

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL



**Influencia del contexto geológico en la calidad del agua
superficial: caso reserva nacional de Tumbes, Tumbes 2022**

TESIS

**Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias con
mención en Gestión Ambiental**

Autor: Brehiter Yamir Zarate Olaya

Tumbes, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL



**Influencia del contexto geológico en la calidad del agua
superficial: caso reserva nacional de Tumbes, Tumbes 2022**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios (Presidente)

Mg. José Antonio Silva Chávez (Secretario)

Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval (Vocal)

Tumbes, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL



**Influencia del contexto geológico en la calidad del agua
superficial: caso reserva nacional de Tumbes, Tumbes 2022**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma:**

Br. Brehiter Yamir Zarate Olaya (autor)

Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué (asesor)

Tumbes, 2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
Licenciada
Resolución del Consejo Directivo N° 155-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
Tumbes – Perú

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En Tumbes, a los 18 días del mes de setiembre del dos mil veintitrés, siendo las dieciséis horas y cero minutos, en los ambientes del pabellón F-Aula F1-Ciudad Universitaria, se reunieron el jurado calificador de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes designado con resolución N° 0490-2022/UNTUMBES-EPG-D, del 11 DE NOVIEMBRE DE 2022. Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios (presidente), Mg. José Antonio Silva Chávez (secretario), y al Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval (vocal), se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de tesis titulada: "**Influencia del Contexto Geológico en la Calidad del Agua Superficial: Caso Reserva Nacional de Tumbes, Tumbes 2022**" para optar el grado académico de Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental, presentado por el: **Maestrando: BREHITER YAMIR ZARATE OLAYA**

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación el jurado según el artículo N° 65 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al : **Maestrando**, aprobado con calificativo de **MUY BUENA**

En consecuencia, queda apto (a), para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del grado académico de **Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental**, de conformidad con lo estipulado en la ley universitaria N° 30220, el estatuto, Reglamento General, Reglamento general de grados títulos y reglamento de tesis de la Universidad Nacional de Tumbes

Siendo las **diecisiete** horas y **treinta** minutos, del mismo día, se dio por concluido la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia de Público asistente.


Tumbes, 18 de setiembre de 2023



Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios
DNI N° 42450218
ORCID N° 0000-0002-7255-9087
Presidente



Mg. José Antonio Silva Chávez
DNI N° 41013171
ORCID N° 0000-0001-5763-407X
Secretario



Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval
DNI N°: 42311217
ORCID N° 0000-0002-8568-3255
Vocal

RESUMEN TURNITIN

Influencia del contexto geológico en la calidad del agua superficial: caso reserva nacional de Tumbes, Tumbes 2022

por Br. Brehiter Yamir Zarate Olaya

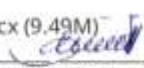
Fecha de entrega: 24-oct-2023 07:52a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2205759657

Nombre del archivo: Tesis_Brehiter_Yamir_Zarate_Olaya.docx (9.49M)

Total de palabras: 21987

Total de caracteres: 119714


Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

Influencia del contexto geológico en la calidad del agua superficial: caso reserva nacional de Tumbes, Tumbes 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	vsip.info Fuente de Internet	1%
2	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.oefa.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid Trabajo del estudiante	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	www.sld.cu Fuente de Internet	1%
7	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	idoc.pub Fuente de Internet	1%

9	www.caldaria.es Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	<1 %
11	www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
12	www.ecologiaverde.com Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Unidad Educativa Isaac Newton Trabajo del estudiante	<1 %
16	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
18	www.sparelajarse.com Fuente de Internet	<1 %
19	www.defensa.gob.es Fuente de Internet	<1 %


 Dr. Napoleón Pardo Lecmaque
 CÓDIGO ORCID: 0000-0002-1008-8065

20	www.colibri.udelar.edu.uy Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA Trabajo del estudiante	<1 %
22	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
24	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.siberzone.es Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	html.rincondelvago.com Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad de León Trabajo del estudiante	<1 %
29	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unp.edu.pe	


Dr. Napoleón Páez Lecamaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8035

	Fuente de Internet	<1 %
32	GREEN ENVIRONMENT S.A.C.. "DAA de la Planta de Elaboración de Fertilizantes y Fungicidas-IGA0013444", R.D. N° 022-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2021 Publicación	<1 %
33	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
34	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
35	ALTAMIRANO PROYECTOS SOSTENIBLES S.A. A.. "DAAC para el Fundo Ilusión Berries-IGA0021113", R.D.G. N° 0655-2022-MIDAGRI-DVDAFIR-DGAAA, 2023 Publicación	<1 %
36	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
37	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	www.congope.gob.ec Fuente de Internet	<1 %


 Dr. Napoleón Pufo Lechuga, Jr.
 CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

40	CONSULTING SERVICIOS LUCKY SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA. "DAAC del Fundo Santiaguillo Alto y Fundo Parcelas-IGA0013511", R.D.G. N° 006-2019-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2021 Publicación	<1 %
41	Submitted to Organismo de Evaluación y Fiscalización Trabajo del estudiante	<1 %
42	organosdepalencia.com Fuente de Internet	<1 %
43	www.marionkuprat.com Fuente de Internet	<1 %
44	blogtumbesreservasdetumbes.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
45	journal.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	www.eic.mn Fuente de Internet	<1 %
47	SALLQA PACHA PERU S.A.C.. "ITS para la Ampliación de la Capacidad de Tratamiento de Incineración de 60 kg/h a 100 kg/h e Incremento de los Tipos de Residuos a Incinerar del Proyecto Sistema de Tratamiento de Residuos Sólidos Peligrosos de Establecimientos de Atención de Salud-	<1 %


 Organización para el Aprendizaje
 CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8088

IGA0012997", R.D. N° 00021-2021-SENACE-PE/DEIN, 2021

Publicación

48 SNC LAVALIN PERU S.A.. "Primer ITS de la Unidad Minera Cerro Lindo-IGA0002171", R.D. N° 001-2019-SENACE-PE/DEAR, 2020 <1 %
Publicación

49 bibliotecadigital.uca.edu.ar <1 %
Fuente de Internet

50 pt.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

51 repositorio.espe.edu.ec <1 %
Fuente de Internet

52 ECOFISH S.A.. "EIA-SD para el Traslado Físico por Reubicación con Innovación Tecnológica de 30 t/h hacia la Planta donde se Desarrollan las Actividades de Procesamiento de Harina de Alto Contenido Proteico y Aceite de Pescado de 120 t/h y Enlatado de 9600 cajas/turno, para una Capacidad Acumulada de 150 t/h de Materia Prima, Ubicada en el Distrito de Paracas, Ica-IGA0011130", R.D. N° 215-2019-PRODUCE/DGAAMPA, 2020 <1 %
Publicación

53 Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología <1 %
Trabajo del estudiante


Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

54	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
55	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
58	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Pozo Rico-IGA0005184", R.D. N° 199-2019/MINEM-DGAAM, 2020 Publicación	<1 %
60	Submitted to Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
61	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
62	CESEL S A. "Modificación de la DIA del Proyecto Construcción de la Nueva Subestación Amarilis y los Enlaces de Conexión en 138 kV-IGA0011278", R.D. N° 0123-2019-MINEM/DGAAE , 2021 Publicación	<1 %


Dr. Napoleón Pablo Lecamaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-4085

63	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
64	dSPACE.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
66	www.cleanteqwater.com Fuente de Internet	<1 %
67	fr.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
68	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
69	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
70	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
71	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
72	ECOGESTION CONSULTORES S.A.C.. "EIA-SD para el Traslado Físico con Innovación Tecnológica de la Planta de Harina de la Planta de 25 t/h de Capacidad del Distrito de Tambo de Mora, Ica, hacia la Planta de Harina de 84 t/h de Capacidad Ubicada en el Distrito	<1 %

Dr. Napoleón Piño Lencarruque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

de Caleta de Carquin, Lima-IGA0002145", R.D.
N° 101-2019-PRODUCE/DGAAMPA, 2020
Publicación

73	Submitted to Submitted on 1686343595177 Trabajo del estudiante	<1 %
74	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
75	portal.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	<1 %



Dr. Napoleón Pardo Lecarrique
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		

DEDICATORIA

A Dios, quien ha forjado mi camino

A mi familia por su amor y apoyo
incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía en cada paso.

A mi familia, amigos y a todos aquellos que me apoyaron y confiaron en mí.

A mi Universidad, por las oportunidades y continua formación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
I. INTRODUCCIÓN	23
II. ESTADO DEL ARTE	28
2.1. Antecedentes	28
2.2. Bases teóricas – Científica	33
III.MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1.Tipo de investigación	48
3.1.1.Tipo de estudio.....	48
3.2.Diseño de investigación	48
3.3.Población y muestra	49
3.3.4.Procesamiento y análisis de datos.....	55
3.4.Hipótesis	56
3.4.1.Hipótesis general	56
4. Hipótesis específica	56
4.1.Variables	56
4.2.Conceptualización de las variables	57
4.3.Operacionalización de las variables	58
5. Indicadores	60
IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES	64
4.1. Resultados	64
4.2. Discusión	91
V. CONCLUSIONES	100
VI.RECOMENDACIONES.....	102
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
VIII.ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 ECAS de metales pesados en el agua.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 2 Microcuencas presentes en la Reserva Nacional de Tumbes.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 3 Microcuencas para los Análisis – Muestras.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 4: Directrices para evaluar los problemas de salinidad</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 5: Análisis de agua superficial - Calidad de agua para Microcuenca Quebrada Trapazola.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 6: Análisis de agua superficial - Calidad de agua para microcuenca Quebrada Bejuguerin.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 7: Análisis de agua superficial - calidad de agua para microcuenca Quebrada Jardín.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 8: Análisis de agua superficial - calidad de agua para microcuenca Quebrada Jurupe.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 9: Análisis de agua superficial - calidad de agua para microcuenca Quebrada Murciélago.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 10: Análisis de agua superficial - calidad de agua para Microcuenca Quebrada Linda Chara.</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 11: Calidad de agua para el riego de los Microcuencas en estudio.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 12: Análisis químicos para las seis microcuencas en estudio.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 13: Tipos de agua para las seis microcuencas.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 14: Ranking de contaminación de las aguas de las Subcuencas en estudio.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 15: Categoría del agua de microcuencas – Categoría 1 – Subcategoría A: agua potable.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 16: Categoría del agua de microcuencas – Categoría 1 – Subcategoría B: aguas para la recreación.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 17: Categoría del agua de microcuencas – Categoría 2 - Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 18: Categoría del agua de microcuencas – Categoría 3 – Riego de vegetales y bebida de animales.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 19: Categoría del agua de microcuencas – Categoría 4 – Conservación del ambiente acuático.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 20: valores de λ para cada tipo de conducción.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 21: Caudales instantáneos microcuencas en época húmeda.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 22: Variación del caudal de las microcuencas y 5 principales elementos....</i>	<i>81</i>

Tabla 23: Concentración de bicarbonato y catión en las Microcuencas.....87

Tabla 24: Características de las aguas superficiales de las Microcuencas.....87

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1: Requisitos para la presentación de muestras de agua según los parámetros correspondientes.....	106
Anexo 2: Matriz de Consistencia.....	107
Anexo 3: Ubicación.....	112
Anexo 4: Álbum de fotos.....	113
Anexo 5: DS N° 004-2017-MINAM (ECA).....	120
Anexo 6: Análisis de datos.....	130
Anexo 7: Ubicación de las microcuencas muestras.....	142

RESUMEN

La presente investigación “Influencia del contexto geológico en la calidad del agua superficial: caso Reserva Nacional de Tumbes, Tumbes 2022”, se desarrolló en 6 microcuencas ubicadas en el área de la Reserva Nacional de Tumbes, a saber: Quebrada Trapazola, Quebrada Bejuqueria, Quebrada Jardín, Quebrada Jurupe, Quebrada Murciélago y Quebrada Lindo Chara. Fue una investigación de tipo básica, diseño pre experimental, muestra probabilística intencionada. En cuanto a la calidad del agua para el riego: Trapazola C₁S₁, Bejuqueria C₂S₁, Jardín C₂S₁, Jurupe C₃S₁, Murciélago C₂S₁, Linda Chara C₂S₁. Con respecto al tipo de aguas, todas son bicarbonatadas cálcicas a excepción de Quebrada Jurupe que es bicarbonatada sódica. Con respecto a la categoría 1, subcategoría A, agua potable, los parámetros físicos – químicos e inorgánicos por debajo de los indicadores ECA, a excepción de la demanda química de oxígeno, DQO que está por encima del ECA para todas las microcuencas y para todas las categorías de agua. Entre las 6 microcuencas existe una producción promedio de 373.56 Hm³ de agua cada 6 meses (época húmeda). Concluyéndose que no existe mayor efecto del contexto geológico en las 6 microcuencas que hagan variar la buena calidad de estas aguas especialmente para su uso agrícola.

Palabras clave: Calidad del agua superficial, categoría del agua, contexto geológico, tipo de agua.

ABSTRACT

The present investigation "Influence of the geological context on the quality of surface water: the Tumbes National Reserve case, Tumbes 2022", was developed in 6 micro-watersheds located in the area of the Tumbes National Reserve, namely: Quebrada Trapazola, Quebrada Bejuquería, Jardín Creek, Jurupe Creek, Murciélago Creek and Lindo Chara Creek. It was a basic type of research, pre-experimental design, intentional probabilistic sample. Regarding the quality of water for irrigation: Trapazola C1S1, Bejuqueria C2S1, Jardín C2S1, Jurupe C3S1, Murciélago C2S1, Linda Chara C2S1. Regarding the type of water, all are calcium bicarbonate except for Quebrada Jurupe, which is sodium bicarbonate. Regarding category 1, subcategory A, drinking water, the physical - chemical and inorganic parameters are below the ECA indicators, with the exception of chemical oxygen demand, COD that is above the ECA for all micro-basins and for all water categories. Among the 6 micro-watersheds there is an average production of 373.56 Hm³ of water every 6 months (wet season). Concluding that there is no major effect of the geological context in the 6 micro-basins that make the good quality of these waters vary, especially for agricultural use.

Keywords: Geological context, Surface water quality, Water type, Water category.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de esta investigación hemos realizado la consulta a diferentes fuentes bibliográficas digitales, y de manera física de libros de diferentes autores, así como también de páginas web y diferentes artículos científicos.

En la página del (Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, s. f.) indica que:

Las áreas naturales protegidas son espacios terrestres o marinos reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado Peruano por su importancia para la conservación de la biodiversidad y su contribución al desarrollo sostenible del país. Las ANP de Administración Nacional tienen dos estatus: las establecidas con estatus definitivo y con estatus transitorio que son las Zonas Reservadas.

Las áreas naturales protegidas se clasifican en 10 categorías, que se detallan a continuación: PARQUES NACIONALES (Son áreas que constituyen muestras representativas de la diversidad natural del país. En ellos se protege con carácter intangible uno o más ecosistemas, las asociaciones de flora y fauna silvestre, así como otras características paisajísticas y culturales que resulten asociadas. Son Áreas Naturales protegidas de uso indirecto en las que se permite la investigación científica y el turismo de zonas apropiadamente designadas. Actualmente existen en el Perú 15 Parques Nacionales); RESERVAS NACIONALES (Son áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos de flora y fauna silvestre. Son áreas naturales protegidas de uso directo en las que, mediante planes de manejo, está permitido el uso tradicional y aprovechamiento sostenible de recursos naturales por las poblaciones locales. Actualmente existen 17 Reservas Nacionales);

SANTUARIOS NACIONALES (Son áreas donde se protege, con carácter intangible, el hábitat de una especie o una comunidad de la flora y fauna, así como las formaciones naturales de interés científico y paisajístico. Son áreas protegidas de uso indirecto en las que se permite la investigación científica y el turismo en zonas apropiadamente designadas. Actualmente existen en el Perú 9 Santuarios Nacionales); SANTUARIOS HISTÓRICOS (Conservan espacios que contienen valores naturales relevantes y constituyen el entorno de muestras del patrimonio monumental y arqueológico del país, o son lugares donde se desarrollaron hechos sobresalientes de la historia nacional. Son áreas protegidas de uso indirecto en las que se permite la investigación científica y el turismo en zonas apropiadamente designadas. Actualmente existen en el Perú 4 Santuarios Históricos); RESERVAS PAISAJÍSTICAS (Conservan ambientes cuya integridad geográfica muestra una relación armoniosa entre el hombre y la naturaleza, albergando por ello importantes valores naturales y culturales. Son áreas naturales protegidas de uso directo, en las que, mediante planes de manejo, está permitido el uso tradicional y aprovechamiento sostenible de recursos naturales por las poblaciones locales. Actualmente existen en el Perú 02 Reservas Paisajísticas); REFUGIOS DE VIDA SILVESTRE (Conservan áreas de características naturales específicas por su rareza o localidades representativas, así como la protección de especies de flora y fauna silvestre, en especial de los sitios de reproducción para recuperar o mantener las poblaciones de especies. Son áreas naturales protegidas de uso directo, en las que, mediante planes de manejo, está permitido el uso tradicional y aprovechamiento sostenible de recursos naturales por las poblaciones locales).

En el Perú existe 03 Refugios de Vida Silvestre); RESERVAS COMUNALES (Conservan la flora y fauna silvestre en beneficio de las poblaciones rurales vecinas, las cuales, por realizar un uso tradicional y bajo planes de manejo, realizan el uso de los recursos naturales del área. Son de uso directo; en el Perú actualmente existen 10 Reservas Comunales); BOSQUES DE PROTECCIÓN (Conservan las Cuencas altas, las riberas de los ríos y de otros cursos de agua y, en general, protegen las tierras frágiles contra la

erosión. Son de uso directo. Actualmente existen en el Perú 6 Bosques de Protección); COTOS DE CAZA (Espacios destinados al aprovechamiento de la fauna silvestre a través de la práctica regulada de la caza deportiva. Son de uso directo. Actualmente en el Perú existen 02 Cotos de Caza); ZONAS RESERVADAS (Son aquellas áreas que, reuniendo las condiciones para ser consideradas como Áreas Naturales Protegidas, requieren la realización de estudios complementarios para determinar, entre otras, la extensión y categoría que les corresponde como tales, así como la viabilidad de su gestión. Actualmente existen en el Perú 8 Zonas Reservadas).

La Reserva Nacional de Tumbes, creada el 7 de julio de 2006, mediante el Decreto Supremo N° 046-2006-AG y tiene como objetivo conservar y proteger muestras representativas del bosque tropical del Pacífico, especialmente especies de flora y fauna en vías de extinción como el loro de alas bronceadas, el jaguar y el huamburushu, entre otros (SINANPE). Esta Reserva Nacional está ubicada en las provincias de Tumbes y Zarumilla del Departamento de Tumbes, con una extensión de 19,266.72 hectáreas. En la Reserva Nacional de Tumbes se puede apreciar en toda su magnitud el Bosque Tropical del Pacífico, el cual es un ecosistema que solo se encuentra en esta área y que representa una especie de continuación de la Selva tropical en la Vertiente Occidental de los Andes- Esta zona difiere en gran medida del bosque seco ecuatorial y se ha desarrollado evolutivamente casi sin perturbación lo que asegura que su diversidad biológica sea única. Presenta una topografía marcada con colinas de configuración regularmente plana a ondulada en su territorio más próximo al litoral encontrando su límite opuesto en las estribaciones del macizo de los Amotapes, con pendientes muy pronunciadas en algunos sectores. Junto al Coto de Caza El Angolo, el Parque Nacional Cerros de Amotape y el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, forman la Reserva de Biósfera del Noroeste Amotapes – Manglares designada en 1977 por la UNESCO (SINANPE).

La Reserva alberga una diversidad biológica única y una gran cantidad de aves (270 especies). Además, alberga a la mayor cantidad de especies amenazadas de avifauna que alguna otra área natural protegida en el país

(14 especies). También registra una gran cantidad de mamíferos (67 especies) pertenecientes a 55 géneros y 22 familias, de las cuales, los murciélagos son los más diversas (35 especies).

Entre las aves se distinguen el perico pachaloro (*Forpus xanthops*), el perico macareño (*Brotogeris pyrrhopterus*), el hormiguero (*Grallaricula peruviana*), el gavilán dorsigris (*Leucopternis occidentalis*), la urraca (*Cyanocorax mystacalis*), y el hornero (*Furnarius leucopus*). Entre los mamíferos se pueden encontrar el venado gris (*Odocoileus virginianus*), la ardilla nuca blanca (*Sciurus stramineus*), la nutria del noroeste (*Lontra longicaudis*), el mono coto de Tumbes (*Alouatta palliata*), el jaguar (*Panthera onca*) y el huamburushu (*Leopardus wiedii*). También se puede observar el cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus*).

Asimismo, registra 84 especies forestales entre las que destacan la especie endémica de ceibo (*Ceiba trichistandra*), varias especies de algarrobos (*Prosopis* spp.), el angolo (*Pithecellobium multiflorum*), el pretino (*Cavanillesia platanifolia*), el guayacán (*Tabebuia* sp.) y el palo santo (*Bursera graveolens*). Además, se pueden encontrar diversas variedades de orquídeas.

El clima es subtropical con gran variación de precipitaciones al año. La precipitación anual promedio es de 1350 mm, siendo su rango de 100 a 2000 mm. La temperatura presenta condiciones de clima tropical. La variación de temperatura más representativa se da en el mes de febrero cuando esta es más de 35° C, y en invierno cuando desciende hasta 15°C en julio y agosto.

Nuestro país minero históricamente, agrícola y ganadero. Los recientes conflictos socioambientales señalan contaminación por actividades antrópicas. La escasez de información relacionada a la caracterización y calidad del ambiente como agua, suelo, roca y sedimentos, es poco estudiada en nuestro país, más aún si se toman las cuencas hidrográficas como áreas de interés. Además, debe tenerse en cuenta que las características geoambientales inciden en la calidad del agua, agente transportador más importante que es utilizado de distintas formas dentro de

una cuenca. Los modificadores de la calidad del agua pueden ser: fuentes termales, ocurrencias y yacimientos metálicos y no metálicos, actividades agrícolas, efluentes, vertimientos, fuentes frías con alto contenido de elementos disueltos, actividades industriales, centros poblados, entre muchos otros (naturales y antrópicos).

En ese contexto, la interacción del medio físico (litósfera, atmósfera, hidrósfera), químico y biológico (sobre todo la actividad antrópica), promueven que el agua y el suelo tenga determinadas características químicas, las cuales están condicionados a parámetros de calidad. La información geoambiental que se generará provee una herramienta de gestión, decisión y consulta, a fin de esclarecer la problemática y conocer el real origen y calidad del medio ambiente. Así mismo, estas unidades hidrográficas de estudio (cuencas, intercuencas, subcuencas, microcuencas, etc.) representan el espacio adecuado para generar información confiable a escalas regionales.

Por ello, el Estudio De Línea Base Geoambiental en la Reserva Nacional de Tumbes permitirá conocer las variaciones químicas del agua y la posible contaminación natural y/o antrópica, para ello se describirá, analizará y evaluará los componentes del medio geológico y su implicancia en las microcuencas.

Este estudio contribuirá a la gestión integral de los recursos hídricos y al ordenamiento territorial. Con ello, asegurar la protección del medio ambiente, mitigar la contaminación del recurso hídrico, brindar información técnica en beneficio de la población y viabilidad de proyectos de infraestructura hidráulica que puedan ser aprovechados específicamente para el desarrollo de la actividad ganadera en la zona, mejorar la calidad de la actividad turística, el control de incendios forestales generados de manera antropogénico y natural, evitar conflictos sociales y generar una herramienta de gestión geoambiental en beneficio de la población y el Estado.

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1. Antecedentes

Suarez, (2018); en su teoría “Propuesta de gestión ambiental en áreas protegidas – Reserva Bosque EL SILENCIO”; concluye que:

El área protegida de “El silencio” (APES) es parte del patrimonio ambiental y cultural del país; es parte del patrimonio ambiental y cultural histórico y arquitectónico del municipio de Circasia en el departamento del Quindío, la cual ofrece servicios ecosistémicos de gran importancia para el territorio y su comunidad. La falta de gestión ha permitido que presiones antrópicas como el aumento de la frontera agrícola, la caza, la tala y la disposición inadecuada de residuos por la comunidad, sean generadoras de impactos en sus ecosistemas perdiendo cada día sus coberturas boscosas, su calidad hídrica y su biodiversidad. Con el fin de evitar que estos impactos se sigan presentando y que por el contrario se puedan restaurar los servicios ecosistémicos que ofrece el área, se formuló una propuesta de gestión ambiental para el área protegida de la finca El Silencio (APES). Para cumplirlo se realizó una investigación cualitativa con un alcance descriptivo, por medio del levantamiento de fuentes primarias y secundarias de investigación. Estas fuentes permitieron desde una visión sistémica integral identificar los instrumentos de gestión ambiental, normativos y sociales para formular propuestas para la restauración e investigación en el área protegida de la finca “El Silencio”. De igual manera permitieron proponer estrategias de gestión para el desarrollo económico del área; estas estrategias incluyen proyectos de aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, turismo de naturaleza y prestación de servicios ecosistémicos que generen recursos para promover su conservación y gestión en el tiempo.

