlene

**ABSTRACT**

The water quality index (WQI) evaluates physical-chemical and microbiological parameters in a multiplicative weighted equation to determine water quality in rivers. The objective of this project was to determine the water quality index (WQI) in the Nagsiche micro-watershed located in the Salcedo canton, province of Cotopaxi. For this purpose, the study area was characterized and three sampling points were established in the parishes of Cusubamba and Panzaleo. The methodology applied was quantitative, subject to the water quality index proposed by the National Sanitation Foundation of the United States (ICA-NSF); based on the sampling technique and respective instruments for water collection, samples were collected at the three points of the Nagsiche micro-watershed. As for the results obtained, the behavior of the state of the riverbed is evident: in the upper basin it recorded an AQI of 60.35, thus giving a category of regular, for the middle basin it provided an AQI of 53.34, classified as regular, and for the lower basin it provided an AQI of 50.36, with a classification of poor. The water quality in the Nagsiche microbasin oscillates in an average of 55.68, in relation to the three sampling zones, for which it provided a categorization as regular due to the variation of activities carried out on the riverbanks. In turn, the parameters established by the ICA-NSF were compared with the current Ecuadorian regulation TULSMA, according to the determined use criteria, where the variability of the micro-watershed was evidenced, reflecting a contamination in the parameters of Dissolved Oxygen, Fecal Coliforms, BOD5, Temperature and Nitrates according to the directed use. Therefore, the water quality is in regular conditions of physical-chemical and microbiological contamination.


**Keywords:** Nagsiche micro-watershed, water quality, sampling points, ICA-NSF, TULSMA environmental regulations.

## AVAL DE TRADUCCIÓN

Viracocha Chicaiza Jenny Guicela con cédula de identidad número: 050259496-3 Licenciada en: Ciencias de la educación especialidad inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-06-670348; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (NSF) DE LA MICROCUENCA NAGSICHE UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI”** de: Chicaiza Cocha Erika Julissa e Iza Toapanta Nayely Marlene, egresadas de la carrera de Ingeniería Hidráulica, perteneciente a la Facultad de: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 27 de Febrero, 2024

  
.....  
Lic. Viracocha Chicaiza Jenny Guicela  
CI: 050259496-3



## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	vi
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	ix
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	x
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	xi
<i>DEDICATORIA</i> .....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.1.2. Formulación del problema .....	3
1.2. BENEFICIARIOS .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4. HIPÓTESIS .....	4
1.5. OBJETIVOS .....	4
1.5.1. GENERAL .....	4
1.5.2. ESPECÍFICOS .....	4
1.6. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
2.1. ANTECEDENTES .....	5
2.2. MARCO REFERENCIAL .....	9
2.2.1 El Agua .....	9
2.2.2 Fuentes de agua .....	9
2.2.3 Utilidades de aguas superficiales .....	9
2.2.4 Calidad del agua .....	10
2.2.5 Contaminación antropogénica de los ecosistemas acuáticos .....	10
2.2.6 Fuentes de contaminación del agua .....	11
2.2.6.1. Fuentes naturales .....	11
2.2.6.2. Fuentes artificiales .....	11

2.2.7	Consecuencia de la contaminación del agua .....	11
2.2.8	Cuenca hidrográfica.....	12
2.2.8.1.	Clasificación de una cuenca hidrográfica.....	12
2.2.8.2.	Microcuenca .....	13
2.2.8.3.	Partes de una cuenca hidrográfica.....	13
2.2.9	Componentes de la cuenca hídrica .....	14
2.2.9.1.	Componente Biológico.....	14
2.2.9.2.	Componente Físico.....	14
2.2.9.3.	Componente Socio económico.....	15
2.2.10	Delimitación de la cuenca.....	15
2.2.10.1.	Utilizando las herramientas SIG .....	15
2.2.11	Características morfométricas de una cuenca.....	16
2.2.12	Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica .....	16
2.2.12.1.	Perímetro (P) (km) .....	16
2.2.12.2.	Longitud axial (La) (km).....	16
2.2.12.3.	Longitud del curso principal (L) (m).....	16
2.2.12.4.	Longitud total del drenaje (Ln) (km).....	16
2.2.12.5.	Área de la cuenca (A).....	16
2.2.12.6.	Ancho de la cuenca (W).....	16
2.2.12.7.	Coficiente de Compacidad (Cc) o Índice de Gravelius.....	16
2.2.12.8.	Razón de Elongación (Re).....	17
2.2.12.9.	Factor de Forma de Horton (Rf).....	17
2.2.13	Metodologías para la determinación del Índice de Calidad del Agua .....	17
2.2.13.1.	Índice de calidad del agua .....	17
2.2.13.2.	Índice de Calidad General (ICG). .....	17
2.2.13.3.	Índice Simplificado de Calidad de Aguas (ISQA).....	18
2.2.13.4.	Índice Automático de Calidad de Aguas (IAQA) .....	18
2.2.13.5.	Índice Holandés de Calidad de Agua (IHCA).....	18
2.2.13.6.	Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) .....	18
2.2.13.7.	Parámetros considerados por el (ICA-NSF).....	19
2.2.13.8.	Temperatura del agua .....	19
2.2.13.9.	pH.....	19
2.2.13.10.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) .....	19

2.2.13.11.	Nitratos.....	19
2.2.13.12.	Fosfatos.....	20
2.2.13.13.	Turbiedad.....	20
2.2.13.14.	Oxígeno disuelto.....	20
2.2.13.15.	Solidos disueltos totales.....	20
2.2.13.16.	Coliformes fecales.....	21
2.2.14	Normativa Ambiental Vigente TULSMA.....	21
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	21
3.1.	METODOLOGÍA.....	21
3.1.1.	Esquema metodológico.....	22
3.2.	Descripción de la zona de estudio.....	22
3.3.	Metodologías para la determinación del Índice de Calidad del Agua.....	23
3.3.1.	Caracterización de la microcuenca.....	23
3.3.2.	Parámetros Morfométricos.....	25
3.3.2.1.	Ancho de la cuenca (W).....	25
3.3.2.2.	Coefficiente de Compacidad (Cc) o Índice de Gravelius.....	25
3.3.2.3.	Razón de Elongación (Re).....	25
3.3.2.4.	Factor de Forma de Horton (Rf).....	26
3.3.3.	Determinación del Índice de calidad del Agua NSF.....	26
3.3.3.1.	Estimación del índice de la calidad del agua general (ICA-NSF).....	26
3.3.3.2.	Curvas de valoración para el cálculo del ICA-NSF.....	29
3.3.4.	Análisis de los resultados para la evaluación bajo la normativa ambiental vigente con los parámetros establecidos por el ICA-NSF.....	33
3.4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	34
3.4.1.	Análisis de resultados.....	34
3.4.1.1.	Metodología ICA-NSF.....	34
3.4.1.2.	Caracterización de la microcuenca Nagsiche y selección de puntos.....	35
3.4.1.3.	Muestreo.....	36
3.4.1.4.	Análisis de muestras de agua.....	37
3.4.1.5.	Comportamiento de la calidad del Agua en la microcuenca Nagsiche.....	38
3.4.1.6.	Parámetros físicos.....	39
3.4.1.7.	Parámetros químicos.....	40
3.4.1.8.	Parámetro microbiológico.....	43

3.4.1.9.	Aplicación y cálculo de la metodología ICA-NSF.....	44
3.4.1.10.	Determinación del ICA en la microcuenca Nagsiche .....	47
3.4.1.11.	Comparación de la calidad del agua según la normativa ecuatoriana.....	48
3.5.	Discusión .....	57
3.6.	EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA .....	58
3.6.1.	Impacto social.....	58
3.6.2.	Impacto ambiental .....	58
3.6.3.	Presupuesto.....	59
4.	CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	60
4.1.	CONCLUSIONES .....	60
4.2.	RECOMENDACIONES.....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	62
	ANEXOS.....	70

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Beneficiarios directos e indirectos de la microcuenca Nagsiche .....	3
<b>Tabla 2.1:</b> Clasificación de cuencas propuestas para el Ecuador .....	13
<b>Tabla 3.2:</b> Coordenadas de los puntos de muestreo.....	24
<b>Tabla 3.3:</b> Clasificación del coeficiente de compacidad o Gravelius .....	25
<b>Tabla 3.4:</b> Relación de la forma Horton .....	26
<b>Tabla 3.5:</b> Clasificación del "ICA" propuesto por Brown .....	26
<b>Tabla 3.6:</b> Pesos relativos de los 9 parámetros .....	28
<b>Tabla 3.7:</b> Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce .....	33
<b>Tabla 3.8:</b> Cuadro comparativo de metodologías para la determinación del ICA.....	34
<b>Tabla 3.9:</b> Parámetros Morfométricos de la microcuenca Nagsiche .....	36
<b>Tabla 3.10:</b> Descripción de los materiales empleados para la toma de muestras .....	37
<b>Tabla 3.11:</b> Resultados obtenidos mediante el muestreo in-situ de los parámetros de pH y Temperatura del agua.....	38
<b>Tabla 3.12:</b> Parámetros físico - químicos y microbiológico (resultados obtenidos del laboratorio) .....	39
<b>Tabla 3.13:</b> Variación de los parámetros físicos .....	39
<b>Tabla 3.14:</b> Variación de los parámetros químicos .....	40
<b>Tabla 3.15:</b> Variación de los parámetros microbiológicos.....	44
<b>Tabla 3.16:</b> Calculo del porcentaje de O.D.....	45
<b>Tabla 3.17:</b> ICA para el primer punto cuenca alta “Yanahurco” .....	45
<b>Tabla 3.18:</b> Resultado aplicación del ICA-NSF en la cuenca media.....	46
<b>Tabla 3.19:</b> Resultado aplicación del ICA-NSF en la cuenca baja.....	47
<b>Tabla 3.20:</b> Resultados de los tres puntos de muestreo .....	48
<b>Tabla 3.21:</b> Criterios de calidad para uso agrícola, pecuario, uso humano, doméstico y preservación ecológica .....	49
<b>Tabla 3.22:</b> Presupuesto para la elaboración del proyecto.....	59

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> División de una cuenca hidrográfica: Subcuenclas y microcuenclas .....	13
<b>Figura 2.2:</b> Partes de una cuenca hidrográfica .....	14
<b>Figura 3.1:</b> Esquema metodológico.....	22
<b>Figura 3.2:</b> Área de estudio Microcuenca Nagsiche Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi	23
<b>Figura 3.3:</b> Mapa de ubicación de los puntos de muestreo .....	24
<b>Figura 3.4:</b> Valoración de la calidad del agua en función de Coliformes Fecales.....	29
<b>Figura 3.5:</b> Valoración de la calidad del agua en función del pH.....	29
<b>Figura 3.6:</b> Valoración de la calidad del agua en función del DBO5 .....	30
<b>Figura 3.7:</b> Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno .....	30
<b>Figura 3.8:</b> Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo .....	31
<b>Figura 3.9:</b> Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura.....	31
<b>Figura 3.10:</b> Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.....	32
<b>Figura 3.11:</b> Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total.....	32
<b>Figura 3.12:</b> Valoración de la calidad de agua en función del % de S.O .....	33
<b>Figura 3.13:</b> Obtención del área y perímetro de la microcuenca .....	35
<b>Figura 3.14:</b> Parámetros morfométricos de la microcuenca Nagsiche.....	36
<b>Figura 3.15:</b> ICA - NSF en los puntos de muestreos de la microcuenca Nagsiche.....	48
<b>Figura 3.16:</b> Comparación de del parámetro Oxígeno Disuelto con la Normativa TULSMA para los diferentes usos.....	50
<b>Figura 3.17:</b> Comparación de del parámetro C.F con la Normativa TULSMA para los diferentes usos .....	51
<b>Figura 3.18:</b> Comparación de del parámetro pH con la Normativa TULSMA para los diferentes usos .....	51
<b>Figura 3.19:</b> Comparación de del parámetro Nitratos con la Normativa TULSMA los diferentes usos .....	52
<b>Figura 3.20:</b> Comparación de del parámetro pH con la Normativa TULSMA los diferentes usos .....	53
<b>Figura 3.21:</b> Comparación de del parámetro Temperatura ambiente con la Normativa TULSMA los diferentes usos. ....	53
<b>Figura 3.22:</b> Comparación de del parámetro Turbidez con la Normativa TULSMA los diferentes usos. ....	54
<b>Figura 3.23:</b> Comparación de del parámetro STD con la Normativa TULSMA los diferentes usos. ....	55

## **INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del proyecto:**

“Determinación del índice de calidad del agua (NSF) de la microcuenca Nagsiche ubicado en el Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi”

**Fecha de inicio:**

**Fecha de finalización:**

**Lugar de ejecución:**

Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.

**Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Hidráulica

**Proyecto de investigación vinculado:**

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor:** Ing. Jimmy Xavier Toaza Iza MSc.

**Investigadoras:**

Chicaiza Cocha Erika Julissa

Iza Toapanta Nayely Marlene

**Área de Conocimiento:**

Ingeniería, industria y construcción.

**Línea de investigación:**

Meteorología, hidrología, mecánica de fluidos, sistema y obras hidráulicas.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Gestión y manejo sostenible y/o sustentable del recurso hídrico.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad nos enfrentamos a la escasez de agua un problema grave que afecta a diversas regiones del mundo. Donde, el 72% de los lagos y humedales del mundo están contaminados por vertidos urbanos e industriales, provocando más de la mitad de las enfermedades [1].

A su vez, en la región de América Latina y el Caribe solo se trata entre el 30 % y el 40 % del agua residual recolectada, lo cual las aguas que no reciben tratamiento llegan eventualmente a ríos, a cuerpos de agua y a océanos, llevando contaminantes microbiológicos, químicos y materia orgánica provocando la eutrofización de los cuerpos de agua [2].

Mientras tanto que, en el Ecuador el 20,7 % del agua está contaminada, debido al vertimiento de aguas residuales, la disposición final de residuos sólidos, agroquímicos y nutrientes que por escorrentía se desplazan hacia los cuerpos de agua siendo unos de los potenciales agentes de contaminación [3].

Los cuerpos de agua a lo largo del tiempo han sido el blanco de un acelerado deterioro en su nivel de calidad esto es producto del mal uso de los mismos al ser utilizados como captadores de aguas residuales [4]. Ya que, en nuestro país la mayoría de los ríos traspasan industrias y zonas urbanas lo cual, las aguas superficiales han sido afectadas directa e indirectamente por la contaminación antropogénica [5].

Sin embargo, la microcuenca Nagsiche ubicada en el Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi posee ciertos factores que interviene en la calidad del agua como: la quema de flora nativa, actividades de pastoreo a las riberas del río, descargas de aguas residuales provenientes de domicilios, estas actividades conllevan a la alteración y destrucción de las fuentes de agua. Por lo tanto, la presente investigación determina del índice de calidad del agua en base a la aplicación de la metodología propuesta por Brown, para establecer la clasificación del recurso según el grado de contaminación en las tres partes de la microcuenca Nagsiche.

### **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La contaminación del cauce del río genera desafíos relacionados con la calidad del agua y el ecosistema, por el cual, se emplea la metodología del índice de la calidad del agua en la microcuenca Nagsiche para el análisis de 9 parámetros fisicoquímicos y un microbiológico ya que, se ha evidenciado la presencia de actividades antropogénicas ejercidas a las riberas del río.



### 1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo afectan las actividades humanas cercanas a la microcuenca Nagsiche, evaluadas mediante la metodología ICA NSF, a la calidad del agua y la presencia de contaminantes en el ecosistema fluvial?

## 1.2. BENEFICIARIOS

Los beneficiarios del proyecto de investigación es la población aledaña a la microcuenca Nagsiche perteneciente al cantón salcedo, con un total de 10076 habitantes. Por lo tanto, en la **Tabla 1** se especifica los beneficiarios directos e indirectos de la zona de estudio.

**Tabla 1** Beneficiarios directos e indirectos de la microcuenca Nagsiche [6],[7],[8]

<b>Directos</b>	<b>Indirectos</b>	
Población aledaña a la microcuenca Nagsiche	Parroquia de la cuenca alta y media Cusubamba	Parroquia de la cuenca baja Panzaleo
<b>Extensión total</b>	<b>Extensión</b>	<b>Extensión</b>
192822.22 ha	191176.52 ha	1645.7 ha
<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>
10076 hab	5949 hab	4126 hab

**Elaborado por:** Autores

## 1.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación se centra en la crítica necesidad de preservar la calidad del agua en la microcuenca Nagsiche, provincia de Cotopaxi, en respuesta a las amenazas como el crecimiento poblacional, la expansión de actividades humanas y el cambio climático [9], [10]. Los resultados del estudio ofrecerán información detallada sobre la calidad del agua, crucial para identificar problemas de contaminación y degradación del recurso hídrico. Por lo tanto, la aplicación de la metodología de Brown, desarrollada por la Fundación Nacional de Saneamiento se basa en la implementación del análisis físico-químicos y microbiológicos de 9 parámetros, que permitirá establecer técnicamente la calidad del recurso hídrico [11].

Sin embargo, los receptores de los beneficios de este estudio son variados que se incluyen desde las poblaciones locales hasta las autoridades gubernamentales, científicos y defensores del medio ambiente, ya que, contribuyen directamente a la protección de la salud pública y la sostenibilidad regional, con los resultados también sirviendo como referencia para futuros proyectos y estudios en la zona.

#### 1.4. HIPÓTESIS

La aplicación de la metodología NSF presentarán niveles altos de contaminación en áreas con mayor actividad industrial y poblacional de la microcuenca Nagsiche.

#### 1.5. OBJETIVOS

##### 1.5.1. GENERAL

Determinar el índice de calidad del agua (NSF) de la microcuenca Nagsiche ubicado en la provincia de Cotopaxi.

##### 1.5.2. ESPECÍFICOS

- Conceptualizar los referentes teóricos acerca de metodologías para la determinación del índice de calidad del agua.
- Caracterizar la microcuenca Nagsiche mediante el uso del software SIG para la selección de puntos de muestreo.
- Aplicar la metodología del ICA-NSF para la deducción de la calidad del agua.
- Analizar los resultados para la evaluación bajo la normativa ambiental vigente en el Ecuador.

#### 1.6. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Conceptualizar los referentes teóricos acerca de metodologías para la determinación del índice de calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"><li>• Búsqueda de información bibliográfica de autores y sitios confiables.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Redacción de las metodologías para la determinación del ICA.</li></ul>	<p><b>Técnica:</b></p> <p>Recopilación de información bibliográfica.</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Artículos científicos, Tesis, Documentos académicos.</p>

Caracterizar la microcuenca Nagsiche mediante el uso del software SIG para la selección de puntos de muestreo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitación de la microcuenca Nagsiche.</li> <li>• Selección de puntos de muestreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapas</li> <li>• Datos geoespaciales</li> </ul>	<p><b>Técnica:</b></p> <p>Observación</p> <p>Medición</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Software QGIS</p>
Aplicar la metodología del ICA-NSF para la deducción de la calidad del agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de los parámetros del ICA NSF.</li> <li>• Toma de muestras de agua en in-situ.</li> <li>• Análisis de las muestras de agua, a través de metodología NSF.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros de calidad de agua.</li> <li>• Recolección de muestras de agua y transportarlas al laboratorio, siguiendo las pautas de preservación de muestras definidas por la institución.</li> </ul>	<p><b>Técnicas:</b></p> <p>Muestreo del agua</p> <p>Análisis parámetros físico-químicos y microbiológico</p> <p><b>Instrumentos</b></p> <p>Equipos de laboratorio</p> <p>Medidores portátiles</p>
Analizar los resultados para la evaluación bajo la normativa ambiental vigente en el Ecuador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis e interpretación de resultados, en base a la normativa ecuatoriana para uso agrícola y pecuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y resultados de la investigación.</li> </ul>	<p><b>Técnica:</b></p> <p>Redacción de resultados</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Normativa Ambiental</p>

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES

En este sentido, [12] analizó acerca de la calidad del agua según variables fisicoquímicas y macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del río Chucchun planteándose como objetivo comparar la calidad del agua entre las variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del río Chucchun durante el periodo de avenidas del 2020. La metodología aplicada fue ICA para aguas superficiales con estudio cualitativo mediante su cálculo a través del Índice Biótico Andino (IBA). De este modo, ICA determinó resultados, el cual los valores en los índices disminuían cuando había mayor

interacción con la actividad humana. Se compararon ambos índices y se obtuvo una correlación de 86,87% determinando que a medida que el río transcurre, la calidad del agua disminuye por las actividades socioeconómicas que realizan las poblaciones aledañas. Es decir, que la evaluación y comparación de metodologías en la calidad del agua permite determinar el estado del recurso hídrico a través de comparaciones lo que conlleva a precisar el nivel de contaminación en la microcuenca.

De igual forma, [13] plasmó una investigación sobre la adaptación del índice de calidad de agua (ICA-CONAGUA) para la evaluación comunitaria de fuentes hídricas en la Microcuenca Río Ventura. El objetivo de este trabajo fue evaluar una herramienta para el monitoreo comunitario de fuentes hídricas en la microcuenca Río Ventura, la ubicación y los puntos de muestreos en 11 comunidades. En ese sentido, la metodología que efectuó fue a través del programa ArcGIS, en complementación con información secundaria y levantamientos de muestras de agua. Entre los resultados obtenidos, los análisis realizados en los cuerpos de agua sobrepasan valores máximos admisibles que son: fosfatos totales; coliformes totales; alcalinidad total; temperatura: dureza, conductividad eléctrica, según las normas utilizadas de calidad del agua, obteniendo clasificación de 25 a 37, según el ICA (Río Ventura), en 10 comunidades la calidad del agua es inaceptable para consumo humano. Por otro lado, la evaluación del índice de la calidad del agua a través de la metodología ICA permite establecer estudios de los parámetros específicos de acuerdo al uso del recurso hídrico.

Según, [14] realizó un trabajo acerca de la evaluación de la calidad del agua superficial a través de los índices ICA, ICOMI, ICOMO e ICOSUS. Con el objetivo de evaluar la calidad del agua en la microcuenca. La metodología aplicada fue los índices ICA (índice de calidad del agua), ICOMI (índice de contaminación por mineralización), ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica) e ICOSUS (índice de contaminación por sólidos suspendidos), utilizando métodos fisicoquímicos y microbiológicos. En ese sentido, el estudio de los parámetros del recurso hídrico en microcuencas a través de aplicación de metodologías y monitoreos permite establece la estimación del estado de la calidad del agua en zonas de estudio.

En este sentido, [15] elaboró una investigación de la adaptabilidad de dicho índice a entornos distintos a los ríos norteamericanos, planteándose como objetivo el determinar la viabilidad de ajustar el ICA a condiciones específicas de contaminación, factores inherentes a los ríos Cali y Meléndez. A su vez, la metodología aplicada fue de enfoque comparativa, donde se analizaron detalladamente las variables y ponderaciones del ICA en relación con las particularidades de contaminación, normativas y políticas locales de ambos ríos. Los resultados evidenciaron

discrepancias significativas entre las características del ICA original y las particularidades de contaminación y normativas presentes en estos entornos. Esto apunta a la relevancia de adaptar el ICA a realidades locales para obtener una evaluación más certera de calidad del agua en estos lugares específicos. Es decir, que los aportes referidos a la importancia de considerar los contextos ambientales y normativas para mejorar la efectividad de las evaluaciones de calidad del agua.

Del mismo modo, [16] desarrolló un estudio en base a la calidad del agua en el río Platanitos en Guatemala, cuyo objetivo estableció si la caracterización de la variación espacial y temporal de los parámetros de calidad del agua se hace uso intencional de la tierra en esta calidad. La metodología de la investigación fue de tipo cualitativos enfocados en la interpretación del entorno geográfico, con enfoques cuantitativos, empleando herramientas para medir y cuantificar la calidad del agua y su relación con el uso de la tierra. Entre los resultados finales del ICA indicaron valores que clasificaron el agua como de mala calidad en ambas estaciones, con puntajes más altos en la época seca. Estos hallazgos resaltan la importancia del manejo adecuado de la tierra y su influencia directa en la calidad del agua, lo cual ayuda al desarrollo del proyecto.

Por su parte, [17] realizó la determinación del índice de calidad del agua (ICA) específico, utilizando el ICA de la National Sanitation Foundation (NSF), para el río Copueno en el cantón Morona, cuyo objetivo fue un monitoreo exhaustivo en tres estaciones diferentes dentro de la microcuenca del río Copueno durante los meses de octubre, noviembre, diciembre de 2019 y enero de 2020. Así mismo, el proceso de la investigación se llevó a cabo mediante un análisis cualitativo y cuantitativo realizado a través del software IQA Data. Entre los resultados obtenidos demuestran que la calidad del agua del río Copueno se ve principalmente afectada por descargas de aguas residuales en diferentes zonas, lo que puso en evidencia la ineficiencia en la implementación de políticas públicas destinadas a su regulación. Por lo tanto, esta investigación constituye una alternativa para implementar medidas más efectivas de regulación y control de aguas residuales.

De igual forma, [18] plasmó una investigación sobre la evaluación de la variabilidad de la calidad del agua en los ríos Arracaches, Chontas, La Chiral y La Honda, con el objetivo de caracterizar física, química y microbiológica estos cuerpos de agua. De este modo, la metodología se centró en el enfoque del monitoreo mensual entre octubre de 2017 y enero de 2018, en la cual calcularon el valor del ICA-NSF para cada río a partir de los subíndices establecidos por la NSF. Así, entre los resultados demuestran que el río Arracaches presentó el

valor más bajo de ICA-NSF con 83,91, seguido por La Honda con 84,65, La Chiral con 86,53 y Chontas con 86,86, este último siendo el más representativo en cuanto a la calidad del agua. En efecto, el trabajo realizado implementa un plan integral de gestión y monitoreo continuo de estos ríos para garantizar su protección y conservación, especialmente ante las influencias potencialmente dañinas de las actividades ganaderas.

Según, [19] plasmaron una investigación sobre la evaluación de la calidad del agua en el río Jubones, específicamente en su paso por el cantón El Guabo. Utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF), el estudio delimitó cuatro puntos de muestreo y se emplearon nueve parámetros fisicoquímicos definidos por la metodología del ICA-NSF, incluyendo temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos, turbidez, nitratos, fosfatos, DBO y coliformes fecales, entre los resultados del análisis indicaron que el valor del ICA-NSF varió entre 51 y 70 en los cuatro puntos de muestreo, lo que sugiere una calidad de agua de nivel medio en esta sección geográfica del río Jubones. Específicamente, los parámetros críticos que contribuyeron significativamente a la disminución del ICA-NSF en el área estudiada fueron coliformes fecales y DBO. En efecto, esta información se considera esencial para el desarrollo de planes de manejo sostenible del río Jubones y la preservación de sus recursos hídricos.

Finalmente, [20] elaboró un trabajo en base a las estrategias para reducir la contaminación en la cuenca baja del río Portoviejo en la provincia de Manabí, Ecuador, cuyo objetivo fue el análisis de los parámetros de calidad del agua a través de la metodología empleada, la cual se basó en el modelo de análisis propuesto por Brown (1970) y la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF). Se fundamentó en un enfoque categorizado de la calidad del agua en diferentes niveles, desde pésima hasta excelente, según el índice obtenido, utilizando parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes fecales, temperatura, fosfatos, oxígeno disuelto, nitratos, pH, sólidos totales disueltos y turbidez. Los resultados corroboran en el punto uno (Sosote), el índice ICA fue del 51.75%, en el punto dos (Higuerón de Rocafuerte) se registró un 65.77%, y en el punto tres (Puerto Salinas, Crucita) se obtuvo un valor de 65.16%. Frente a ello se establece que, no se evidencian contaminaciones graves en los puntos con mayor densidad poblacional, tampoco se alcanzan niveles óptimos de calidad del agua. Se deduce la necesidad de implementar estrategias que contribuyan a mejorar gradualmente la calidad del agua en esta región.

## **2.2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.2.1 El Agua**

Según [21], el agua es un elemento indispensable para la vida y la sostenibilidad de los ecosistemas, no existe elemento alguno que pueda sustituirla. Si bien es cierto es un recurso renovable, se sabe que no es infinito, es decir que tiene un límite en su aprovechamiento y se puede acabar si se hace una explotación desmedida de ella, por eso su alto valor para todo el mundo.

De acuerdo con esto, [22] menciona que el agua: “Es un elemento tan fundamental para la vida que ha constituido siempre objeto de reglamentaciones jurídicas, por referirse a la navegación, a los riegos, al alimento humano, a la higiene de personas y de poblaciones.” (pág. 39)

Por lo tanto, [22] plantea que: “Como bien jurídico, objeto sobre el que recaen derechos y obligaciones, se tienen en cuenta las aguas que circulan por causes terrestres: arroyos, riachuelos o ríos, causes artificiales o que se contienen en lagos o lagunas.”

El agua es esencial para la existencia de la vida, por lo tanto, su tratamiento como un recurso legal es crucial. Esto implica que los individuos tienen derechos y responsabilidades según el tipo de agua y su ubicación geográfica.

### **2.2.2 Fuentes de agua**

Estas fuentes de agua se encuentran naturalmente en el medio ambiente como la lluvia, aguas superficiales, aguas subterráneas, océanos, entre otras. Las aguas en la superficie son más susceptibles a la contaminación, tanto por fenómenos naturales como la erosión, como por actividades humanas que han deteriorado nuestros ríos, lagos y quebradas. Por otro lado, las aguas subterráneas tienden a mantener una calidad más uniforme y diferente [23].

### **2.2.3 Utilidades de aguas superficiales**

El empleo de los recursos hídricos ha aumentado con el progreso económico, tanto en la cantidad demandada para ciertos propósitos como en la diversificación de sus usos. Originalmente, el agua se destinaba principalmente a satisfacer la sed, fines domésticos, cría de animales y agricultura basada en la lluvia, ocasionalmente mediante riego. A medida que la civilización avanzó, surgieron nuevos usos, generando conflictos por estos recursos, que a menudo son limitados, y dando lugar a disputas entre los diferentes usuarios [24].

Los usos se encuentran divididos en tres clases:

- **Infraestructura social:** se refiere a usos generales para la sociedad, en los cuales el agua entra como un bien de consumo final.
- **Agricultura, forestal y acuicultura:** se refiere a los usos del agua como bien de consumo intermedio orientado hacia la creación de condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de especies animales o vegetales de interés para la sociedad.
- **Industria:** usos en actividades de procesamiento industrial y energético, en los cuales el agua entra como un bien de consumo intermedio.

Con respecto a la forma de utilización existen dos posibilidades:

- **Uso consuntivo:** se refiere al uso que retira el agua de su fuente natural disminuyendo su disponibilidad, espacial y temporalmente.
- **Uso no consuntivo:** se refiere al uso que devuelve prácticamente la totalidad del agua utilizada a la fuente de abastecimiento, pudiendo darse alguna modificación en su patrón temporal de disponibilidad y también en su calidad.

Estas utilidades incluyen abastecimiento de agua para consumo humano, riego agrícola, generación de energía hidroeléctrica, recreación (natación, pesca, deportes acuáticos), transporte, soporte de la biodiversidad y hábitat para la vida silvestre, entre otros usos industriales y comerciales. Estas aguas superficiales representan una fuente crucial de recursos que satisfacen múltiples necesidades humanas y ecológicas.

#### **2.2.4 Calidad del agua**

Se define como el conjunto de características químicas, físicas y biológicas del agua. Se puede dividir la calidad del agua en diversos parámetros que tienen mayor o menor importancia de acuerdo al uso que se pretende dar a la misma [25].

Así mismo, [26] define que, la calidad del agua, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano.

#### **2.2.5 Contaminación antropogénica de los ecosistemas acuáticos**

La contaminación en ecosistemas acuáticos implica daños causados por actividades humanas, como la liberación de sustancias dañinas o radiactivas, el calentamiento del agua por la refrigeración de industrias, descarga de agentes patógenos o desechos sólidos dispersos, la introducción de especies no nativas, entre otros impactos perjudiciales [27].



Por lo general, la contaminación de un cuerpo de agua ocurre debido a la deposición directa o indirecta de diversos materiales, cualquier acción que pueda aumentar la degradación del agua y cambiar sus propiedades físicas, químicas o bacteriológicas.

## **2.2.6 Fuentes de contaminación del agua**

### **2.2.6.1. Fuentes naturales**

Según [28] menciona que a través de su ciclo natural el agua puede entrar en contacto con ciertos constituyentes contaminantes que se vierten en las aguas, atmosfera y corteza terrestre.

Normalmente las fuentes de contaminación natural son:

- Sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión, tales como arsénico, cadmio, bacterias entre otras.}
- Gases provenientes de la atmosfera (lluvias) o de las transformaciones bacterianas de la materia orgánica.

### **2.2.6.2. Fuentes artificiales**

Generalmente son producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar [29].

Además, existen todo tipo de sustancias las cuales son:

- Sustancias de sumideros sanitarios (heces, orinas, detergentes, entre otros).
- Sustancias provenientes de desechos industriales (grasas, aceites, compuestos químicos, otros)
- Sustancias empleadas en el combate de plagas agrícolas y/o vectores de enfermedades humanas o de animales (pesticidas, herbicidas, insecticidas, entre otros).

## **2.2.7 Consecuencia de la contaminación del agua**

La consecuencia de la contaminación del agua es un grave problema en el caso de los ríos, debido a su capacidad para transportar y diluir sustancias, pueden tolerar una mayor carga de contaminación.

Sin embargo, la presencia abundante de desechos como residuos domésticos, pesticidas, fertilizantes y desechos industriales perturba el equilibrio natural entre la flora y fauna acuáticas. Además, en un entorno sin contaminación, hay un equilibrio entre plantas y animales,

pero la introducción de materiales extraños rompe este equilibrio, llevando a la desaparición de algunas especies y al crecimiento desmedido de otras [30].

Asimismo, esto provoca cambios en el aspecto y olor del agua dado que los ríos son una fuente vital de agua potable para las comunidades humanas, su contaminación restringe el acceso a este recurso crucial para la vida.

Los mecanismos de transmisión de las enfermedades pueden ser:

**a) Directos**

La contaminación del agua, ya sea por consumo directo de fuentes de abastecimiento contaminadas o contacto con la piel o mucosas durante actividades recreativas, ocupacionales o terapéuticas, puede provocar infecciones locales en la piel dañada o sistémicas en personas inmunodeprimidas.

**b) Indirectos**

El agua puede transportar infecciones o transmitirse a través de alimentos regados con aguas residuales. Además, los moluscos pueden acumular polivirus, afectando a quienes los consumen, y ciertos insectos acuáticos transmiten enfermedades como el paludismo o la fiebre amarilla. La susceptibilidad a estas infecciones depende de factores como la edad, higiene personal, acidez gástrica, motilidad intestinal e inmunidad [29].

### **2.2.8 Cuenca hidrográfica**

Según [25] la cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, que dispone de una salida simple para que todo el caudal efluente sea descargado.

La planificación de los recursos hídricos suele basarse en la cuenca hidrográfica, pero es esencial reconocer que las cuencas de ríos principales están conformadas por sistemas más pequeños, como los ríos tributarios.

#### **2.2.8.1. Clasificación de una cuenca hidrográfica**

La extensión de una cuenca puede variar, desde pocas a miles de hectáreas, tal como se puede observar en la clasificación de cuencas propuesta para el Ecuador por el INEFAN (Ver **Tabla 2.1**) [31].

**Tabla 2.1:** Clasificación de cuencas propuestas para el Ecuador [31]

Categoría	Superficie en Has.	Superficie en Km <sup>2</sup>
Sistema hidrográfico	Mayor a 300.000	Mayor a 3.000
Cuenca hidrográfica	100.001 a 300.000	1.001 a 3.000
Subcuenca	15.001 a 100.000	151 a 1.000
Microcuenca	4.000 a 15.000	40 a 150
Mini cuenca o quebrada	Menor a 4.000	Menor a 40

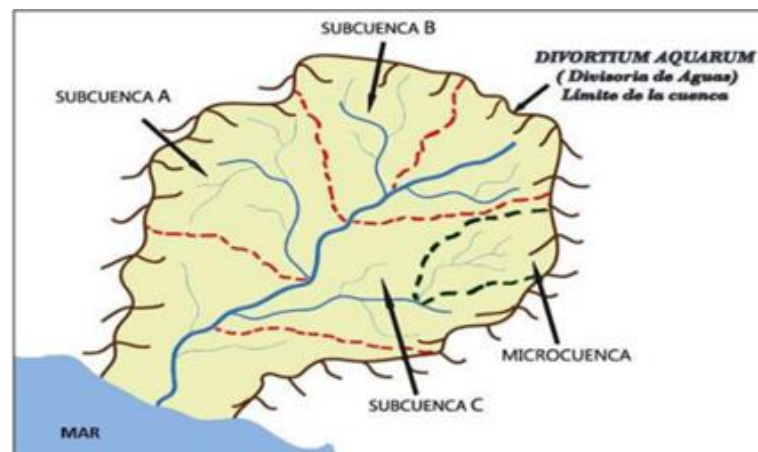
Fuente: INEFAN (1995)

### 2.2.8.2. Microcuenca

La microcuenca se define como una pequeña unidad geográfica (Ver **Figura 2.1** ) donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación [32].

A su vez, una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas [33].

Se pueden considerar como microcuencas a los cursos de agua de primer, segundo y tercer orden; a sub cuencas, los cursos de agua de cuarto y quinto orden y a cuencas de agua o río se inicia a partir del cauce más pequeño y teniendo como punto de referencia [34].



**Figura 2.1:** División de una cuenca hidrográfica: Subcuencas y microcuencas [34]

### 2.2.8.3. Partes de una cuenca hidrográfica

En función de la dinámica hidrológica se pueden reconocer tres zonas funcionales distintas al interior de una cuenca (Ver **Figura 2.2**):

#### a) La zona de captación, de cabecera o cuenca alta

Son áreas aledañas a la divisoria de aguas o parteaguas en la porción altimétrica más elevada de la cuenca; abarca sistemas de montaña y lomeríos. En esta zona se forman los primeros

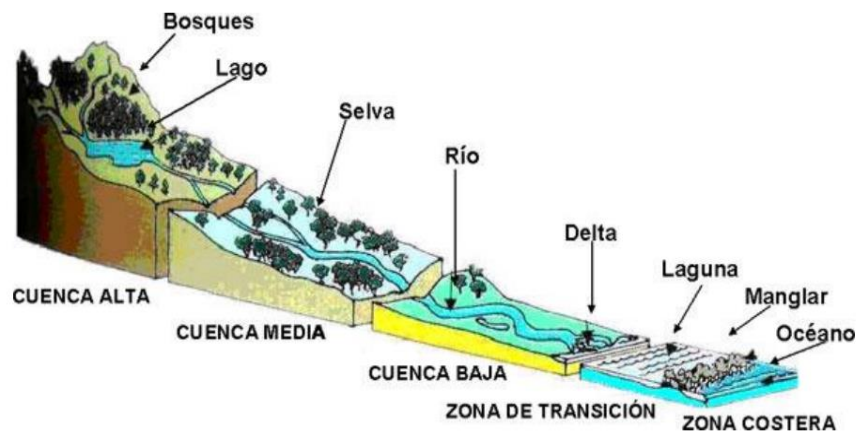
escurrimientos (arroyos) luego que los suelos han absorbido y retenido toda el agua según su capacidad [35].

**b) La zona de almacenamiento, de transición o cuenca media**

Es el encajonamiento formado entre las dos vertientes, por cuyo fondo se conduce el agua proveniente de la cuenca alta [31].

**c) La zona de descarga, de emisión o cuenca baja**

Es el sitio donde el río principal desemboca en el mar o bien en un lago. Se caracteriza por ser una zona de importantes ecosistemas, como los humedales terrestres y costeros, además productiva para el uso agrícola, donde se acumulan los impactos de toda la cuenca [35].



**Figura 2.2:** Partes de una cuenca hidrográfica [31]

**Fuente:** Eoearth, adaptado por Ordoñez (2011)

## 2.2.9 Componentes de la cuenca hídrica

### 2.2.9.1. Componente Biológico

Los bosques, los cultivos y en general los vegetales conforman la flora, constituyendo junto con la fauna el componente biológico. La vegetación que cubre la cuenca hidrográfica está compuesta por bosques primarios y secundarios [25].

### 2.2.9.2. Componente Físico

El agua, el suelo, el subsuelo, y el aire constituyen el componente físico de la cuenca hidrográfica, presenta desde su parte más alta hasta su base, un relieve inclinado y cortados por quebradas. Los suelos que se encuentran en el área son variados, en la parte alta los suelos están relacionados con bosques naturales, estos mantienen humedad y tienen una fertilidad natural media [36].

### **2.2.9.3. Componente Socio económico**

Son las comunidades que habitan en la cuenca, las que aprovechan y transforman los recursos naturales para su beneficio, construyen obras de infraestructura, de servicio y de producción, los cuales elevan el nivel de vida de los habitantes [36].

### **2.2.10 Delimitación de la cuenca**

Por lo general, se usan diferentes métodos para delimitar cuencas hidrográficas, cada uno adaptado a objetivos específicos. Estos métodos van desde delineaciones manuales en mapas topográficos hasta enfoques digitales semiautomatizados con herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y datos geoespaciales. Aunque buscan el mismo fin, la precisión puede diferir, dependiendo del método y la calidad de los datos utilizados, impactando en la exactitud del resultado final.

Por lo tanto, el definir los límites de cuencas de forma manual puede ser un proceso bastante laborioso. No obstante, hay un método automatizado que emplea el software QGIS. Este software ofrece un conjunto robusto de herramientas hidrológicas que presentan beneficios notables, como una delimitación más sencilla, un modelo distribuido, aceptación generalizada y acceso a mapas disponibles para el proceso [37].

#### **2.2.10.1. Utilizando las herramientas SIG**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS) son sistemas diseñados para visualizar, analizar y almacenar datos geoespaciales, permitiendo relacionar esta información con fenómenos geográficos y urbanos, representándolos en mapas. Estas herramientas son esenciales para comprender integralmente el territorio, trascendiendo visiones sectoriales al integrar dimensiones ambientales, culturales, económicas, sociales y espaciales, siendo fundamental para delimitar las cuencas de una manera automática [38].

Por lo tanto, se lo ejecuta utilizando softwares como QGIS o ArcGIS, por lo que un sistema de caracterización y modelado de cuencas hidrográficas integra herramientas específicas de análisis hidrológico en una interfaz GIS personalizada. Sus componentes actuales incluyen modelos de ruta de flujo terrestre para ubicar puntos óptimos de muestreo de calidad de agua, estimación de flujo en arroyos, calidad del agua para contaminantes, en la cual mediante la utilización de la herramienta de QGIS se realiza la respectiva delimitación [39].

### **2.2.11 Características morfométricas de una cuenca**

Según [40] “El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo”.

### **2.2.12 Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica**

#### **2.2.12.1. Perímetro (P) (km)**

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Éste parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros [41].

#### **2.2.12.2. Longitud axial (La) (km)**

Es la distancia entre los extremos de una cuenca, desde la parte más alta hasta la parte más baja o desembocadura, medición en línea recta [37].

#### **2.2.12.3. Longitud del curso principal (L) (m)**

Es la extensión del río medida desde su punto más alejado dentro de la cuenca hasta donde desemboca [42].

#### **2.2.12.4. Longitud total del drenaje (Ln) (km)**

Es la longitud definida con la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca [42].

#### **2.2.12.5. Área de la cuenca (A)**

Es la proyección horizontal de la superficie encerrada por la divisoria de la cuenca vertiente en el punto considerado [43].

#### **2.2.12.6. Ancho de la cuenca (W)**

El ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L) y se designa como W [44].

#### **2.2.12.7. Coeficiente de Compacidad (Cc) o Índice de Gravelius.**

Se define como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área A de la cuenca hidrográfica [37].

#### **2.2.12.8. Razón de Elongación (Re)**

Se define como la relación de elongación como la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tiene igual área (A) que la cuenca y la longitud (L) de la misma. Este valor varía entre 0,60 y 1,00 para una amplia variedad de climas y materiales geológicos, además está fuertemente correlacionada con el relieve de la cuenca, de manera que valores cercanos a la unidad son típicos de regiones con relieve bajo, en cambio donde varía de 0,60 a 0,80 se trata de fuertes relieves y pendientes pronunciadas del terreno [45].

#### **2.2.12.9. Factor de Forma de Horton (Rf)**

Representa la relación entre el área de la cuenca (A) y el cuadrado de la longitud máxima o longitud axial (La) de la cuenca [37].

### **2.2.13 Metodologías para la determinación del Índice de Calidad del Agua**

#### **2.2.13.1. Índice de calidad del agua**

Un índice de calidad del agua es una forma concisa de combinar varios parámetros para evaluar la calidad de un cuerpo de agua. Se presenta como una herramienta para comunicar esta información de manera efectiva, ya que, estos índices pueden expresarse mediante un número, un intervalo, un símbolo o un color, lo que facilita su interpretación. Es por ello, que la aplicación de metodologías para la clasificación de la calidad del agua se han desarrollado varios índices según su relevancia las cuales son:

#### **2.2.13.2. Índice de Calidad General (ICG).**

Este índice es ampliamente empleado por las Confederaciones Hidrográficas españolas para evaluar la calidad o nivel de contaminación del agua. Por lo cual, esta metodología es considerado como el índice más complejo debido a su alto costo económico y el tiempo requerido para su análisis, ya que se calcula a partir de 23 parámetros utilizando ecuaciones lineales. De estos parámetros, nueve son considerados básicos y siempre se utilizan, mientras que los otros 14 se toman en cuenta dependiendo de si influencia en la calidad del agua [46].

Así mismo, la escala de medición establece que la calidad del agua se clasifica como excelente cuando el valor del ICG está entre 100 y 90; buena si oscila entre 90 y 80; intermedia si esta entre 80y 70; admisible si esta entre 70 y 60; y finalmente, admisible cuando el índice toma calores entre 60 y 0 [47].

### **2.2.13.3. Índice Simplificado de Calidad de Aguas (ISQA)**

El ISQA surgió en España en 1982 para evaluar la calidad del agua en las cuencas de Cataluña, basándose en 5 parámetros físicoquímicos y se utiliza principalmente para evaluar la idoneidad del agua para consumo humano, entre otros usos específicos. Aunque proporciona un análisis rápido e intuitivo de la calidad del agua, necesita ser complementada con otros índices para obtener una visión más completa. Los 5 parámetros utilizados en el ISQA son: DQO, sólidos totales, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura del agua. Entonces, su ponderación va de 0 (calidad mínima) hasta 100 (calidad máxima) [48].

### **2.2.13.4. Índice Automático de Calidad de Aguas (IAQA)**

Se presenta una variante del ISQA, que se distingue por el uso de COT (Carbono Orgánico Total) en lugar de DQO (Demanda Química de Oxígeno). Esta modificación se justifica por la precisión y exactitud de los datos proporcionados por el COT. Por ende, esta variante del ISQA se propone como una mejora para la evaluación de la calidad del agua, ya que el COT ofrece una medida más precisa de la carga orgánica presente en el agua [49].