Plascencia, S. (2015); en su tesis “Identificación de prioridades de manejo personal para el área natural protegida Isla Cerralvo en el Golfo de California”; concluyó que:

Se generó una base de datos de las metodologías para establecer prioridades de manejo de Áreas Naturales Protegidas. Se propuso una metodología apropiada para establecer las prioridades de manejo para esta isla. Se establecieron las prioridades de manejo para Isla Cerralvo, entre las cuales destaca: desarrollar con programas de monitoreo permanente; promover en la población local un programa de educación ambiental, que resalte la importancia de las especies endémicas en la isla; promover un programa de erradicación de las especies introducidas (gato, chivos, liebre de California y pino salado); establecer un programa de control para las embarcaciones turísticas y establecer un programa permanente de vigilancia que erradique el uso de artes de pesca no permitidos y la ¿presencia de guateros?

Crespo, C. N. (2021); en su investigación “Problemática de la gestión de la Áreas Naturales Protegidas de México: un análisis en las Reservas de la Biósfera de los Tuxtlas y los Petenes”; concluyó que:

México si bien es cierto es uno de los países con mayor diversidad; pero también es uno de los que soporta una destacada explotación de sus recursos naturales. La declaración de áreas naturales protegidas se ha convertido en una de las principales estrategias mexicanas para conservar la naturaleza. Los resultados demuestran que, si bien los espacios protegidos han contribuido a disminuir la destrucción del patrimonio natural, éste aún sigue sufriendo graves afectaciones a causa de los insuficientes recursos destinados a las políticas ambientales, lo que debilita la capacidad de gestión y, consiguientemente, dificulta alcanzar los objetivos de conservación.

Cutipa, N. et al. (2021); en su investigación “Estudios de línea base geoambiental de las Subcuencas Vilcabamba, Santo Tomás y Alto Apurímac (Cuzco – Apurímac);” concluyó que:

La zona de estudio abarca proyectos mineros a gran escala que generan una gran inversión en nuestro país, de ahí la importancia estudiar cómo varía la calidad del recurso hídrico desde la parte alta de las subcuencas Vilcabamba, Santo Tomás y Alto Apurímac hacia la confluencia de sus cursos principales. El análisis hidroquímico basado en el ión predominante identificó 4 hidrotipos principales: bicarbonatada cálcica, bicarbonatada sódica, sulfatada cálcica y clorurada sódica. De acuerdo con el análisis e interpretación, en su mayoría las fuentes bicarbonatadas están ligadas a la interacción agua-roca de distintas unidades geológicas como: Formación Arcurquina (rocas carbonatadas constituidas por agregados bioclásticos como oolitos contexturas micrítica y esparíticas, Albiano-Cenomaniano), Formación Hualhuani (areniscas cuarzosas blanquecinas de grano fino a medio, Cretáceo Inferior-Neocomiana), Formación Murco (areniscas, limolitas, limoarcillitas, Barremiano-Aptiano), Formación Labra (areniscas cuarzosas gris blanquecinas intercaladas con areniscas calcáreas, Jurásico Superior), Grupo Tacaza (tobas, lavas, brechas, brecha andesítica, compuesta por plagioclasas, anfíboles). Por otra parte, las aguas sulfatadas están relacionadas a zonas de mineralización y alteración hidrotermal; este hidrotipo en la subcuenca de Vilcabamba se encuentra asociado principalmente a pasivos mineros de actividades de extracción antiguas; las aguas tipo cloruradas se encuentran relacionadas a fuentes termales.

El análisis estadístico exploratorio de los 16 elementos potencialmente tóxicos en el agua (As, B, Be, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti y Zn) identificó al arsénico, cobre, hierro y manganeso con mayor presencia en las estaciones de muestreo (mayor al 50 %) y concentraciones disueltas cuantificables (mayor al límite de detección). Estos análisis estadísticos identificaron que las altas concentraciones de arsénico están relacionadas a las fuentes termales; en la subcuenca Santo Tomás, las altas concentraciones de cobre (0.0025 ppm en estiaje y 0.00222 ppm en avenida) están relacionadas a zonas de mineralización; el hierro se encuentra relacionado a rocas intrusivas y hacia la parte alta de la subcuenca Vilcabamba está relacionado a zonas de alteración con concentraciones mayores a 0.01290 ppm en avenida, mientras que el manganeso presenta

un comportamiento temporal, variando su concentración aleatoriamente de acuerdo a la temporada (estiaje y avenida). El análisis de calidad química y fisicoquímica del agua se realizó en base a las concentraciones totales como indica los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) de la normativa peruana. La Autoridad Nacional del Agua clasifica a estas subcuencas para uso de riego de vegetales y bebida de animales (Categoría 3). A partir de los análisis en conjunto, se determinó que los factores que alteran la calidad química del agua se encuentran principalmente asociados a agentes naturales (geológicos) y antiguas actividades de extracción (pasivos ambientales); los principales agentes naturales son las zonas de alteración, mineralización y fuentes termales (modificadores de la calidad química de las aguas superficiales según su caudal y concentración).”

Además, se tiene información de boletines, mapas geológicos, planes ambientales, casos de aguas contaminadas por metales, estudios de Impacto Ambiental (EIA), proyectos mineros entre otros, citaremos los siguientes:

Inspección técnica de línea base geoambiental de la Cuenca del Río Puyango - Tumbes (Lado Peruano) (INGEMMET, 2020), El presente informe técnico se ha desarrollado tomando como unidad de análisis a la cuenca del río Puyango- Tumbes (UH. 1394) lado peruano, por la extensión de la zona de estudio (cuenca) y el tipo de inspección, la metodología de investigación es a escala regional; teniendo como etapas: recopilación de información, registro de datos, cálculos, análisis e interpretación.

La recopilación de la información se basó en la compilación de datos bibliográficos cartográficos y documentales. Los registros de datos, se realizaron en temporada de estiaje (del 04 al 09 de noviembre del 2019), midiendo in situ los parámetros físico-químicos y tomando muestras de aguas según los protocolos de muestreo establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y EPA (Agencia de protección ambiental), ANA (Autoridad Nacional del Agua). Paralelamente al muestreo se realizó el reconocimiento y caracterización de las formaciones geológicas circundantes a las estaciones de muestreo.

- a. Estudio Geoambiental de la Cuenca Río Puyango-Tumbes (NÚÑEZ, 2006), realizó aspectos litológicos, peligros naturales, impacto en actividades antrópicas, vulnerabilidad de la cuenca y zonas críticas.
- b. Monitoreo de aguas superficiales en la Cuenca Río Tumbes (ANA, 2011-2018), permite tener una guía histórica de la evolución de la calidad de aguas y los elementos químicos mayoritarios y minoritarios presentes en ella.
- c. Plan de acción para la recuperación de zonas críticas de las cuencas transfronterizas Chira y Tumbes 2016-2020 (MINAM, 2016), “la actividad minera en la parte alta de la cuenca es una fuente importante de empleo para su población; dicha actividad está generando contaminación de agua que afecta a la población de las zonas media y baja; eliminar esta fuente de contaminación supone cambiar prácticas arraigadas en torno a la actividad minera lo cual supone un proceso complejo y conflictivo. Uno de los problemas principales relacionados con la calidad del agua en la cuenca Chira, radica en el vertimiento de las aguas residuales de origen doméstico de las ciudades de Sullana, Bellavista Querecotillo, Marcavelica y Salitral que ingresan el río Chira sin tratamiento y son represadas a la altura de la ciudad de Sullana. En esta cuenca la ANA realizó el trabajo de campo denominado Monitoreo participativo de calidad de agua superficial; como resultado de esta labor, en la cuenca Chira se identificó a lo largo de río Chira 16 fuentes contaminantes; procedentes de vertimiento agrícola (06) y vertimientos domésticos y otros (10), además se identificó la presencia de minería informal (socavones y kimbaleten en funcionamiento), principalmente en la zona de Suyo, Paimas, Las Lomas y Sapillica, observándose que las descargas de sus aguas residuales (sin previo tratamiento) se descarga directamente al suelos. La calidad de agua correspondiente a la cuenca alta supera notablemente las condiciones de calidad para la Categoría 3 Riego de Vegetales y Bebidas de Animales, asignada a en ese tramo de la cuenca para los siguientes parámetros: pH, Oxígeno disuelto, Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno,

Demanda Química de oxígeno, Fosfato, sodio total, Aluminio total, Hierro total y Manganeso total.

- d. Desarrollo Integral de las cuencas Tumbes - Chira - Piura del Perú (ANA, 1968), la construcción del embalse de Poechos se ha realizado entre los años de 1972 a 1976 y entró en operación en el año 1976. El reservorio es pieza fundamental para el desarrollo de la región, ya que permite garantizar el suministro de agua para la producción de los valles del Medio y Bajo Piura y Chira cuya principal actividad es la agricultura, abastecimiento de agua potable, generación de energía y protección contra inundaciones en el Valle del Río Chira.

2.2. Bases teóricas – Científica

2.2.1. Contexto geológico

Contexto geológico se refiere a cualquier elemento de la gea: formas de relieve, rocas y sedimentos, suelos, las estructuras que presentan las rocas (pliegues, fallas) los minerales y fósiles, los procesos de erosión, transporte y sedimentación que realizan los ríos, el mar o los glaciares.

2.2.2. Estudio geoambiental (EGA)

Es un conjunto de estudios ambientales, técnico – científicos, sistemáticos, interrelacionados entre sí; cuyo objetivo es la identificación, producción y evaluación de los efectos positivos o negativos que puede producir una o un conjunto de acciones de origen antrópico sobre el medio ambiente físico, biológico o humano. (<https://www.grn.cl/estudios-ambientales.html>).

2.2.3. Reserva nacional de Tumbes (RNT)

Los recursos nacionales en el Perú, por áreas naturales protegidas de uso directo en las que, mediante planes de manejo, está permitido el uso tradicional y aprovechamiento sostenible de recursos naturales por las poblaciones locales (<https://www.gob.pe/institucion/sernanp/colecciones>); son áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos flora y fauna silvestre.

La Reserva Nacional de Tumbes fue creado el 7 de julio de 2006, mediante Decreto Supremo N° 146-2006-AG; y tiene como objetivo conservar y proteger muestras representativas del bosque tropical del Pacífico, especialmente las especies flora y fauna en vías de extinción como el loro de alas bronceadas, el jaguar y el huamburushu, entre otros; está ubicada en las Provincias de Tumbes y Zarumilla, del Departamento de Tumbes, con una extensión de 14,266.72 hectáreas. Esta Reserva alberga más de 270 especies de aves, entre ellos, el perico, la urraca; 67 especies de mamíferos y gran variedad de reptiles como los cocodrilos de Tumbes y especies de cañanes. (<https://blog.redbus.pe/naturaleza/lista-reservas-nacionales>).

2.2.4. Tipos de aguas superficiales

Zarza, L. F. (s. f.). en la página web publica:

Las aguas superficiales son las aguas continentales, excepto las aguas subterráneas, las aguas de transición y las aguas costeras, y, en lo que se refiere al estado químico, también las aguas territoriales.

Aguas superficiales continentales: todas las aguas quietas o corrientes en la superficie del suelo; se clasifican en: Aguas lólicas o corrientes: se mueven siempre en una misma dirección como ríos, manantiales, riachuelos, arroyos; Aguas lénticas: interiores quietas o estancadas tales como los lagos, lagunas, charcas, humedales y pantanos.

Aguas de transición: Masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce.

a. Aguas costeras

Situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición.

b. Aguas territoriales

Son las aguas del mar territorial en un sector del océano en el que un Estado ejerce plena soberanía, de igual forma que en las aguas interiores de su territorio. Según la Convención sobre el Derecho del Mar de 1982, el mar territorial es aquel que se extiende hasta una distancia de doce millas náuticas (22,2 km) contadas a partir de las líneas de base desde las que se mide su anchura. El Perú igual que otros países entre ellos EE.UU. reclaman ante la ONU, 200 millas náuticas.

2.2.5. Calidad de las aguas superficiales

Martínez (2006); afirma

La descripción y evaluación de la calidad de las aguas es una materia compleja, no exenta de controversias en cuanto a la capacidad de las diferentes metodologías para informar sobre el carácter cualitativo del recurso hídrico. La calidad de las aguas es una variable descriptora fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas.

La calidad de las aguas puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos. Cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua son ajenos al ciclo hidrológico, se habla de contaminación.

2.2.6. Propiedades físico – químicas de la molécula del agua

Martínez (2006); afirma lo siguiente

La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. La unión de cada uno de los átomos de hidrógeno al de oxígeno y mediante un enlace covalente.

La estructura tetraédrica de los orbitales sp^3 del oxígeno implica que los enlaces O-H forman entre sí un ángulo de unos 105° , lo que lleva consigo

que, aunque se trata de una molécula eléctricamente neutra, la distribución de sus cargas sea asimétrica, dando como resultado un dipolo. (Fig. 1).

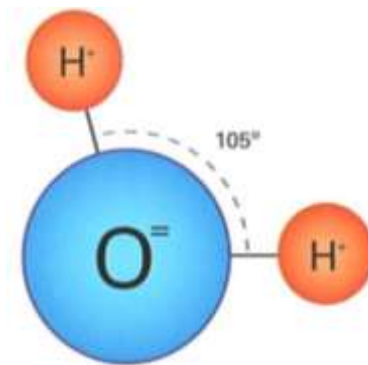


Fig. 1 – Dipolo característico de la molécula de agua.

2.2.7. El análisis físico-químico

Martínez (2006); sostiene lo siguiente:

Las propiedades físico-químicas de las aguas y sobre su contenido en sustancias disueltas. Al ser estos parámetros susceptibles de variación en el tiempo, el control de la calidad del agua requiere una analítica sistemática y periódica.

Para un análisis de agua, se solicita las constituyentes principales como son: Sodio, Calcio y Magnesio en el grupo de los cationes, y Cloruros, Sulfatos y Bicarbonatos en el de los aniones.

Los constituyentes secundarios se presentan con menor frecuencia y entre ellos tenemos: Hierro, Estroncio y Potasio en el grupo de los cationes; Carbonatos, Nitratos y Fluoruros en el de los aniones.

Principales características físico-químicas que se determinan en un análisis son:

a. Temperatura

Martínez (2006);

Medida del potencial calorífico del agua. Su valor se expresa en °C. La variación de la temperatura influye en la solubilidad de las sales y en el contenido en gases disueltos.

b. PH

Davis (2009).

Es una medida de la acidez del agua. Es el inverso del logaritmo de la concentración de iones hidrógeno. El pH es adimensional, siendo 7 el valor que corresponde al pH neutro. Los pH inferiores a 7 corresponden a medios ácidos y los superiores a 7 a medios básicos. En las aguas naturales el pH oscila generalmente entre 6.5 y 8. El pH del agua del mar está en torno a este último valor.

A pesar de sus límites, se pueden establecer algunas generalizaciones acerca de las variaciones del pH. Los valores muy altos del pH, es decir, por encima de 8.5, están normalmente asociados a aguas sódicos-carbonato-bicarbonatadas. Los valores de pH moderadamente altos están comúnmente asociados a aguas bicarbonatadas. Valores muy bajos del pH, es decir, por debajo del 4.0, están asociados con aguas que contienen ácidos libres derivados de sulfuros minerales oxidantes- normalmente la pirita – o de aguas en contacto con gases volcánicos que contienen ácido sulfhídrico, ácido clorhídrico y otros componentes volátiles. En general las aguas de sedimentos ricos en arcilla tienen un pH más bajo que las que proceden de sedimentos calcáreos.

c. Total, de sustancias sueltas (TSD)

Es el peso de todas las sustancias disueltas, sean volátiles o no, en un determinado volumen de agua. Se suele medir en ppm o en g/L. Este parámetro puede ser afectado por los cambios en el pH y en la temperatura, que pueden producir de solución o precipitación de sales.

d. Residuo seco (rs)

Es el peso de las sustancias que quedan tras evaporar un litro de agua (desaparecen los volátiles). Si el agua se evapora de 105 a 110°C, en el RS puede quedar algo de materia orgánica y el agua de hidratación de algunos minerales. A temperatura de 180°C estas sustancias desaparecen totalmente.

Según el RAS las aguas se clasifican en:

Agua dulce, RS menor de 3000 ppm.

Agua salubre, RS entre de 3000 y 10000 ppm.

Agua salada, RS entre 10000 y 40000 ppm.

Salmuera, RS mayor de 40000 ppm.

e. Conductividad eléctrica (CE)

El investigador Davis, (2009), sostiene:

Es la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica. Depende de la cantidad de iones disueltos, de ser cargo y de su movilidad. Se mide en microSiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o Micromho/cm a 25°C de Temperatura ($1 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ Micromho}/\text{cm}$).

El agua pura a 25°C, tiene una conductancia de 0.055 Micromho. Comúnmente, el agua destilada tiene una conductancia comprendida entre 0.5 y 5.0 Micromhos; el agua de lluvia oscila de 5.0 a 30.0, el agua subterránea potable de 30 a 2000; el agua dulce de 445,000 a 55,000 y las salmueras asociadas a los depósitos petrolíferos, mayor, por lo general, que 110,000 Micromhos

f. Alcalinidad

Martínez, (2006).

Es la capacidad que tiene un agua para neutralizar ácidos, es decir, para eliminar los iones H^+ existentes en disolución.

Existen dos tipos de alcalinidad:

Alcalinidad TAC mide la capacidad del agua para neutralizar ácidos hasta $\text{pH}=4.5$.

Alcalinidad TA mide la capacidad de un agua para neutralizar ácidos hasta $\text{pH}=8.3$. Se valora añadiendo ácido del agua hasta alcanzar un pH de 8.3.

La alcalinidad suele expresarse en ppm o en meq/L (mili-equivalente/L) de CO_3Ca . Según la definición de ppm y de peso equivalente, se tiene: 1 meq/L de CO_3Ca = 50 ppm de CO_3Ca .

g. Potencial redox (EH)

Es una medida de la tendencia a la oxidación ($E_h > 0$) o a la reducción ($E_h < 0$) de las sustancias que lleva en disolución el agua subterránea. El movimiento de electrones genera una corriente eléctrica que se mide en voltios o milivoltios. Es el E_h . (Martínez, 2006).

h. Dureza

Es la capacidad que tiene un agua para consumir jabón (aguas sódicas o blandas), o para producir incrustaciones (aguas cálcicas o duras).

La dureza es la suma de meq de Ca^{+2} y Mg^{+2} en solución expresada en ppm de CO_3Ca . (Martínez, 2006).

$$\text{CO}_3\text{Ca (ppm)} = \left(\frac{\text{Ca}^{+2} \text{ (ppm)}}{20} + \frac{\text{Mg}^{+2} \text{ (ppm)}}{2} \right) \cdot 50$$

La

dureza también suele expresarse en grados franceses ($^\circ\text{F}$) siendo $1^\circ\text{F} = 10$ ppm de CO_3Ca .

Martínez, (2006). este autor:

En general se consideran aguas blandas las de dureza inferior a 50ppm de CO_3Ca , aguas duras las que tienen hasta 200 ppm de CO_3Ca , y muy duras las que superan esta cifra.

Algunos de estos parámetros (Temperatura, pH, Alcalinidad, Potencial Redox y Conductividad eléctrica) es conveniente medirlos in situ, pues difícilmente conservan el valor en origen.

En un análisis bien realizado la suma de equivalentes de los cationes a de ser igual a la suma de los equivalentes de los aniones, puesto que el agua ha de ser eléctricamente neutra.

Con esta premisa puede establecerse el error de un análisis químico de la siguiente manera:

$$\text{ERROR \%} = x 100 \frac{\Sigma \text{Cationes (meq/L)} - \Sigma \text{aniones (meq/L)}}{\Sigma \text{Cationes (meq/L)} + \Sigma \text{aniones (meq/L)}}$$

En la práctica los análisis químicos siempre presentan un cierto error. Pueden ser aceptables errores de hasta el 5%. Un análisis con un error del 0% debe, en principio, considerarse como poco fiable. A veces se obtienen errores superiores al 5% debido a que existen elementos minoritarios, con concentraciones importantes, que no han sido determinadas en un análisis sistemático.

2.2.8. Categoría de las aguas superficiales

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM; de fecha 06 de junio del año 2017; se aprobaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, tal como se presenta en el Anexo 5.

Las categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, son:

Categoría 1: Poblacional y recreacional; con las siguientes subcategorías: Subcategoría A (Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable);, dentro de las cuales se encuentra A₁ (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), A₂ (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), A₃ (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado); Subcategoría B (Aguas superficiales destinadas para recreación), entre las cuales se tenemos B1(Contacto primario), B2(Contacto secundario).

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales: Subcategoría C1: (Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras); Subcategoría C2: (Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras); Subcategoría C3: (Actividades marino portuarias, industriales o de

saneamiento en aguas marino costeras); Subcategoría C4: (Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales: Subcategoría D1: (Riego de vegetales: Agua para riego no restringido, Agua para riego restringido); Subcategoría D2: (Bebida de animales).

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático; entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.; comprende las siguientes subcategorías: Subcategoría E1: Lagunas y lagos; Subcategoría E2: (Ríos; entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma.

Dirección: Ríos de la costa y sierra, Ros de la selva); Subcategoría E2: (Ecosistemas costeros y marinos: Estuarios, marinos).

2.2.9. Cuenca hidrológica

La Cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido (Villón, 2002).

Una clasificación de cuenca atendiendo a su tamaño, pueden ser: Cuenca Grande cuando su área es mayor de 250Km² (25000 hás); y cuenca pequeña cuando es menor de (25000 hás). (Villón, 2002).

(Vásquez, 2000); indica que los rangos de área referenciales para las diferentes unidades hidrográficas, son:

Cuenca entre 50,000 – 800,000 hectáreas; subcuenca entre 5,000 - 50,000 hectáreas; y microcuenca menor de 5,000 hectáreas.

2.2.10. Aspectos que causan problemas al medio ambiente

Un peligro geológico es un evento o proceso natural (erupciones volcánicas, remociones en masa, inundaciones, terremotos, tsunamis), generado por la dinámica interna o superficial del planeta, que pueden ocasionar daño a la sociedad o al ambiente.

La geología ambiental es la aplicación del conocimiento geológico a la investigación del ambiente. Apoya al diagnóstico y mitigación de los problemas de contaminación, minimizando la posible degradación ambiental o maximizando la posibilidad del adecuado uso del ambiente natural o modificado. También se ocupa de los peligros y riesgos por fenómenos naturales (geológicos o hidrometeorológicos) y antropogénicos (causados por el ser humano). <https://www.scielo.org.mx/scielo.php>.

2.2.11. Aspectos antrópicos que causan problemas del medio ambiente

Los aspectos antrópicos son aquellos que producimos los humanos con nuestras actividades en contra del medio ambiente. Los más destacados son:

- a. Los procedentes del sector industrial;** especialmente en las manufacturas y en la producción de aquello que necesitamos donde generamos más residuos. Algunos de ellos son verdaderamente nocivos, como es el caso de los metales tóxicos. Los escapes de gases y polvo en la atmósfera por parte del sector industrial empeoran el calentamiento global, y la industria es responsable de buena parte de la contaminación del aire y del agua.
- b. Los procedentes de producción energética;** como es la creación de suministros y energía. Si bien las energías renovables y la eficiencia energética ayudan mucho a reducir la polución, la demanda energética es enorme y crea muchos residuos.
- c. Los procedentes de la actividad humana;** día a día también produce este tipo de contaminantes; como son los residuos orgánicos y también las emisiones de los vehículos motorizados, el alcantarillado y todo lo que esté relacionado con nuestras ciudades contribuye a la emisión.

- d. Los precedentes de trabajos agrícolas y ganaderos;** el uso de fertilizantes, y también los residuos orgánicos que producen los animales y las plantas, son parte de estos contaminantes. El reciclaje frena la creación de residuos. <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/contaminantes-antropogenicos/>
- e. Los precedentes de los residuos sólidos;** como es quemar, destruir o eliminar de la forma que sea los restos que producimos también genera mucha polución y contaminación antropogénica.

2.2.12. Metales pesados

Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de la tierra. Como elementos del ejemplo tenemos: arsénico, boro, cromo, cadmio, cobre, magnesio, plomo, zinc, selenio, mercurio, Etc.; que en concentraciones elevadas producen envenenamiento. La intoxicación por metales pesados puede ocasionar daños a órganos, cambios de comportamiento y dificultades con el pensamiento y la memoria. Los síntomas de intoxicación por metales pesados dependerán del tipo de metal, cuánto hay en su cuerpo y su edad. Los más dañinos para la salud son el plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo; así como para la mayoría de formas de vida. Los metales pesados son en general tóxicos para los seres humanos, y además su característica de ser bioacumulantes (no pueden ser eliminados por el cuerpo) provoca que las concentraciones permitidas en el agua de consumo humano sean muy pequeñas) dependiendo de cada país.

Al tratarse de varios elementos, se muestra una lista con los límites establecidos en el agua de consumo humano para los principales metales pesados:

- a. Mercurio:** 1 microgramo/litro
- b. Níquel:** 20 microgramos/ litro
- c. Cobre:** 2 miligramos/ litro
- d. Plomo:** 25 microgramos/ litro
- e. Cromo:** 50 microgramos/ litro

(<https://www.facsa.com/metales-pesados>)

En la tabla 1 que se muestran están los ECAs para metales pesados, para Perú, según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua: Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático), Subcategoría E2 (Ríos). (MINAM, 2017).

Tabla 1

ECAS de metales pesados en el agua.

Metales	Unidad	ECAS
Antimonio (Sb)	mg/L	1.6
Arsénico (As)	mg/L	0.15
Bario (Ba)	mg/L	0.7
Cadmio (Cd)	mg/L	0.00025
Cobre (Ca)	mg/L	0.1
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001
Níquel (Ni)	mg/L	0.052
Plomo (Pb)	mg/L	0.0025
Selenio (Se)	mg/L	0.005
Talio (Tl)	mg/L	0.0008
Zinc (Zn)	mg/L	0.12

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

2.2.13. Calidad del recurso hídrico cuenca Tumbes

En la página web del (ANA, 2015).

Encontramos sobre la gestión de los recursos hídricos de la Cuenca Tumbes, lo siguiente:

Uno de los principales problemas del ámbito del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Tumbes es una inadecuada calidad del agua, que impide el aprovechamiento óptimo del recurso tanto para su uso poblacional y agrícola como para el mantenimiento de los ecosistemas propios de la región.

Las causas principales de la calidad inadecuada vienen dadas por:

- a.** Geoquímica de los suelos, debido a la composición de los sedimentos se encuentran elevadas concentraciones de hierro y manganeso, y en menor medida de arsénico, en el río Tumbes.
- b.** Minería en la cuenca alta del río Tumbes. Los relaves mineros contienen sulfuros como la pirita (Fe), calcopirita (Cu), galena (Pb), arsenopirita (As) y esfalerita (Zn). Las aguas del río Tumbes contienen restos de estos metales que disminuyen a lo largo de su recorrido por efecto de dilución. Además, el mal manejo del mercurio en la quema de amalgama durante el proceso de purificación del oro puede constituir una fuente potencial de contaminación, generando pasivos ambientales en el lecho de toda la cuenca. (ANA, 2015; Plan de gestión de los recursos hídricos de la Cuenca Tumbes, 2015).
- c.** Vertidos de residuos sólidos por la presencia de botaderos en las márgenes de los ríos, principalmente en las proximidades de los centros poblados.
- d.** Vertimientos de aguas residuales y mal manejo de desagües, lo que provoca un incremento de coliformes totales, termotolerantes y nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- e.** El mal funcionamiento de lagunas de oxidación por falta de mantenimiento.

f. Zonas de acumulación de contaminantes.

g. La calidad del agua de los esteros se ve afectada por el proceso de sedimentación al que las diferentes actividades productivas contribuyen.

2.2.14. Aguas bicarbonatadas

En La página <https://www.hidromed.org/hm/index.php/el-agua/aguas-bicarbonatadas> (s.f) en su página publica:

Predomina el anión bicarbonato y su mineralización global es superior a 1g/L. Suelen ser de baja mineralización y de temperatura de emergencia fría. Su uso es, sobre todo, en bebida. Estimulan la secreción enzimática pancreática, aumentan el poder saponificante de la bilis, alcalinizan la orina y también el pH gástrico. Estas aguas pueden compartir otros grupos de composición química diversificando sus acciones y su vía de administración.

Las aguas bicarbonatadas pueden ser:

- a. Bicarbonatadas sódicas; suelen ser hipertermales por su origen profundo y predomina el bicarbonato y el sodio.
- b. Bicarbonatadas cálcicas, magnésicas o alcalinotérreas; predomina el calcio (3 a 10 veces más) y el magnesio, tienen una mineralización y alcalinidad más baja que las anteriores. Baja mineralización y mediana alcalinidad.
- c. Bicarbonatadas mixtas; bicarbonatos más diversos en aniones y cationes. Ambas suelen ser frías por ser más superficiales.
- d. Bicarbonatadas sulfuradas.
- e. Bicarbonatadas cloruradas.

2.2.15. Aguas sulfatadas

En la página web de [https://www.redalyc.org/pdf\(s.f.\)](https://www.redalyc.org/pdf(s.f.)), encontramos:

Las aguas sulfatadas son originadas de manera natural, cuando las rocas que contienen minerales sulfatados se extraen a cielo abierto o en vetas en minas subterráneas, estos materiales reaccionan con el aire o con el agua

para formar ácido sulfúrico; contiene en disolución sulfuro de hidrógeno (H₂S) en concentraciones superiores a 1 mg/L o más de 1 mg/L de azufre bivalente. Una característica típica de esta agua es un olor que recuerda a los huevos podridos. Son aguas claras, blandas y untuosas al tacto y tienen un sabor salado. Suelen tener materia orgánica que supone una fuente adicional de azufre elemento: Algas (baregina), y bacterias (sulfobacterias o sulfuraria).

Las aguas sulfatadas pueden ser:

Según en esta web (<https://www.sparelajarse.com/es/salud-bienestar/tipos-de-agua-termal-por-temperatura-y-composicion> (S.F.) encontramos

Aguas sulfatadas cálcicas (ricas en calcio), aguas sulfatadas magnésicas (ricas en magnesio), aguas sulfatadas mixtas (ricas en bicarbonato, cloruro o ambos alimentos) y aguas sulfatadas sódicas (ricas en sodio).

2.2.16. Aguas Cloruradas

Son aguas que contienen más de 200 mg/L. Su sabor es salado. Se desaconseja su consumo en personas hipertensas o con afecciones de riñón, estas aguas son ricas en cloruro (Cl⁻) y su mineralización debe superar el 1 gramo por litro. Además de ricas en cloruro, pueden ser ricas en sodio, calcio y/o magnesio que pueden aportar un efecto extra sobre el cuerpo humano.

(<https://www.hidromed.org/hm/index.php/el-agua/aguas->).

Las aguas cloruradas pueden ser: clorurada sódica, clorurada cálcica y clorurada magnésica; cuando los cationes predominantes son el sodio, el calcio o el magnesio respectivamente.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Tipo de estudio

Carrasco, (2019),

La presente investigación es básica; porque al ser una zona reservada, el lugar del estudio, no tiene propósitos aplicativos inmediatos, por lo tanto, buscará ampliar y profundizar el caudal de conocimiento científico existentes acerca de la realidad, calidad de las aguas. Su objeto de estudio la constituirán las teorías científicas, las mismas que serán analizadas y perfeccionar sus contenidos.

3.2. Diseño de investigación

La presente investigación se planteará en un DISEÑO PREEXPERIMENTAL; el grado de control será mínimo y no cumplirá con los requisitos de un verdadero experimento; y será un diseño preexperimental con una sola medición.

Se dice que este diseño no cumple con los requisitos de un verdadero experimento porque no ha manipulación de la variable independiente (Estudio Geoambiental); tampoco hay una referencia previa de cuál era su estado antes de la aplicación del estímulo, el nivel que tenía el grupo en la variable dependiente, ni grupo de comparación (tipo de agua superficial, calidad del agua superficial y categoría del agua superficial). El diseño adolece de los defectos de los requisitos para lograr el control experimental (tener varios grupos de comparación). No se pueden establecer causalidad con certeza, y tampoco se pueden controlar las fuentes de invalidación interna (Carrasco, 2019); su diagrama es el siguiente:

G X O

G: Grupo de aguas superficiales de las diferentes microcuencas.

X: análisis de laboratorio.

O: observación del resultado de laboratorio.

3.3. Población y muestra

a. Población

En la Reserva Nacional de Tumbes se han identificado 12 microcuencas tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Microcuencas presentes en la Reserva Nacional de Tumbes.

Nombre de Microcuenca		Sistema de Proyección UTM WGS 84 – Zona 17S		Cota (m.s.n.m)
		Este	Norte	
01	Quebrada Don Pablo	567512	9559814	146
02	Quebrada El Huabo	571256	9559733	165
03	Quebrada Jardín	572776	9558857	177
04	Quebrada Jorupe	573937	9558480	181
05	Quebrada Limones (Bejuquera)	574932	9557824	214
06	Quebrada Guineal (Calero)	582913	9560261	233

07	Quebrada Pan de Azúcar	584790	9563413	265
08	Quebrada Bocana Murciélago	590894	9566168	253
09	Quebrada Linda Chara I	594461	9567643	348
10	Quebrada Linda Chara II	595154	9567984	375
11	Quebrada Linda Chara III	595436	9568810	395
12	Quebrada Trapazola	596788	9570181	269

Fuente: Elaboración propia, 2023.

a. Muestra

Fue una muestra NO PROBABILÍSTICA, porque no todos los elementos de la población tendrán la probabilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra. Será una muestra NO PROBABILÍSTICA INTENCIONADA, porque seleccionará la microcuenca según el propio criterio del investigador, sin ninguna regla matemática o estadística, se procurará que sea la más representativa posible (Tengan agua superficial todo el año). En la tabla 3: se observa las microcuencas elegidas como muestras.

Tabla 3*Microcuencas para los Análisis – Muestras.*

Nombre de Microcuenca		Sistema de Proyección UTM WGS 84 – Zona 17S		Cota (m.s.n.m)	Descripción
		Este	Norte		
01	Quebrada Jardín	572776	9558857	177	Parámetros y análisis Físico Químicos e inorgánicos
02	Quebrada Jorupe	573937	9558480	181	Parámetros y análisis Físico Químicos e inorgánicos
03	Quebrada Limones (Bejuquera)	574932	9557824	214	Parámetros y análisis Físico Químicos e inorgánicos
04	Quebrada Bocana Murciélagos	590894	9566168	253	Parámetros y análisis Físico Químicos e inorgánicos
05	Quebrada Linda Chara II	595154	9567984	375	Parámetros y análisis Físico Químicos e inorgánicos
06	Quebrada Trapazola	596788	9570181	269	Parámetros y análisis Físico Químicos e inorgánicos

Fuente: Elaboración propia, 2023

b. Muestreo

En la presente investigación se tuvo especial cuidado en el muestreo del agua superficial, así como en los suelos y/o rocas para la realización de los análisis respectivos, las muestras fueron relevantes y representativas de las microcuencas en estudio, a fin de garantizar que los resultados sean óptimos y confiables en los análisis. Las muestras obtenidas fueron simples y puntuales recolectadas en un determinado lugar y tiempo específico. La frecuencia de muestreo fue en dos épocas; época seca (noviembre y diciembre) y época húmeda (enero – febrero).

En cada microcuenca de estudio, se determinó su área, localización, su relieve, su vegetación, sus tipos de suelos, rocas, hidrografía, áreas económicas para y/o con agricultura, ganadería, forestal, Etc.; así como sus datos climáticos.

Los puntos de muestreo fueron en la microcuenca identificada.

Las muestras fueron identificadas con: código del punto de muestra, fecha y hora de recolección, tipo de agua y/o suelos, procedencia, lugar de recolección, nombre del recolector, preservación realizada; todo esto bien rotulado en los frascos. Se recolectaron en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico; primero aguas abajo y después aguas arriba.

Se tuvo cuidado que la muestra sea tomada de los centros del cauce.

Las muestras para análisis general, DBO₅ y de metales se tomaron al ras (que no contenga burbujas); para análisis biológicos se abre la tapa dentro del agua y se llena el frasco hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad y se tapa dentro del agua; preservar las muestras si el caso así lo requería.

Todas las muestras en frascos tapados se colocaron en el coolers con ice pack o hielo en la sombra mientras dura el muestreo y transporte a laboratorio. Las muestras se deben entregar al Laboratorio lo más antes posible después de recolectadas, en el transcurso de 24 horas como máximo.

Los análisis de Laboratorio fueron realizados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en el marco de la ejecución del Proyecto denominado GA47D “Estudio de Línea Base Geoambiental de las Cuencas Tumbes y Zarumilla”; donde se pudo acceder a los resultados que se tomaron en las microcuencas identificadas en la Reserva Nacional de Tumbes.

3.3.1. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información.

3.3.2. Método

Los trabajos se realizaron en una escala regional en base a las interpretaciones y registros de los trabajos de campo, considerando como unidad de análisis las unidades hidrográficas que se encuentran dentro de la zona de estudio. Los trabajos geológicos de campo consistieron en inventario y toma de muestras en temporadas de avenida y estiaje de las estaciones de muestreo de los recursos hídricos superficiales, estaciones basados en una malla de muestreo realizada en base a las características geológicas, red de drenaje, actividades económicas, infraestructura hidráulica entre otros. Los trabajos de campo consistieron en la medición in situ de las principales de parámetros físico-químicos y tomando muestras de aguas según los protocolos de muestreo establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y EPA (Agencia de protección ambiental), ANA (Autoridad Nacional del Agua). Paralelamente al muestreo se realizó el reconocimiento y caracterización de las formaciones geológicas circundantes a las estaciones de muestreo.

Los análisis de las muestras se realizaron en laboratorio acreditado, consistiendo en la identificación de aniones, metales totales y disueltos. Además, con la finalidad de realizar un control y aseguramiento de calidad, tanto del trabajo de campo como del reporte de los análisis de laboratorio, se tomarán duplicados, blancos de campo y estándares, los cuales se incluyeron en el grupo de muestras enviadas al laboratorio.

Los resultados de los análisis físico-químicos y químicos se representarán en gráficos hidroquímicos, como los diagramas de Stiff.

3.3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas

Carrasco, (2019). Para la recolección de información se recurrirá a la técnica de análisis documental y entre ellos los documentos escritos como libros, textos, informes científicos, proyectos, informes oficiales, decretos, leyes, Etc.

Para la recolección de datos, se usará la técnica de la observación, como proceso intencional de captación de las características, cualidades y propiedades del objeto de estudio, como son las aguas superficiales de las tres microcuencas en estudio.

b. Instrumentos de recolección de datos

Para el muestreo de agua

c. Logística

1. Mapa de localización de las microcuencas y puntos de muestreo.
2. Marcadores de tinta indeleble, lapicero, lápiz.
3. Cinta de embalaje.
4. Cámara digital.
5. Ficha Técnica.

d. Muestreo

1. Coolers.
2. Ice pack.
3. Preservantes.
4. Frascos de vidrio transparente y/o ámbar (V).

5. Frascos de plástico (P).

6. Pissetas.

e. Limpieza y Eliminación de Impurezas

1. Agua destilada.

2. Agua mineral (en caso de no tener agua destilada).

3. Papel toalla o tissue.

f. Equipo de Protección Personal (EPP)

1. Guantes de Nitrilo.

2. Mascarillas.

3. Botas de jebe.

g. Laboratorio

Los análisis de Laboratorio fueron realizados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en el marco de la ejecución del Proyecto denominado GA47D “Estudio de Línea Base Geoambiental de las Cuencas Tumbes y Zarumilla”; donde se pudo acceder a los resultados que se tomaron en las microcuencas identificadas en la Reserva Nacional de Tumbes.

3.3.4. Procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en campo y laboratorio fueron procesados en tablas estadísticas de simple y doble entrada, así como en gráficos de barras y de sectores, y poder comparar las variaciones de las variables dependientes (tipo de agua superficial, calidad del agua superficial, categoría del agua superficial).

3.4.Hipótesis

3.4.1. Hipótesis general

Existe influencia significativa del contexto geológico en la calidad del agua superficial: caso Reserva Nacional de Tumbes.

3.4.2. Hipótesis específica

1. El contexto geológico presente en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes influye significativamente en la calidad de agua superficial.
2. El contexto geológico presente en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes influye significativamente en el tipo de agua superficial.
3. El contexto geológico presente en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes influye significativamente en la categoría de agua superficial.
4. Existen suficiente cantidad de recurso hídrico en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes que se pierden al mar mediante el cauce del río Binacional Puyango Tumbes.

3.5.Variables

3.5.1. Variable independiente

Contexto Geológico

a. Conceptualización de la variable

Contexto geológico se refiere a cualquier elemento de la gea: formas de relieve, rocas y sedimentos, suelos, las estructuras que presentan las rocas (pliegues, fallas) los minerales y fósiles, los procesos de erosión, transporte y sedimentación que realizan los ríos, el mar o los glaciares.

b. Operacionalización de las variables

El estudio consistirá en un análisis del contexto geológico en todas las microcuencas existentes en la Reserva Nacional de Tumbes, así como en el

muestreo y análisis de los Recursos Hídricos Superficiales, existentes en ellas y determinar la calidad, tipo y categoría del agua superficial.

3.5.2. Variable dependiente

En base a los resultados de variable dependiente, se verá la influencia en la calidad de Agua Superficial, Tipo del Agua Superficial y la Categoría del agua superficial; que serán las variables dependientes.

3.6. Conceptualización de las variables

a. Tipo de Agua Superficial

Las aguas superficiales o también conocidas como aguas azules por la importancia que tienen para los organismos vivos, son aquellas que se mantienen sobre la tierra y en contacto con la atmósfera, es decir, en la superficie, recogen el agua de las lluvias, nacimientos de agua y de los escurrimientos que provienen de otras fuentes de agua. El destino final de las aguas superficiales que tienen salida es un cuerpo de agua más grande, como por ejemplo ocurre con los ríos que llegan hasta el océano.

b. Los tipos de agua superficiales son:

Aguas lóaticas o corrientes: “se mueven siempre en una misma dirección como ríos, manantiales, riachuelos, arroyos.”

Aguas lénticas: interiores quietas o “estancadas tales como los lagos, lagunas, charcas, humedales y pantanos.

c. Calidad del Agua Superficial

La calidad de las aguas es una variable descriptiva fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de caracterización ambiental, como de la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas.

d. Categoría del Agua Superficial

Clase que resulta de clasificación de aguas según un criterio o jerarquía. La legislación peruana prevé varias categorías de masas de agua de cara a facilitar la gestión de cada una de ellas. Uno de los primeros pasos en la caracterización de cada cuenca hidrográfica es la diferenciación de las masas de agua superficial en categorías.

3.7. Operacionalización de las variables

a. Tipo de Agua Superficial, En el estudio se analizaron y de acuerdo a los análisis las aguas superficiales podrías ser:

b. Agua Bicarbonatadas, porque predomina el anión bicarbonato y su mineralización global es superior a 1g/L. Suelen ser de baja mineralización y de temperatura de emergencia fría. Su uso es, sobre todo, en bebida.

c. Aguas Sulfatadas; son originadas de manera natural. Cuando las rocas que contienen minerales sulfatados se extraen a cielo abierto o en vetas en minas subterráneas, estos materiales reaccionan con el aire o con el agua para formar ácido sulfúrico. Contienen más de un g/L de azufre bivalente, de ordinario bajo las formas de ácido sulfhídrico y ácidos polisulfhídricos. Su olor es característico a huevos podridos.

d. Aguas Cloruradas; son aguas que contienen más de 200 mg/L de cloruro. Su sabor es salado Se desaconseja su consumo en personas hipertensas o con afecciones de riñón. Son ricas en cloruro (Cl-) y su mineralización debe superar el gramo por litro.

e. Calidad del Agua Superficial, La calidad del agua se medirá de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado. Esta medición se logra a través de indicadores como PH, Potencial Redox, turbidez, conductividad eléctrica, temperatura, aniones, cationes y coliformes.

f. **Categoría del Agua Superficial**, De acuerdo al Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, se aprobaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua; en las siguientes categorías:

Categoría 1: Poblacional y recreacional:

a. **Subcategoría A:** Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2. **Aguas** que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

b. **Subcategoría B:** Aguas **superficiales** destinadas para recreación.

B1. Contacto primario.

B2. Contacto secundario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

a. **Subcategoría C1:** Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

b. **Subcategoría C2:** Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras.

c. **Subcategoría C3:** Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras.

d. **Subcategoría C4:** Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

a. **Subcategoría D1:** Riego de vegetales.

- Agua para riego no restringido

- Agua para riego restringido

Subcategoría D2: Bebida de animales.

Tabla 4.*Indicadores*

Denominación	Indicador	Unidades	
Tipo de agua superficial	Bicarbonatadas	Gr/L de Bicarbonato	
	Sulfatadas	Gr/L de azufre	
	Cloruradas	Gr/L de cloruro	
Calidad del agua superficial	pH	Grado de acidez < 7 Grado de alcalinidad > 7 Neutro = 7	
	Potencial Redox	Milivoltios – mV 650mV a 750mV_típico	
	Conductividad Eléctrica	800 mfreqüentes	mhos/cm a 25°C
			mmhos/cm a 25°C
			µmmhos/cm a 25°C
	Temperatura	decisiemens/m dS/m	
Aniones/Cationes	grados centígrados °C meq/L (Na+, K+, Ca++, Mg++, HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ⁼ , H+, OH ⁻)		
Categoría del agua superficial	Categoría 1: Poblacional y Recreacional		
	Sub categoría A: Agua Potable		
	A1	A2	A3
FÍSICO – QUÍMICO			
- Cloruros mg/L	250	250	250
- Conductividad µS/cm	1500	1600	-
- DBSO ₅ mg/L	3	5	10
- DQO mg/L	10	20	30
- pH	6,5 – 8,5	5,5 / 9,0	5,5 / 9,0
- Sólidos disueltos totales mg/L	1000	1000	1500
- Sulfatos mg/L	250	500	-
- Temperatura °C	Δ3	Δ3	-
- Turbiedad UNT	5	100	-
- Cloruros mg/L	250	250	250
- Sulfatos mg/L	250	500	-
INORGÁNICOS			
	2,4	2,4	2,4
- Boro mg/L	0.003	0.05	0.01
- Cadmio mg/L	0.01	0.05	0.05
- Plomo mg/L			

Subcategoría B: Aguas superficiales**destinadas para recreación****B1****B2****(Contacto Primario)****(Contacto Secundario)**

FÍSICO – QUÍMICO		
- DBO ₅ mg/L	5	10
- DQO mg/L	30	50
- Nitratos mg/L	1	-
- pH	6,0 a 9,0	-
- Sulfuros mg/L	0.05	-
- Turbiedad UNT	100	-
INORGÁNICOS		
	0.5	-
- Boro mg/L	0.01	-
- Cadmio mg/L	0.01	-
- Plomo mg/L		

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

Δ3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

	C1	C2	C3	C4
FÍSICO – QUÍMICO				
- DBSO ₅ mg/L	-	10	10	10
- Nitratos mg/L	16	16	-	13
- Ph	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0 – 9,0
- Temperatura °C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3
INORGÁNICOS				
	5	5	-	0.75
- Boro mg/L	0.01	0.01	-	0.01
- Cadmio mg/L	0.0081	0.0081	0.03	0.0025
- Plomo mg/L				

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de Animales
	Riego No Restringido	Restringido Riego	Bebida de Animales
FÍSICO	–		
QUÍMICO			
- Conductividad $\mu\text{S/cm}$	2500	2500	5000
- DBO ₅ mg/L	15	15	15
- DQO mg/L	40	40	40
- Nitratos mg/L	100	100	100
- pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
- Sulfatos mg/L	1000	1000	1000
- Temperatura °C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$
INORGÁNICOS			
- Boro mg/L	1	1	5
- Cadmio mg/L	0.01	0.01	0.05
- Plomo mg/L	0.05	0.05	0.05

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

	Lagunas y lagos	Ríos	Ecosistemas costeros		
		Costa/Sier ra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICO – QUÍMICO					
- Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	1000	1000	1000	-	-
- DBO ₅ mg/L					
- Nitratos mg/L	5	10	10	15	10
- pH	13	13	13	200	200
- Temperatura °C	6,5 – 9	6,5 – 9	6,5 – 9	6,5 – 85	6,5 – 8,5
INORGÁNICOS	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 2$	$\Delta 2$
- Cadmio disuelto mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	0.0088	0.0088
- Plomo mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	0.0081	0.0081

Fuente: DS N° 004-2017-MINAM

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Determinar el contexto geológico que influyen sobre la calidad del agua superficial en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.