### **2.2.13.5. Índice Holandés de Calidad de Agua (IHCA)**

El índice Holandés de Calidad de Agua es un método utilizado para evaluar la calidad del agua superficial, ya que se basa en la combinación de tres parámetros principales los cuales son: Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días (DBO5), el nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (PSO). A través del IHCA, se asigna un puntaje a las concentraciones de estos parámetros, y el resultado se visualiza en una escala de colores que va desde el azul para indicar agua no contaminada hasta rojo que indica una contaminación severa [50].

### **2.2.13.6. Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF)**

Es uno de los más conocidos y utilizados; fue desarrollado en 1970 por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos. Es un índice multiparámetro que utiliza nueve parámetros, donde el NSF determina las condiciones físico-químicas y microbiológicas de la calidad del agua ya que, proporciona la estimación del grado de contaminación en diferentes puntos y momentos específicos a evaluar, dado que esta metodología proporciona la facilidad de establecer las posibles limitaciones en función a las actividades del uso del recurso hídrico [51].



#### **2.2.13.7. Parámetros considerados por el (ICA-NSF)**

Los parámetros considerados por ICA-NSF son los físico-químicos y microbiológicos, ya que esta metodología se basa en la determinación del índice de la calidad de agua a través de 9 parámetros a analizar como:

#### **2.2.13.8. Temperatura del agua**

La temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes porque se relaciona con la actividad biológica, el grado de saturación de oxígeno disuelto, la precipitación de compuestos, la floculación, sedimentación, filtración etc. La temperatura del agua es afectada principalmente por factores ambientales y, por lo tanto, es un dato necesario para determinar la calidad del agua [48].

#### **2.2.13.9. pH**

El pH es un parámetro muy importante de analizar, porque muchos procesos químicos solo pueden llevarse a cabo en un pH determinado; por ejemplo, los efectos tóxicos de sustancias como el hierro, aluminio, mercurio y la mayoría de los metales pesados están disponibles en aguas con pH ácidos [52]. Dado que el pH es un ensayo común para determinar la calidad del agua. Es la medida de iones de hidrógenos en el agua, con escala en el rango de 0 a 14, siendo neutro el  $\text{pH} = 7$ . Es una escala logarítmica, es decir cada unidad del pH representa una potencia de 10 en acidez [53].

#### **2.2.13.10. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

La demanda química de oxígeno (DQO) indica el contenido de materia orgánica del cuerpo de agua; se usa para medir la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua [54].

#### **2.2.13.11. Nitratos**

Nitrato y nitrito son compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno. En el ambiente nitrito ( $\text{NO}_2$ ) generalmente se convierte a nitrato ( $\text{NO}_3$ ), lo que significa que nitrito ocurre raramente en aguas subterráneas. El nitrato es esencial en el crecimiento de las plantas y está presente en todos los vegetales y granos [55]. Sin embargo, la concentración de nitrato en aguas superficiales normalmente es baja ( $0\text{-}18 \text{ mg L}^{-1}$ ), pero puede llegar a alcanzar elevados niveles como consecuencia de las prácticas agrícolas o residuos urbanos y ganaderos (especialmente granjas), o por la aportación de aguas subterráneas ricas en nitrato (éstas con concentraciones cada vez más elevadas) [56].

#### **2.2.13.12. Fosfatos**

Los fosfatos son nutrientes que generalmente se encuentran en forma de sales, están ampliamente distribuidos en la naturaleza en diferentes formas. Sin embargo, los fosfatos son considerados un contaminante frecuente en los cuerpos de agua, debido al origen principal de los compuestos que se aplican como fertilizantes en zonas agrícolas y de los detergentes que se emplean en las zonas urbanas y pecuarias, lo cual genera el crecimiento exponencial de algas en los cuerpos de agua desarrollando consecuencias en la disminución exponencial del oxígeno disuelto desarrollando impactos de contaminación [57].

#### **2.2.13.13. Turbiedad**

La turbiedad se mide en unidades nefelométricas NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Se refiere a la falta de transparencia del agua, debido a la presencia de partículas en suspensión (sedimentos, fitoplancton, etc.); siendo así que mientras más sólidos suspendidos hay en el agua, más sucia parecerá esta, más alta será la turbidez y menor será su calidad. La turbiedad tiene tanto un origen inorgánico (arcilla, arenas, etc.) como es el caso de la turbiedad aportada por la erosión, hasta tener un origen orgánico (microorganismos, limus, etc.) como es el caso de la turbiedad aportada por actividades antrópicas [58].

#### **2.2.13.14. Oxígeno disuelto**

El OD es uno de los principales indicadores de contaminación de aguas. Los bajos niveles de OD son principalmente causados por la presencia de materia orgánica o de material inorgánico parcialmente oxidado. En ambos casos, se presenta una demanda de oxígeno, ya sea para la respiración de los organismos capaces de digerir la materia orgánica o por la oxidación de los compuestos inorgánicos. Tal demanda puede agotar o disminuir apreciablemente el OD. El OD en las aguas limpias, no sujetas a demandas de OD, tiene concentraciones de equilibrio que dependen de la presión atmosférica y de la temperatura del agua [59].

#### **2.2.13.15. Sólidos disueltos totales**

Se define como el residuo que queda después de evaporar una muestra previamente filtrada a través de un filtro con un tamaño de poro nominal de 2.0  $\mu\text{m}$  (o menor). Los SDT incluyen las sales, minerales, metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico que se disuelve en el agua [60].

Según, [61] determina que es el material soluble constituido por materia inorgánica y orgánica que permanece como residuo después de evaporar y secar una muestra previamente filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con poro de 1,5  $\mu\text{m}$  a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

#### **2.2.13.16. Coliformes fecales**

Los coliformes fecales son indicadores de contaminación fecal y fueron usados como indicadores de una posible contaminación por patógenos en el agua. La unidad de medición empleada es NMP/100cm<sup>3</sup> [62].

Así mismo, [63] establece que, la presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

#### **2.2.14 Normativa Ambiental Vigente TULSMA**

Las normativas establecidas en el país desempeñan un papel fundamental en el control de diversos aspectos que regulan el comportamiento del ser humano, puesto que conllevan a la determinación, protección, conservación y sostenibilidad del país.

Del mismo modo, la normativa para la determinación de la calidad del agua posee razones claves de importancia, debido a que estos reglamentos generan controles en los cuerpos de agua para garantizar los límites permisibles y requisitos para el cumplimiento de calidad del agua en sus diversos ámbitos de uso, consumo humano, riego, pecuario etc. Según los criterios de calidad del agua de la normativa TULSMA [64].

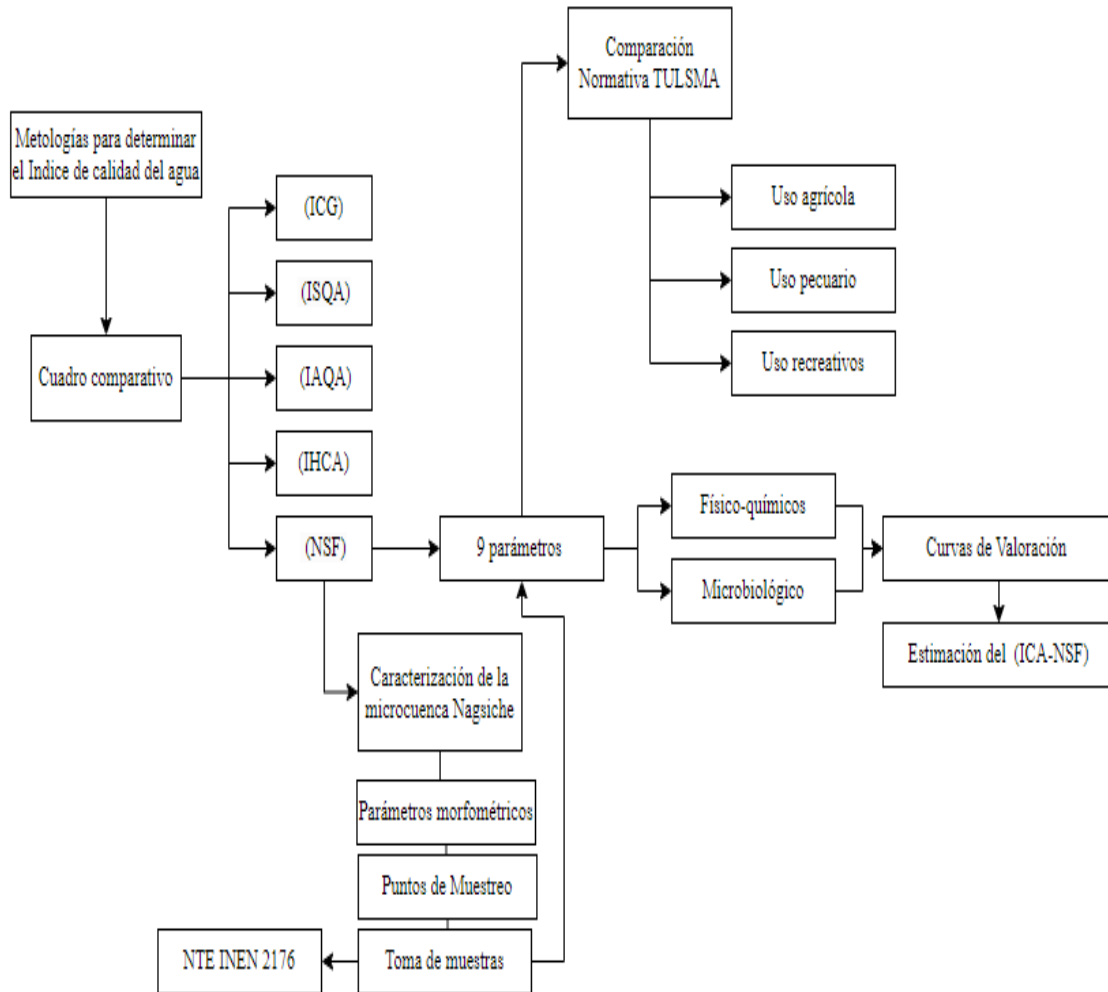
### **3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1. METODOLOGÍA**

El presente trabajo de investigación se basó en el enfoque cuantitativo debido a que implica la medición y el análisis numérico sujetos al índice de calidad del agua NSF. A su vez, los niveles del presente estudio son descriptiva, documental y de campo ya que pretenden describir, analizar y visualizar de forma detallada la información relevante sobre los parámetros físico-químicos y microbiológicos del área de estudio. Para la investigación se aplicó el método deductivo ya que, a través de la información obtenida basado en las muestras de agua, se evaluó el grado de contaminación y la calidad del agua de la microcuenca Nagsiche partir de la aplicación de la metodología NSF, a fin de determinar el grado de la calidad del recurso hídrico.

### 3.1.1. Esquema metodológico

Para el presente estudio se elaboró un esquema metodológico (ver **Figura 3.1**), donde se establece los procedimientos en base a las metodologías para la determinación del índice de calidad del agua, caracterización del área de estudio, aplicación y comparación de datos con la normativa ecuatoriana vigente de acuerdo a los criterios de usos efectuados en la microcuenca Nagsiche, desarrollando la comprensión de la investigación efectuada.

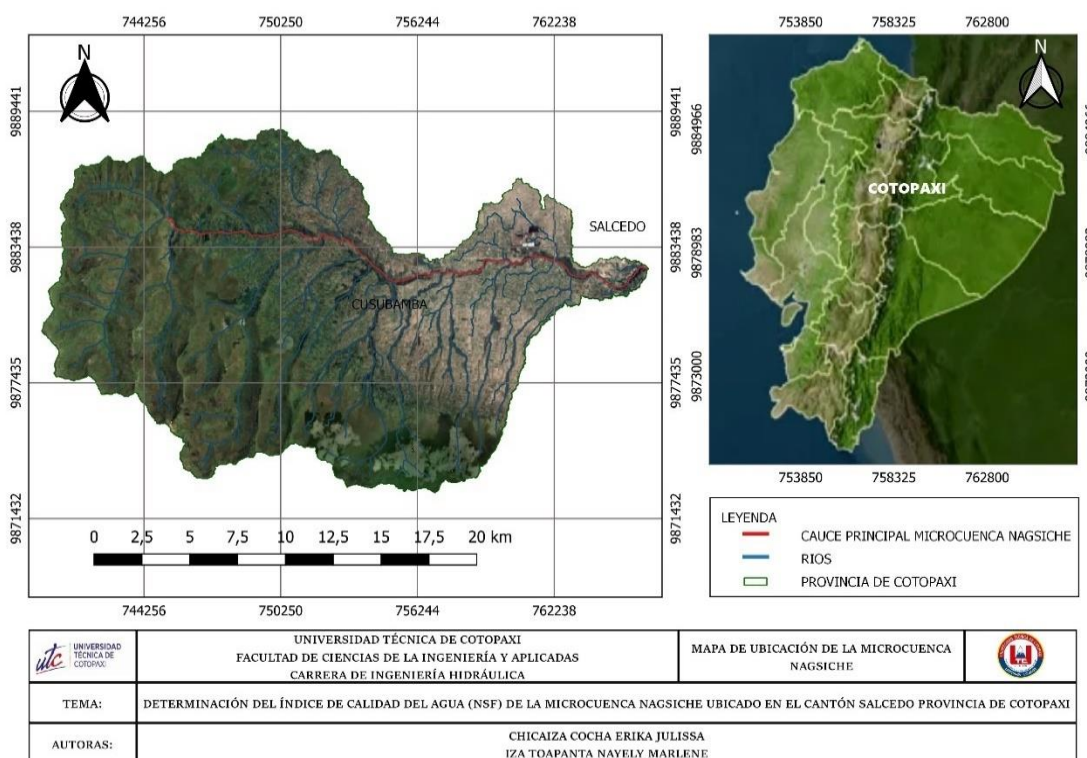


**Figura 3.1:** Esquema metodológico

Elaborado por: Autores

### 3.2. Descripción de la zona de estudio

La microcuenca Nagsiche está ubicada al lado occidental del cantón Salcedo, abarcando las parroquias de Cusubamba y Panzaleo (ver **Figura 3.2**). Esta área tiene una extensión de 25658 hectáreas (equivalentes a 256,58 km<sup>2</sup>), con una variación altitudinal que va desde los 3600 msnm hasta los 2668msnm, sus principales afluentes son los ríos Zamora, Sunfo y el Atocha [65].



**Figura 3.2:** Área de estudio Microcuena Nagsiche Cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi

**Elaborado por:** Autores

### 3.3. Metodologías para la determinación del Índice de Calidad del Agua

La determinación de metodologías para la evaluación del índice de calidad del agua se basa a través de características establecidas a partir del estudio a desarrollar, debido a que cada metodología proporciona los procesos y técnicas de estimación de acuerdo a diferentes procesos como: parámetros a tratar, ponderaciones, usos principales y limitaciones que conlleva cada metodología para la valoración, clasifican y categorizan de la calidad del agua. Por lo tanto, para la elaboración de un cuadro comparativo se realizará en base a las siguientes metodologías ICA:

- Índice de Calidad General (ICG)
- Índice Simplificado General de Calidad de agua (ISQA)
- Índice Automático de Calidad de agua (IAQA)
- Índice Holandés de Calidad de agua (IHCA)
- Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF)

#### 3.3.1. Caracterización de la microcuena

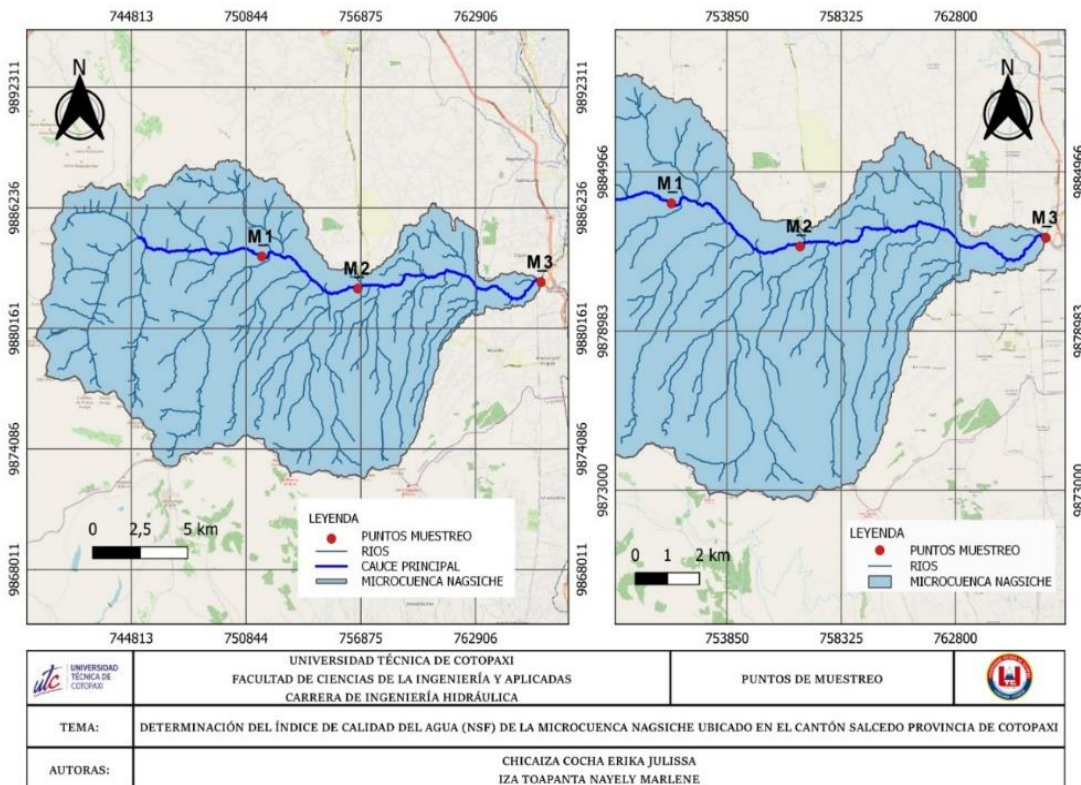
Para la georreferenciación de la zona de estudio se emplea el software QGIS, en el cual facilita el desarrollo del mapa base para el proyecto investigativo.

Con base en estos detalles geográficos y considerando los sistemas de accesibilidad, áreas de posible contaminación y actividades antrópicas cercanas a las orillas del río, se identificaron 3 puntos Cuenca alta, Cuenca media y Cuenca Baja de muestreo representativos para la recolección y conservación de muestras en base a la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013 técnicas de muestreo. Por lo tanto, en la **Tabla 3.2** y la **Figura 3.3**, se describe las coordenadas de los puntos de muestreo del área de estudio.

**Tabla 3.2:** Coordenadas de los puntos de muestreo

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS		ALTURA m.s.n.m	LUGAR
	ESTE	NORTE		
1	751667.816	9883782.594	3230	Río Nagsiche (cuenca alta)
2	756718,80	117838,40	2185	Río Nagsiche (cuenca media)
3	766266,20	117355,50	665	Río Nagsiche (cuenca baja)

**Elaborado por:** Autores



**Figura 3.3:** Mapa de ubicación de los puntos de muestreo

**Elaborado por:** Autores

### 3.3.2. Parámetros Morfométricos

El cálculo del perímetro y la superficie de la microcuenca de interés se realizaron directamente a partir de la tabla de atributos en QGIS, ya que se empleó la función “Agregar Archivo” para incorporar los campos necesarios, y luego, mediante la herramienta “Calculadora de Campos”, por lo cual se determinaron los valores de área (km<sup>2</sup>) y perímetro (km).

#### 3.3.2.1. Ancho de la cuenca (W)

$$W = \frac{A}{L} \quad (3.1)$$

Dónde:

W: Ancho de la cuenca

A: Área de la cuenca

L: Longitud de la cuenca

#### 3.3.2.2. Coeficiente de Compacidad (Kc) o Índice de Gravelius.

$$Kc = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3. 2)$$

Dónde:

Kc: índice de Gravelius (adimensional)

P: Perímetro de la cuenca (Km)

A: Área de la cuenca en (Km<sup>2</sup>)

Dado que, el coeficiente de compacidad abarca la forma y geometría de la cuenca generando la clasificación del coeficiente, en la **Tabla 3.3:**

**Tabla 3.3:** Clasificación del coeficiente de compacidad o Gravelius [37]

Kc	Clasificación	Interpretación Ambiental
1 a 1,25	Casi Redonda a oval-redonda	Alta tendencia a inundaciones
1,25 a 1,50	Oval redonda a oval-alargada	Mediana tendencia a inundaciones
1,50 a 1,75	Oval alargada a alargada	Baja tendencia a inundaciones
>1,75	Alargada	Cuencas propensas a la conservación

**Fuente:** Villela e Matos (1975), citado por (Cerignoni & Rodrigues)

#### 3.3.2.3. Razón de Elongación (Re)

$$Re = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L} \quad (3. 3)$$

Dónde:

Re: Relación de elongación

A: Área de la cuenca.

L: Longitud de la cuenca.

### 3.3.2.4. Factor de Forma de Horton (Rf)

$$Rf = \frac{A}{La^2} \quad (3. 4)$$

**Dónde:**

Rf: Factor de forma de Horton (Adimensional)

A: Área de la cuenca ( $Km^2$ )

La: Longitud axial de la cuenca (Km)

**Tabla 3.4:** Relación de la forma Horton [37]

Rango de valores	Forma de la cuenca
<0,22	Muy alargada
0,22 – 0,30	Alargada
0,30 – 0,37	Ligeramente alargada
0,37 – 0,45	Ni alargadamente ni ensanchada
0,45 – 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 – 0,80	Ensanchada
0,80 – 1,12	Muy Ensanchada
>1,20	Redondeando el desagüe

**Fuente:** Villela e Matos (1975), citado por (Cerignoni & Rodrigues)

### 3.3.3. Determinación del Índice de calidad del Agua NSF


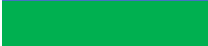



Para la determinación de la calidad del agua en la microcuenca Nagsiche, se establece a partir del cálculo y aplicación de la metodología NFS propuesta por Brown, emplea una escala de 0 a 100 puntos que sintetiza valores de los nueve parámetros físico -químicos y microbiológicos.

#### 3.3.3.1. Estimación del índice de la calidad del agua general (ICA-NSF)

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente **Tabla 3.5:**

**Tabla 3.5:** Clasificación del "ICA" propuesto por Brown [66]



Calidad de agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a a70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Elaborado por: Autores

Fuente: ICA-NSF-USA (BROWN, 1970)

Para ello, el ICA adopta un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del agua, de acuerdo a la clasificación propuesto por Brown se describe lo siguiente:

- Las aguas con ICA mayores que 90 son capaces de poseer buena diversidad en la vida acuática. Las aguas con ICA de categoría regular tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y con frecuencia fomentan el crecimiento de las algas.
- Las aguas con ICA de categoría mala pueden tener solamente una diversidad baja de vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.
- Las aguas con ICA de categoría pésima pueden tener un número limitado de las formas acuáticas de vida, presentan problemas abundantes y normalmente no resultan aceptables para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación [67].

Para determinar el valor del ICA en un punto cualquiera es necesario tener las mediciones de los 9 parámetros antes mencionados, el cálculo del índice, la evaluación numérica del ICA, con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de los pesos específicos aportados en la investigación de Brown y McClelland (1973). Para calcular el índice de Brown y McClelland se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (*ICA<sub>a</sub>*) o una función ponderada multiplicativa (*ICA<sub>m</sub>*) [68].

Para el cálculo del índice de calidad se emplea las siguientes expresiones matemáticas **ecuación (3.5)** y **ecuación (3.6)**:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (sub_i * w_i) \quad (3.5)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (sub_i^{w_i}) \quad (3. 6)$$

Donde:

$w_i$  = pesos relativos asignados a cada parámetro ( $sub_i$ ) y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

$sub_i$  = subíndice del parámetro  $i$ , otorgado mediante gráficas o interpolación para realizar la sumatoria [68].

Para la aplicación del cálculo para la determinación de la calidad del agua se emplea el uso de pesos relativos asignados para cada parámetro en el cual se visualiza en la **Tabla 3.6** a su vez se realiza la interpolación para la obtención del subíndice de cada parámetro como la ecuación:

$$y = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \cdot (y_1 - y_0) \quad (3. 7)$$

Dónde:

$y$ : Valor de propiedad a determinar asociado a  $x_3$ .

$y_1, y_2$ : Valores de las propiedades asociados a la referencia  $x_1, x_2$  respectivamente.

$x_1, x_2$ : Valores de las propiedades leídos en la tabla más próximos al de la propiedad conocida.

$x_0$ : Valor de la propiedad conocida o deseada.

**Tabla 3.6:** Pesos relativos de los 9 parámetros [68]

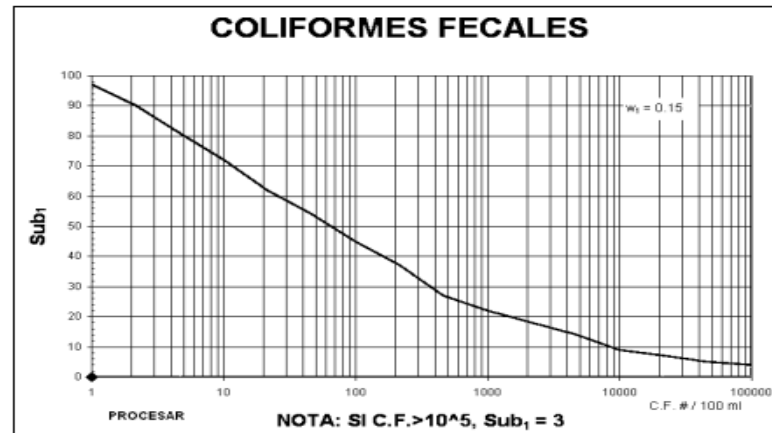
I	$sub_i$	$w_i$
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO5	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Cambio de temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno disuelto	0.17

**Fuente:** Landwehr y Denniger (1976)

**Elaborado por:** Autores

### 3.3.3.2. Curvas de valoración para el cálculo del ICA-NSF

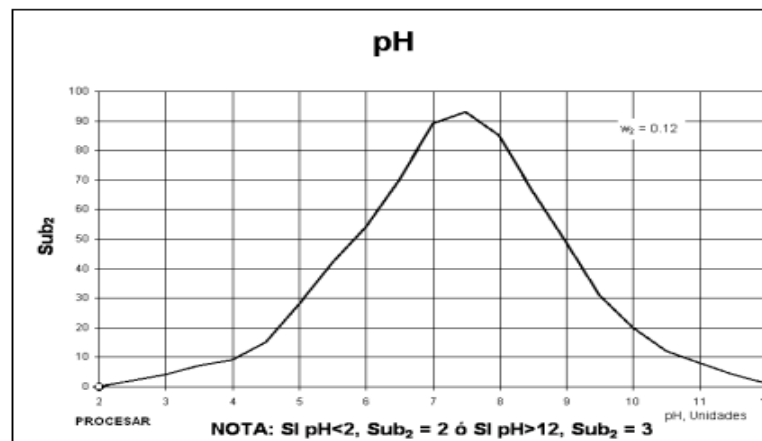
Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el (Sub1) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje de (X) en la **Figura 3.4** se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub1) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso  $w_1$ .



**Figura 3.4:** Valoración de la calidad del agua en función de Coliformes Fecales [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

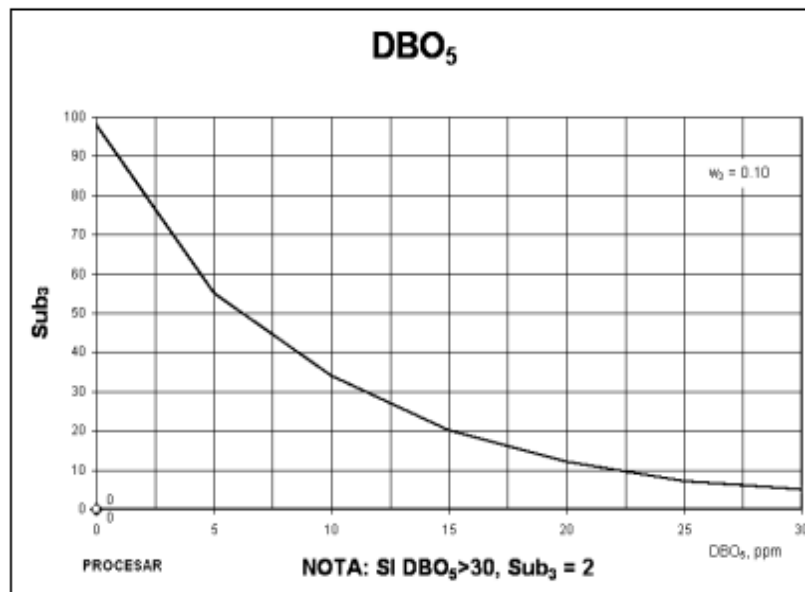
Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub2) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub2) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la **Figura 3.5** se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub2) de pH y se procede a elevarlo al peso  $w_2$ .



**Figura 3.5:** Valoración de la calidad del agua en función del pH [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

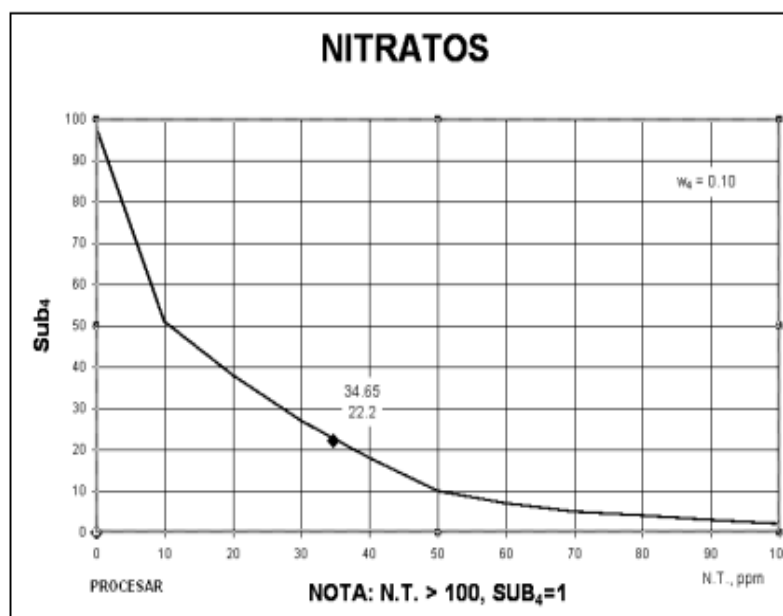
Si la DBO5 es mayor de 30 mg/L el (Sub3) es igual a 2. Si la DBO5 es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la **Figura 3.6** se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub3) de DBO5 y se procede a elevarlo al peso  $w_3$ .



**Figura 3.6:** Valoración de la calidad del agua en función del DBO5 [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

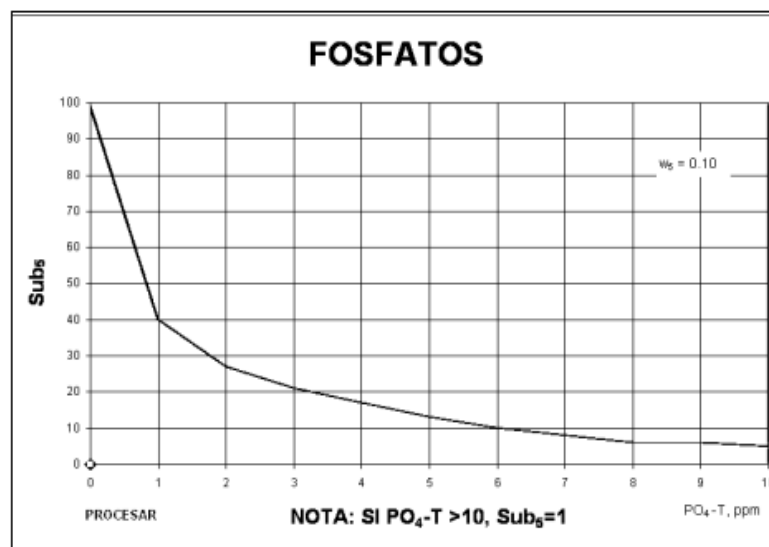
Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub4) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la **Figura 3.7** se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub4) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso  $w_4$ .



**Figura 3.7:** Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

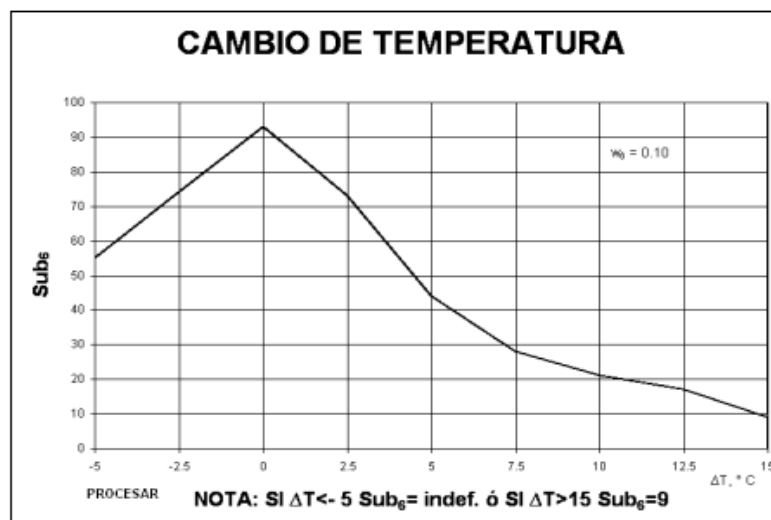
Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub5) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la **Figura 3.8** se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub5) y se procede a elevarlo al peso  $w_5$ .



**Figura 3.8:** Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

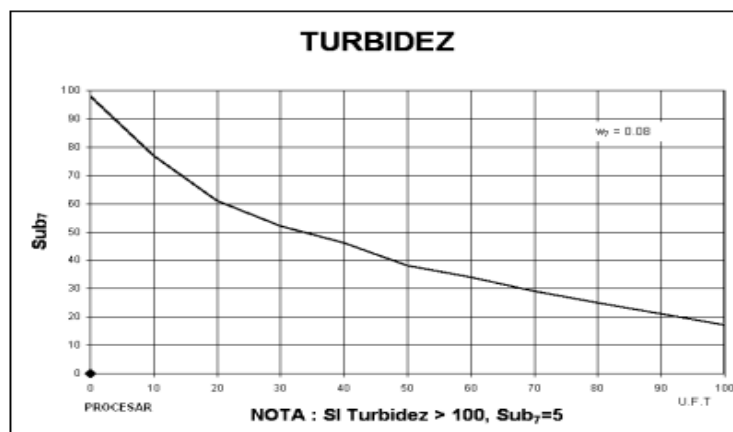
Para el parámetro de Temperatura (Sub6) primero hay que calcular la diferencia entre la  $T^{\circ}$ ambiente y la  $T^{\circ}$ Muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de  $15^{\circ}\text{C}$  el (Sub5) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de  $15^{\circ}\text{C}$ , buscar el valor en el eje de (X) en la **Figura 3.9** se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub6) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso  $w_6$ .



**Figura 3.9:** Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

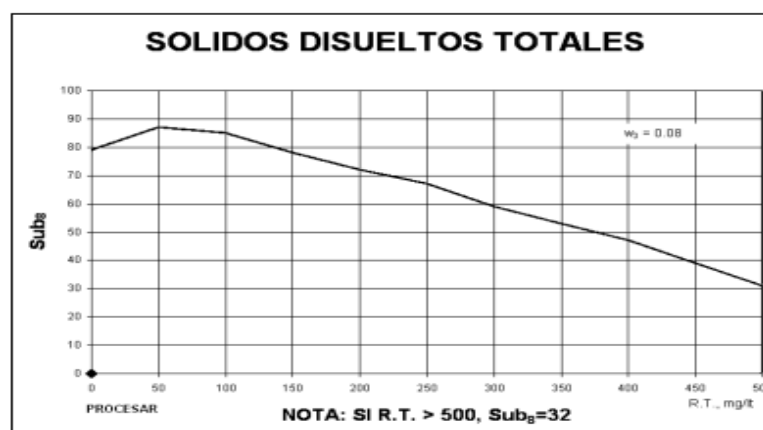
Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub7) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X) en la se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub7) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso  $w_7$ . Como se observa en la **Figura 3.10**.



**Figura 3.10:** Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la **Figura 3.11** se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub8) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w8.



**Figura 3.11:** Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

Para el parámetro de oxígeno disuelto (OD) primero se debe calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua; para esto, se debe precisar el valor de saturación del OD según la temperatura del agua (ver **Tabla 3.7**). Si el porcentaje de saturación del OD es mayor a 140 %, el *subi* = 47. Si el valor obtenido es menor a 140 % de saturación del OD, el valor que le corresponde a *subi* se busca en la gráfica de la **Figura 3.12**, y el peso relativo correspondiente es de  $w_i = 0.1$ . [68]

$$\% \text{ ODS} = \frac{\text{Oxígeno disuelto (Muestra)}}{\text{Oxígeno disuelto saturado}} * 100 \quad (3.8)$$

Dónde:

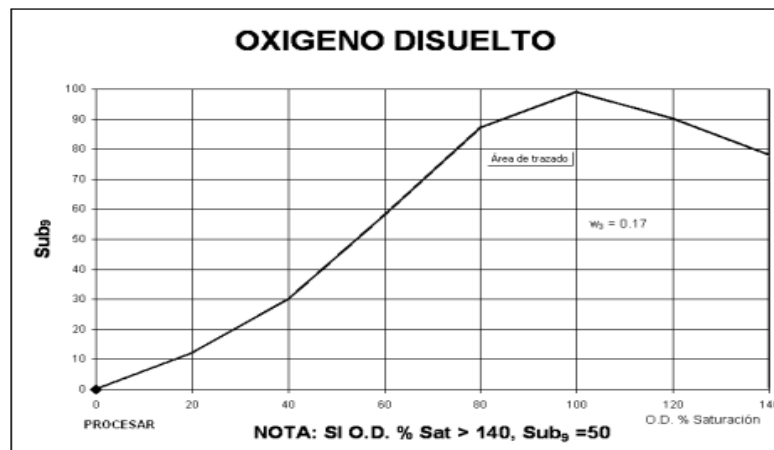
% ODS: Porcentaje de saturación

**Tabla 3.7:** Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce [66]

Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.40	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.72
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.90	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

**Elaborado por:** Autores



**Figura 3.12:** Valoración de la calidad de agua en función del % de S.O [66]

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

### 3.3.4. Análisis de los resultados para la evaluación bajo la normativa ambiental vigente con los parámetros establecidos por el ICA-NSF

En el Ecuador, existe la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes aplicada al recurso agua, contenida en el texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente Libro VI anexo 1, establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para la descarga en los cuerpos de agua en base a los criterios de la calidad del

agua de acuerdo a las tablas propuestas por la normativa según sus usos como: consumo humano y doméstico, preservación de la vida acuática, uso agrícola, uso pecuario y fines recreativos. Es por ello que la normativa establece controles en los cuerpos de agua para garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos para el recurso hídrico [64].

### 3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.4.1. Análisis de resultados

El análisis de la calidad del agua es uno de los factores principales que sustenta las características necesarias para el uso de diversas actividades productivas.

##### 3.4.1.1. Metodología ICA-NSF

De acuerdo al cuadro comparativo desarrollado en la **Tabla 3.8**, se establece las metodologías empleadas para la evaluación de la calidad del agua de acuerdo a parámetros empleados, usos principales y limitaciones que conlleva cada metodología. Es por ello que, para la presente investigación se emplea la metodología ICA-NSF diseñado por Brown en 1970, ya que este índice es ampliamente utilizado para la determinación del comportamiento de la calidad del agua en tramos particulares del río a través del tiempo, a su vez esta metodología se basa en criterios rigurosos para la evaluación integral y confiable de la calidad del agua, su facilidad de uso, orientación para la mejora y aplicabilidad a diferentes contextos, lo cual lo hace versátil y adaptable a diversas necesidades y situaciones de estudio.

**Tabla 3.8:** Cuadro comparativo de metodologías para la determinación del ICA

Índice	Índice de Calidad General (ICG)	Índice Simplificado General de Calidad de agua (ISQA)	Índice Automático de Calidad de agua (IAQA)	Índice Holandés de Calidad de agua (IHCA)	Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF)
<b>Descripción</b>	Evaluación de calidad del agua basada en 23 parámetros fisicoquímicos.	Evaluación de la calidad del agua basada en 5 parámetros fisicoquímicos.	Variante del ISQA que utiliza el Carbono Orgánico Total (COT) en lugar de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).	Evaluación de la calidad del agua superficial basada en DBO5, N-NH4+ y PSO.	Índice multiparámetros que utiliza 9 parámetros para determinar la calidad del agua.



<b>Parámetros utilizados</b>	(9 parámetros básicos y 14 opcionales)	DQO, Totales, Disuelto, Conductividad y Temperatura del agua.	Solidos Oxígeno Disuelto, y del	Carbono Orgánico Solidos Oxígeno Disuelto, Conductividad y Temperatura del Agua.	DBO5, N-NH4+ y PSO.	Parámetros Físico-químicos y Microbiológicos.
<b>Ponderación</b>	De 0 a 100	De 0 a 100	De 0 a 100	De 0 a 100	De 0 a 100	De 0 a 100
<b>Usos principales</b>	Evaluación general de la calidad del agua.	Evaluación de la idoneidad del agua para consumo humano y otros usos específicos.	Evaluación de la calidad del agua con mayor precisión debido al uso de COT.	Evaluación de la calidad del agua superficial.	Evaluación de la calidad del agua superficial.	Determinación de la contaminación en diferentes puntos.
<b>Limitaciones</b>	Alto costo económico y tiempo requerido para análisis.	Necesidad de ser complementado con otros índices para obtener una visión más completa.	Depende de la precisión y exactitud de los datos proporcionados por el COT.	No toma en cuenta otros parámetros relevantes que pueden afectar la salud del ecosistema acuático.	No contempla otros aspectos socio-ambientales.	

**Elaborado por:** Autores

### 3.4.1.2. Caracterización de la microcuenca Nagsiche y selección de puntos

A través de la delimitación de la zona de estudio se determinó los parámetros morfométricos a partir del cálculo, empleando las ecuaciones establecidas en la metodología para cada característica como el factor de forma se obtuvo aplicando la **ecuación (3.1)**, al igual que el Factor de compacidad **ecuación (3.2)** y la Densidad de drenaje a partir del software QGIS, es decir, en la **Figura 3.13**, **Figura 3.14** y **Tabla 3.9** se visualiza los datos obtenidos de la delimitación del área de estudio.

	NOMBRE	AREA (M2)	AREA (HA)	AREA (KM2)	PERIM (KM)	PERIME (M)
1	100 MICROCUCENC	256579751,30	25657,98	256,58	115,57	115574,73

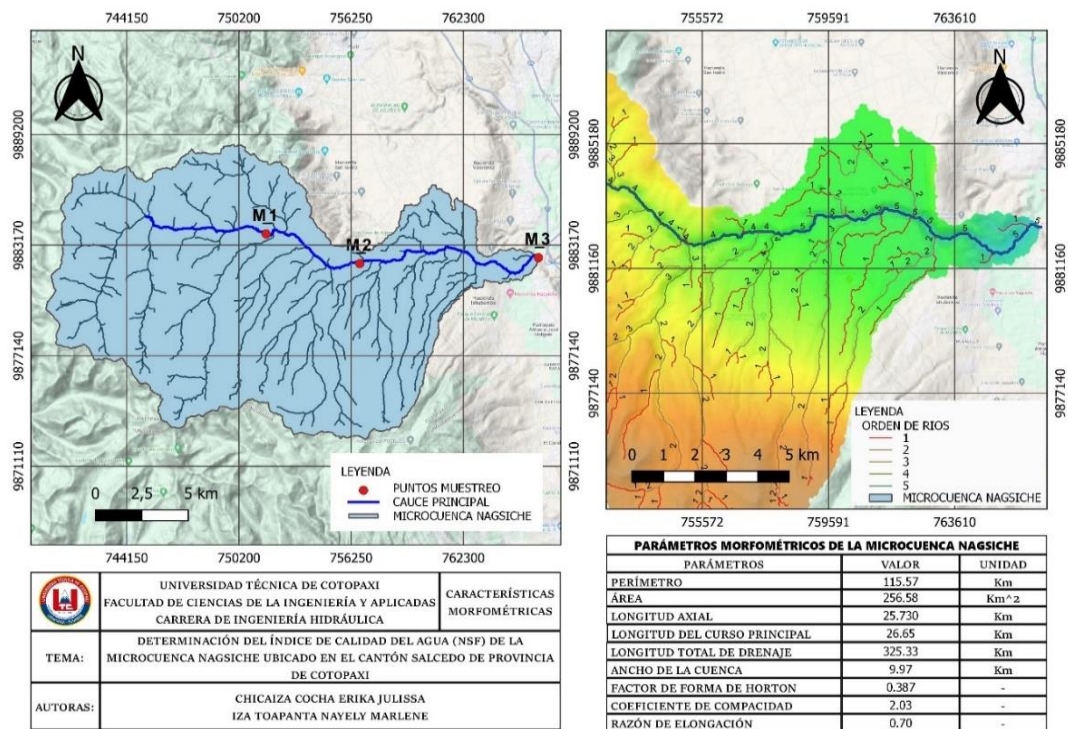
**Figura 3.13:** Obtención del área y perímetro de la microcuenca

**Elaborado por:** Autores

**Tabla 3.9:** Parámetros Morfométricos de la microcuenca Nagsiche

Parámetros Morfométricos de la microcuenca Nagsiche		
Parámetros	Unidad	Valor
<b>Parámetros de forma</b>		
Perímetro	Km	115,57
Longitud Axial	Km	25,730
Longitud del curso principal	Km	26,65
Longitud total del drenaje	Km	325,33
Área de la cuenca	Km <sup>2</sup>	256,58
Ancho de la cuenca	Km	9,97
Factor de Forma de Horton		0,387
Coefficiente de Compacidad		2,034
Razón de Elongación		0,702

Elaborado por: Autores



**Figura 3.14:** Parámetros morfométricos de la microcuenca Nagsiche

Elaborado por: Autores

### 3.4.1.3. Muestreo

Para la toma de muestras se realizó a partir de la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013 Agua. Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo, en base a los materiales empleados en la **Tabla 3.10**, se empleó el siguiente procedimiento para la recolección de muestras de la microcuenca:

- Para la toma de muestra, se debe ubicarse en la parte central del río, dado que la homogeneidad es mayor y proporciona una mejor evaluación de los parámetros físico – químico y microbiológico del agua.
- A su vez, la muestra debe ser tomada a una profundidad media del río y en contra de la corriente del cuerpo hídrico.
- Previa a la toma de muestra, se realizó la homogenización de las botellas, es decir, se lavaron las botellas tres veces con el agua del cuerpo hídrico, con el fin de evitar la contaminación por diversos factores externamente.
- Para la recolección del volumen total de agua se utilizó botellas de ámbar; mientras que, para la recolección de muestras para el análisis microbiológico se realizó en frascos de polietileno y herméticamente cerrados, que fueron sellados para evitar el contacto con el aire.