El investigador Fuentes (2003) sostienen que:

Los suelos contienen sales solubles que provienen de la descomposición de las rocas de donde se originan y de los incorporados con el agua de riego y con las aguas provenientes del subsuelo. Para la presente investigación solo se considerará los problemas originados por las sales contenidas en la descomposición de las rocas

La calidad del agua se orientará desde el punto de vista, de calidad de agua para el riego de cultivos; donde destacan 2 elementos importantes como son la Conductividad Eléctrica (CE) y la Relación de Absorción de Sodio (RAS).

La salinidad, es uno de los efectos más importantes derivado de la calidad de agua; según Fuentes (2003) las plantas extraen el agua del suelo cuando las fuerzas de succión que ejercen sus raíces son mayores que las fuerzas de retención ejercidas por las partículas del suelo. A medida que disminuye el contenido de agua en el suelo, debido a la evapotranspiración, las fuerzas que retienen el agua restante se incrementan y las plantas tienen que hacer mayor esfuerzo de succión.

Asimismo; señala Fuentes (2003);

Que cuando existen sales en la solución del suelo aumentan las fuerzas de retención, debido a la afinidad de las sales por el agua, con lo cual las plantas tienen que hacer un esfuerzo suplementario para absorber el agua. Este afecto acumulativo trae como consecuencia que la disponibilidad de agua para el cultivo disminuya a medida que aumenta la salinidad del agua de riego, normalmente, se mide, evaluando la conductividad eléctrica del agua; la misma que se expresa en mho/cm a la temperatura de 25°C. Como en el agua los valores de la conductividad eléctrica son muy pequeños, se utilizan los submúltiplos de mho. milimho = mmho = milésima de mho micromho = millonésima de mho.

En la actualidad, según Fuentes (2003) suele expresarse en decisiemens/m (ds/m) y en microsiemen/cm (micros/cm) ds/m = mmho/cm; micros/cm = micromho/cm.

Las directrices que se dan a continuación, propuestas por FAO, son las que recomienda el Comité de Consultores de la Universidad de California. En la tabla N° 4, se dan las directrices para evaluar los problemas de salinidad en el agua.

Tabla 4

Directrices para evaluar los problemas de salinidad.

Unidad	Grado de protección de uso		
	Ninguno	Ligera moderada	^a Severa
ds/m	< 0,7	0,7 - 3	> 3
mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000

Fuente: Fuentes (2003).

En la presente investigación, se usó también las normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego (U.S. Soild Salinity Laboratory); tal como se muestra en la Fig. 1.

En la tabla 5 se muestran los resultados del agua de la microcuenca, Quebrada Trapazola.

Tabla 5

Análisis de agua superficial - Calidad de agua para Microcuenca Quebrada Trapazola.

pH Und.	CE $\mu\text{s/cm}$	T $^{\circ}\text{C}$	Cationes meq/L				Aniones meq/L			
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl
8.07	330.10	26.4	0.94	0.428	0.907	0.027	1.269	0.01	0.188	0.28

Fuente: Elaboración propia, 2023

Por lo tanto, el agua superficial de la microcuenca de la quebrada Trapazola, de acuerdo a la tabla 4 es agua que puede ser usada sin ninguna restricción para el riego, CE de 0.33010 ds/m; menor que 0.7 ds/m; y de acuerdo al diagrama de Riverside es una de calidad C2; agua de salinidad media apta para el riego en ciertos casos. Pueden existir problemas solo en suelos de muy baja permeabilidad. Evaluación de los problemas de infiltración; para evaluar los problemas de infiltración provocados por la calidad del agua se han propuesto diversos índices, siendo el más conocido el SAR o RAS (Relación de Absorción de Sodio), que valora la proporción relativa de sodio con respecto al calcio y magnesio y viene definido por la fórmula: (Fuentes, 2003).

Na⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺, representan respectivamente las concentraciones de sodio, calcio y magnesio del agua de riego, expresados en meq/litro.

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

De acuerdo al diagrama de Riverside la clasificación de la calidad del agua de riego es como sigue: de 0 – 10 de RAS agua clase 1 (S₁) baja en sodio, de 10 – 18 de RAS agua clase 2 (S₂) media en sodio, de 18 – 26 de RAS (S₃) alta en sodio; y mayor de 26 de RAS (S₄) agua muy alta en sodio.

El valor de RAS para el agua superficial de la microcuenca de la quebrada Trapazola es:

$$RAS = \frac{0.907}{\sqrt{\frac{0.94 + 0.428}{2}}}$$

$$RAS = 1.096$$

Por lo tanto, el agua superficial de la microcuenca de la Quebrada Trapazola con su valor de RAS igual a 1.096, se clasifica como agua S₁, baja en sodio; apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

El agua superficial de la microcuenca de la quebrada Trapazola es C₁S₁.

En la tabla 6 se muestran los resultados del agua de la microcuenca Quebrada Bejuguerin.

Tabla 6

Análisis de agua superficial - Calidad de agua para microcuenca Quebrada Bejuguerin.

H	E	C	Cationes meq/L				Aniones meq/L			
			a ²⁺	g ²⁺	a ⁺	+	CO ₃	O ₃	O ₄	I
nd.	s/cm									
.29	04.4	4	.28	.149	.175	.022	.52	.01	.667	.280

Fuente: Elaboración propia, 2023

De acuerdo a la tabla 6, el agua superficial de la microcuenca Quebrada Bejuqueria, con respecto a su salinidad es un agua que puede ser usada sin ninguna restricción,

su CE igual a 0.33 ds/m menor a 0.7 ds/m; y con respecto al diagrama de Riverside es un agua de calidad C₂; osea de una salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

Para el agua superficial de la microcuenca de la Quebrada Bejuqueria, se obtiene un RAS igual a 0.79; que le corresponde a una calidad de agua S₁; agua con bajo contenido de sodio, apta para el riesgo en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Por lo tanto, la calidad del agua superficial de la microcuenca Quebrada Bejuqueria es C₂S₁

En la tabla 7 se muestran los resultados del agua de la microcuenca Quebrada Jardín.

Tabla 7

Análisis de agua superficial - calidad de agua para microcuenca Quebrada Jardín

pH Und.	CE µs/cm	T °C	Cationes meq/L				Aniones meq/L			
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl
8.49	379.50	26.6	2.13	0.488	1.121	0.048	2.293	0.01	0.653	0.547

Fuente: Elaboración propia, 2023

Como se puede ver en la tabla 7, el agua superficial de la microcuenca Quebrada Jardín, con respecto a la salinidad, la conductividad eléctrica es de 0.3795 ds/m, inferior a 0.7; por lo que se puede indicar que es un agua que puede usarse sin ninguna restricción; y de acuerdo al diagrama de Riverside tiene una salinidad C₂; agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

Con respecto al RAS, para el agua superficial de la microcuenca de la Quebrada Jardín, se obtiene el valor de 0.98; correspondiéndole una calidad de S₁; agua con

bajo contenido de sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Por lo tanto, la calidad del agua superficial de la microcuenca de la Quebrada Jardín es C₂S₁.

En la tabla 8 se muestran los resultados de los análisis para el agua superficial de la microcuenca Quebrada Jurupe.

Tabla 8
Análisis de agua superficial - calidad de agua para microcuenca Quebrada Jurupe.

pH	CE	T	Cationes meq/L				Aniones meq/L			
Und.	µs/cm	°C	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl
8.06	874.10	-	3.292	2.248	3.696	0.055	3.467	0.01	3.449	1.706

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como se puede ver en la tabla 8, el agua superficial de la subcuenca de la Quebrada Jurupe, con respecto a la salinidad tiene 0.8741 ds/m, que la clasifica en calidad como un agua en ligera o moderada en su uso y con respecto al diagrama de Riverside es un agua de calidad C₃; un agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

El agua superficial de la microcuenca de la Quebrada Jurupe, con respecto al RAS se obtiene un valor de 2.22; correspondiéndole una calidad S₁; agua bajo contenido de sodio, apta para el riesgo en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Por lo tanto, la calidad del agua superficial de la microcuenca de la Quebrada Jurupe es C₃S₁.

En la tabla 9, se muestran los resultados de los análisis del agua superficial de la microcuenca Quebrada Murciélagos.

Tabla 9**Análisis de agua superficial - calidad de agua para microcuenca Quebrada Murciélago.**

pH Und.	CE µs/cm	T °C	Cationes meq/L				Aniones meq/L			
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl
9.13	347.70	19.2	1.549	0.761	1.069	0.037	1.785	0.143	0.962	0.634

Fuente elaboración propia, 2023.

Como se puede ver en la tabla 9; con respecto a la salinidad le corresponde una CE de 0.3477 ds/m.

Siendo un agua sin ninguna restricción para su uso, y de acuerdo al diagrama de Riverside le corresponde una calidad de agua C2, un agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

Asimismo, para la misma microcuenca Quebrada Murciélago, le corresponde un RAS igual a 0.984, correspondiéndole una calidad S₁; agua con bajo contenido de sodio, apto para el riego de la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivo muy sensibles al sodio.

Por lo tanto, la calidad de agua superficial de la microcuenca Quebrada Murciélago es C₂S₁.

En la tabla 10, se muestran los resultados del análisis para el agua superficial en la Microcuenca de la Quebrada Linda Chara.

Tabla 10**Análisis de agua superficial - calidad de agua para Microcuenca Quebrada Linda Chara.**

pH Und.	CE µs/cm	T °C	Cationes meq/L				Aniones meq/L			
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl
8.51	262.70	20	2.104	0.234	0.914	0.041	2.533	0.01	0.339	0.379

Como se puede observar en la tabla 10; el agua superficial de la microcuenca de la Quebrada Linda Chara, con respecto a la salinidad, se obtiene una CE de 0.2627 ds/m; que le corresponde un agua que puede ser usada sin ninguna restricción; y de acuerdo al diagrama de Riverside le corresponde una calidad de agua C₂; un agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua por exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

Con respecto al RAS, se obtiene un valor de 0.845; correspondiéndole una clasificación de agua S₁; agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego de la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Por lo tanto, el agua superficial de la microcuenca Linda Chara es de calidad C₂S₁. En la tabla 11, se presentan las calidades de agua de las 6 microcuencas.

Tabla 11

Calidad de agua para el riego de los Microcuencas en estudio

Microcuenca	Calidad de agua	Observaciones
Quebrada Trapazola	C ₂ S ₁	Uso sin restricciones
Quebrada Bejuqueria	C ₂ S ₁	Uso sin restricciones
Quebrada Jardín	C ₂ S ₁	Uso sin restricciones
Quebrada Jurupe	C ₃ S ₁	Uso como moderada restricción
Quebrada Murciélago	C ₂ S ₁	Uso sin restricciones
Quebrada Linda Chara	C ₂ S ₁	Uso sin restricciones

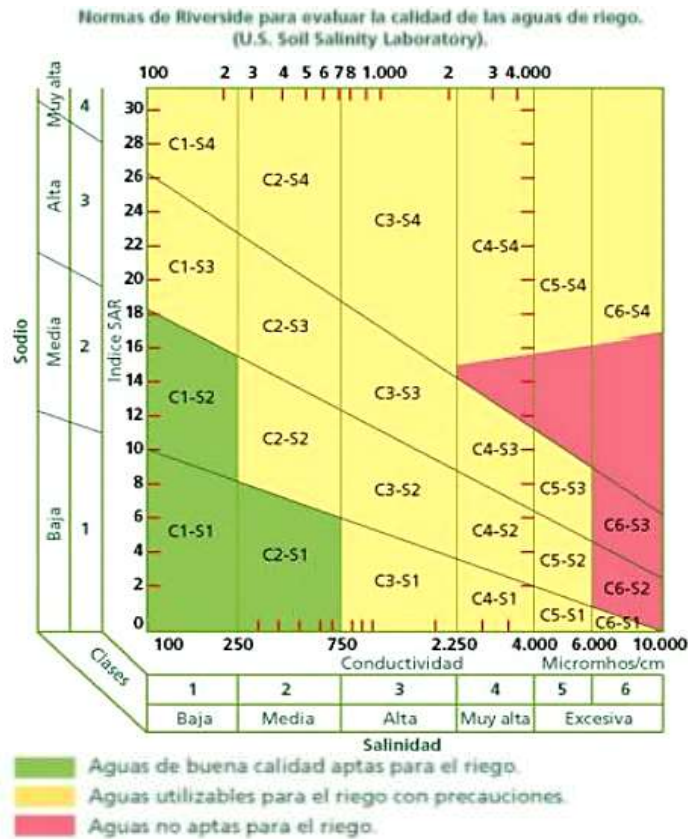


Figura 1: Diagrama de Riverside

- C1 - Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
- C2 – Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
- C3 - Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
- C4 – Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
- C5 - Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
- C6 - Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.

- S1 - Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
- S2 – Agua con contenido medio en sodio; y, por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
- S3 – Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
- S4 - Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

1. Determinar el contexto geológico que influyen sobre el tipo de agua superficial en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.

En la presente investigación, el agua identificada en las diferentes microcuencas en estudios son el tipo lóaticas o corrientes ya que se mueven siempre en una misma dirección, en este caso sobre el cauce de una quebrada morfológicamente hablando. Químicamente, el tipo de aguas más sobresalientes son aguas bicarbonatadas cuando predomina el ión bicarbonato (mayor de 1 g/L); y dentro de estas bicarbonatadas, están sódicas (predomina bicarbonato y sodio); cálcicas, magnésicas o alcalinotérreas predomina el calcio (3 a 10 veces más) y el magnesio; mixtas donde predomina el bicarbonato y diversos aniones y cationes; aguas sulfuradas y cloruradas.

Aguas sulfatadas cuando el H_2S es mayor a 1 mg/L y con azufre bivalente mayor a 1 mg/L; dentro de ese tipo de aguas sobresalen sulfatadas cálcicas, ricas en calcio;

sulfatadas magnésicas, ricas de magnesio sulfatadas mixtas, ricas sin bicarbonato y cloruro; y sulfato sódicas, ricas en sodio.

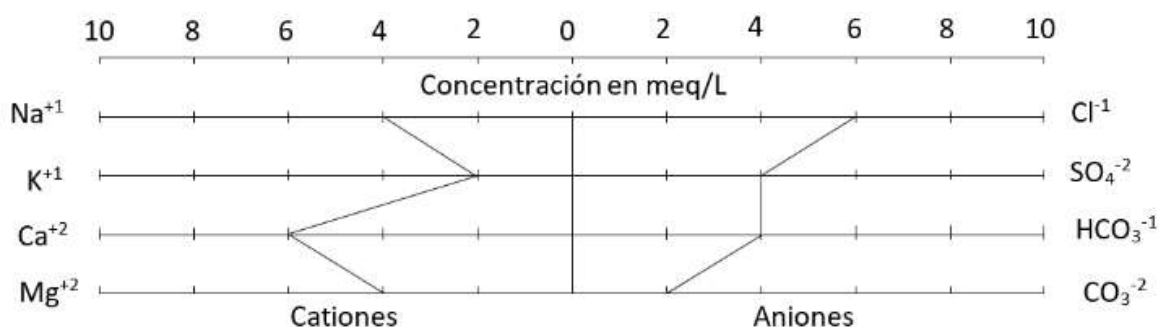
El otro tipo de aguas son las cloruradas, las cuales tienen más de 200 mg/L de cloro; son ricas en cloruro (Cl) el cual se encuentra en más de 1 gr/L; pueden ser cloruradas sódicas si predomina el sodio; cálcicas si predomina el calcio y magnéticas sí predomina el magnesio.

Para evaluar el tipo de agua químicamente hablando, en la presente investigación se han usado los diagramas de polígonos o de Stiff (Stiff, 1951); mencionado por Martínez, etal (2006).

El diagrama de Stiff consta de una serie de rectas paralelas equidistantes entre sí cortadas por una perpendicular a ellas.

Esta perpendicular constituye el origen de las medidas sobre las semirectas en que han quedado divididas las paralelas. De la vertical a la derecha se representan los aniones (uno en cada semirecta y en meq/L), y análogamente los cationes en las semirectas de la parte izquierda de la vertical 2, figura 2.

Figura 2: Diagrama de Stiff.



En la tabla 12 se presentan los análisis para las seis microcuencas de las quebradas en estudio.

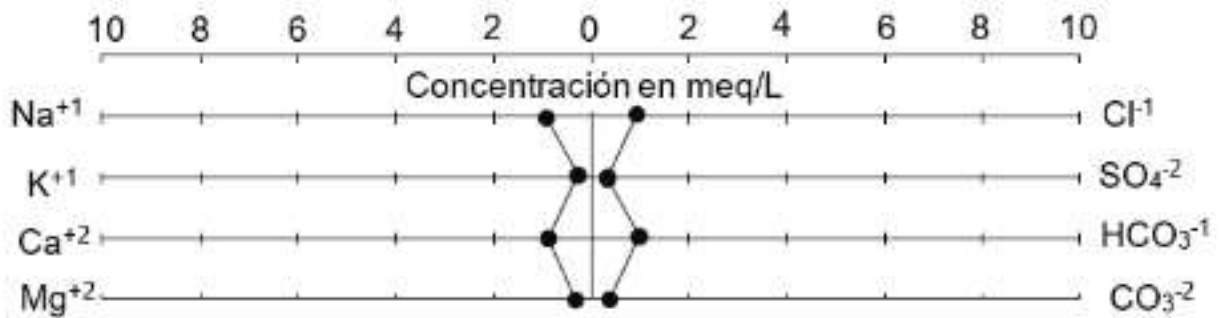
Tabla 12**Análisis químicos para las seis microcuencas en estudio**

Iones	Trapazola	Bejuqueria	Jardin	Jurupe	Murciélago	Linda Chara
pH	8.07	8.29	8.49	8.06	9.13	8.51
CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	330.1	504.4	379.5	874.10	347.7	262.7
Ca ⁺²	0.94	3.28	2.13	3.292	1.599	2.104
Mg ⁺²	0.428	1.149	0.488	2.248	0.761	0.234
Na ⁺¹	0.907	1.175	1.121	3.696	1.069	0.414
K ⁺¹	0.027	0.022	0.048	0.055	0.037	0.041
HCO ₃ ⁻¹	1.269	4.52	2.293	3.467	1.785	2.533
CO ₃ ⁻²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.143	0.01
Cl ⁻¹	0.28	0.28	0.547	1.706	0.634	0.379
SO ₄ ⁻²	0.188	0.667	0.653	3.449	0.962	0339

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En la figura 3 se muestra el diagrama de Stiff para el agua de la microcuenca Quebrada Trapazola.

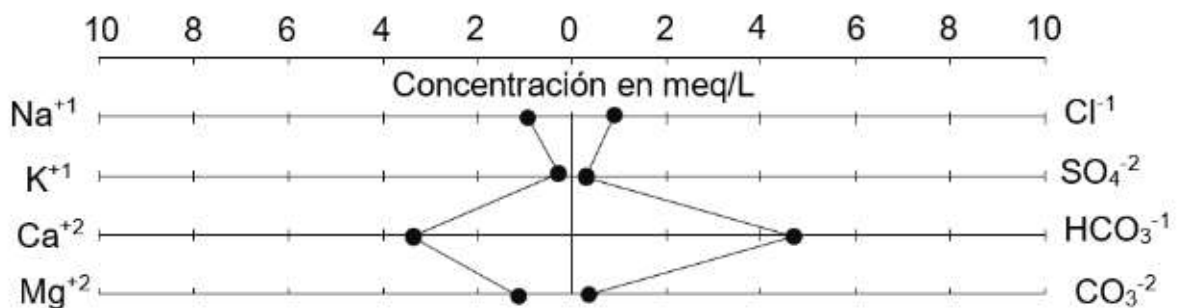
Figura 3: Diagrama de Stiff. Agua Microcuenca Quebrada Trapazola



Como se puede ver en la figura 3 se trata de un agua tipo Bicarbonata Cálctica; en la cual predomina el ión calcio.

En la figura 4 se muestra el diagrama de Stiff para el agua de la microcuenca Quebrada Bejuqueria.

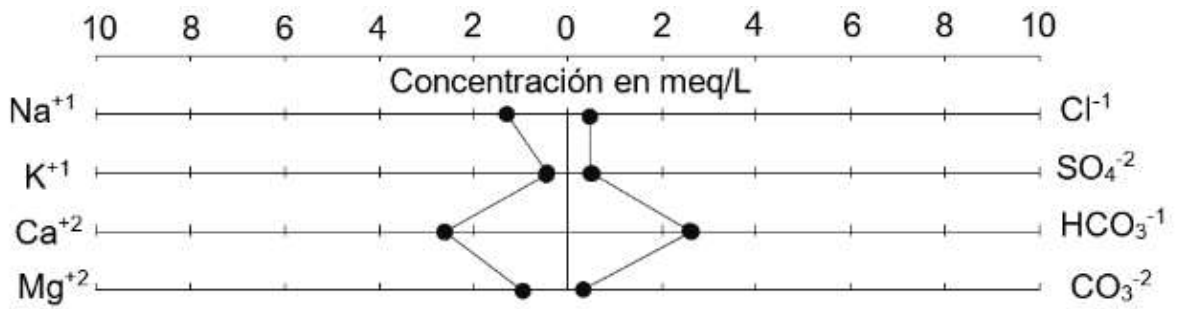
Figura 4: Diagrama de Stiff. Agua microcuenca Quebrada Bejuqueria



Como se puede ver en la figura 4 se trata de un agua tipo Bicarbonatada Cálctica; en la cual predomina el ión calcio.

En la figura 5 se muestra el diagrama de Stiff para el agua de la microcuenca Quebrada Jardín.

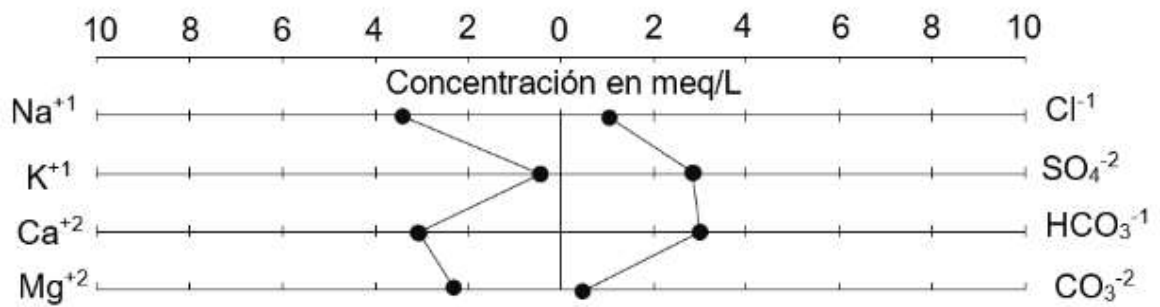
Figura 5: Diagrama de Stiff. Agua microcuena Quebrada Jardín



Como se puede ver en la figura 5 se trata de un agua tipo Bicarbonatada Cálcida, en la cual predomina el ión calcio.

En la figura 6 se muestra el diagrama de Stiff para el agua de la microcuena Quebrada Jurupe.

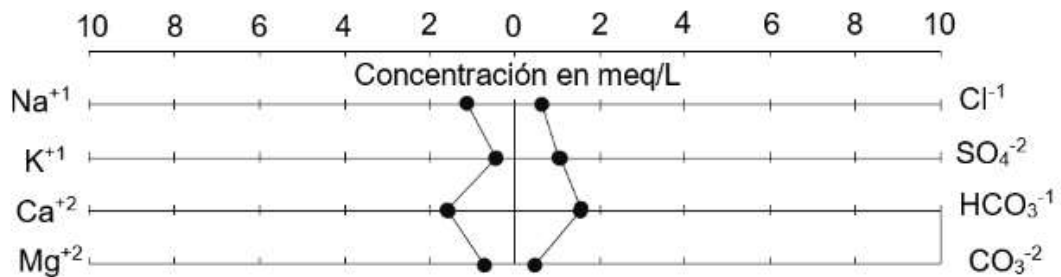
Figura 6: Diagrama de Stiff. Agua microcuena Quebrada Jurupe



Como se puede ver en la figura 6 se trata de un agua tipo Bicarbonatada Sódica, en la cual predominan los iones bicarbonato y sodio.