**Tabla 3.10:** Descripción de los materiales empleados para la toma de muestras

Nº	Unidad	Materiales	Descripción
3	U	Recipiente	Pásticos, Con capacidad de 100 ml de muestra de orina.
2	Pares	Guantes quirúrgicos	Látex
3	U	Embaces	Polietileno de un litro
2	U	Mandiles	Talla N° 38
1	U	Set de materiales de oficina	Esferos, cinta adhesiva, libreta
1	U	Cámara fotográfica	2 megapíxeles
1	U	Mecedor multiparamétrico	Parámetros pH, temperatura, S. totales
1	U	Hielera portátil	Conservación de muestras

**Elaborado por:** Autores

#### 3.4.1.4. Análisis de muestras de agua

##### a) Mediciones “in situ”

Mediante el medidor multiparamétrico marca HANNA HI 9829, se realizó la medición de los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura del agua y pH. Además, se registró la medición de la temperatura ambiente. Cabe mencionar que el equipo fue previamente revisado y calibrado para el uso y aplicación para la toma de muestras.

Para el protocolo de medición “in situ” se desarrolló de la siguiente manera:

- La determinación del pH y la temperatura del agua, las sondas fueron lavadas con agua destilada para impedir el contagio de la muestra y evitar la modificación en las mediciones de los parámetros.
- Para evaluar los parámetros se tomó agua del cuerpo hídrico en un recipiente plástico previamente homogenizado para realizar las respectivas mediciones.
- Posterior a ello se introduce la sonda, hasta que la medición se estabilice y así registrar los datos de cada uno de los parámetros.

Por lo tanto, en la **Tabla 3.11** se observa los resultados obtenidos mediante el muestreo in situ de los dos parámetros pH y temperatura del agua determinados a través del medidor portátil, presentando valores de variabilidad en los tres puntos de muestreo de la microcuenca Nagsiche.

**Tabla 3.11:** Resultados obtenidos mediante el muestreo in-situ de los parámetros de pH y Temperatura del agua

Puntos de muestreo	Parámetros	Unidad	Valores
Cuenca alta	pH	upH	7,55
	Temperatura del agua	°C	9,31
Cuenca media	pH	upH	7.63
	Temperatura del agua	°C	11,28
Cuenca baja	pH	upH	7.82
	Temperatura del agua	°C	14,56

**Elaborado por:** Autores

#### **b) Análisis de agua en el laboratorio**

En cuanto al análisis de las muestras realizadas, se utilizó el equipo portátil para el transporte de las muestras al laboratorio acreditado para el análisis de los parámetros físico – químicos, y microbiológicos de la microcuenca Nagsiche.

##### **3.4.1.5. Comportamiento de la calidad del Agua en la microcuenca Nagsiche**

El grado de comportamiento de la calidad del agua de la microcuenca Nagsiche, varía de acuerdo al grado de afectación que existe a las riberas del río esto causado por la intervención de actividades antropogénicas. De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla mediante la recolección de muestras en base a los parámetros físico – químico y microbiológico del ICA-NSF, se describe la variación de datos tres partes del cauce del río.

**Tabla 3.12:** Parámetros físico - químicos y microbiológico (resultados obtenidos del laboratorio)

Parámetros	Unidades	Datos		
		Cuenca alta	Cuenca media	Cuenca baja
Temperatura de la muestra	°C	9,31	11,28	14,56
Turbidez	NTU	30,80	38,90	67,50
Solidos totales disueltos	mg/l	156,00	66,00	174,00
pH	unidades	7,84	8,12	8,01
Nitratos	mg/l	3,15	0,00	0,22
Fosfatos totales	mg/l	0,23	0,26	0,31
Oxígeno disuelto	mg/l	7,16	7,23	6,79
DBO5	mg/l	7.81	103,28	237,68
Coliformes fecales	Bac/100ml	79,00	540,00	2400,00

**Elaborado por:** Autores

### 3.4.1.6. Parámetros físicos

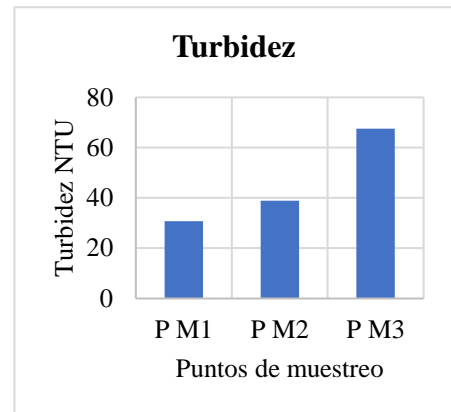
En la siguiente **Tabla 3.13** se determina el comportamiento de los parámetros físicos determinados en las tres partes de muestreo en la microcuenca Nagsiche.

**Tabla 3.13:** Variación de los parámetros físicos

Parámetro	Unidad	Resultado	Gráfica
Temperatura	°C	De acuerdo con los resultados, se aprecia la variación ascendente de la temperatura en los 3 puntos de monitoreo, influenciada por la altitud de cada ubicación y el momento de recolección de las muestras. También se destaca que, en el mes de diciembre, particularmente en el P M3, con una lectura de 14,56 °C, mientras que el valor mínimo registrado durante el muestreo corresponde al P M1, con una temperatura de 9,31 °C en el mismo mes.	

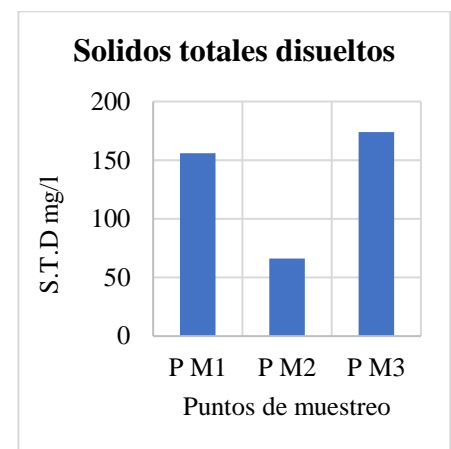
Turbidez  
NTU

De acuerdo a los resultados se observa los valores de turbidez como aumentan progresivamente de la cuenca alta con 30.80 NTU a la cuenca baja con 67.50 NTU. Estos resultados reportan la presencia de partículas en suspensión en el agua, debido a la escorrentía superficial y la erosión del suelo, causada por la contaminación de desechos domésticos e industriales.



Solidos disueltos  
mg/l

Según los datos obtenidos se puede apreciar el incremento de solidos totales disueltos, especialmente en el P M3 (cuenca baja) que tiene 174 mg/l, seguida por la cuenca alta con 156 mg/l y la cuenca media tiene 66 mg/l. Por lo tanto, estos resultados indican la presencia de minerales y otras sustancias disueltas en el agua, por las contribuciones de actividades humanas.



Elaborado por: Autores

### 3.4.1.7. Parámetros químicos

En la **Tabla 3.14** se observan los resultados de los parámetros químicos tomados para determinar el comportamiento e influencia de la calidad del agua en los 3 puntos de muestreo.

**Tabla 3.14:** Variación de los parámetros químicos

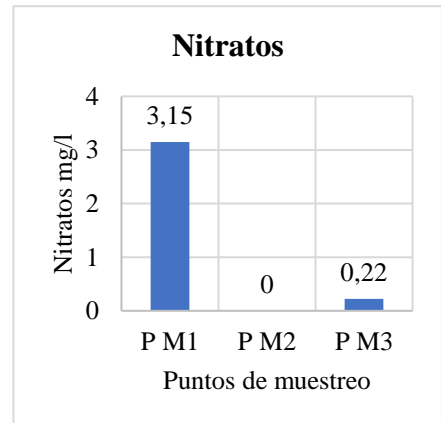
Parámetro	Unidad	Resultado	Gráfica								
pH	upH	De acuerdo con los resultados, se muestra los niveles de pH en diferentes secciones de la microcuenca. En la cuenca alta, se registró un pH de 7.84, lo cual indica condición neutra a alcalinas, generalmente favorable para la vida acuática. En cambio, en la cuenca media, el pH aumento ligeramente a 8.12, por ende, esta elevación es atribuida por la entrada de sustancias alcalinas, y en la cuenca baja, se observó	<table border="1"> <caption>pH</caption> <thead> <tr> <th>Puntos de muestreo</th> <th>pH upH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P M1</td> <td>7.84</td> </tr> <tr> <td>P M2</td> <td>8.12</td> </tr> <tr> <td>P M3</td> <td>8.0</td> </tr> </tbody> </table>	Puntos de muestreo	pH upH	P M1	7.84	P M2	8.12	P M3	8.0
Puntos de muestreo	pH upH										
P M1	7.84										
P M2	8.12										
P M3	8.0										

un pH de 8.01, mostrando también una condición alcalina. Sin embargo, las variaciones observadas señalan la influencia de factores locales en la alcalinidad del agua, pero al tener valores entre 7 y 8.5 se dice que están dentro del régimen de calidad para el desarrollo de procesos biológicos y preservación de vida acuática.

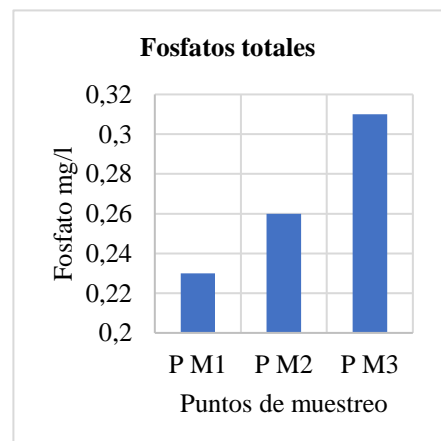
Se puede evidenciar que los niveles de nitratos varían a lo largo de la microcuenca, por ende, el PM1 se registró una concentración de nitratos de 3.15 mg/l, lo cual se atribuye a diversas fuentes, principalmente la actividad agrícola, dado que los nitratos son comunes en fertilizantes, proveniente de sembríos ya que tienen la capacidad de filtrarse hacia los cuerpos de agua. En contraste, la cuenca media exhibe la ausencia de nitratos, sugiriendo una menor actividad agrícola o la efectividad de procesos de autodepuración del agua. Por último, la cuenca baja tiene la concentración de 0.22 mg/l, lo que indica una disminución, debido a procesos de dilución o degradación natural a lo largo del flujo del agua en esa área.

A partir de estos datos se visualiza los niveles de fosfatos totales, lo cual varían a lo largo de la cuenca, siendo más altos en la cuenca baja con 0.31 mg/l en comparación con la cuenca alta que tiene 0.23 mg/l. Estos resultados indican la influencia de actividades humanas y fuentes antropogénicas, como la agricultura, el uso de fertilizantes y detergentes que contribuyen a los niveles de fosfatos en el agua.

Nitratos  
(NO<sub>3</sub>) mg/l

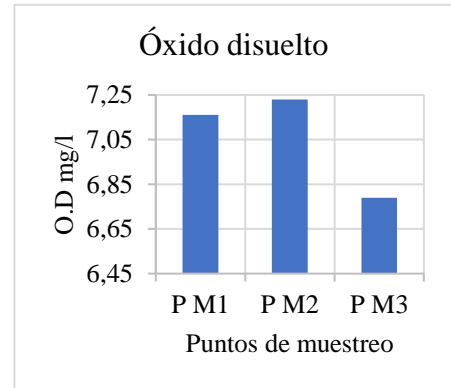


Fosfatos  
(PO<sub>4</sub>) mg/l



Oxígeno  
disuelto      mg/l

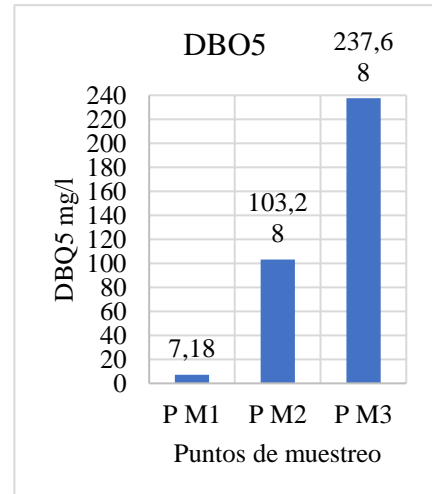
Los datos muestran las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en distintas secciones de la microcuenca. En el PM1, se observa una concentración de 7.16 mg/l, en lo que se debe a la presencia de fuentes de agua fresca y a una menor actividad agrícola y pecuaria. En cambio, en el PM2 ubicado en la cuenca media, la concentración es ligeramente superior alcanzando los 7.23 mg/l, lo cual surge la influencia de factores como entrada de afluentes adicionales y a una mayor actividad biológica. Por otro lado, en el PM3 se registra una concentración ligeramente menor con 6.79 mg/l, lo cual estos resultados indican variaciones en la calidad del agua a lo largo de las diferentes secciones de la microcuenca





DBO5  
mg/l

De acuerdo con los resultados, se muestra el DBO5 expresados en miligramos por litro (mg/l). Por lo tanto, en el PM1 se registró un valor de 7.81 mg/l, mientras que en el PM2 tiene un valor de 103.28.68 mg/l, la cual se destaca una predominancia de mayor rango de concentración en la cuenca baja (PM3), donde se registró un valor máximo de 237.68 mg/l. Por ende, cuanto mayor sea la DBO5 mayor es la cantidad de materia orgánica degradable, también se establece que las contribuciones de agua residuales domesticas de las comunidades aumentan las concentraciones de DBO5 en los ríos, por lo que representa riesgos para la salud humana, ya que el agua es utilizada para actividades agrícolas entonces esto afectara a la calidad, productividad de cultivos y la seguridad alimentaria.



---

Elaborado por: Autores

#### 3.4.1.8. Parámetro microbiológico

En la **Tabla 3.15** se determina el comportamiento del parámetro microbiológico, lo cual establece el grado de presencia de coliformes fecales en las tres partes de la microcuenca Nagsiche.

**Tabla 3.15:** Variación de los parámetros microbiológicos

Parámetro	Unidad	Resultado	Gráfica								
Coliformes fecales	Bac/100 ml	Se puede evidenciar que existe un aumento en los niveles de coliformes fecales, situados en la parte inferior de la microcuenca, alcanzando concentraciones que oscilan entre 540 Bac/100ml y 24000 Bac/100 ml. Este incremento se atribuye a las prácticas ganaderas, descargas de aguas residuales y actividades agrícolas. En contraste, la sección menos afectada corresponde a la zona alta de la microcuenca que tiene 79 Bac/100 ml, por ende, se entiende que la intervención de actividades antrópicas es menor.	<table border="1"> <caption>Data for Coliformes fecales chart</caption> <thead> <tr> <th>Punto de muestreo</th> <th>Concentración (C.F bac/100 ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P M1</td> <td>~100</td> </tr> <tr> <td>P M2</td> <td>~500</td> </tr> <tr> <td>P M3</td> <td>~2400</td> </tr> </tbody> </table>	Punto de muestreo	Concentración (C.F bac/100 ml)	P M1	~100	P M2	~500	P M3	~2400
Punto de muestreo	Concentración (C.F bac/100 ml)										
P M1	~100										
P M2	~500										
P M3	~2400										

Elaborado por: Autores

### 3.4.1.9. Aplicación y cálculo de la metodología ICA-NSF

A través de la toma de muestras y previo la obtención de los resultados evaluados por el laboratorio se procedió a la aplicación de la metodología NSF para la determinación del grado de contaminación del agua a partir de la **ecuación (2.6)** planteada por Brown.

#### a) Cuenca Alta “Yanahurco”

##### Óxido disuelto

Para el cálculo del valor del parámetro del oxígeno disuelto, se determinó a partir de la temperatura de la muestra y el porcentaje de oxígeno disuelto saturado, ya que esto permitió la obtención del Subi requerido para la multiplicación con el peso relativo y así generar el valor del parámetro evaluado. Por lo tanto, se explica el procedimiento de la obtención del valor del parámetro.

##### Procedimiento

Para la determinación del oxígeno disuelto saturado se utilizó la **Tabla 3.7** y **ecuación (3.8)** en base a la temperatura detallados en la metodología, al obtener el valor se calculó el porcentaje de oxígeno disuelto saturado (Ver **Tabla 3.16**). Posterior a ello, se realizó una interpolación para la elaboración del resultado del parámetro mencionado.

**Tabla 3.16:** Calculo del porcentaje de O.D

Muestra 1	Temperatura de muestras °C	Oxígeno disuelto saturado	% Oxígeno disuelto saturado
7,16	9,16	11,55	61,99

**Elaborado por:** Autores

### Interpolación

Para los valores  $x_1 - x_0$  y  $y_1 - y_0$  se utilizó la **Figura 3.12** como se muestra en la metodología para la obtención de los valores a interpolar y encontrar el Subi para luego multiplicarlo por el peso relativo correspondiente al parámetro y así calcular el índice de calidad para del oxígeno disuelto como se muestra en la **Tabla 3.17**.

$$y = 50 + \frac{61,99 - 60}{70 - 60} \cdot (60 - 50)$$

$$y = 60$$

**Tabla 3.17:** ICA para el primer punto cuenca alta “Yanahurco”

Parámetros	M1	Datos		
		ICA parcial	Peso relativo	Total
Oxígeno disuelto	7,16	60,00	0,17	10,2
Coliformes fecales	79	49,00	0,15	7,35
pH	7,84	88,40	0,12	10,61
DBO5	7,81	41,24	0,10	4,12
Nitratos	3,15	93,15	0,10	9,31
Fosfatos totales	0,23	82,30	0,10	8,23
Cambio de temperatura	21,9	17,50	0,10	1,75
Turbidez	30,8	50,80	0,08	4,06
Solidos totales disueltos	156	71,40	0,08	5,71
			<b>1,00</b>	<b>61,35</b>
<b>CATEGORIA</b>				<b>Regular</b>

**Elaborado por:** Autoras

Como se puede visualizar los datos por cada parámetro que fueron registrados a partir del análisis del agua en el laboratorio para la muestra 1 y la obtención del subi a partir de la interpolación de cada valor empleando el uso de las gráficas establecidas por Brown como se describen en el capítulo 2. El cálculo del ICA se realizó a partir del enfoque función ponderada multiplicativa descrita en el capítulo 2 ecuación 6, ya que esto determino los siguientes valores de Oxido disuelto 10,2 mg/l, Coliformes fecales 7.35 bac/100 ml, pH 10,61, DBO5 4,12 mg/l,



temperatura 3,02 °C, Turbidez 2,40 NTU, Solidos totales disueltos 5.98 mg/l, y de acuerdo al ICA – NSF se determina la calidad del agua en la cuenca baja “Panzaleo” de la microcuenca tiene un valor del índice de 50,34 dando como resultado una calificación de **MALA**, esto indica que en el tercera estación de muestreo el cauce de la microcuenca Nagsiche posee problemas de contaminación por actividades desarrolladas en las riberas del río.

**Tabla 3.19:** Resultado aplicación del ICA-NSF en la cuenca baja

Parámetros	Datos			Total
	M1	ICA parcial	Peso relativo	
Oxígeno disuelto	6,79	68,59	0,17	11,645
Coliformes fecales	2400	3	0,15	0,45
pH	8,01	81,10	0,12	9,732
DBO5	237,68	2,00	0,10	0,20
Nitratos	0,22	96,20	0,10	9,62
Fosfatos totales	0,31	73,10	0,10	7,31
Cambio de temperatura	21,90	30,20	0,10	3,02
Turbidez	67,50	30,00	0,08	2,40
Solidos totales disueltos	174,00	74,80	0,08	5,984
			<b>1,00</b>	<b>50,36</b>
<b>CATEGORIA</b>				<b>Mala</b>

Elaborado por: Autores

#### 3.4.1.10. Determinación del ICA en la microcuenca Nagsiche

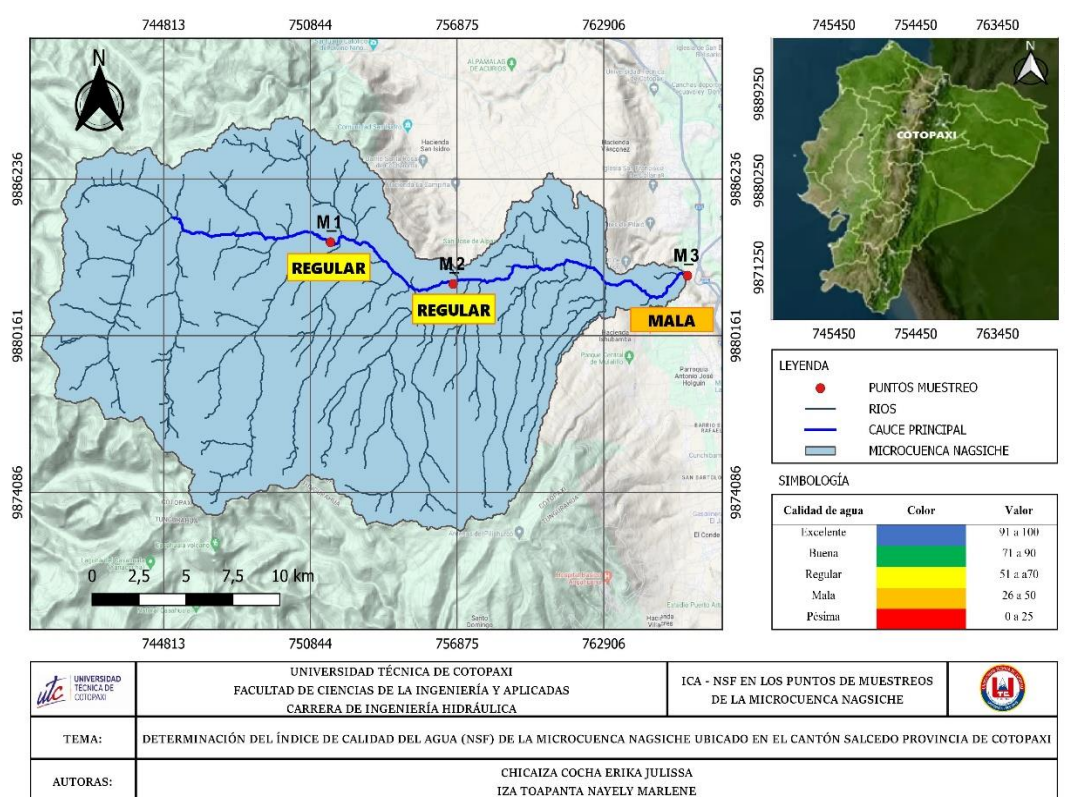
Como se puede observar en la **Tabla 3.20** se visualiza el promedio de los índices de la calidad del agua para cada sección de la microcuenca representa una clasificación diferente. En el primer punto 1 el resultado de la toma de muestra dio una clasificación para la calidad del agua **REGULAR** la cual tuvo un valor 60,35 correspondiente al color amarillo donde la contaminación no es significativa. Para el segundo punto de la microcuenca ubicado en el Puente California la calidad del agua es Regular con el valor de 53,34 en el rango que va desde 51-70. A su vez para el tercer punto el resultado según la clasificación fue **MALA**, dado que se registró como resultado el valor de 50,36 correspondiente al color naranja donde esto representa el grado de contaminación ya que la microcuenca ingresa a la parte poblada y esto genera alteración debido a las descargas de aguas por parte de las viviendas cercanas al cauce del río.

Por lo tanto, en la **Figura 3.15** se observan los lugares de muestreos referentes a los resultados determinados por el ICA – NSF determinando el grado de calidad de la microcuenca Nagsiche.

**Tabla 3.20:** Resultados de los tres puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Resultados		
	CATEGORIA	TOTAL	COLOR
Cuenca alta Yanahurco	Regular	60,35	
Cuenca media Puente california	Regular	53,34	
Cuenca baja Panzaleo	Mala	50,36	
<b>ICA-NSF Microcuenca Nagsiche</b>	<b>Regular</b>	<b>55.68</b>	

Elaborado por: Autores



**Figura 3.15:** ICA - NSF en los puntos de muestreos de la microcuenca Nagsiche

Elaborado por: Autores

### 3.4.1.11. Comparación de la calidad del agua según la normativa ecuatoriana

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físico – químicos y microbiológico de los 3 puntos de muestreo en la microcuenca Nagsiche serán comparados con el Anexo 1 del libro VI del texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) **Tabla 1, Tabla 3, Tabla 6 y Tabla 8** con los límites permisibles tomados en referencia para los criterios de calidad para riego agrícola y pecuario, también para el consumo humano y uso doméstico, por último para los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y

fauna en agua dulces. Por lo tanto, en la **Tabla 3.21** se evidencian los resultados de los parámetros en base al ICA-NSF utilizados para el análisis de la calidad del agua y los límites permisibles recomendados según la normativa ecuatoriana.

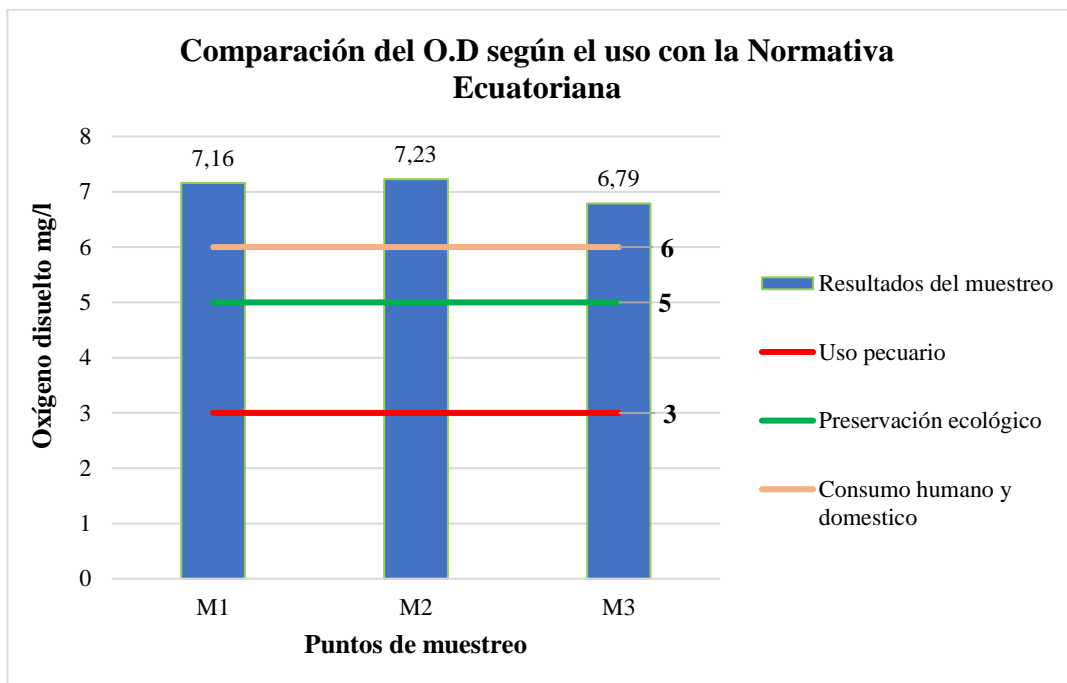
**Tabla 3.21:** Criterios de calidad para uso agrícola, pecuario, uso humano, doméstico y preservación ecológica

Parámetros	Unidades	Datos de muestreo			Límites permisibles		
		M1	M2	M3	Uso agrícola y pecuario	Preservación flora y fauna (ecológico)	Uso humano y doméstico
Oxígeno disuelto	mg/l	7,16	7,23	6,79	3	<80 y no menor a 5 mg/l	<80 y no menor a 6 mg/l
Coliformes fecales	Bac/100ml	79,00	540,00	2400,00	1000	200	600
pH	unidades	7,84	8,12	8,01	6-9	6,5-9	6-9
DBO5	mg/l	7.81	103,28	237,68	NE	NE	2,0
Nitratos	mg/l	3,15	0,00	0,22	10	NE	10
Fosfatos totales	mg/l	0,23	0,26	0,31	NE	NE	NE
Temperatura ambiente	°C	9,31	11,28	14,56	NE	Condiciones naturales +3 máximo 20	Condición Neutral +0-3
Turbidez	NTU	30.80	38,90	67,50	NE	NE	100
Solidos totales disueltos	mg/l	156	66,00	174,00	3000	3000	1000

**Elaborado por:** Autores

La normativa ecuatoriana TULSMA establece un rango de 3 mg/l en el criterio de uso para riego agrícola, para el oxígeno disuelto en el punto 1 de (7,16 mg/l), en el punto 2 de (7,23 mg/l) y en el punto 3 de (6,75 mg/l), el parámetro se encuentra fuera de los límites permisibles (ver **Figura 3.16**). En cuanto al parámetro de solidos totales disueltos en criterio de agua para uso pecuario establece el valor de 3000 mg/l, evidenciado que, en base a la legislación ecuatoriana se encuentra dentro del rango permitido siendo uno de los parámetros esenciales para la supervivencia de organismos acuáticos. Del mismo modo, para uso humano y domésticos el valor permisible de porcentaje de saturación del Oxígeno disuelto es menor a 80 % y no menor a 6 mg/l, para el cual en las 3 diferentes estaciones de muestreo se encuentran fuera del rango permitido en base a la normativa establecida. Así mismo, para los criterios de calidad admisibles

para la preservación de la flora y fauna establece un rango de 5 mg/l por el cual, el oxígeno disuelto en el punto 1 de (7,16 mg/l), en el punto 2 de (7,23 mg/l) y en el punto 3 de (6,75 mg/l), se muestra que está dentro de los límites permisibles.

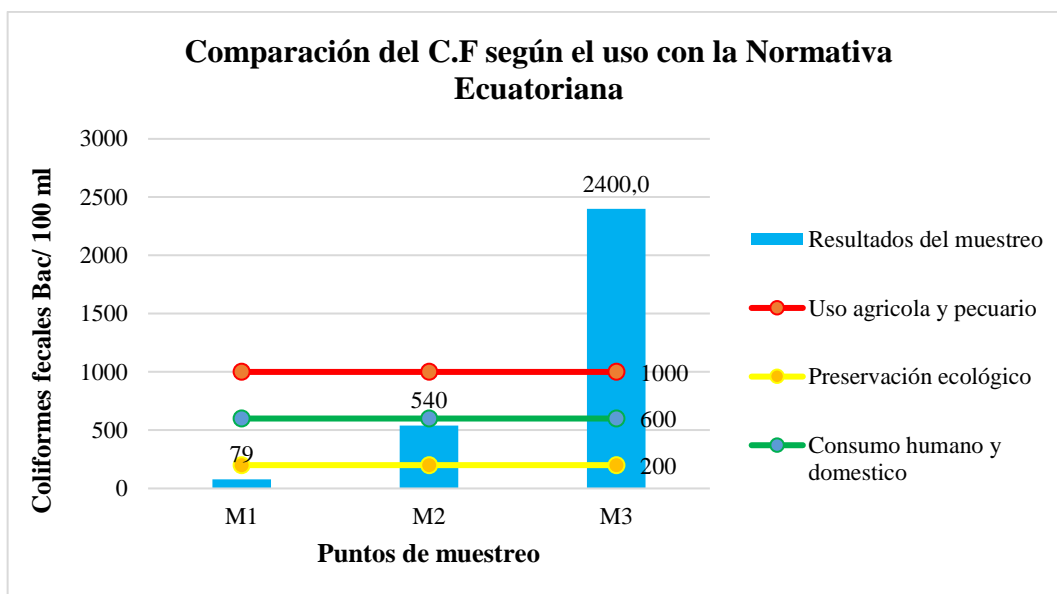


**Figura 3.16:** Comparación de del parámetro Oxígeno Disuelto con la Normativa TULSMA para los diferentes usos.

**Elaborado por:** Autores

La cantidad de coliformes fecales recomendadas para el criterio de agua para uso agrícola y pecuario según la normativa es de 1000 Bac/ml, para el 1 punto se obtiene un valor de (79 Bac/ml), en el 2 punto de (540 Bac/ml) y en el 3 punto de (2400 Bac/ml), lo cual para los dos primeros puntos de muestreo se encuentran dentro de los límites permisibles, a su vez para el tercer punto de muestreo existe una elevada presencia de coliformes fecales. En cuanto para uso consumo humano y doméstico establece el valor de 600 Bac/ml de límite permisible, lo cual la 3 muestra sobre pasa el rango establecido, no siendo apto para su uso. Para los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna establece un rango de 200 Bac/ml, se encuentra fuera de los límites permisibles en los tres puntos de muestreo, por el cual el recurso hídrico de la microcuenca Nagsiche en el punto bajo no puede ser usado tanto para los criterios determinados (Ver **Figura 3.17**).

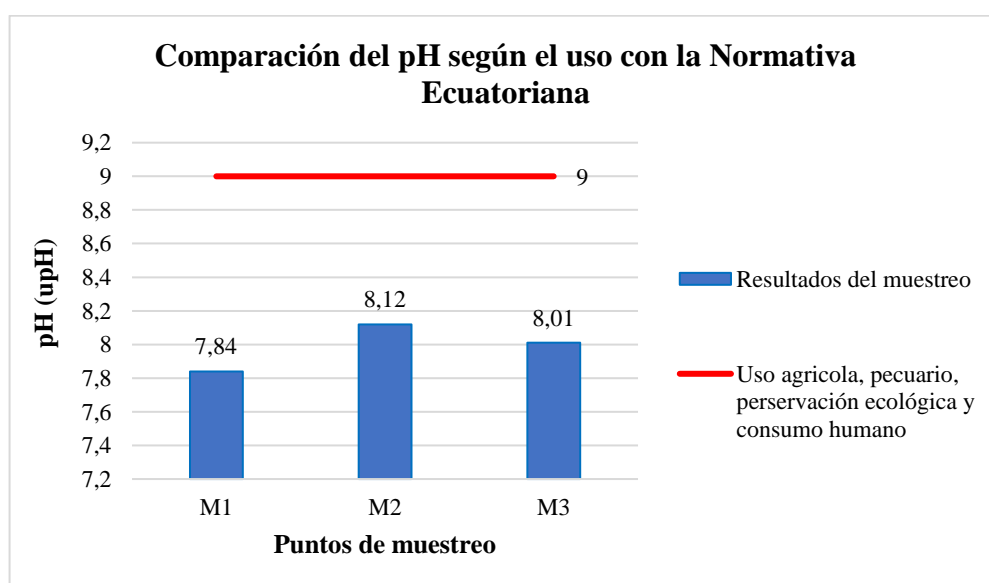




**Figura 3.17:** Comparación de del parámetro C.F con la Normativa TULSMA para los diferentes usos

**Elaborado por:** Autores

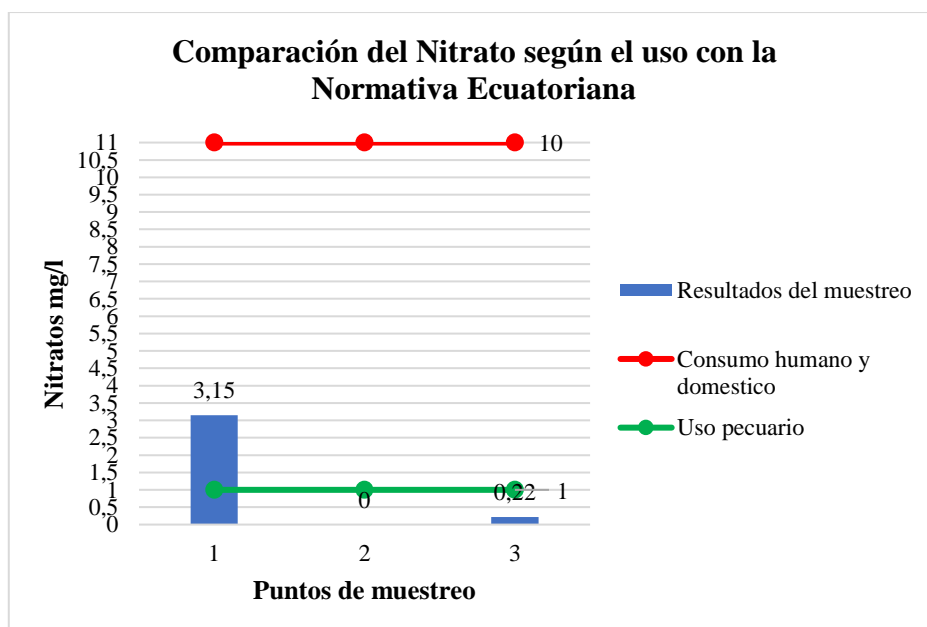
El estándar establecido para el pH en la calidad de agua para uso agrícola y pecuario según la normativa ecuatoriana es de 6-9 (unidades de pH). Según la medida obtenida en el 1 punto de (7,84 upH), en el 2 punto de (8,12 upH) y en el 3 punto de (8,01 upH), el parámetro se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos. En cuanto para uso de consumo humano y doméstico se evidencio un estándar para este parámetro, mientras para los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna tiene un rango de 6,5 a 9 (unidades de pH), lo cual se encuentra dentro de los límites permisibles, dado que se encuentran dentro del rango establecido de 6,5 a 8,30 (unidades de pH) (ver **Figura 3.18**).



**Figura 3.18:** Comparación de del parámetro pH con la Normativa TULSMA para los diferentes usos

**Elaborado por:** Autores

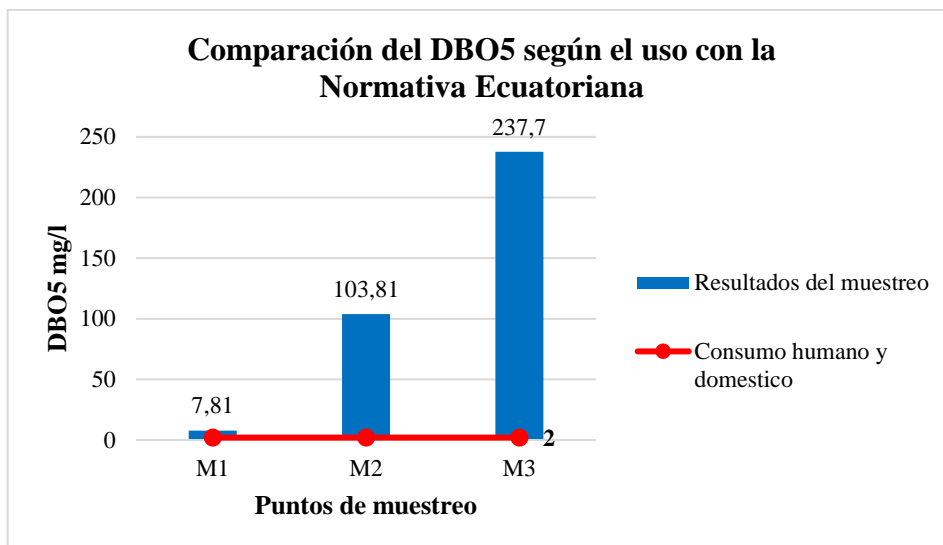
En los nitratos se evidenció un resultado para el 1 punto de (3,15 mg/l), en el 2 punto de (0 mg/l) y en el 3 punto de (0,22 mg/l). En cuanto a la calidad de agua para uso agrícola no fue posible determinar un límite permisible debido a que no especifica un rango de evaluación, mientras tanto para uso pecuario la calidad del agua se encuentra en el rango límite permisible con un valor de 10 mg/l (ver **Figura 3.19**). En cuanto para uso consumo humano y doméstico establece el valor de 10 mg/l de límite permisible, lo cual las 3 muestras están en el rango establecido, siendo apto para su uso. En cambio, para los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna no establece un rango. Por lo tanto, el recurso hídrico de la microcuenca Nagsiche posee ciertos parámetros que afectan de acuerdo al uso que sea destinado ya que superan los límites permisibles establecidos por la normativa ecuatoriana TULSMA.



**Figura 3.19:** Comparación de del parámetro Nitratos con la Normativa TULSMA los diferentes usos

**Elaborado por:** Autores

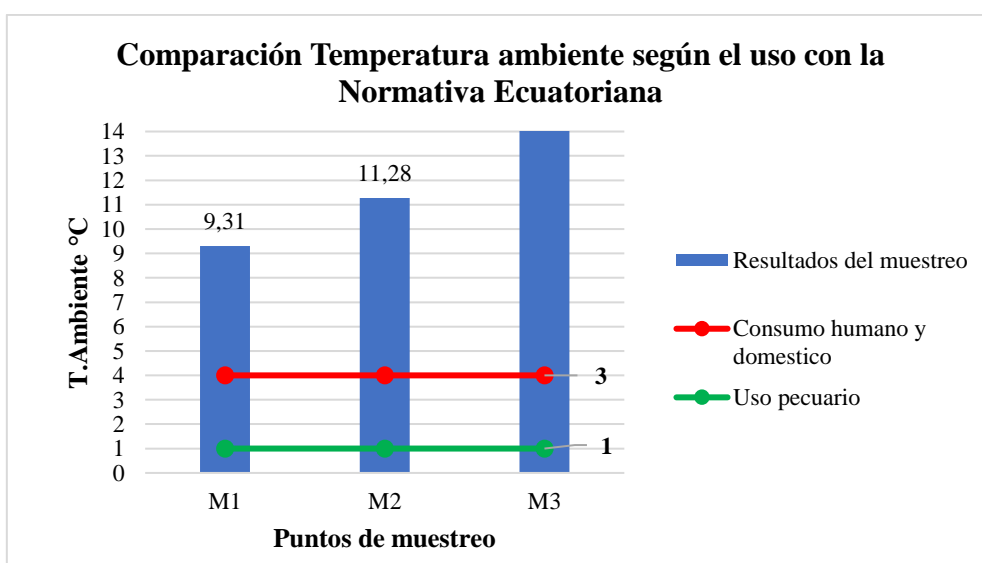
De acuerdo a la normativa para consumo humano y doméstico establece un rango de 2 mg/l para parámetro de la demanda biológica de oxígeno a los 5 días, sin embargo en los resultados se evidencio que en el punto 1 se tiene un valor de 7,81 mg/l, en el punto 2 de 103,81 mg/l y en el punto 3 de 237,70 mg/l, la evaluación del DBO5 sobrepasa los límites permisibles en las tres zonas de muestreo lo que conlleva a determinar una alta concentración de materia orgánica proveniente de residuos agrícolas, industriales o domésticos, generando impactos negativos en el ecosistema y la contaminación del recurso hídrico. Mientras que para uso pecuario, agrícola y preservación ecológica no se especifica valores de evaluación en la normativa TULSMA (Ver **Figura 3.20**)



**Figura 3.20:** Comparación de del parámetro pH con la Normativa TULSMA los diferentes usos

**Elaborado por:** Autores

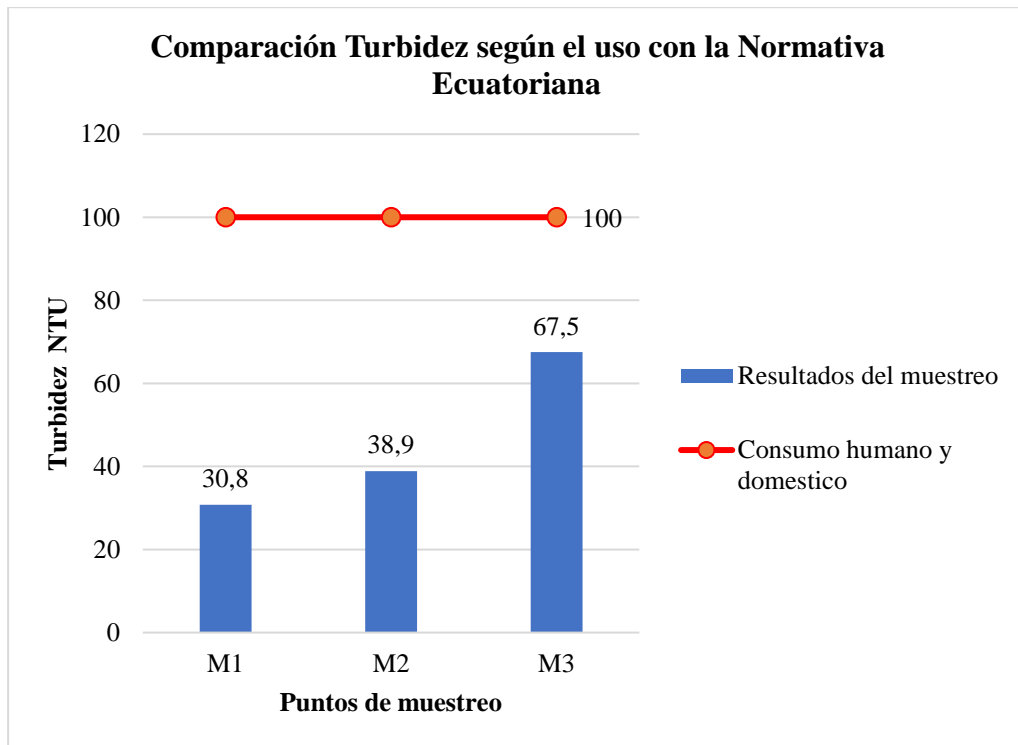
De acuerdo a la normativa establece para el parámetro de temperatura establece unos valores de 3 °C para consumo humano y domestico mientras que, para uso Pecuario de 20°C, en resultados se evidencia que en los tres puntos de muestreo la temperatura sobrepasa los límites permisibles en cuanto a consumo humano y pecuario, ya que posee datos como 7,81 °C, 11,28 °C y 14,60 °C. Esto puede generar cambios en el ecosistema afectando la disminución del oxígeno disuelto causando daño a la vida acuática. En cuanto para uso agrícola y preservación ecológica no existen rangos establecidos para la evaluación del parámetro de acuerdo a la normativa ecuatoriana (Ver **Figura 3.21**).