En la figura 7 se muestra el diagrama de Stiff para el agua de la microcuena Quebrada Murciélagos.

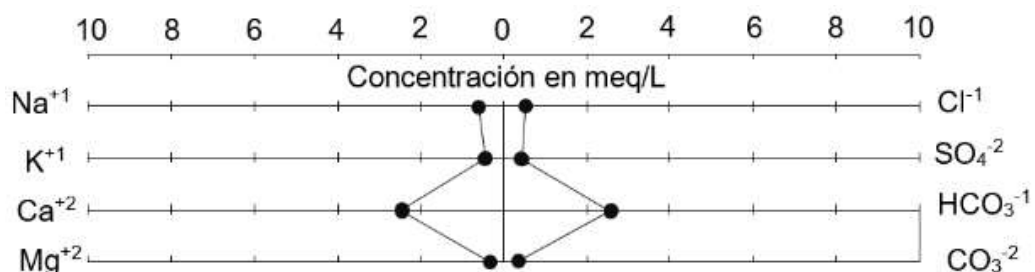
Figura 7: Diagrama de Stiff. Agua microcuena Quebrada Murciélagos



Como se puede ver en la figura 7 se trata de un agua tipo Bicarbonatada Cálcida, en la cual predomina el ión calcio.

En la figura 8 se muestra el diagrama de Stiff para el agua de la microcuenca Quebrada Linda Chara.

Figura 8: Diagrama de Stiff. Agua microcuenca Quebrada Linda Chara



Como se puede ver en la figura 8 se trata de un agua tipo Bicarbonatada Cálcica, en la cual predomina el ión calcio.

En la tabla 13; se muestren los diferentes tipos de agua; para las seis microcuencas en estudio.

Tabla 13

Tipos de agua para las seis microcuencas

	Microcuenca	Tipo	
		Por presencia en superficie	Por su química
01	Trapazola	lótica	Bicarbonatada Cálcica
02	Bejuqueria	lótica	Bicarbonatada Cálcica
03	Jardín	lótica	Bicarbonatada Cálcica
04	Jurupe	lótica	Bicarbonatada Sódica
05	Murciélagos	lótica	Bicarbonatada Cálcica
06	Linda Chara	lótica	Bicarbonatada Cálcica

Fuente: Elaboración propia, 2023.

2. Determinar el contexto geológico que influyen sobre la categoría de agua superficial en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.

En el Perú, con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, de fecha 7 de junio de (2017), se publicó la aprobación de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua; en el cual se aprobaron 4 categorías de agua:

Categoría 1, para una poblacional y recreacional en la cual están comprendidas la subcategoría A, aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; y entre ellas la A₁ (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), son ideales para el consumo humano previo tratamiento con simple desinfección; la A₂ (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), también para el consumo humano con procesos de coagulación, floculación, decantación, sedimentación y/o filtración, de conformidad con la norma vigente; la A₃ (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado), son destinadas para el consumo humano previo tratamientos físicos y químicos, incluidos después de un tratamiento convencional, lo más usado es precoloración, microfiltración, ultrafiltración, manofiltración, carbón activado y osmosis inversa.

Asimismo; dentro de la Categoría 1 está la Subcategoría B, que son aguas superficiales destinadas a la recreación, y comprenden las aguas B₁ (Contacto primario), para realizar actividades como natación, esquí acuático, buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla en vela, la moto acuática y la pesca submarina; la B₂ (Contacto secundario), para el desarrollo de deportes acuáticos como botes y lanchas.

Categoría 2, para extracción, cultivos y otras actividades marino costeras y continentales; entre ellas tenemos la Subcategoría C₁ (Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras), se pueden cultivar y extraer ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, erizos, estrella de mar y tunicados; la C₂ (Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras), comprende a los peces y las

algas comestibles; la C₃ (Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras), aguas aledañas a infraestructura marino costeras; la Subcategoría C₄: (Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas), uso para cultivo y extracción de especies hidrobiológicas de consumo humano.

Categoría 3, para el riego de vegetales y bebida de animales; tiene varias Subcategorías, a saber; D₁: (Riego de vegetales), estando las aguas para riego no restringido, para el riego de cultivos alimenticios que se consumen crudos (hortalizas, frutales de tallo bajo), cultivos de árboles o arbustos frutales con riego por aspersión, parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales y aguas de riego restringido, para el riego de cultivos alimenticios que se consumen cocidos (habas), cultivo de tallo alto (árboles frutales), cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Trigo, arroz, avena y quinua), cultivos industriales no comestibles (algodón), cultivos forestales, forrajes, pastos, maíz forrajero y alfalfa; Subcategoría D₂: (Bebida de animales), como ganado vacuno, equino, camélido, porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

Categoría 4, para la conservación del ambiente acuático, con las siguientes subcategorías; E₁ (Lagunas y lagos), son cuerpos de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo los humedales; E₂ (Ríos) son cuerpos de agua lóxicos, que se mueven continuamente en una misma dirección, pueden ser ríos de costa y sierra cuya vertiente en el Pacífico y el Lago Titicaca y ríos de selva; E₃ (Ecosistemas costeros y marinos), que incluye los estuarios como marismas y manglares; y los marinos que comprende donde la línea paralela de baja marca hasta el límite marítimo nacional.

En la presente investigación, tal como se puede apreciar en la tabla 15, Categoría 1, Subcategoría A, agua potable, el resultado de los análisis de agua arrojan valores de sus parámetros físico-químicos e inorgánicos por debajo de los indicadores ECA; para todas las microcuencas; a excepción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) que está por encima de los

ECA para todas las microcuencas; y para todas las categorías de Aguas; así tenemos:

a. Microcuenca Trapazola, la DQO es 96.8 mg/L mayor que lo estipulado en los ECA para categorías A₁ (10 meq/L); A₂ (20 meq/L) y A₃ (30 meq/L) para A₁, 968% mayor; para A₂, 484% mayor y para A₃, 322,7%. La DQO se le define como la demanda química de oxígeno del agua, es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en CO₂ y H₂O.

Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua; y cuando la DQO es baja puede reducir el OD de lagos y ríos y las concentraciones bajas pueden causar eutrofización y dañan la vida acuática.

Por lo tanto, se puede indicar el agua de la subcuenca Quebrada Trapazola tiene mucha materia orgánica, y está poco contaminada (entre 20 y 100 mg/L) y por prevención es mejor que estas aguas pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado (tratamiento físico-químico, previo tratamiento convencional), por ejemplo: carbón activado y osmosis inversa.

b. Microcuenca Bejuqueria, tiene 97.66 mg/L de DQO; para A₁, 976.6% mayor; para A₂, 488.3% mayor y para A₃, 325,5% mayor; y por prevención estas si se van a usar para potabilización deberían aplicarse tratamientos avanzados usando un tratamiento físico-químico y el uso de carbón activado y osmosis inversa.

c. Microcuenca Jardín, tiene 113.3 mg/L de DQO; para A₁, 1,133% mayor; para A₂, 566.5%; y para A₃, 377.7%; e igual que las anteriores por prevención deberían ser potabilizadas con tratamiento avanzado

d. Microcuenca Jorupe, tiene 96.6 mg/L de DQO; para A₁, 966% mayor; para A₂, 483% mayor; y para A₃, 322% mayor; por prevención deberían ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

- e. **Microcuenca Murciélago**, tiene 98.6 mg/L de DQO; para A₁, 986% mayor; para A₂, 493% mayor; y para A₃, 328.7% mayor; por prevención deberían ser potabilizadas con tratamiento avanzado.
- f. **Microcuenca Linda Chara**, tiene 101.3 mg/L de DQO; para A₁, 1013% mayor; para A₂, 506.5% mayor; y para A₃, 337.7% mayor; por prevención deberían ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

En la tabla 14 se puede ver el ranking de contaminación por efecto del indicador DQO.

Tabla 14

Ranking de contaminación de las aguas de las Subcuencas en estudio

Nº	Microcuenca	Indicador DQO, mg/L
01	Quebrada Jardín	113.3
02	Quebrada Linda Chara	101.3
03	Quebrada Murciélago	98.6
04	Quebrada Bejuqueria	97.66
05	Quebrada Trapazola	96.80
06	Quebrada Jorupe	96.60

Fuente: Elaboración propia, 2023

De acuerdo a la tabla 14; las aguas de las 6 microcuencas en estudio se encuentran contaminadas con mucha materia orgánica que para uso doméstico deberían indistintamente, ser tratadas y/o potabilizadas con tratamientos físico-químicos avanzados como, por ejemplo, el uso de filtros de carbón activado o empleando el método osmosis inversa.

Asimismo, el parámetro químico pH (concentración de iones de hidrógeno) de la Microcuenca Murciélagos, tal como se observa en la tabla 11, cuyo valor es de 9.13; sobrepasa los rangos de pH del ECA; para las tres Subcategorías de agua, ósea las A₁, A₂, y A₃. El pH del agua es un indicador muy importante ya que los cambios de pH pueden alterar la concentración de otras sustancias en el agua modificando el nivel de toxicidad; por ejemplo, una disminución del pH puede aumentar la cantidad de mercurio en el agua, un aumento del pH puede causar la conversión del amoníaco no tóxico a la forma de amoníaco tóxico (amoníaco sin ionizar).

El agua pura (no ionizada) tiene un pH de 7.0; hay dos factores principales que causan cambios en el pH; la capacidad de obstáculo (cojín químico) que neutraliza los ácidos o las bases cuando son agregados al agua (CO₂ del aire se disuelve en el agua y forma un cojín, ácido carbónico H₂CO₃); los minerales de calcio y magnesio.

Para el agua potable el pH ideal se encuentra entre 7.2 y 7.4; cuanto menor sea el valor más ácido es el líquido; cuando el pH va de 7 a 14 de la escala de los líquidos son jabonosas.

La causa de que se afecte el pH del agua por la temperatura, es que cuando aumenta la temperatura, las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno. Al aumentar la proporción de moléculas descompuestas se produce más hidrógeno, lo cual por supuesto aumenta a su vez el potencial de hidrógeno pH (<https://www.hannacolombia.com>).

En la tabla 16; para la categoría A₁ – Subcategoría B, aguas para la recreación; B₁ (Contacto primario) y B₂ (Contacto secundario) el agua superficial de todas las microcuencas la DQO sobrepasa el ECA así tenemos para las aguas B₁, el ECA debe ser 30; pero la microcuenca Trapazola tiene 96.8 mg/L (222.7%); microcuenca Bejuquería, tiene 97.66 mg/L (225.5%); microcuenca Jardín, tiene 113.3 mg/L

(277.7%); microcuenca Jorupe, tiene 96.6 mq/L (222%); microcuenca Murciélago, tiene 98.6 mq/L (228.7%) y microcuenca Linda Chara, tiene 101.3 mq/L (237.7%).

Para las aguas B₂, el ECA debe ser 50; pero la microcuenca Trapazola tiene 96.8 mq/L (93.8% más); microcuenca Bejuqueria, tiene 97.66 mq/L (95.32% más); microcuenca Jardín, tiene 113.3 mq/L (126.6% más); microcuenca Jorupe, tiene 96.6 mq/L (93.2% más); microcuenca Murciélago, tiene 98.6 mq/L (97.2% más) y microcuenca Linda Chara, tiene 101.3 mq/L (102.6% más).

Para esta misma Categoría A₁; solo microcuenca Murciélago tiene un valor de 9.13 de pH sobrepasando el ECA para B₁ y B₂.

De acuerdo a la tabla 17, Categoría de agua 2; usada para la extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, podríamos decir que todas sus Subcategorías C₁, C₂, C₃ y C₄, son aptas para este uso sin restricciones, a excepción el pH un poco elevado, 9.13 y 8.51 para las microcuencas Murciélago y Linda Chara respectivamente, ligeramente superiores a los valores ECA, principalmente la microcuenca Murciélago que para todas las Subcategorías está un poco elevado; la microcuenca Linda Chara solo un poco elevado para la Subcategoría C₄.

De acuerdo a la tabla 18, todas las microcuencas para el parámetro DQO sobrepasa el indicador ECA, para la categoría 3, Riego de vegetales y Bebida de Animales; y el pH solo las microcuencas Murciélago y Linda Chara es un poco elevado con respecto al ECA.

Con respecto a la tabla 19, el agua para la Categoría 4, conservación del ambiente acuático, para todas las microcuencas no sobrepasa los valores ECA para todos los parámetros, a excepción el pH un poco elevado para microcuencas Murciélago y Linda Chara.

Tabla 15

Categoría del agua de microcuencas – Categoría 1 – Subcategoría A: agua potable

Parámetros	Unid.	INDICADORES ECA			MICROCUENCAS					
		A ₁	A ₂	A ₃	Trapazola	Bejuquera	Jardín	Jorupe	Murciélago	Linda Chara
<u>Físico</u>	mg/L	250	250	250	9.922	9.84	19.405	60.48	22.475	13.452
<u>Químicos</u>	µS/cm	1500	1600	-	330.10	504.4	379.5	874.10	347.70	262.70
- Cloruros	mg/L									
- CE	mg/L	3	5	10	7.69	8.06	8.8	8.0	8.03	8.48
- DBO ₅	mg/L									
- DQO	Unid.	10	20	30	96.80	97.66	113.3	96.6	98.6	101.3
- pH	mg/L	6.5–8.5	5.5–9.0	5.5–9.0	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51
- SDT	°C	1000	1000	1000	162.3	247.6	186.5	428.80	174.3	129.20
- T	UNT	Δ3	Δ3	-	26.4	22.0	26.6	-	19.2	20.0
- Turbiedad	mg/L	-	100	-	4.28	6.0	4.86	9.80	4.39	16.69
- Sulfatos										
<u>Inorgánico</u>	mg/L	250	500		9.04	32.0	31.33	165.57	46.18	16.26
- Boro	mg/L									
- Cadmio	mg/L	2.4	2.4	2.4	0.022	0.25	0.028	0.072	0.041	0.015
- Plomo		0.03	0.05	0.01	<0.00001	0.00002	<0.00001	0.00006	0.00001	0.00003
		0.01	0.05	0.05	<0.0002	0.0004	0.0005	<0.0002	<0.0002	<0.0002

Fuente: Elaboración propia, 2023

A₁: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A₂: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A₃: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Δ3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Tabla 16

Categoría del agua de microcuencas – Categoría 1 – Subcategoría B: aguas para la recreación.

Parámetros	Unid.	Indicadores ECA		Microcuencas						
		B1 (Contacto primario)	B2 (Contacto secundario)	Trapazola	Bejuqueria	Jardín	Jorupe	Murciélago	Linda Chara	
<u>Físico</u>										
<u>Químicos</u>										
- DBO ₅	mg/L	5	10	7.69	8.06	8.8	8.0	8.03	8.48	
- DQO	mg/L	30	50	96.8	47.66	113.3	96.6	98.6	101.3	
- Nitratos		1	-	0.299	0.198	0.144	<0.031	<0.031	0.533	
- pH	mg/L	6 – 9	-	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51	
- Sulfuros	Unid.	0.05	-	-	-	-	-	-	-	
- Turbiedad	mg/L	100	-	4.28	6	4.86	9.80	4.39	16.69	
<u>Inorgánico</u>	UNT									
- Boro		0.5	-	0.022	0.025	0.028	0.72	0.041	0.015	
- Cadmio	mg/L	0.01	-	<0.00001	0.00002	<0.00001	0.00006	0.00001	0.00003	
- Plomo	mg/L	0.01	-	<0.00002	0.0004	0.0005	<0.0002	<0.0002	<0.0002	
	mg/L									

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 17

Categoría del agua de microcuencas – Categoría 2 - Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unid.	Indicadores ECA				Microcuencas					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	Trapazola	Bejuqueria	Jardín	Jorupe	Murciélago	Linda Chara
<u>Físico</u>											
<u>Químicos</u>											
- DBO ₅	mg/L	16	16	-	13	0.299	0.198	0.144	<0.031	<0.031	0.533
- Nitratos											
- pH	Unid.	7–8.5	6.8–8.5	6.8–8.5	6–9	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51
- Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	26.4	22	26.6	-	19.2	20.0
<u>Inorgánico</u>											
- Boro	mg/L	5	5	-	0.75	0.022	0.025	0.028	0.072	0.041	0.015
- Cadmio	mg/L	0.01	0.01	-	0.01	<0.00001	0.00002	<0.00001	0.00006	<0.00001	0.00003
- Plomo	mg/L	0.0081	0.0081	0.03	0.0025	<0.0002	0.0004	0.0005	<0.0002	0.0002	<0.0002

Fuente: Elaboración propia, 2023

C₁: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras.

C₂: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras.

C₃: Actividades marino portuarias, industriales y de saneamiento en aguas marino costeras.

C₄: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas

Tabla 18: Categoría del agua de microcuencas – Categoría 3 – Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unid.	Indicadores ECA-D ₁			Bebida de animales D ₂	Microcuencas				
		Riego de vegetales		Trapazola		Bejuqueria	Jardín	Jorupe	Murciélago	Linda Chara
Riego No Restringido	Riego Restringido									
Físico	µS/cm	2,500	2,500	5,000	330.1	504.4	379.5	874.10	347.70	262.70
Químicos	mg/L	15	15	15	7.65	8.06	8.8	8.0	8.03	8.48
CE		40	40	40	96.8	97.66	113.3	96.6	98.6	101.3
DBO ₅	mg/L	100	100	100	0.299	0.198	0.144	<0.031	<0.031	0.533
DQO	mg/L	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.4	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51
Nitratos		1000	1000	1000	9.04	32.0	31.33	165.57	46.18	16.26
pH	Und.	Δ3	Δ3	Δ3	26.4	22.0	26.6	-	19.2	20.0
Sulfuros	mg/L									
Temperatura	°C	1	1	1	0.022	0.025	0.028	0.72	0.041	0.015
Inorgánicos		0.01	0.01	0.05	<0.00001	0.00002	<0.00001	0.00006	0.00001	0.00003
- Boro	mg/L	-	-	-	<0.00002	0.0004	0.0005	<0.0002	<0.0002	<0.0002
- Cadmio	mg/L									
- Plomo	mg/L									

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla 19

Categoría del agua de microcuencas – Categoría 4 – Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unid.	Indicadores ECA						Microcuencas				
		Lagunas y lagos	Ríos		Ecosistemas Costeros		Trapazola	Bejuquería	Jardín	Jorupe	Murciélago	Linda Chara
			Costa / Sierra	Selva	Estuario	Marino						
<u>Físico</u>												
<u>Químicos</u>												
CE	µS/cm	1,000	1,000	1,000	-	-	330.1	504.4	379.5	874.10	347.7	262.70
DBO ₅	mg/L	5	10	10	15	10	7.65	8.06	8.8	8.0	8.03	8.48
Nitratos		13	13	13	200	200	0.299	0.198	0.144	<0.031	<0.031	0.533
pH	mg/L	6.5-9	6.5-9	6.5-9	6.5-8.3	6.5-8.3	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51
Temperatura	Und.	Δ3	Δ3	Δ3	Δ2	Δ2	26.4	22.0	26.6	-	19.2	20.0
<u>Inorgánicos</u>	°C	0.0025	0.002	0.0025	0.0088	0.0088	<0.00001	0.00002	<0.0000	0.00006	0.00001	0.00003
- Cadmio disuelto	mg/L	0.0025	5	0.0025	0.0081	0.0081	<0.00002	0.0004		<0.0002	<0.0002	<0.0002
- Plomo	mg/L		0.002	5					0.0005			

Fuente: Elaboración propia, 2023

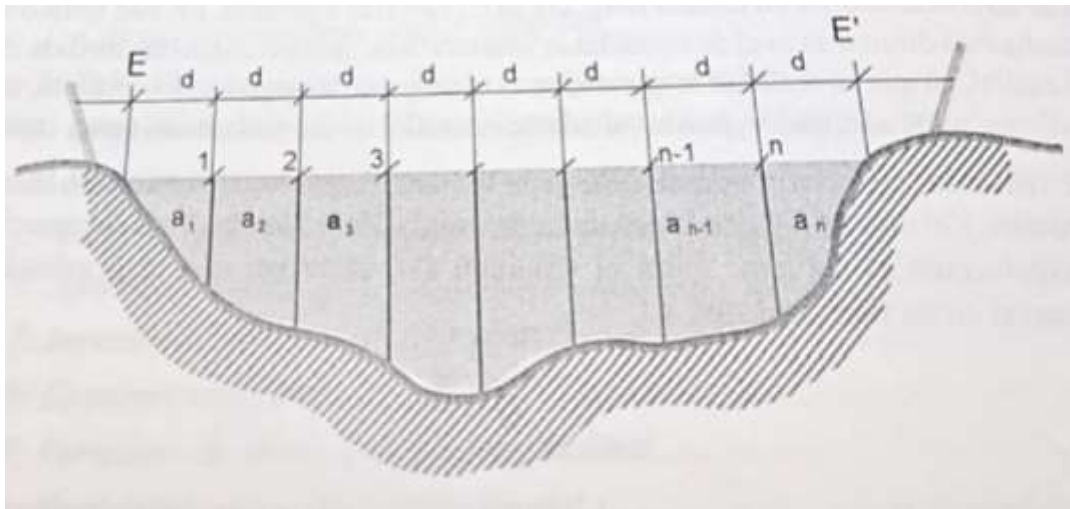
3. Evaluar la cantidad de recursos hídricos de las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.

En la presente investigación el aforo, de las microcuencas fue el “AFORO DE CAUCES ABIERTOS”, basado en el método indirecto del cálculo del área hidráulica en un cauce natural (quebrada), dado que en las seis (06) microcuencas su sección transversal es irregular; este método consiste en descomponer la sección en tantas secciones triangulares y rectangulares como sea necesario. En la fig. 9, se explica el método, se divide el tramo EE' (Superficie libre del agua) de la sección transversal en n-1 tramos de longitud “d”, calculando la profundidad en cada extremo de los tramos considerados. El área de la sección transversal será:

$$S = \frac{d}{2} (2a_1 + 2a_2 + \dots + 2a_n)$$

$$S = \frac{d}{2} d \sum_{i=1}^n a_i \quad (\text{Arvisa, V. J. et al})$$

Figura 9: Cálculo de sección en cauces naturales



Fuente: Arvisa, V. J. etal

El cálculo de la Velocidad Media (Velocidad Superficial) se ejecutó mediante el método del flotador que fue utilizado en un tramo recto de longitud $L=50$ metros, se arrojó una madera flotante por 5 veces, midiendo el tiempo que el flotador tarda en recorrer el mismo (Arvisa, V. J. etal); y se aplica la fórmula.

$$V_s = \frac{L}{t} \quad ; \text{ donde } V_s = \text{Velocidad Superficial}$$

L = Longitud recta en el cauce, 50m

t = tiempo que tarda el flotador en recorrer los 50m

Se obtuvieron en cada microcuencia 5 V_s ; y se obtuvo un promedio de Velocidad Superficial \bar{V}_s .

La velocidad media, se calculó de manera suficientemente aproximada, mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{V} = \lambda \bar{V}_s$$

Donde: \bar{V} = Velocidad media, m/s

λ = factor que depende del tipo de conducción.

En la tabla 20 se presentan los valores de λ para cada tipo de cauce (Arvisa, V. J. etal).

Tabla 20

valores de λ para cada tipo de conducción

Tipo de cauce	λ
Con revestimiento plástico	0.85
Para cauces 1º categoría de Bazin	0.80 *
Para cauces 2º - 3º categoría de Bazin	0.75
Para cauces 4º - 5º y 6º categoría de Bazin	0.70

Fuente: Arvisa, V. J. et al, 2002.

* Valor tomado en la presente investigación

Teniendo la sección transversal o área hidráulica (s) y la velocidad media del agua (V) se obtiene el caudal estimado , Q, para cada microcuenca aplicando la ecuación de continuidad.

$$Q = S \cdot V; \text{ m}^3/\text{seg}$$

En la tabla 21, se muestran los caudales instantáneos para cada microcuenca en época húmeda (enero-julio) (Ver fotos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del anexo).