**Figura 3.21:** Comparación de del parámetro Temperatura ambiente con la Normativa TULSMA los diferentes usos.

**Elaborado por:** Autores

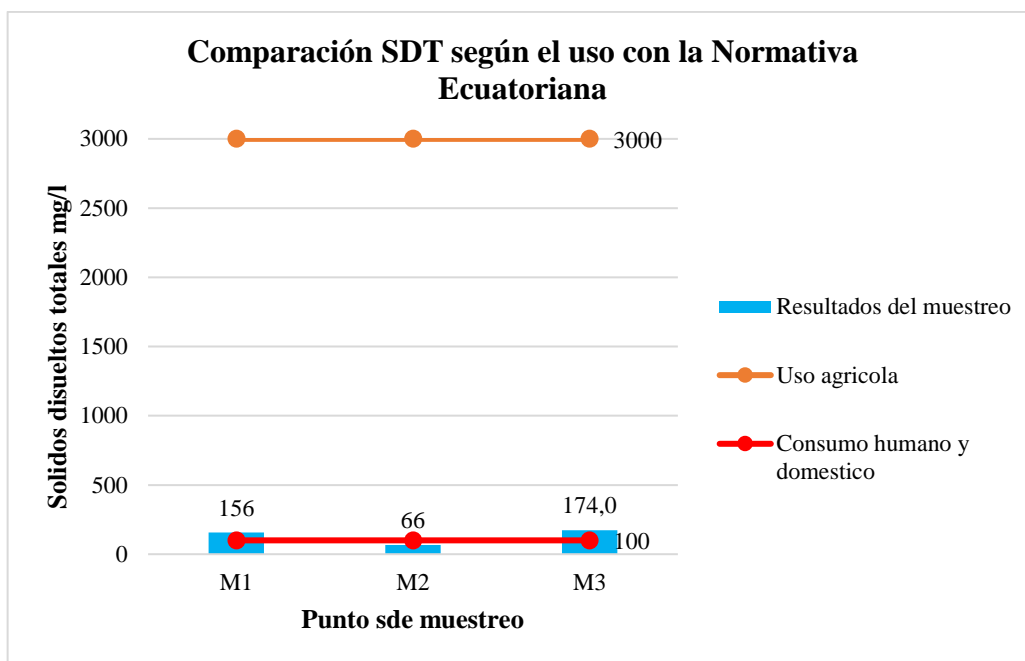
La cantidad de turbidez recomienda para uso humano y domestico según la normativa ecuatoriana establece un rango de 100 NTU, para el punto 1 tiene un valor de 30,8 NTU, en el punto 2 de 38,9 NTU y en el punto 3 de 67,5 NTU, es decir los 3 valores de los puntos de muestreo de la microcuenca Nagsiche se encuentran dentro de los límites permisibles. Mientras que, para uso pecuario, uso agrícola y preservación ecológica no establece valores permisibles para la evaluación del parámetro (Ver **Figura 3.22**).



**Figura 3.22:** Comparación de del parámetro Turbidez con la Normativa TULSMA los diferentes usos.

**Elaborado por:** Autores

Para el parámetro de Solidos disueltos totales se tiene como resultado en el 1 punto un valor de 156 mg/l, en el 2 punto de 66 mg/l y en el 3 punto de 174 mg/l, según la normativa vigente establece un rango de 100 mg/l, donde se evidencia en los puntos 1 y 3 sobrepasan los límites permisibles para consumo humano y domestico lo cual genera problemas en su calidad lo que conlleva a desarrollar problemas de afectación a la salud. En cuanto para uso agrícola se establece un rango de 3000 mg/l, lo cual se establece que los valores de los 3 puntos de muestreo se encuentran dentro del rango permisible establecido por la normativa vigente TULSMA (Ver **Figura 3.23**).



**Figura 3.23:** Comparación de del parámetro STD con la Normativa TULSMA los diferentes usos.

**Elaborado por:** Autores

#### 3.4.1.12. Parámetros físico-químicos en estado regular

De acuerdo al análisis de la calidad del agua en la zona alta y media de la microcuenca Nagsiche se establece un estado regular a partir de la alteración de los parámetros físico-químicos causados por las actividades desarrolladas por los seres vivos. Sin embargo, la conservación del recurso hídrico es uno de los aspectos fundamentales en la actualidad ya que el agua es un recurso empleado para el proceso en las diversas tareas efectuadas en los diferentes campos laborales, es por ello que las recomendaciones y medidas de mitigación en la alteración de los parámetros físicos-químicos del agua son fundamentales es por ello que se establecen las siguientes recomendaciones y medidas de mitigación empleadas para reducir la contaminación del agua.

#### **Medidas de mitigación:**

- Reducir los vertidos industriales o domésticos para evitar la introducción de contaminantes químicos en el agua.
- Implementar proyectos de sistemas de alcantarillados para las poblaciones cercanas al recurso hídrico para evitar la contaminación en los cuerpos receptores.
- Promover prácticas agrícolas sostenibles con el objetivo de fomentar la reducción de fertilizantes, erosión del suelo y así disminuir la escorrentía.

#### **Recomendaciones:**

- Establecer monitorios regulares.
- Control de vertidos.
- Restauración de los ecosistemas.
- Educación ambiental.
- Protección de áreas de captación.

#### **3.4.1.13. Parámetros físico-químicos en estado Malo**

En cuanto a los parámetros físico-químicos para uso agrícola, pecuario, consumo humano, doméstico y preservación del ecológica, se determina ciertos parámetros como: Coliformes fecales, Temperatura ambiente, DBO5 y Oxígeno disuelto sobre pasan lo rangos establecidos por la normativa TULSMA, ya que la presencia de parámetros elevados puede generar daños a la salud y al ecosistema.

#### **Medidas de mitigación:**

- Regulación y monitoreo estricto de vertidos industriales y agrícolas.
- Monitoreo ambiental para establecer fuentes de contaminación para la toma de medidas correctivas.
- Implementación de cumplimientos con las regulaciones ambientales.
- Control de la deforestación
- Tratamiento de aguas residuales
- Restauración de ecosistemas acuáticos.

#### **Recomendaciones:**

- Desarrollo de compañías educativas dirigidas a la población sobre la importancia de conservación de los recursos hídricos.
- Promoción de prácticas agrícolas sostenibles lo cual conlleva a fomentar la reducción de escorrentía y productos químicos a los cuerpos de agua, evitando la eutrofización y mantener los niveles de Oxígeno disuelto.
- Apoyo de autoridades promoviendo programas de conservación de bosques y reforestación cercanas a las fuentes de agua.
- Implementos de proyectos de restauración y conservación de ecosistemas acuáticos para mejorar la capacidad natural de autodepuración del recurso hídrico.

Al establecer recomendaciones y medidas de mitigación en los parámetros que alteran la calidad del agua en la microcuenca Nagsiche desarrolla la conservación de las especies acuáticas y del

recurso hídrico ya que una adecuada gestión y seguimiento por parte de autoridades contribuyen a la evaluación y cuidado del recurso hídrico favoreciendo los criterios de usos al cual se requiera emplear en cualquier entorno.

### **3.5. Discusión**

La delimitación de la microcuenca del río Nagsiche permitió establecer las zonas con poca y mayor influencia de intervención humana, ya que esto consiente en determinar las fuentes de contaminación que provocan el deterioro del cauce del río. El comienzo de la contaminación en la zona alta de la microcuenca se efectúa a través del pastoreo en las riberas del río y la obstrucción de la vegetación nativa a causa del progreso de la frontera agrícola. Para la zona media las fuentes de contaminación se desarrollan principalmente por las descargas de aguas residuales de los domicilios cercanos al cauce del río, a su vez por el desalojo de basura hacia las riberas del cauce. Para la cuenca baja de la microcuenca la contaminación es provocada por desechos de basura, descargas de actividades antropogénica, descargas de residuos de haciendas y complejos turísticos, siendo más pronunciada al adentrarse en el área urbana. La evaluación de la calidad del agua con el índice de calidad del agua (ICA-NSF) proporciona información estimable, debido a que toma en cuenta 9 parámetros físico-químicos y microbiológico para el estudio como: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBQ5), Sólidos Totales (ST), Temperatura, Porcentaje de Saturación de Oxígeno, Coliformes Fecales, Contenido de Nitratos y Fosfatos, pH y Turbidez.

En particular, la presencia elevada de coliformes fecales en la cuenca baja, con valores de 2400 Bac/100ml, sugiere una fuerte influencia de descargas de aguas residuales y prácticas agrícolas en esta área. Esta elevada presencia de coliformes fecales plantea riesgos significativos para la salud pública y subraya la urgencia de abordar las fuentes de contaminación.

La variabilidad en la temperatura también es evidente en la microcuenca, con la temperatura más baja registrada en la cuenca alta (9,31 °C) y la más alta en la cuenca baja (14,56 °C). Esta variación puede estar influenciada por la altitud y las condiciones climáticas locales. Sin embargo, el aumento de la temperatura a lo largo de la microcuenca, especialmente en diciembre, puede indicar la presencia de factores ambientales y antropogénicos que afectan la temperatura del agua.

La aplicación de la metodología ICA-NSF refuerza la gravedad de los problemas ambientales, con una calificación de "mala" para la cuenca media, donde se registró una concentración de DBO5 de 103,28 mg/l. La cuenca baja también presenta preocupaciones, clasificada como

"regular" con una concentración de DBO5 de 237,68 mg/l. Estos valores subrayan la necesidad inmediata de implementar medidas de mitigación para abordar la contaminación en estas áreas críticas.

Al comparar los resultados con la normativa ecuatoriana, se destacan desafíos significativos, especialmente en relación con los coliformes fecales. La normativa establece un límite permisible de 1000 Bac/100ml para el agua utilizada en riego agrícola, y la cuenca baja supera significativamente este límite con 2400 Bac/100ml. Esto resalta la importancia de abordar las fuentes de contaminación y mejorar las prácticas de gestión del agua en la región.

Estos resultados proporcionaron que la microcuenca Nagsiche en la zona alta y baja tiene una calidad regular y dudoso para consumo, por el cual necesita un ligero proceso de desinfección, mientras que en la parte baja de la microcuenca es mala por las diferentes fuentes de contaminación antropogénicas, causando la degradación del cauce del río generando problemas para el uso del recurso hídrico.

### **3.6. EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA**

#### **3.6.1. Impacto social**

La investigación subraya el impacto social derivado de la contaminación regular de la microcuenca Nagsiche, por lo que es esencial para las actividades agrícolas y pecuarias locales. Así mismo, la presencia de contaminantes plantea preocupaciones serias sobre la seguridad y viabilidad del agua para el riego y la alimentación del ganado, afectando directamente la salud y el sustento de la comunidad. Por lo tanto, la falta de medidas eficaces podría resultar en pérdidas económicas, comprometiendo la estabilidad socioeconómica.

Además, se destaca la urgencia de crear conciencia sobre los riesgos asociados con el uso del agua contaminada, ya que esto impacta la salud del ganado, la calidad de los cultivos y la seguridad alimentaria. Finalmente, la investigación aboga por la implementación de medidas adecuadas para mitigar la contaminación y garantizar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas y pecuarias en la región.

#### **3.6.2. Impacto ambiental**

La alteración de los ríos se ha desarrollado por las perturbaciones de actividades antropogénicas generadas en las riberas de los sistemas hídricos como las descargas de aguas residuales, actividades de pastoreo en las riberas del río, el incorrecto manejo de desecho sin medida, causan el deterioro de la calidad del agua. Por ende, mediante los



resultados se pretende contribuir en la actualización de datos e información de la calidad del agua a través de la comparación con las normativas ecuatorianas para la determinación de los límites máximos permisibles, a su vez con el Índice de Calidad del Agua (ICA) NSF, con el cual se pretende emitir datos del parámetro físico – químicos y microbiológicos de la microcuenca Nagsiche.

### 3.6.3. Presupuesto

**Tabla 3.22:** Presupuesto para la elaboración del proyecto

RECURSOS	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO				
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
<b>EQUIPOS</b>	GPS	1	Días	25,00	25,00
	Cámara fotográfica	1	Días	10,00	10,00
	Cooler	1	Unidad	35,00	35,00
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>70,00</b>
<b>MATERIALES DE OFICINA</b>	Papel Bond	1	Paquete	3,60	3,60
	Impresiones	200	Hojas	0,10	20,00
	Cinta Adhesiva	1	Unidades	1,00	1,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>24,60</b>	
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN</b>	Mascarillas	1	Paquete	2,00	2
	Mandil	2	Unidades	25,00	50
	Guantes de Látex	4	Pares	0,20	0,8
	Botas	2	Pares	10,00	20
<b>SUBTOTAL</b>				<b>72,8</b>	
<b>LABORATORIO</b>	Oxígeno Disuelto	3	Parámetro	14,19	42,56
	Coliformes Fecales	3	Parámetro	14,19	42,56
	Ph	3	Parámetro	14,19	42,56
	DBO5	3	Parámetro	14,19	42,56
	Fosfatos	3	Parámetro	14,19	42,56
	Nitritos	3	Parámetro	14,19	42,56
	Turbidez	3	Parámetro	14,19	42,56
	Solidos Disueltos Totales	3	Parámetro	14,19	42,56
	DQO	3	Parámetro	14,19	42,56
<b>SUBTOTAL</b>				<b>383,04</b>	

<b>OTROS</b>	Transporte, salida de campo	3	25	75
	Alimentación	7	3,50	24,5
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>99,50</b>
			<b>SUBTOTAL</b>	649,94
			<b>IMPREVISTOS 10%</b>	64,994
			<b>TOTAL</b>	<b>714,93</b>

---

**Elaborado por:** Autores

## 4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

### 4.1. CONCLUSIONES

- En resumen, la identificación y análisis de metodologías como el ICG, ISQA, IAQA, IHCA y NSF han desempeñado un papel crucial en este estudio de investigación sobre la determinación del índice de calidad del agua. Esta exploración nos llevó a seleccionar y aplicar la metodología ICA-NSF, ya que es ampliamente utilizada para la determinación del comportamiento de la calidad del agua en tramos particulares del río a través del tiempo, basados en la estimación de 9 parámetros físicos-químicos y microbiológicos, las cuales cuentan con criterios rigurosos para la evaluación integral, su facilidad de uso, orientación y aplicabilidad en diversos contextos. En consecuencia, se convierte en una herramienta versátil y adaptable para diferentes necesidades de estudio, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y acciones de gestión en este campo crítico de la conservación de la calidad del agua.
- Mediante la caracterización de la microcuenca Nagsiche se obtuvo su morfología, puntos de muestreo y la georreferenciación de la zona de estudio, en el cual se estableció las zonas de fácil accesibilidad y áreas con mayor contaminación para la toma de muestras y a su vez, reveló que la microcuenca tiene una configuración alargada de acuerdo al factor de forma de Horton (0.387) y el coeficiente de compacidad (2.034) estableciendo que la cuenca esta propensa a la conservación de los recursos hídricos.
- A partir de la metodología ICA – NSF se determinó la variabilidad del índice de calidad del agua en la microcuenca Nagsiche, presentando variaciones en los resultados entre regular y mala a lo largo del tramo de estudio, obteniendo valores de 60,25; 53,34 y 50,36 respectivamente, para el cual refleja la presencia de contaminantes relacionados con actividades antropogénicas desarrolladas a las riberas del río.

- La evaluación realizada mediante la normativa ecuatoriana TULSMA en base a los “Criterios de calidad del agua para uso agrícola, uso pecuario y usos recreativos mediante contacto primario” tomando como base los datos de muestreo en las tres zonas de la microcuenca reflejan una inestabilidad en los parámetros de Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales, DBO5 y Temperatura ambiente de acuerdo al uso direccionado. Por ende, la calidad del agua en la microcuenca Nagsiche de acuerdo a los parámetros y resultados obtenidos se encuentra en condiciones regulares de contaminación físico-químico y microbiológico.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- Es necesario llevar a cabo de manera continua y periódica la aplicación de metodologías para evaluar la calidad del agua, especialmente haciendo uso del ICA NSF. Esto posibilitará la vigilancia constante de los cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo, permitiendo respuestas proactivas ante posibles variaciones o eventos que puedan afectar el ecosistema acuático. Por tanto, se sugiere considerar la participación de diversas partes interesadas, incluyendo a la comunidad local, en el proceso de evaluación y toma de decisiones.
- Se recomienda utilizar los datos de la caracterización de la microcuenca Nagsiche para desarrollar medidas de conservación del agua adaptadas a su contexto específico. Esto incluye monitoreo continuo de la calidad en puntos identificados, prácticas de manejo del suelo para reducir la erosión y la contaminación.
- Se considera realizar un muestreo de la calidad del agua en periodos más extensos como en épocas de invierno y verano, esto permitirá evaluar el grado de contaminación y el comportamiento del río. De tal forma, se genera información actualizada y relevante que ayude al estudio y control de las fuentes principales de contaminación, puesto que en la microcuenca Nagsiche no existe investigaciones que aporten al manejo y conservación del recurso hídrico.
- Es necesario fomentar la participación y convivencia en actividades de preservación y conservación de las fuentes hídricas entre las comunidades de las parroquias cercanas a la microcuenca, con el propósito de dialogar los principales factores que interviene en la alteración de la calidad del recurso hídrico de la microcuenca Nagsiche.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Trabajos de Ciencias Naturales, “CONTAMINACIÓN DE LAGOS Y OTROS HUMEDALES.” 2013.
- [2] U. Núñez-garcía, H. I. Navarro-gómez, M. R. González-sandoval, and J. F. Badillo, “Tratamiento biológico de aguas residuales con perspectiva de economía circular Biological wastewater treatment with a circular economy perspective,” vol. 11, pp. 112–122, 2023.
- [3] P. Economics *et al.*, “El agua: Gravámenes sobre su contaminación,” *Corp. Gov.*, vol. 10, no. 1, pp. 54–75, 2020.
- [4] R. Ureta Valdez, P. Méndez Zambrano, and E. Cazar Rivera, “Influencia de la zona urbana de Macas en el Índice Calidad de Agua del río Jurumbaino.,” *Cienc. Digit.*, vol. 3, no. 3.1, pp. 102–114, 2019, doi: 10.33262/cienciadigital.v3i3.1.679.
- [5] J. García-González, M. A. Osorio-Ortega, R. A. Saquicela-Rojas, and M. L. Cadme, “Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador,” *Ing. del agua*, vol. 25, no. 2, p. 115, 2021, doi: 10.4995/ia.2021.13921.
- [6] GAD Parroquial Rural Panzaleo, “Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Rural Panzaleo 2020-2023,” pp. 1–358, 2020.
- [7] GAD parroquial Cusubamba, “PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE CUSUBAMBA,” *Rev. Muro la Investig.*, vol. 2, no. 1, doi: 10.17162/rmi.v2i1.763.
- [8] INEC, “Densidad poblacional por cantones VIII Censo de Población y VII de Vivienda Instituto Nacional de Estadística y Censos ( INEC ),” 2022.
- [9] P. N. Pérez and A. R. Quishpi, “Análisis de la calidad de agua de los Ríos, Nagsiche y Pumacunchi, pertenecientes a la subcuena del Río Patate de la provincia de Cotopaxi,” p. 247, 2016.
- [10] Y. P. Bach. GONZALES CUSI, *Universidad nacional de huancavelica*. 2022.

- [11] S. N. de E. Territoriales, “ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL ‘ICA,’” *Am. J. Phys.*, vol. 32, no. 5, pp. 361–364, 1964, doi: 10.1119/1.1970348.
- [12] C. Y. Rodríguez Torres, “Calidad del agua según variables fisicoquímicas y macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del río Chucchun,” *Rev. del Inst. Investig. la Fac. minas, Metal. y ciencias geográficas*, vol. 26, no. 51, p. e24158, 2023, doi: 10.15381/iigeo.v26i51.24158.
- [13] D. Hymenaea, “Adaptación del índice de calidad de agua (ICA-CONAGUA) para la evaluación comunitaria de fuentes hídricas en la Microcuenca Río Ventura, Departamento de Río San Juan, 2021-2022,” pp. 2021–2022, 2012.
- [14] P. A. Hurtado Rojas and J. E. Silva Macias, “Evaluación de la calidad del agua superficial a través de los índices ICA, ICOMI, ICOMO e ICOSUS. Caso de estudio: microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del acueducto del municipio de Pitalito-Huila.” 2022.
- [15] O. R. Roberto Behar, Maria del Carmen Zúñiga de Cardozo, “Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Caso Ríos Cali y Meléndez.” p. 150, 2008.
- [16] N. G. Á. Miguel Ángel Morales Cayax, Eddi Alejandro Vanegas Chacón, “Uso de la tierra y calidad del agua superficial en la cuenca periurbana río Platanitos , Guatemala,” vol. 4, no. 4, pp. 19–23, 2014, [Online]. Available: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/4515/1/Tierra Cuenca Río Platanitos.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/4515/1/Tierra%20Cuenca%20Río%20Platanitos.pdf).
- [17] P. Méndez-Zambrano, J. Arcos-Logroño, and X. Cazorla-Vinueza, “Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno,” *Dominio las Ciencias*, vol. 6, no. 2, pp. 734–746, 2020.
- [18] D. O. R. Macas, “ESTUDIO DE VARIABILIDAD DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS RÍOS ARRACACHES, CHONTAS, LA CHIRAL Y LA HONDA, MEDIANTE EL ICA-NSF.” 2018.
- [19] A. R. F. A. Carlos Daniel Paucar, PeñarandaHermel Daniel Álvarez Pucha, Carmín Aydee De Gracia Pérez, Víctor Hugo González Carrasco, Braulio Absalón Madrid Celi, “Aplicación del índice de calidad del agua (ICA) caso de estudio:río jubones, Ecuador.” 2023, [Online]. Available:

<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6953/10570>.

- [20] J. B. Intriago-flores, “Estrategias de aminoración de contaminantes : Calidad del agua de la cuenca baja del río Portoviejo Strategies to reduce contaminants : Water quality in the lower basin of the Portoviejo River Estratégias para reduzir contaminantes : Qualidade da água na ,” vol. 8, no. 11, pp. 175–197, 2023, doi: 10.23857/pc.v8i11.6202.
- [21] BIOCUENCAS, “AGUA,” 2015, [Online]. Available: [https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/ficha\\_agua\\_espanol.pdf?Status=Master&sfvrsn=6ee03f15\\_3](https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/ficha_agua_espanol.pdf?Status=Master&sfvrsn=6ee03f15_3).
- [22] I. L. Í. Mauricio, “La Ley Organica De Recursos Hídricos, Uso Y Aprovechamiento Del Agua Y La Contaminación Del Río Ambato,” *Repo.Uta.Edu.Ec*, vol. 593, no. 03, p. 130, 2011, [Online]. Available: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>.
- [23] R. Granizo and V. Toa, “Determinación del índice de calidad de agua (ICA-NSF) de las fuentes de agua,” pp. 1–67, 2020, [Online]. Available: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/734/T.AGROP.B.UEA.1159.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [24] S. Schuartz Pacheco Mestrinho, A. Fernández Cirelli, and C. D. Di Risio, *Propiedades del agua*. 2005.
- [25] L. O. Michelle Vásquez, Andrea Mancheno, César Álvarez, Claudia Prehn, Carina Cevallos, *Cuencas hidrográficas*. 2019.
- [26] E. Baeza Gómez, “Calidad de agua: Biblioteca Nacional del Congreso Nacional de Chile,” no. 56, 2016.
- [27] Platonov, “Actualidad del problema de la contaminación de aguas,” pp. 1–14, 2004, [Online]. Available: [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6380/1\\_1\\_Introduccion.pdf?sequence=7](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6380/1_1_Introduccion.pdf?sequence=7).
- [28] F. G. Calvo-Flores, “Contaminación del agua Contenidos,” *Contam. Del Agua*, vol. IV, pp. 1–86, 2015, [Online]. Available: [https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf\\_color/tema4](https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4)

%5BModo de compatibilidad%5D.pdf.

- [29] T. A. Machado C., “La contaminación del agua,” *Actual. Biológicas*, vol. 7, no. 24, pp. 1–5, 2017, doi: 10.17533/udea.acbi.331039.
- [30] M. DIAZ, “Consecuencias de la contaminación del agua,” p. 2, 2009, [Online]. Available: <http://www.ecologismo.com/contaminacion/consecuencias-de-la-contaminacion-del-agua/>.
- [31] Andrea Fernanda Bravo Jaramillo, “Plan de Manejo Estratégico e Integral de la Microcuenca Minas,” pp. 1–81, 2007, [Online]. Available: [https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2197/3/UTPL\\_Bravo\\_Jaramillo\\_Andrea\\_Fernanda\\_1030692.pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2197/3/UTPL_Bravo_Jaramillo_Andrea_Fernanda_1030692.pdf).
- [32] FAO, “La Microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales,” *Organ. las Nac. Unidas para la Aliment. y la Agric.*, p. 10, 2009.
- [33] J. Ordóñez, “¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ?,” *Soc. Geológica Lima*, vol. 1, pp. 1–44, 2011.
- [34] A. Vásquez V *et al.*, *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. 2016.
- [35] I. D. G. M. Helena Cotler Ávalos, Adalberto Galindo Alcántar and R. F. P. L. y E. R. Patrón, “Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.” 2013, [Online]. Available: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>.
- [36] ESPOL, “Capítulo 1 1. Cuencas Hidrográficas 1.1. Concepto De Cuenca Hidrográfica,” no. 3, 2011, [Online]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16029/14/CAPITULO 1.pdf>.
- [37] J. Zhicay Lombaida, “Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo,” *Univ. Politécnica Sales. Sede Cuenca.*, p. 120, 2020, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18364/1/UPS-CT008684.pdf>.
- [38] CUOM, “Manual operativo para la utilización del sistema de información geográfica

- Quantum GIS 1 . 8,” pp. 1–45, 2013, [Online]. Available: <https://www.uv.mx/cuo/files/2013/05/Manual-QGIS-CUOM.pdf>.
- [39] FIGEMPA - UCE, “ManualdeQGIS\_IngyCalidaddeAgua\_UCE\_AMBIENTAL,” 2020.
- [40] B. L. Cardona, “Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas.” 2012, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/reader/35294551>.
- [41] A. A. Gabriel, “MORFOMETRIA DE CUENCAS,” *Icassp*, vol. 21, no. 3, pp. 295–316, 1997, [Online]. Available: <http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/morfometria.pdf>.
- [42] F. Gaspari, A. Rodríguez, G. Senisterra, G. Denegri, I. Delgado, and S. Besteiro, “Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina,” *7mo Congr. Medio Ambient.*, pp. 1–25, 2012.
- [43] R. Ciencia and L. Andes, “Análisis de Estabilidad de Cauces en ríos de montaña empleando el método químico Stability Analysis Cauces in mountain rivers using the chemical method,” vol. 39, no. 3, pp. 223–230, 2018.
- [44] D. E. Morales-Quintero, F. de J. Vélez-Macias, and B. Guerrero-Hoyos, “Caracterización hidrogeológica y geomorfológica de la cuenca y embalse del parque natural la Nitrrera,” *Rev. la Fac. Ciencias*, vol. 8, no. 1, pp. 73–99, 2019, doi: 10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.71399.
- [45] JENNIFER LEANDRA HUATATOCA CHIMBO and WILMER OCTAVIO CHANALUISA CHILQUINGA, “ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE LA SUBCUENCA DEL RIO PAMBAY PARA DETERMINAR LAS ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDROLÓGICO,” *Jur. Tek. Kim. USU*, vol. 3, no. 1, pp. 18–23, 2019.
- [46] A. A. Barrera Gallo and J. G. Cepeda Guasgua, ““Evaluación Espacio–Temporal De La Calidad Del Agua Del Río Cutuchi En El Cantón Latacunga, Provincia De Cotopaxi, Período 2019- 2020”,” *Univ. Técnica Cotopaxi Fac.*, p. 73, 2020.
- [47] E. Beamonte Córdoba, A. Casino Martínez, and E. J. Veres Ferrer, “Análisis de la calidad general del agua superficial en la cuenca hidrográfica del Júcar: periodo 2000-2009,”



- M+A. Rev. Electrónica Medioambiente*, vol. 0, no. 12, pp. 18–32, 2012, doi: 10.5209/rev\_mare.2012.n12.39688.
- [48] A. Ajcabul, “Análisis comparativo entre el índice simplificado de calidad del agua (Isqa) y el índice de calidad del agua (Ica), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el río la Quebrada, El Frutal,” *Univ. San Carlos Guatemala Fac. Ing.*, p. 60, 2016.
- [49] J. Mario and E. Asturias, “Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química Silvia Alejandra Méndez Spiegel,” 2015, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/35293654.pdf>.
- [50] J. F. S. A. Natalia Alvarado Sandoval, Luis Alfredo Rojas Quirós, “Propuesta de plan de gestión integral del recursos hídrico (GIRH) en la microcuenca Maravilla-Chiz, Cartago, Costa Rica,” 2019, [Online]. Available: [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18255/TFG\\_Alvarado Sandoval y otros.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18255/TFG_Alvarado_Sandoval_y_otros.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [51] N. Rodríguez *et al.*, “Guía para la Evaluación de la Calidad Superficial En Microcuencas Cafeteras De Colombia,” 2015.
- [52] J. García, H. Hernández, and J. Suchini, “Análisis de la calidad del agua de los afluentes de la cuenca alta del río Lempa y residuos de plaguicidas en la producción hortícola,” p. 48, 2013.
- [53] J. Chang, “Calidad de Agua,” *Esc. Super. Politec. Del Litoral*, pp. 39–80, 2002.
- [54] E. R. L. Eduardo Raffo Lecca, “Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno,” *Ind. Data*, vol. 17, pp. 71–80, 2014, doi: 10.1021/ja00334a047.
- [55] J. Melorose, R. Perroy, and S. Careas, “Nitrato y nitrito,” *Statew. Agric. L. Use Baseline*, vol. 1, 2015.
- [56] L. F. Gudiño-Sosa *et al.*, “Water quality assessment in a subtropical river and tributaries combining physicochemical and aquatic macroinvertebrates,” *Hidrobiologica*, vol. 32, no. 1, pp. 33–50, 2022, doi: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2022v32n1/Gudino.
- [57] I. B. A. Vázquez, “Contaminación del agua con fosfatos: ¿La industria pecuaria puede disminuir su aporte al ambiente?” 2023.

- [58] M. Carrillo and P. Urgilés, “Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig,” *Tesis grado previo a la obtención del título Ing. Ambient.*, p. 126, 2016, [Online]. Available: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>.
- [59] A. M. P. ENRIQUE POSADA, DANIEL MOJICA, NATALIA PINO, CARLOS BUSTAMANTE, “ESTABLECIMIENTO DE ÍNDICES DE CALIDAD AMBIENTAL DE RÍOS CON BASES EN EL COMPORTAMIENTO DEL OXÍGENO DISUELTO Y DE LA TEMPERATURA. APLICACIÓN AL CASO DEL RÍO MEDELLÍN, EN EL VALLE DE ABURRÁ EN COLOMBIA,” vol. 80, pp. 192–200, 2013.
- [60] A. D. Moreno, “Instructivo de ensayo sólidos disueltos totales secados a 180°c sm 2540 c,” 2020.
- [61] ALBERTO ULISES ESTEBAN MARINA, “ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES , RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA ( CANCELA A LA NMX-AA-034-SCFI-2001 ).,” 2015.
- [62] P. C. A. Saravia Solares, “Determinación De Los Índices De Calidad Del Agua Ica-Nsf Para Consumo Humano De Los Ríos Teocinte Y Acatán, Que Abastecen La Planta De Tratamiento De Agua Santa Luisa Zona 16, Guatemala,” *Agua, Saneam. Ambient.*, vol. 12, no. 1, pp. 13–18, 2017, doi: 10.36829/08asa.v12i1.1424.
- [63] ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., “ESTUDIO DE LA CALIDAD DE FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO Y PLAN DE MITIGACIÓN POR CONTAMINACIÓN POR USO DOMÉSTICO Y AGROQUÍMICOS EN APURÍMAC Y CUSCO.” 2012.
- [64] L. de Gestión, A. y del R. a la L. de G. A. para la P. y Control, and R. del E. de la Contaminación Ambiental, “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.” 2012.
- [65] G. M. Salcedo, “Salcedo.gob.ec.” 2014, [Online]. Available: <https://www.salcedo.gob.ec/?p=3569>.
- [66] Servicio Nacional de Estudios Territoriales, “ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

GENERAL ‘ICA, ’” *Am. J. Phys.*, vol. 32, no. 5, pp. 361–364, 2AD, doi: 10.1119/1.1970348.

- [67] M. Vidal Álvarez, J. Luis Marín-Muñiz, and D. Hernández Hernández, “Indicador de la calidad del agua, caso de estudio: Laguna Olmeca, Veracruz, México,” *J. Basic Sci.*, vol. 8, no. 23, pp. 122–132, 2022.
- [68] S. Sánchez Díaz, “Estudio de la calidad del agua en la presa El Volantín, Jalisco, México (2014-2015) / Water Quality Study of El Volantín Dam, Jalisco, Mexico (2014-2015),” *CIBA Rev. Iberoam. las Ciencias Biológicas y Agropecu.*, vol. 7, no. 13, pp. 77–104, 2018, doi: 10.23913/ciba.v7i13.75.

## ANEXOS

### Siglas

**DBO5:** Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días

**INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos.

**INEFAN:** Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre.

**IAQA:** Índice Automático de Calidad de Aguas.

**ICG:** Índice de calidad General.

**ISQA:** Índice Simplificado de Calidad de Aguas.

**IHCA:** Índice Holandés de Calidad de Agua.

**LP:** Límites permisibles.

**NE:** No especificado.

**M1:** Muestra 1

**M2:** Muestra 2

**M3:** Muestra 3

**NSF:** Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento.

**OD:** Oxígeno Disuelto.

**FAO:** Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

**PM1:** Punto de muestreo 1.

**PM2:** Punto de muestreo 2.

**PM3:** Punto de muestreo 3.

**SIG:** Sistema de Información Geográfico.

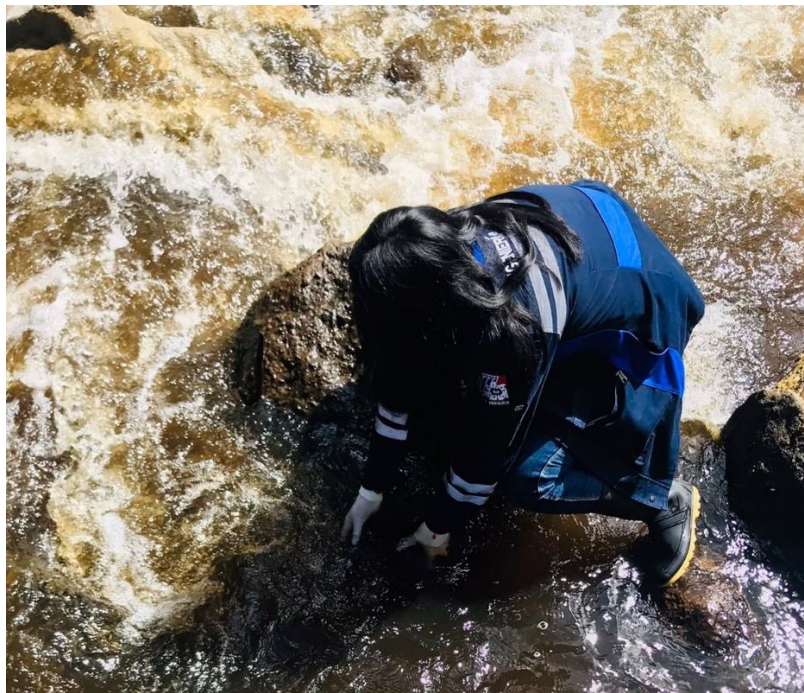
**TULSMA:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

**Anexo A** Muestreo y análisis de los diferentes puntos de la microcuenca Nagsiche: Sector Yanahurco, puente California y Panzaleo.

**Figura A. 1** Materiales y equipos utilizados para la toma de muestras



**Figura A. 2** Toma de muestra cuenca alta (Yanahurco)



**Figura A.3** Medición de la temperatura del agua y pH de la muestra cuenca alta



**Figura A.4** Toma de muestra cuenca media (Puente California)



**Figura A.5** Registro de la temperatura y pH de la muestra (cuenca media)



**Figura A.6** Homogenización de la muestra



**Figura A.7** Toma de muestra cuenca baja (Panzaleo)



**Figura A.8** Toma de datos de la temperatura del agua y Ph (cuenca baja)





**Figura A.9** Conservación y etiquetado de las muestras P1, P2 y P3



**Figura A.10** Destrucción de la fauna nativa cercanas al río.



**Figura A.11** Observación de casas a las riberas del río (Puente California)



**Figura A.12** Presencia de sólidos en las riberas del río (Panzaleo)



Anexo B Informe de resultados de la Microcuenca Nagsiche por el Laboratorio LAQUANALISIS.

Figura B. 1 Resultados de los 9 parámetros físicos - químicos y microbiológicos (Yanahurco)

“Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables”  
www.lacquanalisis.com

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO  
Acreditación N° SAE LEN 11-010  
LABORATORIO DE ENSAYOS

### INFORME DE RESULTADOS

No. LACQUA 23 - 4390

Información proporcionada por el cliente		Información adicional:	
Nombre	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	RÍO NAGSICHE YANAHURCO	
Atención a	Erika Julissa Chicaiza Cocha		
Dirección	Pujilí		
Teléfonos	098 744 7291		
e-mail	erika.chicaiza6857@utc.edu.ec		
Procedencia	---	Contenido declarado	1150 ml
Identificación muestra	Agua natural	Conservación de la muestra	Refrigeración
Descripción muestra	Líquido turbio	Toma de muestra / Muestreo	Cliente

Datos del Análisis:					
Fecha toma muestra	21-dic-23	Fecha de análisis	Del 21 de diciembre de 2023 al 08 de enero de 2024	Código Muestra	A - 4113
Fecha ingreso al Laboratorio	21-dic-23	Fecha emisión informe	08 de enero de 2024	Coord. muestra	751692.513 E 9883793.715 N
Lugar de realización de los ensayos	Laboratorio Lacquanálisis			Coord. Análisis	17M 0763377 UTM 9852973
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	46,9	Temperatura amb. (°C):	21,9	

#### RESULTADOS ANÁLISIS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
DBO5	mg/l	<13	PRO TEC 066 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %
DQO	mg/l	<20	PRO TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods. Ed. 23. 2017, 5220 D	± 25,26 %
Fosfatos Totales	mg/l	0,23	PRO TEC 063 / HACH 8048, Ed. 10, 2017	± 26,85 %
Nitratos	mg/l	3,15	PRO TEC 024 / HACH 8192, Ed. 11, 2019	± 11,42 %
Oxígeno Disuelto	mg/l	7,16	PRO TEC 061 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 O G	± 9,28 %
pH	UpH	7,84	PRO TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	156	PRO TEC 039 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 C	± 10,03 %
Turbiedad	NTU	30,80	PRO TEC 060 / Standard Methods Ed. 23. 2017, 2130 B	± 4,88 %

#### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Coliformes Fecales***	NMP/100ml	79,0	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F / PA-66.00	-----

**SIMBOLOGÍA**

Parámetro acreditado  
\* Parámetro acreditado fuera del alcance  
\*\* Parámetro No acreditado  
\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: SAE LEN 05-005  
\*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

**Notas:**

- Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en éste informe
- Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis
- Lacquanálisis S.A. se responsabiliza por la recolección, ingreso al laboratorio y el análisis de la muestra. En caso de una muestra entregada por el cliente, Lacquanálisis S.A. se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio
- La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. Lacquanálisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
- Lacquanálisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados
- La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SGC y en www.lacquanalisis.com
- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**PERSONAL RESPONSABLE:**

Ing. Gissela Acosta  
Analista

Dr. Harold Jiménez  
Director Técnico

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
Teléfono: (03) 2420 106 · Móvil: 099-5363620 · info@lacquanalisis.com

Figura B.2 Resultados obtenidos de los 9 parámetros físico - químicos y microbiológicos (Puente California)

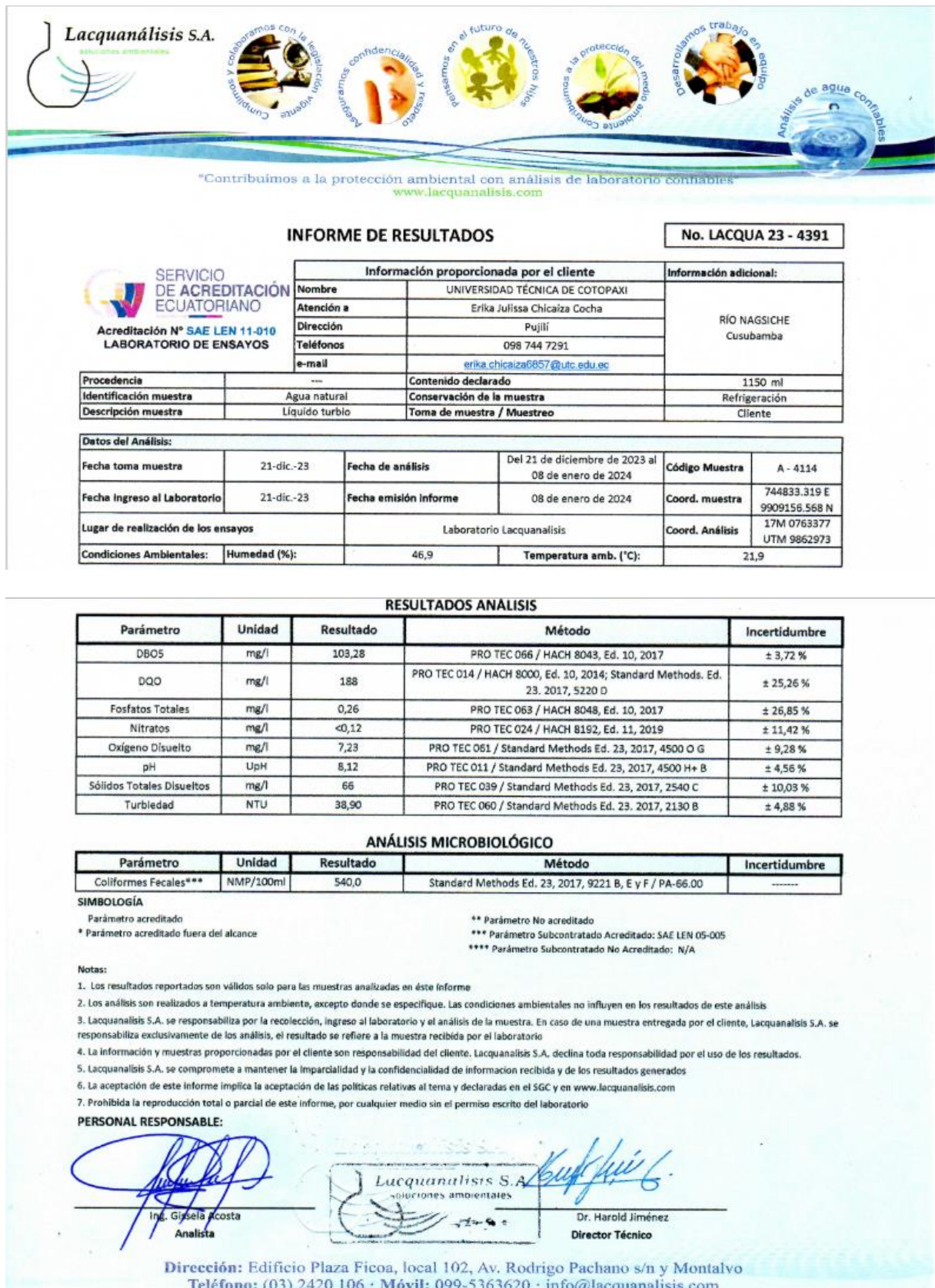


Figura B.3 Resultados obtenidos de los 9 parámetros físico - químicos y microbiológicos (Panzaleo)



**INFORME DE RESULTADOS**

**No. LACQUA 23 - 4392**



Información proporcionada por el cliente		Información adicional:	
Nombre	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	RÍO NAGSICHE Panzaleo-Salcedo	
Atención a	Erika Julissa Chicaiza Cocha		
Dirección	Pujilí		
Teléfonos	098 744 7291		
e-mail	erika.chicaiza6857@utc.edu.ec		
Procedencia	---	Contenido declarado	1150 ml
Identificación muestra	Agua natural	Conservación de la muestra	Refrigeración
Descripción muestra	Líquido turbio	Toma de muestra / Muestreo	Cliente

Datos del Análisis:					
Fecha toma muestra	21-dic.-23	Fecha de análisis	Del 21 de diciembre de 2023 al 08 de enero de 2024	Código Muestra	A - 4115
Fecha ingreso al Laboratorio	21-dic.-23	Fecha emisión informe	08 de enero de 2024	Coord. muestra	-----
Lugar de realización de los ensayos	Laboratorio Lacquanálisis			Coord. Análisis	17M 0763377 UTM 9862973
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	46,9	Temperatura amb. (°C):	21,9	

**RESULTADOS ANÁLISIS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
DBO5	mg/l	237,68	PRO TEC 066 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %
DQO	mg/l	407	PRO TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	± 25,26 %
Fosfatos Totales	mg/l	0,31	PRO TEC 063 / HACH 8048, Ed. 10, 2017	± 26,85 %
Nitratos	mg/l	0,22	PRO TEC 024 / HACH 8192, Ed. 11, 2019	± 11,42 %
Oxígeno Disuelto	mg/l	6,79	PRO TEC 061 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 O G	± 9,28 %
pH	UpH	8,01	PRO TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	174	PRO TEC 039 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 C	± 10,03 %
Turbiedad	NTU	67,50	PRO TEC 060 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 B	± 4,88 %

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Coliformes Fecales***	NMP/100ml	2400,0	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F / PA-66.00	-----

**SIMBOLOGÍA**

Parámetro acreditado  
\* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado  
\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: SAE LEN 05-005  
\*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

**Notas:**

- Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en éste informe
- Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis
- Lacquanálisis S.A. se responsabiliza por la recolección, ingreso al laboratorio y el análisis de la muestra. En caso de una muestra entregada por el cliente, Lacquanálisis S.A. se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio
- La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. Lacquanálisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
- Lacquanálisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados
- La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SGC y en [www.lacquanalisis.com](http://www.lacquanalisis.com)
- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**PERSONAL RESPONSABLE:**

Ing. Gissela Acosta  
Analista



Dr. Harold Jiménez  
Director Técnico

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
Teléfono: (03) 2420 106 · Móvil: 099-5363620 · [info@lacquanalisis.com](mailto:info@lacquanalisis.com)

Anexo C Tablas de la normativa de calidad ambiental y de descargas de efluentes. Recurso Agua.

**Tabla C. 1** Criterios de calidad del agua para agua de consumo humano y usos doméstico según el TULSMA

**TABLA 1.** Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniaco	mg/l	1,0
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	2,0
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			<b>Ausencia</b>
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural + o - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0

**Tabla C. 2** Criterios de calidad del agua para la preservación de la flora y fauna según el TULSMA

**TABLA 3.** Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Limite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos		mg/l	0,001	0,001	0,001
policlorados/PCBs					

Parámetros	Expresados como	Unidad	Limite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H <sub>2</sub> S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		Máxima 200	Máxima 320	Máxima 320

Tabla C. 3 Criterios de calidad del agua para riego según el TULSMA

TABLA 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante visible	visible		<b>Ausencia</b>
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02



Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	<b>cero</b>
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Tabla C. 4 Criterios de calidad del agua para uso pecuario según el TULSMA

**TABLA 8. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,2
Bario	Ba	mg/l	1,0
Boro (total)	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Carbamatos (totales)	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobre	Cu	mg/l	0,5
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	1,0
Litio	Li	mg/l	5,0
Materia flotante	visible		<b>Ausencia</b>
Manganeso	Mn	mg/l	0,5
Molibdeno	Mo	mg/l	0,005
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Nitratos + nitritos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N-nitrito	mg/l	1,0
Níquel	Ni	mg/l	0,5
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	3,0
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Potencial de	pH		6-9

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
hidrógeno			
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	10,0
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		Menor a 1 000
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		Promedio mensual menor a 5 000