Tabla 21

Caudales instantáneos microcuencas en época húmeda

Microcuenca	Q (m ³ /seg)	HM ³ /6 meses
Quebrada Trapazola	2.25	34.992
Quebrada Bejuqueria	1.10	17.1072
Quebrada Jardín	7.50	116.640
Quebrada Jurupe	6.50	101.088
Quebrada Murciélagos	5.47	85.06944
Quebrada Linda Chara	1.20	18.6624
	Total	373.55904

Fuente: Elaboración propia, 2023

En la tabla 22, se puede apreciar el valor del caudal de mayor a menor; y 5 principales elementos como son: Ph; CE; Ca⁺ y HCO₃

Tabla 22**Variación del caudal de las microcuencas y 5 principales elementos**

Microcuenca	Q (m ³ /seg)	pH	CE(μs/cm)	RAS	Ca ⁺⁺	HCO ₃
Quebrada Jardín	7.50	8.49	379.5	0.98	2.13	2.293
Quebrada Jurupe	6.50	8.06	874.1	2.22	3.292	3.467
Quebrada Murciélago	5.47	9.13	347.7	0.984	1.549	1.785
Quebrada Trapazola	2.25	8.07	330.1	1.096	0.94	1.269
Quebrada Linda Chara	1.20	8.51	262.7	0.845	2.104	2.533
Quebrada Bejuqueria	1.10	8.29	507.4	0.79	3.29	4.52

Fuente: Elaboración propia, 2023

Como se puede ver en la tabla 22, no existe ninguna relación entre el caudal y la variación de los 5 principales elementos analizados, como pH, CE, RAS, Ca y HCO₃; sin embargo, sí existe una relación entre la concentración de Ca⁺ y la concentración de HCO₃ (cuando aumenta la concentración de calcio, aumenta la concentración de carbonato).

4.2. Discusión

4.2.1 Determinar el contexto geológico que influyen sobre la calidad del agua en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.

a. Microcuenca de quebrada Trapazola

El agua superficial de la Quebrada Trapazola, con una turbidez de 4,28 NTU, está ligeramente por debajo del valor 5 NTU que es el límite máximo según la OMS lo que quiere decir que existe poca presencia de partículas suspendidas y por tanto menor posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos, lo que nos indica una agua transparente y una buena calidad de agua; y esto se ve al obtener de acuerdo al diagrama de Riverside al obtener una calidad de agua C₁S₁; siendo su aspecto geológico un depósito superficial a base de sedimentos areniscas con canales conglomerádicas; lo que permite intuir que no existe un contexto geológico, sean naturales y/o factores externos o antropomórficos que hagan variar la calidad del agua de la microcuenca de la Quebrada Trapazola; agregando además que en esta microcuenca no se han encontrado pasivos

ambientales, no existe población rural asentada y por lo tanto, no existe ninguna posibilidad de encontrarse factores contaminantes como basurales, pozos sépticos, letrinas, Etc., que podrían hacer variar la calidad del agua.

b. Microcuenca de quebrada Bejuqueria.

Esta microcuenca de Quebrada Bejuqueria tiene una agua superficial con una turbidez de 0.68 NTU, muy por debajo del límite 5 NTU recomendado por la OMS para consumo humano; en cuanto a su clasificación de acuerdo al diagrama de Riverside; es una agua C₂S₂; siendo su aspecto geológico sedimentario y arenas conglomerádicas; por tanto, no existe un contexto geológico, que permitan hacer variar la calidad de esta agua superficial; más aún cuando no se encuentran basurales, no existe pastoreo libre de animales, no existen alteraciones geológicas; pero sí existe un potencial futuro de contaminación por estar agua asentándose alguna población rural, a pesar que a la fecha no existen actividades antrópicas de consideración.

c. Microcuenca de quebrada Jardín.

El agua superficial de esta microcuenca tiene una turbidez de 4.86 NTU, valor cercano al mínimo de 5 NTU que exige la OMS para considerarla de uso humano, esto puede ser debido que existe una pequeña población rural asentada, así como pastoreo libre de animales, que aún sin existir actividades antropomórficas ni alteraciones geológicas de consideración, se convierte en una potencial fuente de alto riesgo de contaminación y actualmente tiene una clasificación de acuerdo al diagrama de Riverside como agua C₂S₁; siendo su aspecto geológico sedimentario y arenas conglomerádicas; que por las características observadas son acumulaciones de sedimentos, y son las más abundantes del mundo; y deben haber sido formadas por erosiones producidas por las altas precipitaciones que ocurren en la zona; este aspecto geológico ha conllevado a la formación de fragmentos de rocas grandes, redondeadas en una matriz de sedimentos de granos finos, lo que permite, confirmar, que a lo igual que las aguas superficiales de las dos microcuencas anteriores (Trapazola y Bejuqueria) son muy permeables y no existen efector del contexto geológico, que hagan

variar la calidad de esta agua de la microcuenca de la quebrada Jardín; además se debe agregar que existen pocos riesgos de posible contaminación, no hay basurales a su alrededor, si existe un limitado pastoreo, no existen letrinas ni silos, no existen pasivos ambientales y no hay alteraciones geológicas en su área.

d. Microcuenca quebrada Jurupe

La calidad del agua superficial de la quebrada Jurupe según el diagrama de Riverside como agua C₃S₁; mayormente su uso es para abrevadero de ganado, y existe una pequeña población rural. La turbidez de sus aguas es de 9.80 NTU, valor muy por encima de lo recomendado por la OMS, que es de 5 NTU lo que quiere decir que existe presencia de partículas suspendidas, así como presencia de algas y plantas, lo que no se recomendaría para consumo humano directo. El aspecto geológico es sedimentario a lo igual que la formación de las otras microcuencas; pero la litología predominante son calizas bituminosas intercalado con areniscas; este tipo de formación es una roca sedimentaria en contacto con la formación cretácica, espato cálcico y componentes orgánicos, suelen tener color gris a negro. Una característica importante de las calizas es que contienen (CaCO₃) y dolomita (Ca, Mg (CO₃)); que debe ser el origen de su alta salinidad; por lo que se puede indicar que si existe un contexto geológico que está haciendo variar la calidad del agua superficial de esta microcuenca; pero los riegos no son mayores dado que no existen basurales, no existen letrinas ni silos, no hay actividades antropomórficas que hagan peligrar aún más su calidad, así como no existen alteraciones geológicas en su microcuenca.

e. Microcuenca quebrada Murciélago

El agua superficial de esta microcuenca, de acuerdo al diagrama de Riverside como agua C₂S₁; su uso es para consumo humano, esto es posible porque su turbidez es de 4.39 NTU, por debajo del 5 NTU recomendado por la OMS para el consumo humano; lo que permite indicar que no existe presencia de partículas suspendidas, precipitados ni algas ni plantas. Con respecto a sus aspectos geológicos destaca el aspecto sedimentario a lo

igual que las otras microcuencas; pero predomina la litología caliza bituminosa, que nos dan suficientes indicios de la presencia de minerales de calcita (CaCO_3) y dolomita (Ca, Mg (CO_3)); que nos permite intuir sus grandes riesgos de salinidad y la presencia de algunos otros minerales por existir una actividad antropomórfica muy peligrosa como es la minería; actividad que nos permite indicar que sí existe un contexto geológico que podría hacer variar la calidad de esta agua superficial; a pesar que no hay existencia de basurales, letrinas o silos, pasivos ambientales, ni alteraciones geológicas en su área.

f. Microcuenca quebrada Linda Chara

De acuerdo al diagrama de Riverside esta agua superficial es C_2S_1 ; usada sobre todo para el abrevadero de ganadería. Tiene una turbidez de 16.69 NTU, muy excesiva por encima del valor máximo de 5 NTU para consumo humano recomendado por la OMS, imposible de su uso para consumo humano en forma directa; dado que existen muchas partículas suspendidas, presencia de algas y plantas, y regular ganadería lo que la ubica, como un agua con alto riesgo de contaminación.

Con respecto a sus aspectos geológicos destaca la formación sedimentaria como las aguas superficiales de las otras microcuencas analizadas; y con respecto a la litología predominan los conglomerados en ambas márgenes de la quebrada con la presencia de arenisas lo que lo ubican con buenas condiciones estructurales y texturales para tener un buen filtro natural; lo que favorece también que no hay basurales, no hay letrinas ni silos, no existen pasivos ambientales, así como no existen alteraciones geológicas en el área; lo que se puede indicar que no existen en el contexto geológico acciones que podrían variar la calidad de esta agua superficial.

Como se puede ver en el análisis para las 6 microcuencas podríamos decir que son aguas de buena calidad, ya que como indica Suárez S.F. (2018) la calidad se mide cuando hay presiones antropomórficas, como aumento de frontera agrícola, la caza, la tala y la disposición inadecuada de residuos

sólidos por la comunidad, factores exógenos que no sucede en esta parte de la Reserva Nacional de Tumbes.

4.2.2 Determinar el contexto geológico que influyen sobre el tipo de agua superficial en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.

Las aguas naturales adquieren su composición química mediante un proceso complejo, donde interviene factores de tipo químico-físico, geológico, hidrogeológico, geomorfológico, pedológico, climático, antrópico y otros (Facundo, 1990).

Facundo, (1990). Sostiene que:

Se debe esperar que la infiltración por percolación de las precipitaciones en rocas salinas, origina agua superficiales y subsuperficiales (acuíferas) del tipo cloruradas alcalinas; en los depósitos de yeso o anhidrita, sulfatadas cálcicas en las calizas y dolomías, bicarbonatadas cálcicas o calcio-magnesianas; en las secuencias con abundante piritita, aguas con alto contenido de ión sulfato; en los granitos y otras rocas insolubles ácidas, agua del tipo alcalinas o alcalino-térreas según el catión dominante, mientras que en las rocas ultrabásicas, éstas son bicarbonatadas magnesianas.

Los factores geológicos se relacionan con la litología (composición de los minerales de las rocas), el estado de yacencia de las secuencias estratigráficas, la tectónica, el agrietamiento, la textura y porosidad de las rocas, Etc. La litología determina por lo general, las facies hidroquímicas dominantes en una región determinada; es decir, el típico de agua. Así, por ejemplo, en los terrenos cársicos carbonatados las aguas suelen ser del tipo bicarbonatadas cálcicas. Los aspectos vinculados a la agrietamiento y porosidad de las rocas influyen de manera determinante en el estado de división de las partículas mientras más pequeña sea ésta poseerá mayor superficie y se facilitará la disolución del mineral. Las aguas que drenan a través de rocas calcáreas, muy trituradas por los procesos tectónicos, adquieren un contenido mayor de calcita disuelta que aquellas que drenan a través de calizas más compactas.

En la tabla 13, se puede observar que todas las aguas superficiales de las 6 microcuencas en estudio; osea, el 100%, son agua de tipo bicarbonatadas; y en ion (catión) predominante es el calcio, a excepción de la microcuenca Quebrada Jurupe que el ion (catión) predominante es el sodio, esto como consecuencia porque el aspecto geológico de las microcuencas sobresalen los depósitos superficiales sedimentarios con una litología basada en arenas, limos y calizas bituminosas; características que permiten que al caer las precipitaciones atraviesen estos perfiles y arrojen agua superficiales de tipo bicarbonatadas, donde prevalece el ión (anión) bicarbonato (HCO_3); tal como se puede ver en la tabla 20.

Tabla 23
Concentración de bicarbonato y catión en las Microcuencas

Microcuenca	Bicarbonato (HCO_3), meq/L	Cation meq/L	
		Ca^{2+}	Na^+
Trapazola	1.269	0.94	0.907
Bejuqueria	5.249	3.28	1.175
Jardín	2.293	2.13	1.121
Jurupe	3.467	3.292	3.696
Murciélago	1.785	1.599	1.069
Linda Chara	2.533	2.104	0.914

Fuente: Elaboración propia, 2023

En la presente investigación predominan las aguas bicarbonatadas cálcicas, el pH de estos tipos de agua aguas es siempre alcalino y en cuanto a sus

características organolépticas se trata de aguas incoloras, inodoras, transparentes y su característico sabor alcalino; tal como se puede ver en a tabla 21; características obtenidas de los análisis respectivos.

Tabla 24

Características de las aguas superficiales de las Microcuencas

Microcuenca	pH (Unidad)	Color	Olor	Sabor
Trapazola	8.07	Incoloro transparente	Inodoro	Alcalino
Bejuqueria	8.19	Incoloro transparente	Inodoro	Alcalino
Jardín	8.49	Incoloro transparente	Inodoro	Alcalino
Jurupe	8.06	Incoloro transparente	Inodoro	Alcalino
Murciélago	9.13	Incoloro transparente	Inodoro	Alcalino
Linda Chara	8.59	Incoloro transparente	Inodoro	Alcalino

Fuente: Elaboración propia, 2023

Este tipo de agua bicarbonatadas son muy beneficiosas para la salud ya que están directamente relacionadas con trastornos metabólicos como la obesidad, procesos digestivos como gastritis, dispepsias, hernias de hiato, y cualquier cuadro con acidez y disminución de secreciones biliares y pancreáticas. Contribuyen a regular procesos nerviosos y cuentan con importante efecto antiinflamatorio, también ayudan en afecciones reumáticas, neurálgicas o dermatías.

Por lo tanto, en la presente investigación se aprecia un patrón hidroquímico en el que predominan las aguas bicarbonatadas en un 100%, un 83.3% (5 microcuencas) con prevalencia del ión (catión) calcio; y un 16.3% con predominancia del ión (catión) sodio como es la microcuenca de Quebradas Jurupe. Las aguas superficiales y/o subsuperficiales en las que predominan los iones bicarbonato y sodio (Jurupe) son consideradas jóvenes, poco evolucionadas (Galindo. Etal, 2006).

Las aguas bicarbonatadas sódicas, suelen ser hipertermales por su origen profundo donde predomina el bicarbonato y el sodio; estas aguas suelen utilizarse por vía oral, por su elevado poder alcalinizante, proporcionan un efecto antiácido, neutralizando así el ácido clorhídrico del estómago protegiendo así su mucosa. A nivel intestinal, aumentan la secreción biliar y pancreática, y en relación con el hígado protege los hematocitos es muy buena para los diabéticos por la acción insulómica que tienen, así mismo eliminan el ácido úrico.

4.2.3 Determinar el contexto geológico que influyen sobre la categoría de agua superficial en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.

La categoría de las aguas superficiales, son clasificados de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En las tablas 11, 12, 13, 14 y 15 se pueden apreciar las variaciones de los diferentes parámetros físico-químicos e inorgánicos considerados para ser comparados con los indicadores de estándares de calidad de agua (ECA) considerados en el DS N° 004-2017-MINAM.

Para las seis microcuencas en estudio todos los parámetros no sobrepasan los ECA a excepción de la demanda química de oxígeno (DQO) que sobrepasa los ECA para las microcuencas Trapazola, Bejuquería, Jardín, Jurupe, Murciélago y Linda Chara, para las subcategorías agua potable, recreación, riego de vegetales y bebidas de animales; pero en todas, las aguas son de buena calidad para todos los usos, incluyendo a los usos ya mencionados; los usos para extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales; y para la conservación del medio ambiente

acuático. Asimismo, con respecto al pH, solo las quebradas de las microcuencas Murciélagos y Linda Chara son un poco alcalinas sobrepasando ligeramente los ECA para todos los usos.

4.2.4 Evaluar la cantidad de recursos hídricos de las microcuencas de La Reserva Nacional de Tumbes.

En la presente investigación, se estima que en solo 6 meses de evaluación de los caudales promedios analizados en las 6 microcuencas en estudio se producen en promedio unos 373 Hm³ de agua excelente calidad que al desembocar al Río Puyango – Tumbes se contaminan y se pierden al mar. La mayor masa de agua producida es en la microcuenca de Quebrada Jardín con 116.640 de Hm³ de agua, un 31% del total producido.

La calidad del agua producida en estas microcuencas estudiadas, como en otras ubicadas en la Reserva Nacional de Tumbes, garantiza la supervivencia de mucha fauna silvestre que vive en estos territorios. Por diferentes estudios realizados en la calidad del agua del Río Puyango – Tumbes se demuestra que sus aguas se encuentran contaminadas con metales pesados entre ellos el arsénico, cadmio, fierro, plomo y otros; sin embargo, las aguas de las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes, no están contaminadas, por lo que se puede afirmar que no existe ninguna influencia de las fuentes contaminantes de la Cuenca del Río Puyango – Tumbes sobre todo la minería metálica, ubicada en la Cuenca Alta, de las de los cantones Portovelo – Zaruma.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. Con respecto a la calidad de las aguas superficiales de las 6 microcuencas; cinco de ellas, 83.36% son de calidad C2S1 (Trapazola, Bejuquería, Jardín, Bocana Murciélagos y Linda Chara); y de calidad C3S1, 16.64%, solo una (Jurupe).
2. No existe mayor efecto del contexto geológico en las 6 microcuencas que hagan variar la buena calidad de estas aguas especialmente para su uso agrícola.
3. Con respecto al tipo de las aguas superficiales el 100% son aguas bicarbonatadas; y con respecto a la prevalencia del catión en 5 de ellas (83.33%) prevalece el ión calcio (Trapazola, Bejuquería, Jardín, Murciélagos y Linda Chara); y en una de ellas, el 16.67%, prevalece el ión sodio (Jurupe).
4. Para darse el tipo de aguas bicarbonatadas, se debe a que, el aspecto geológico en las seis microcuencas, destacan los depósitos superficiales sedimentarios con una litología basada en arenas, limos y calizas bituminosa.
5. Con respecto a la categoría de las aguas superficiales de las seis microcuencas todas son de excelente calidad para todos los usos: Agua potable, recreación, riego de vegetales y bebida de animales, extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales; y para la conservación del medio ambiente acuático.
6. No, existe mayor efecto del contexto geológico en las 6 microcuencas que hagan variar la categoría de las aguas superficiales.

7. Existe gran cantidad de agua, en las microcuencas de Reserva Nacional de Tumbes; solo para seis analizadas, y para una época húmeda (enero-julio), aproximadamente unos 373 Hm³ de agua de excelente calidad que se arroja al Río Puyango – Tumbes, contaminándose y perdiéndose en el Océano Pacífico.
8. No existe relación entre el caudal y la variación de los principales elementos químicos analizados.
9. No existe influencia de las fuentes contaminantes de la Cuenca del Río Puyango – Tumbes, principalmente de la minería metálica, sobre las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. Si estas aguas se usaran para el riego de cultivos, es necesario aplicar volúmenes mayores a los requeridos por la planta por ser en su mayoría aguas de salinidad media.
2. En lo posible según las recomendaciones de los técnicos porque al ser aguas bicarbonatadas existe un riesgo de alcalinización si son usados para el riego de cultivos.
3. De requerir usar estas aguas para uso doméstico, previa potabilización es necesario el uso de tratamientos convencionales de potabilización (floculación, sedimentación, filtración y desinfección).
4. Este trabajo de investigación debe repetirse en otras fuentes de agua superficial de la Reserva Nacional de Tumbes, dada la importante vida Silvestre que existe como venado gris (*Odocoileus virginianus*), la ardilla de nuca blanca (*Sciurus Stramineus*), la nutria de Noroeste (*Lontra longicaudis*), el mono coto de Tumbes (*Alouatta palliata*), el jaguar (*Panthera onca*) y el huamburushu (*Leopardus wiedii*), especies endémicas de aves (perico pachaloro, el perico macareño), cocodrilo de Tumbes, machín blanco, pava aliblanca, el hormiguero, el gavilán norteño, la urraca, el hornero, Etc.
5. Se deberían plantear pequeños proyectos hidráulicos y dar un mejor uso al agua de las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes, ya sea para fines domésticos o agroselvapastoriles.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1. Bibliografía

- ANA (2015). Plan de gestión de los recursos hídricos de la Cuenca Tumbes.
- Arvisa, V. J. et al (2002). Ingeniería Rural: Hidráulica. Departamento de Ingeniería Rural y Agrolimentaria. Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología – Universidad Politécnica de Valencia. Editorial UPV.
- Carrasco, S. (2019). Metodología de la Investigación Científica - Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Editorial San Marcos E.I.R.L. – Lima.
- Crespo, C. N. (2021). Problemática de la gestión de la Áreas Naturales Protegidas de México: un análisis en las Reservas de la Biósfera de los Tuxtlas y los Petenes. Estudios e Investigaciones. Ediciones Complutense. Anales de Geografía de la Universidad Complutense. México.
- Cutipa, N. et al. (2021); en su investigación “Estudios de línea base geoambiental de las Subcuencas Vilcabamba, Santo Tomás y Alto Apurímac (Cuzco – Apurímac). Boletín N° 1. Repositorio Institucional INGEMMET – Boletines Geológicos – Boletín INGEMMET - Serie N: Línea de Base Geoambiental.
- Davis, S. et al. (1971). Hidrogeología. Ediciones Ariel. Ediciones lengua castellana. Barcelona.
- DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecer disposiciones complementarias.

- Facundo J.R. (1990), “Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales. Efecto de los factores geológicos hidrogeológicos y ambientales”, *Hidrogeología*. 5:33-46, 1990a
- Facundo J.R. (1990), Propiedades físico-químicas de las aguas minerales y origen de su composición – Conferencia 3 – Centro nacional de Termalismo “Victro Santamarina”
- Fuentes, J.L. (2003). Técnicas de riego. 4^{ta} Edición revisada ampliada. Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones MUNDI – PRENSA. Madrid – España.
- Galindo E.M.; Del Pozo J.A.; J.A. Díaz; S. Castaño; B Martí y J.L. Guerra. Caracterización geoquímica del agua subterránea en la zona de Canaria 9 pp. Instituto Geológico y Minero de España, 2006.
- Inspección técnica de línea base geoambiental de la Cuenca del Río Puyango – Tumbes (Lado Peruano) (INGEMMET, 2020).
- Martínez, P. et al (2006). Fundamentos de Hidrogeología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. México.
- Plascencia, S. (2015). Identificación de prioridades de manejo personal para el área natural protegida “Isla Cerralvo en el Golfo de California”. Tesis para obtener grado de maestro en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur.
- Sistema *Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado*. (s. f.). Campañas - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - Plataforma del Estado Peruano.
<https://www.gob.pe/institucion/sernanp/campa%C3%B1as/4340-sistema-nacional-de-areas-naturales-protegidas-por-el-estado>
- Suarez, S. F. (2018). Propuesta de gestión ambiental en áreas protegidas “Reserva Bosque del Silencio”. Tesis magister en Gestión Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad De Estudios Ambientales Y Rurales. Colombia.
- Vásquez A. (2000). Manejo de Cuencas Altoandinas. Tomo 1. Universidad Nacional Agraria La Molina – Lima

Villón, M. (2002). Hidrología. Edición 1. Editorial: tecnología de Costa Rica. 216 pg.

Zarza, L. F. (s. f.). Laura F. Zarza. iAgua. <https://www.iagua.es/usuarios/laura-f-zarza>

Zevallos, S. (2018). Calidad del agua, Bioacumulación de Metales Pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac. Tesis para optar el grado de maestro en Sanidad Acuícola. Universidad Peruana Cayetano Heredia – Lima.

Paz, A. J. (2018). Un Tercio de las áreas protegidas en el mundo están bajo fuerte presión humana

SINANPE - Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
<https://www.gob.pe/institucion/sernanp/campañas/4340-sistema-nacional-de-areas-naturales-protegidas-por-el-estado>

<https://es.mongabay.com/2018/areas-protegidas-amenazadas-por-el-hombre>

<https://www.caldaria.es/aguas-bicarbonatadas/>

<https://www.facsa.com/metales-pesados/>

<https://www.gob.pe/institucion/sernanp/colecciones>

<https://www.grn.cl/estudios-ambientales.html>

<https://www.hannacolombia.com>

<https://www.hidromed.org/hm/index.php/el-agua/aguas-bicarbonatadas>

<https://www.redalyc.org/pdf>

<https://blog.redbus.pe/naturaleza/lista-reservas-nacionales>

<https://www.sernageomin.cl/feria-peligros>

<https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/contaminantes-antropogenicos/>

<https://www.sparelajarse.com/es/salud-bienestar/tipos-de-agua-termal-por-temperatura-y-composicion>

I. ANEXOS

Anexo 1: Requisitos para la presentación de muestras de agua según los parámetros correspondientes.

Parámetro	Tipo de frasco	Volumen de muestra	Preservación	Tiempo de almacenamiento
Color	Plástico (P)	500 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
	Vidrio (V)			
Conductividad	P o V	500 ml	Refrigerar a 4°C	28 días
Turbiedad	P o V	100 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
Alcalinidad	P o V	50 ml	Refrigerar a 4°C	6 meses
Dureza	P o V	100 ml	Agregar HNO ₃	6 meses
Sólidos	P o V	1000 ml	Refrigerar a 4°C	2-7 días
Sulfatos	P o V	100 ml	Refrigerar a 4°C	25 días
DBO	P o V	1 L	Refrigerar a 4°C	24 horas
DQO	P o V	10 ml	Agregar H ₂ SO ₄	28 días
Metales (As, Pb)	P o V	500 ml	Agregar HNO ₃	6 meses

Anexo 2: Matriz de Consistencia

Título	Problema General y Específicos	Objetivo General y Específicos	Hipótesis General y Específicas	Variables e indicadores	Diseño de Investigación	Métodos y técnicas de Investigación	Población y Muestra de Estudio
Influencia del contexto geológico en la calidad del agua superficial: caso Reserva Nacional de Tumbes, Tumbes 2022.	<p>Problema General</p> <p>¿Existe influencia del contexto geológico en la calidad del agua superficial: caso Reserva Nacional de Tumbes?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>-En la Reserva Nacional de Tumbes, influye el contexto geológico sobre la calidad del agua superficial.</p> <p>-En la Reserva Nacional de</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la influencia del contexto geológico en la calidad del agua superficial: caso Reserva Nacional de Tumbes.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>- Determinar el contexto geológico que influyen sobre la calidad del agua superficial en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.</p> <p>- Determinar el contexto geológico que influyen sobre los tipos de agua superficial en las</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Existe influencia significativa del contexto geológico en la calidad del agua superficial: caso Reserva Nacional de Tumbes.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>- El contexto geológico presente en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes influye significativamente en la calidad del agua superficial.</p> <p>- El contexto geológico presente</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Contexto Geológico</p> <p>Variable dependiente</p> <p>En base a los resultados de variable dependiente, se verá la influencia en el Calidad del Agua Superficial, Tipo del Agua Superficial y la Categoría del agua superficial; que serán las variables dependientes.</p>	<p>La presente investigación se planteará en un DISEÑO PREEXPERIMENTAL; el grado de control será mínimo y no cumplirá con los requisitos de un verdadero experimento; y será un diseño preexperimental con una sola medición.</p> <p>Se dice que este diseño no cumple con los requisitos de un verdadero experimento</p>	<p>Método</p> <p>Los trabajos se realizarán una escala regional en base a las interpretaciones y registros de los trabajos de campo, considerando como unidad de análisis las unidades hidrográficas que se encuentran dentro de la zona de estudio (Mapa 01). Los trabajos geológicos de campo consistirán en inventario y toma de muestras en temporadas de avenida y estiaje de las estaciones de muestreo de los recursos hídricos superficiales, estaciones basados en una malla de muestreo (mapa 01) realizada en base a las características geológicas, red de drenaje, actividades económicas, infraestructura hidráulica entre</p>	<p>Población</p> <p>En la Reserva Nacional de Tumbes se han identificado 9 microcuencas tal como se muestra en la tabla 2.</p> <p>Muestra</p> <p>Será una muestra NO PROBABILÍSTICA, porque no todos los elementos de la población tendrán la probabilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra. Será una muestra NO PROBABILÍSTICA INTENCIONADA, porque seleccionará la microcuenca según el propio criterio del investigador, sin ninguna regla matemática o estadística, se procurará que sea la más representativa posible (Tengan agua superficial todo el año).</p>

Título	Problema General y Específicos	Objetivo General y Específicos	Hipótesis General y Específicas	Variables e indicadores	Diseño de Investigación	Métodos y técnicas de Investigación	Población y Muestra de Estudio
	<p>Tumbes, influye el contexto geológico sobre los tipos de agua superficial.</p> <p>-En la Reserva Nacional de Tumbes, influye el contexto geológico sobre las categorías de agua superficial.</p> <p>-Existe suficiente cantidad de recursos hídricos en la Reserva Nacional de Tumbes que no están siendo bien aprovechadas y se pierden al</p>	<p>microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.</p> <p>- Determinar el contexto geológico que influyen sobre las categorías de agua superficial en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.</p> <p>- Evaluar la cantidad de recursos hídricos de las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes.</p> <p>Figura 1: Diagrama de Riverside</p>	<p>en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes influye significativamente en los tipos del agua superficial.</p> <p>- El contexto geológico presente en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes influye significativamente en las categorías del agua superficial.</p> <p>- Existe suficiente cantidad de recursos hídricos en las microcuencas de la Reserva Nacional de Tumbes que se pierden al mar a través del cauce del</p>	<p>Indicadores</p> <p>Categoría 1: Poblacional y Recreacional</p> <p>Sub categoría A: Agua Potable</p> <p>Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación</p> <p>Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales</p> <p>Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.</p> <p>Categoría 4: Conservación del</p>	<p>porque no ha manipulación de la variable independiente (Contexto Geológico); tampoco hay una referencia previa de cuál era su estado antes de la aplicación del estímulo, el nivel que tenía el grupo en la variable dependiente, ni grupo de comparación (tipo de agua superficial, calidad del agua superficial y categoría del agua superficial). El diseño adolece de los defectos de los</p>	<p>otros. Los trabajos de campo consistirán en la medición in situ de las principales de parámetros físico-químicos y tomando muestras de aguas según los protocolos de muestreo establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y EPA (Agencia de protección ambiental), ANA (Autoridad Nacional del Agua). Paralelamente al muestreo se realizará el reconocimiento y caracterización de las formaciones geológicas circundantes a las estaciones de muestreo.</p> <p>Los análisis de las muestras se realizarán en laboratorio acreditado, consistiendo en la identificación de aniones, metales totales y disueltos. Además, con la finalidad de realizar un control y</p>	<p>En la table 3 se observa las microcuencas elegidas como muestras.</p> <p>Muestreo</p> <p>En la presente investigación se tendrá en especial cuidado en el muestreo del agua superficial, así como en los suelos y/o rocas para la realización de los análisis respectivos, las muestras serán relevantes y representativas de las microcuencas en estudio, a fin de garantizar que los resultados sean óptimos y confiables en los análisis. Las muestras a obtener serán simples y puntuales recolectadas en un determinado lugar y tiempo específico. La frecuencia de muestreo será en dos épocas; época seca (noviembre y diciembre) y época húmeda (enero – febrero).</p>

Título	Problema General y Específicos	Objetivo General y Específicos	Hipótesis General y Específicas	Variables e indicadores	Diseño de Investigación	Métodos y técnicas de Investigación	Población y Muestra de Estudio
	mar a través del cauce del río Binacional Puyango Tumbes.		río Binacional Puyango Tumbes.	ambiente acuático.	requisitos para lograr el control experimental (tener varios grupos de comparación). No se pueden establecer causalidad con certeza, y tampoco se pueden controlar las fuentes de invalidación interna (Carrasco, 2019); su	aseguramiento de calidad, tanto del trabajo de campo como del reporte de los análisis de laboratorio, se tomarán duplicados, blancos de campo y estándares, los cuales se incluirán en el grupo de muestras enviadas al laboratorio. Los resultados de los análisis físico-químicos y químicos se representarán en gráficos hidroquímicos, con el apoyo de los softwares AquaChem V 9.0 y ArcGis 10.6, estos gráficos son la compilación y presentación de los datos de composición y características químicas, para obtener una visualización simple y más completa (Porras, et al., 1985 a). La calidad natural del agua se analizará en dos fases, primero se comparará las características físico- químicas y resultados analíticos con los	En cada microcuenca de estudio, se determinará su área, localización, su relieve, su vegetación, sus tipos de suelos, rocas, hidrografía, áreas económicas para y/o con agricultura, ganadería, forestal, Etc.; así como sus datos climáticos. Los puntos de muestreo serán en la cabecera de microcuenca, al medio de la microcuenca y en su desembocadura; si hubieran muestras para consumo humano, el punto de muestreo será en el lugar exacto de captación. Las muestras serán identificadas con: código del punto de muestra, fecha y hora de recolección, tipo de agua y/o suelos, procedencia, lugar de recolección, nombre del recolector, preservación realizada; todo esto bien rotulado

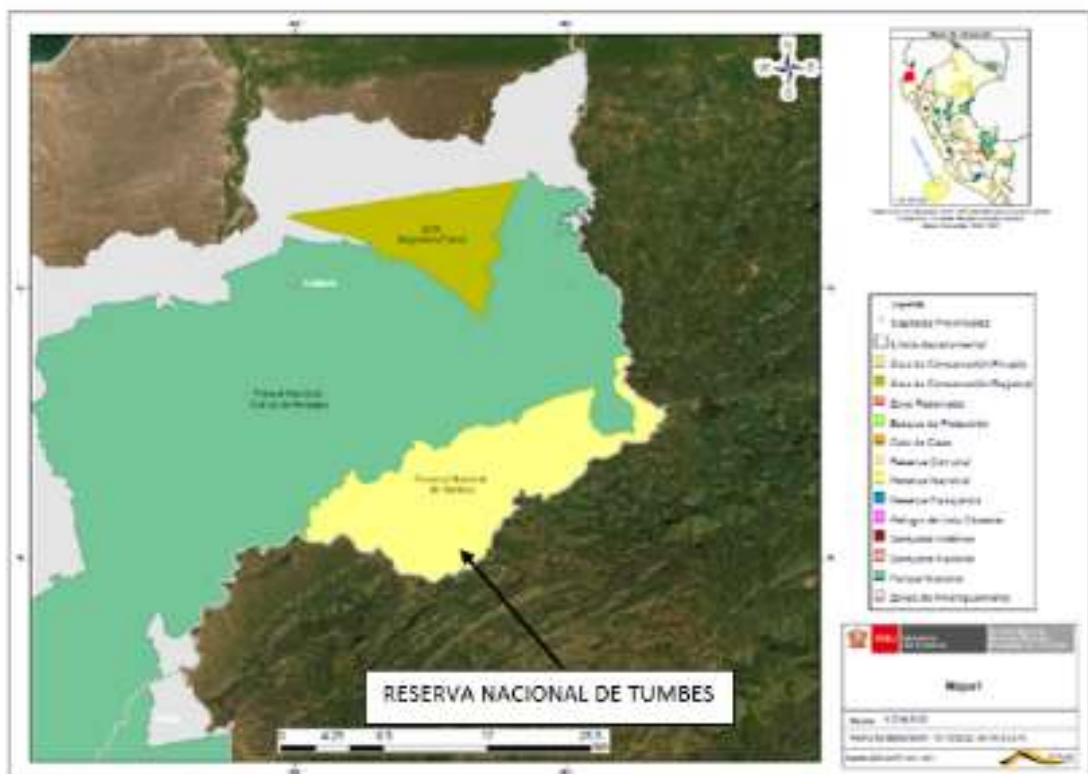
				<p>diagrama es el siguiente:</p> <p>G= Grupo de aguas superficiales de las diferentes microcuencas.</p> <p>X= Análisis de laboratorio.</p> <p>O= Observación del resultado de laboratorio.</p> <div style="border: 1px solid black; width: fit-content; margin: 10px auto; padding: 2px;">G X O</div>	<p>ECAS, obteniendo el índice de riesgo de contaminación (HQ); finalmente se analizará el Índice de Calidad (ICA) bajo la metodología establecida por la ANA.</p> <p>El análisis estadístico se realizará mediante el análisis exploratorio de datos (AED) y estadística descriptiva, para ello se tomarán las concentraciones de metales disueltos, pues nos brindan las características propias del agua y se puede medir mejor la variación de la concentración en los cauces.</p> <p>Técnica</p> <p>Para la recolección de información se recurrirá a la técnica de análisis documental y entre ellos los documentos escritos como libros, textos, informes científicos, proyectos, informes oficiales, decretos, leyes, Etc. (Carrasco, 2019).</p> <p>Para la recolección de datos, se usará la técnica de la</p>	<p>en los frascos. Se recolectará en dirección opuesta el flujo del recurso hídrico; primero aguas abajo y después aguas arriba. Se tendría cuidado que la muestra sea tomada de los centros del cauce.</p> <p>Las muestras para análisis general, DBO5 y de metales se tomarán al ras (que no contenga burbujas); para análisis biológicos se abre la tapa dentro del agua y se llena el frasco hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad y se tapa dentro del agua; preservar las muestras si el caso así lo requiere.</p> <p>Todas las muestras en frascos tapados se colocan en el coolers con ice pack o hielo en la sombra mientras dura el muestreo y transporte a laboratorio. La preservación de ser necesaria incluirá control de pH, adición de reactivos, refrigeración y otros (ver anexo). Las muestras se deben entregar al Laboratorio lo más antes posible después de</p>
--	--	--	--	---	---	---

Título	Problema General y Específicos	Objetivo General y Específicos	Hipótesis General y Específicas	Variables e indicadores	Diseño de Investigación	Métodos y técnicas de Investigación	Población y Muestra de Estudio
						observación, como proceso intencional de captación de las características, cualidades y propiedades del objeto de estudio, como son las aguas superficiales de las tres microcuencas en estudio (Carrasco, 2019).	recolectadas, en el transcurso de 24 horas como máximo.

Anexo 3: Ubicación



Mapa de la zona reservada de Tumbes



Anexo 4: Álbum de fotos

Foto 01 Y 02: Quebrada Trapazola



Foto 03 Y 04: Quebrada Trapazola (Estiaje)



Foto 05 Y 06: Quebrada Limones (Bejuquería)



Foto 07 Y 08: Quebrada Jardín



Foto 09 Y 10: Quebrada Jurupe

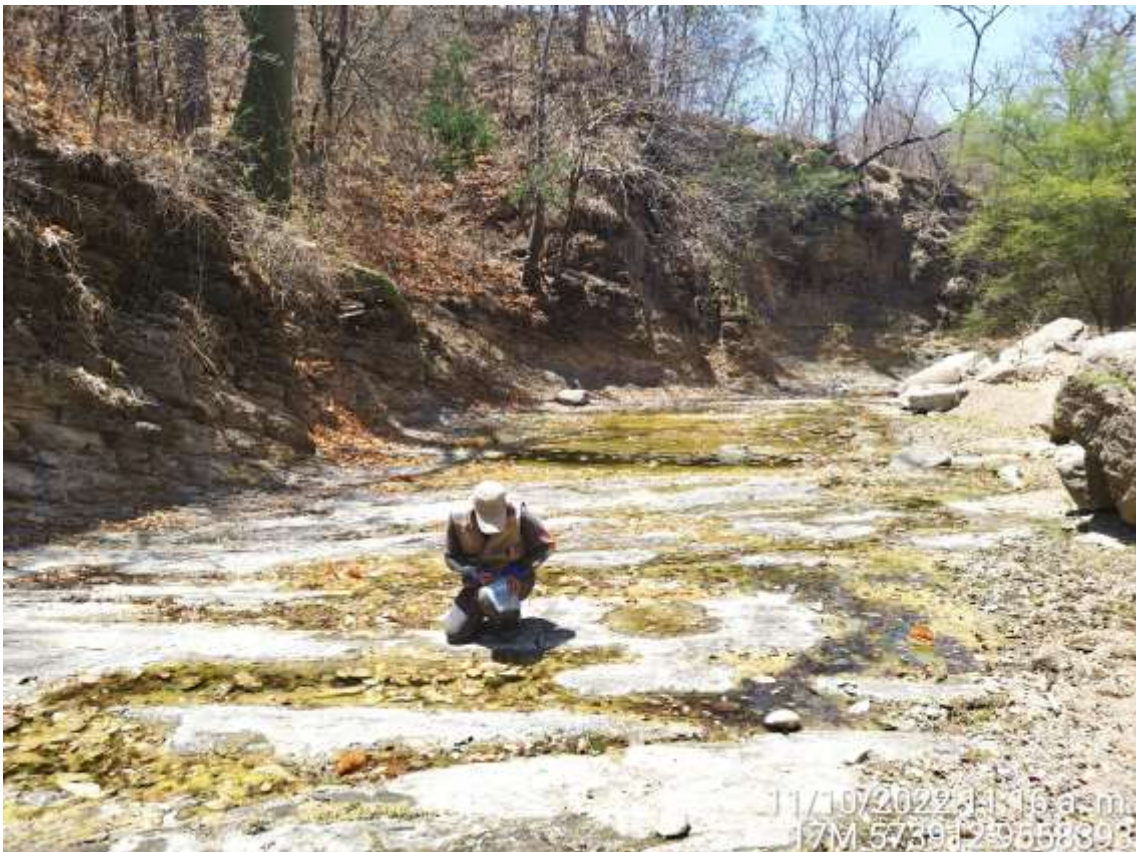


Foto 11 Y 12: Quebrada Bocana Murciélago



Foto 13 Y 14: Quebrada Linda Chara



Anexo 5: DS N° 004-2017-MINAM (ECA)

10

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 /  El Peruano

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Típacaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitros (NO ₂) (c)	mg/L	50	50	50
Nitros (NO ₃) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco-N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₆ - C ₁₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)		1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromodlorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
RTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Perilclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Melebilón	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N* Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copepodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N* Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N (NO₂-N), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO₂).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{E_{\text{CAcloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{E_{\text{CADibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{E_{\text{CABromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{E_{\text{CABromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitrosos (NO ₂ -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Beñío	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Niquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N* Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N* Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella spp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala PtCo	100 (e)	100 (e)	**	100 (e)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Taño	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoniaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0,1	0,1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(µS/cm)		2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0,2	0,5
Fenoles	mg/L		0,002	0,01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitritos (NO ₂ -N) + Nitritos (NO ₃ -N)	mg/L		100	100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L		1 000	1 000
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L		5	5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L		0,1	0,2
Bario	mg/L		0,7	**
Berilio	mg/L		0,1	0,1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0,01	0,05
Cobre	mg/L		0,2	0,5
Cobalto	mg/L		0,05	1
Cromo Total	mg/L		0,1	1
Hierro	mg/L		5	**
Litio	mg/L		2,5	2,5
Magnesio	mg/L		**	250
Manganeso	mg/L		0,2	0,2
Mercurio	mg/L		0,001	0,01
Níquel	mg/L		0,2	1
Plomo	mg/L		0,05	0,05
Selenio	mg/L		0,02	0,05
Zinc	mg/L		2	24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L		0,04	0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L		35	35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L		0,004	0,7
Clordano	µg/L		0,006	7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L		0,001	30
Dieldrin	µg/L		0,5	0,5
Endosulfán	µg/L		0,01	0,01
Endrin	µg/L		0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L		0,01	0,03
Lindeno	µg/L		4	4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L		1	11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml		1 000	2 000
Escherichia coli	NMP/100 ml		1 000	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L		1	1

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitrato (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Telurio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
RIEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paraatión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	Ef: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
 - (b) Después de la filtración simple.
 - (c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).
- Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- (1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- (2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoniac Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniac-N ($\text{NH}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoniac (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.
- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.
- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

Anexo 6: Análisis de datos

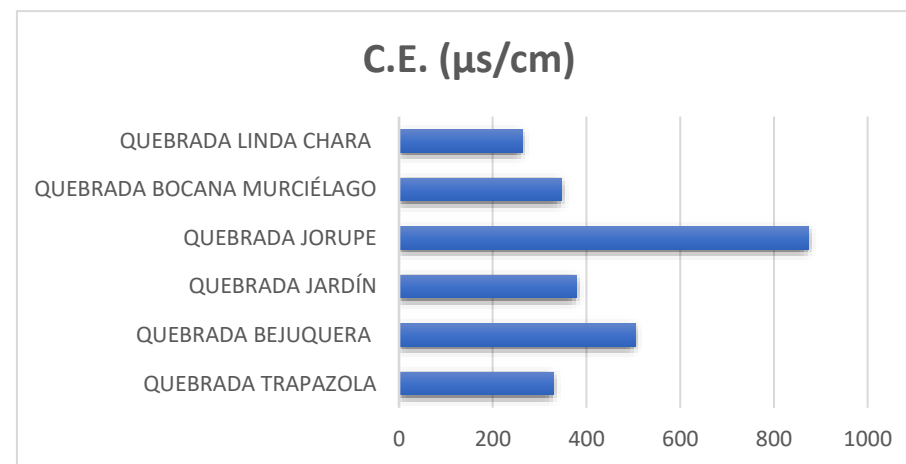
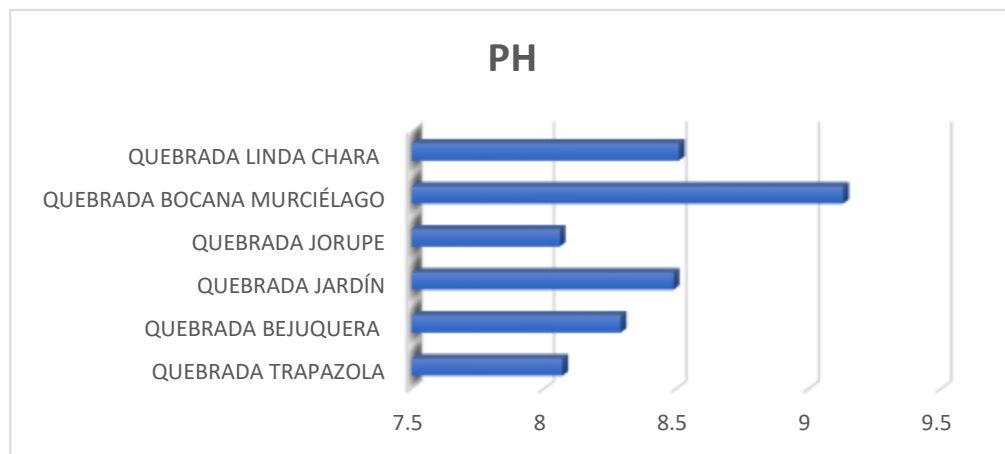
Nombre de Microcuenca		Calidad de agua	Parámetro Evaluado	Descripción Litológico
1	Quebrada Jardín	C ₂ S ₁	La turbidez de 4.86 NTU, valor cercano al mínimo de 5 NTU que exige la OMS para considerarla de uso humano, esto puede ser debido que existe una pequeña población rural asentada , así como pastoreo libre de animales, que aún sin existir actividades antropomórficas ni alteraciones geológicas de consideración.	Confirmar que no existen efecto del contexto geológico , que hagan variar la calidad de esta agua de la microcuenca de la quebrada Jardín; además se debe agregar que existen pocos riesgos de posible contaminación, no hay basurales a su alrededor, si existe un limitado pastoreo, no existen letrinas ni silos, no existen pasivos ambientales y no hay alteraciones geológicas en su área.
2	Quebrada Jorupe	C ₃ S ₁	La turbidez de sus aguas es de 9.80 NTU, valor muy por encima de lo recomendado por la OMS, que es de 5 NTU lo que quiere decir que existe presencia de partículas suspendidas, así como presencia de algas y plantas, lo que no se recomendaría para consumo humano directo.	Una característica importante de las calizas es que contienen (CaCO₃) y dolomita (Ca, Mg (CO₃)); que debe ser el origen de su alta salinidad; por lo que se puede indicar que si existe un contexto geológico que está haciendo variar la calidad del agua superficial de esta microcuenca; pero los riesgos no son mayores dado que no existen basurales, no existen letrinas ni silos, no hay actividades antropomórficas que hagan peligrar aún más su calidad, así como no existen alteraciones geológicas en su microcuenca.
3	Quebrada Limones (Bejuquera)	C ₂ S ₁	La turbidez de 0.68 NTU, muy por debajo del límite 5 NTU recomendado por la OMS para consumo humano	No existe un contexto geológico, que permitan hacer variar la calidad de esta agua superficial; más aún cuando no se encuentran basurales, no existe pastoreo libre de animales, no existen alteraciones geológicas; pero sí existe un potencial futuro de contaminación por estar agua asentándose alguna población rural, a pesar que a la fecha no existen actividades antrópicas de consideración
4	Quebrada Bocana Murciélagos	C ₂ S ₁	La turbidez es de 4.39 NTU, por debajo del 5 NTU recomendado por la OMS para el consumo humano; lo que permite indicar que no existe presencia de partículas suspendidas, precipitados ni algas ni plantas	Predomina la litología caliza bituminosa, que nos dan suficientes indicios de la presencia de minerales de calcita (CaCO₃) y dolomita (Ca, Mg (CO₃)); que nos permite intuir sus grandes riesgos de salinidad y la presencia de algunos otros minerales por existir una actividad antropomórfica muy peligrosa como es la minería; actividad que nos permite indicar que sí existe un contexto geológico que podría hacer variar la calidad de esta agua superficial; a pesar que no hay existencia de basurales, letrinas o silos, pasivos ambientales, ni alteraciones geológicas en su área.
5	Quebrada Linda Chara	C ₂ S ₁	LA turbidez de 16.69 NTU, muy excesiva por encima del valor máximo de 5 NTU para consumo humano recomendado por la OMS, imposible de su uso para consumo humano en forma directa; dado que existen muchas partículas suspendidas, presencia de algas y plantas, y regular ganadería lo que la ubica, como un agua con alto riesgo de contaminación.	Presencia de areniscas lo que lo ubican con buenas condiciones estructurales y texturales para tener un buen filtro natural; lo que favorece también que no hay basurales, no hay letrinas ni silos, no existen pasivos ambientales, así como no existen alteraciones geológicas en el área; lo que se puede indicar que no existen en el contexto geológico acciones que podrían variar la calidad de esta agua superficial.
6	Quebrada Trapazola	C ₂ S ₁	La turbidez de 4,28 NTU, está ligeramente por debajo del valor 5 NTU que es el límite máximo según la OMS los que quiere decir que existe poca presencia de partículas suspendidas y por tanto menor posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos,	Su aspecto geológico un depósito superficial a base de sedimentos areniscas con canales conglomerádicas; lo que permite intuir que no existe un contexto geológico , sean naturales y/o factores externos o antropomórficos que hagan variar la calidad del agua

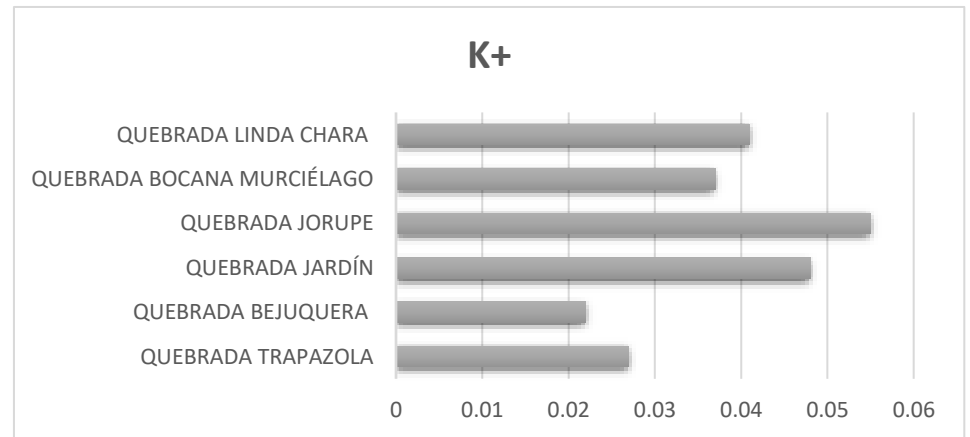
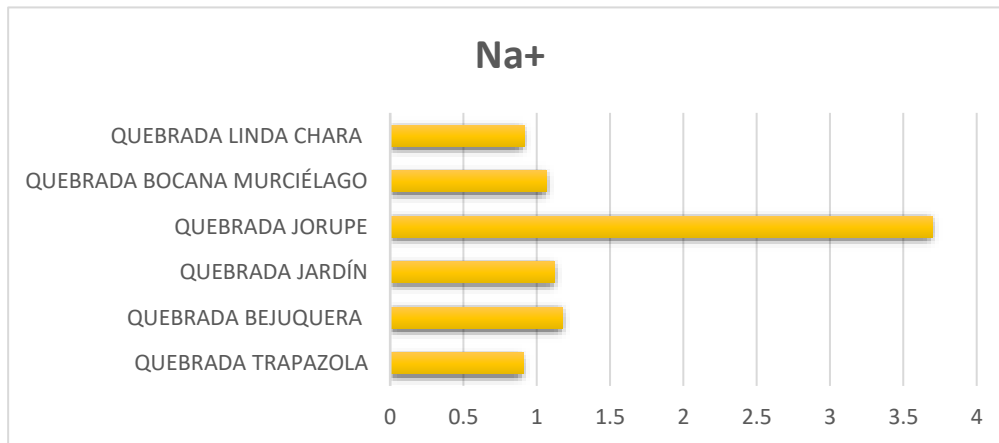
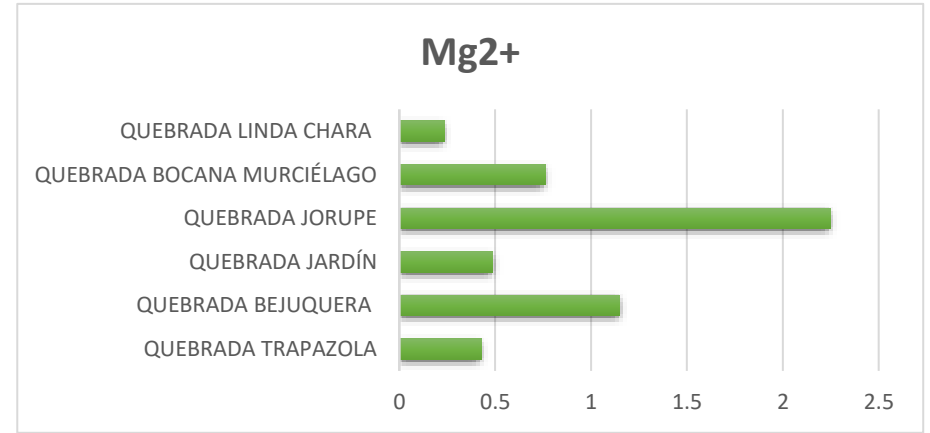
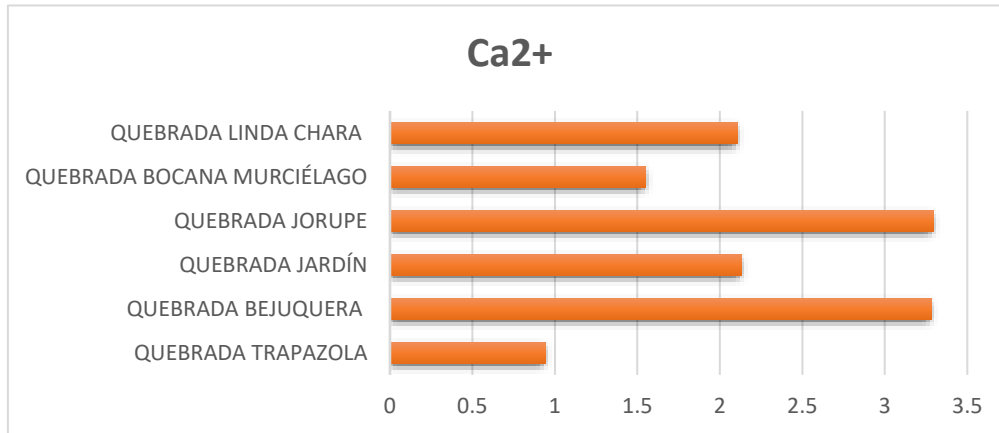
Aspectos Geológicos de Microcuencas					
Nombre de Microcuenca		Aspecto Geológico	Edad	Descripción Litológico	Litología Predominante
1	Quebrada Jardín	Sedimentario	Cretácico Superior	Lutitas gris verdosas a gris oscuras intercaladas con areniscas limolíticas y limoarcillitas. Conglomerados grises con clastos de rocas	Areniscas - Conglomerado
2	Quebrada Jorupe	Sedimentario	Cretácico Superior	Lutitas gris oscuras a gris verdosas intercaladas con niveles de calizas grises y areniscas finas gris claro.	Lutita, caliza, arenisca
3	Quebrada Limones (Bejuquera)	Depósito Superficial / Sedimentario	Cretácico Superior	Areniscas con canales conglomerádicos, se intercalan esporádicamente con arcillitas y limolitas oscuras, la secuencia termina con areniscas gris verdosas de grano mediano	Arenisca, arcillita, limolita
4	Quebrada Bocana Murciélagos	Sedimentario	Cretácico Superior	Lutitas negras a gris oscuras carbonosas intercaladas con areniscas calcáreas de grano fino en estratos delgados de 20 a 30 cms limolitas negras y areniscas arcóscicas con matriz calcárea.	Calizas bituminosas, Lutita, arenisca, limolita, arcósica
5	Quebrada Linda Chara	Sedimentario	Cretácico Superior	Lutitas negras carbonosa, calcilutitas en capas delgadas	Conglomerados, Lutita
6	Quebrada Trapazola	Depósito Superficial	Cretácico Inferior	Conglomerados con clastos principalmente de cuarzo y cuarcitas y en menor proporción clastos de intrusivos y filitas. Los clastos tienen entre 1 a 20cm. de diámetro en matriz de arenisca cuarzosa de grano grueso.	Arenas, limos, Conglomerado, arenisca cuarzosa

Localización de Microcuencas para Análisis de Muestras							
Nombre de Microcuenca	Toma de Muestra		Cota (m.s.n.m)	Área de Cuenca	Perímetro de Cuenca	Longitud de Cauce	
	Sistema de Proyección UTM WGS 84 – Zona 17S						
	Este	Norte					
1	Quebrada Jardín	572776	9558857	177	31.00 Km2	25.20 Km	14.53 Km
2	Quebrada Jorupe	573937	9558480	181	18.40 Km2	21.90 Km	10.40 Km
3	Quebrada Limones (Bejuquera)	574932	9557824	214	0.64 Km2	3.31 Km	1.30 Km
4	Quebrada Bocana Murciélago	590894	9566168	253	83.40 Km2	44.80 km	18.88 Km

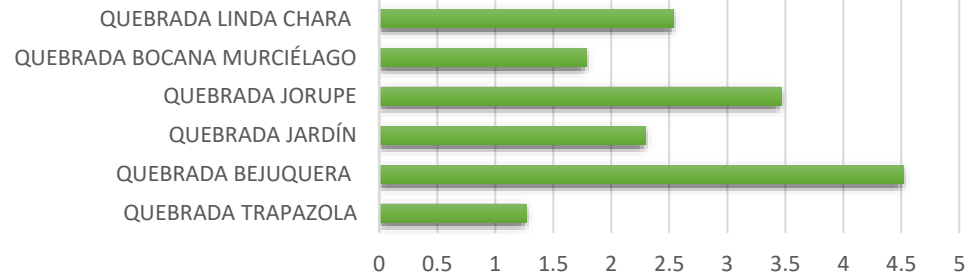
5	Quebrada Linda Chara II	595154	9567984	375	10.90 Km2	13.30 Km	4.50 Km
6	Quebrada Trapazola	596788	9570181	269	17.30 Km2	19.20 Km	8.50 Km

NOMBRE DE LUGAR DE ANÁLISIS	pH	CE	T	Cationes meq/L				Aniones meq/L				Calidad de agua	Observaciones	Descripción Litológico
	Und.	µs/cm	°C	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl			
QUEBRADA TRAPAZOLA	8.07	330.1	26.4	0.94	0.428	0.907	0.027	1.269	0.01	0.188	0.28	C ₂ S ₁	Salinidad Media y Bajo contenido Sodio. Uso sin restricciones.	Arenas, limos, Conglomerado, arenisca cuarzosa
QUEBRADA BEJUQUERA	8.29	504.4	24	3.28	1.149	1.175	0.022	4.52	0.01	0.667	0.28	C ₂ S ₁	Salinidad Media y Bajo contenido Sodio. Uso sin restricciones	Areniscas con canales conglomeradicos, arcillita, limolita
QUEBRADA JARDÍN	8.49	379.5	26.6	2.13	0.488	1.121	0.048	2.293	0.01	0.653	0.547	C ₂ S ₁	Salinidad Media y Bajo contenido Sodio. Uso sin restricciones.	Areniscas conglomeradicas
QUEBRADA JORUPE	8.06	874.1	-	3.292	2.248	3.696	0.055	3.467	0.01	3.449	1.706	C ₃ S ₁	Salinidad Alta y Bajo contenido Sodio. Uso con Moderada restricción.	Calizas bituminosas intercalado con arenisacas
QUEBRADA BOCANA MURCIÉLAGO	9.13	347.7	19.2	1.549	0.761	1.069	0.037	1.785	0.143	0.962	0.634	C ₂ S ₁	Salinidad Media y Bajo contenido Sodio. Uso sin restricciones.	Calizas bituminosas, Lutita, arenisca, limolita, arcósica
QUEBRADA LINDA CHARA	8.51	262.7	20	2.104	0.234	0.914	0.041	2.533	0.01	0.339	0.379	C ₂ S ₁	Salinidad Media y Bajo contenido Sodio. Uso sin restricciones.	Conglomerados en ambas margenes de la quebrada, areniscas, Lutitas

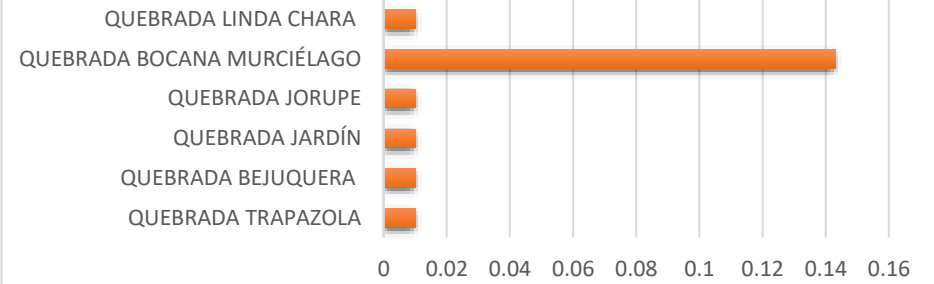




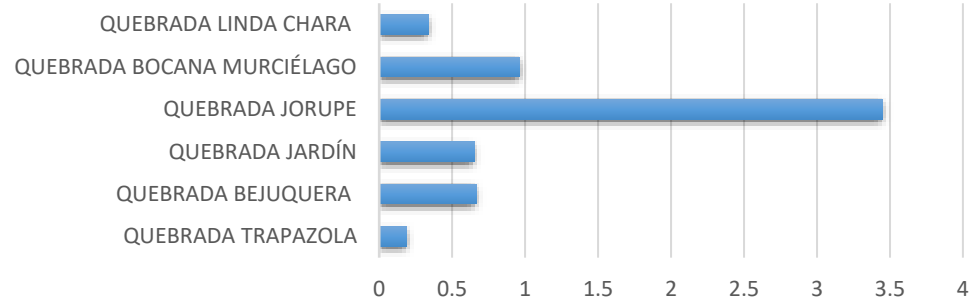
HCO3



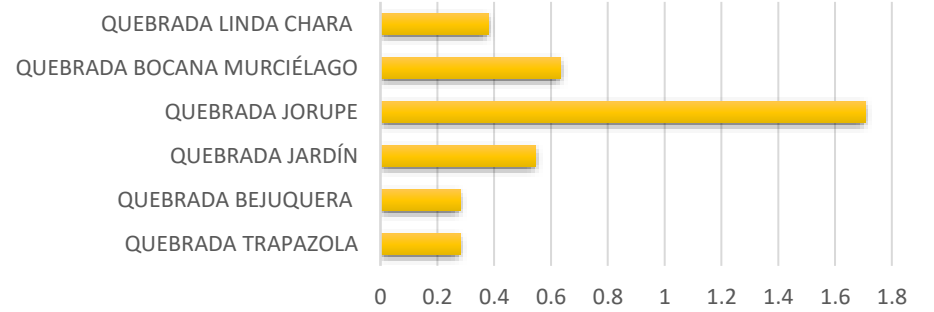
CO3



SO4



Cl



Parámetros	Unid.	INDICADORES ECA			MICROCUENCAS (Quebradas)					
		A ₁	A ₂	A ₃	Trapazola	Bejuquera	Jardín	Jorupe	Bocana Murciélago	Linda Chara
Físico										
Químicos										
Cloruros	mg/L	250	250	250	9.922	9.84	19.405	60.48	22.475	13.452
CE	µS/cm	1500	1600	-	330.1	504.4	379.5	874.1	347.7	262.7
DBO5	mg/L	3	5	10	7.69	8.06	8.8	8	8.03	8.48
DQO	mg/L	10	20	30	96.8	97.66	113.3	96.6	98.6	101.3
pH	Unid.	6.5–8.5	5.5–9.0	5.5–9.0	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51
SDT	mg/L	1000	1000	1000	162.3	247.6	186.5	428.8	174.3	129.2
T	°C	Δ3	Δ3	-	26.4	22	26.6	-	19.2	20
Turbiedad	UNT	-	100	-	4.28	6	4.86	9.8	4.39	16.69
Sulfatos	mg/L	250	500	-	9.04	32	31.33	165.57	46.18	16.26
Inorgánico										
- Boro	mg/L	2.4	2.4	2.4	0.022	0.25	0.028	0.072	0.041	0.015
- Cadmio	mg/L	0.03	0.05	0.01	<0.00001	0.00002	<0.00001	0.00006	0.00001	0.00003
- Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.05	<0.0002	0.0004	0.0005	<0.0002	<0.0002	<0.0002

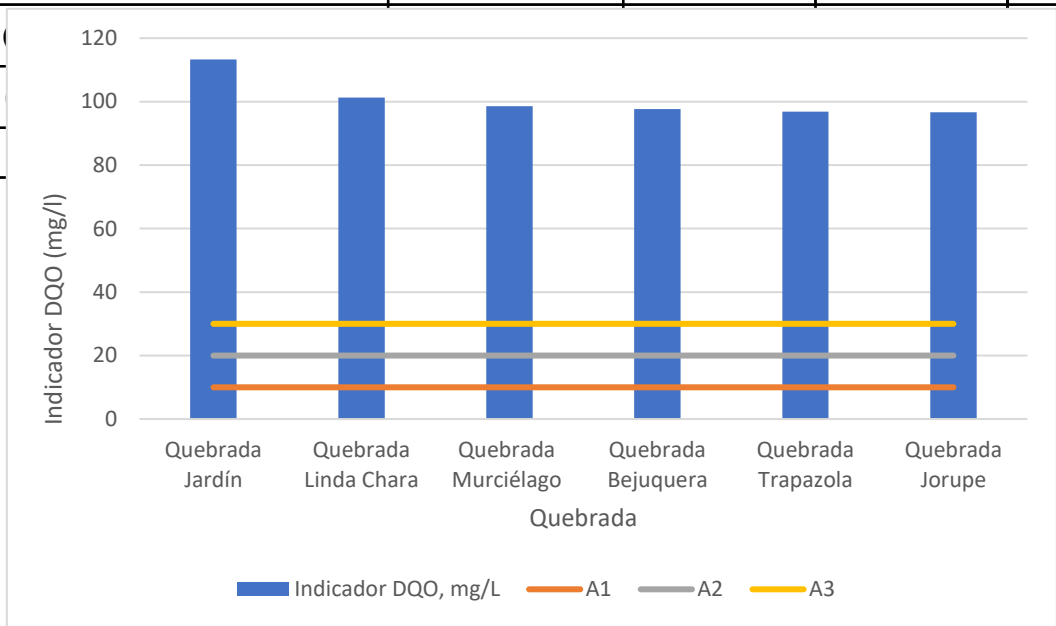
A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Δ3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

	Microcuenca	Indicador	ECA		
Nº	Microcuenca	Indicador DQO, mg/L	A1	A2	A3
1	Quebrada Jardín	113.3	10	20	30
2	Quebrada Linda Chara	101.3	10	20	30
3	Quebrada Murciélagos	98.6	10	20	30
4					30
5					30
6					30



Parámetros	Unid.	Indicadores ECA		Microcuencas					
		B ₁	B ₂	Trapazola	Bejuquera	Jardín	Jorupe	Bocana Murciélago	Linda Chara
		(Contacto primario)	(Contacto secundario)						
Físico									
Químicos									
DBO5	mg/L	5	10	7.69	8.06	8.8	8	8.03	8.48
DQO	mg/L	30	50	96.8	47.66	113.3	96.6	98.6	101.3
Nitratos	mg/L	1	-	0.299	0.198	0.144	<0.031	<0.031	0.533
pH	Unid.	6 – 9	-	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51
Sulfuros	mg/L	0.05	-	-	-	-	-	-	-
Turbiedad	UNT	100	-	4.28	6	4.86	9.8	4.39	16.69
Inorgánico									
- Boro	mg/L	0.5	-	0.022	0.025	0.028	0.72	0.041	0.015
- Cadmio	mg/L	0.01	-	<0.00001	0.00002	<0.00001	0.00006	0.00001	0.00003
- Plomo	mg/L	0.01	-	<0.00002	0.0004	0.0005	<0.0002	<0.0002	<0.0002

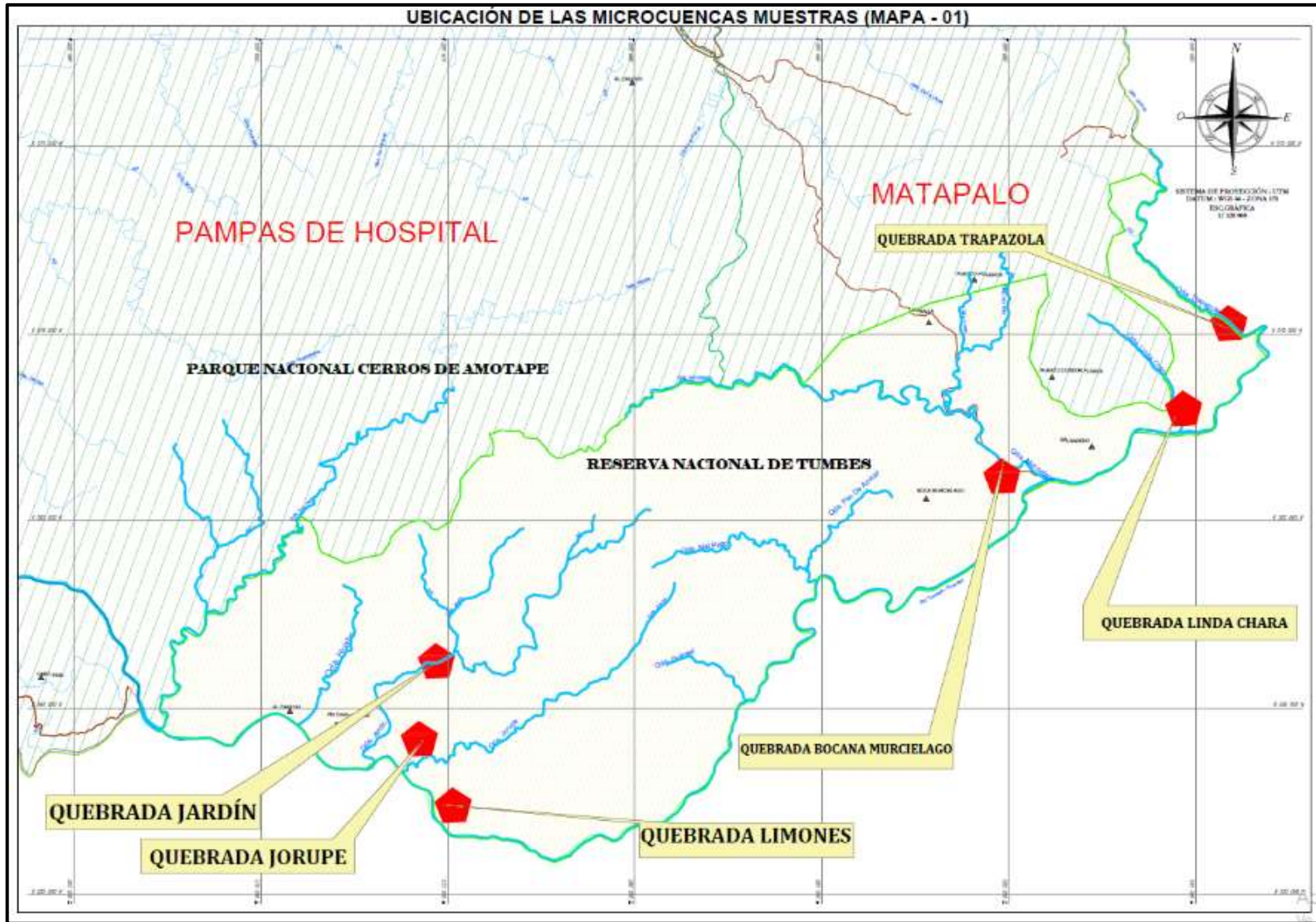
Parámetros	Unid.	Indicadores ECA				Microcuencas					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	Trapazola	Bejuquera	Jardín	Jorupe	Bocana Murciélago	Linda Chara
Físico											
Químicos											
DBO5	mg/L	-	10	10	10	7.69	8.06	8.8	8	8.03	8.48
- Nitratos	mg/L	16	16	-	13	0.299	0.198	0.144	<0.031	<0.031	0.533
- pH	Unid.	7–8.5	6.8–8.5	6.8–8.5	6–9	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51
- Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	26.4	22	26.6	-	19.2	20
Inorgánico											
- Boro	mg/L	5	5	-	0.75	0.022	0.025	0.028	0.072	0.041	0.015
- Cadmio	mg/L	0.01	0.01	-	0.01	<0.00001	0.00002	<0.00001	0.00006	<0.00001	0.00003
- Plomo	mg/L	0.0081	0.0081	0.03	0.0025	<0.0002	0.0004	0.0005	<0.0002	0.0002	<0.0002

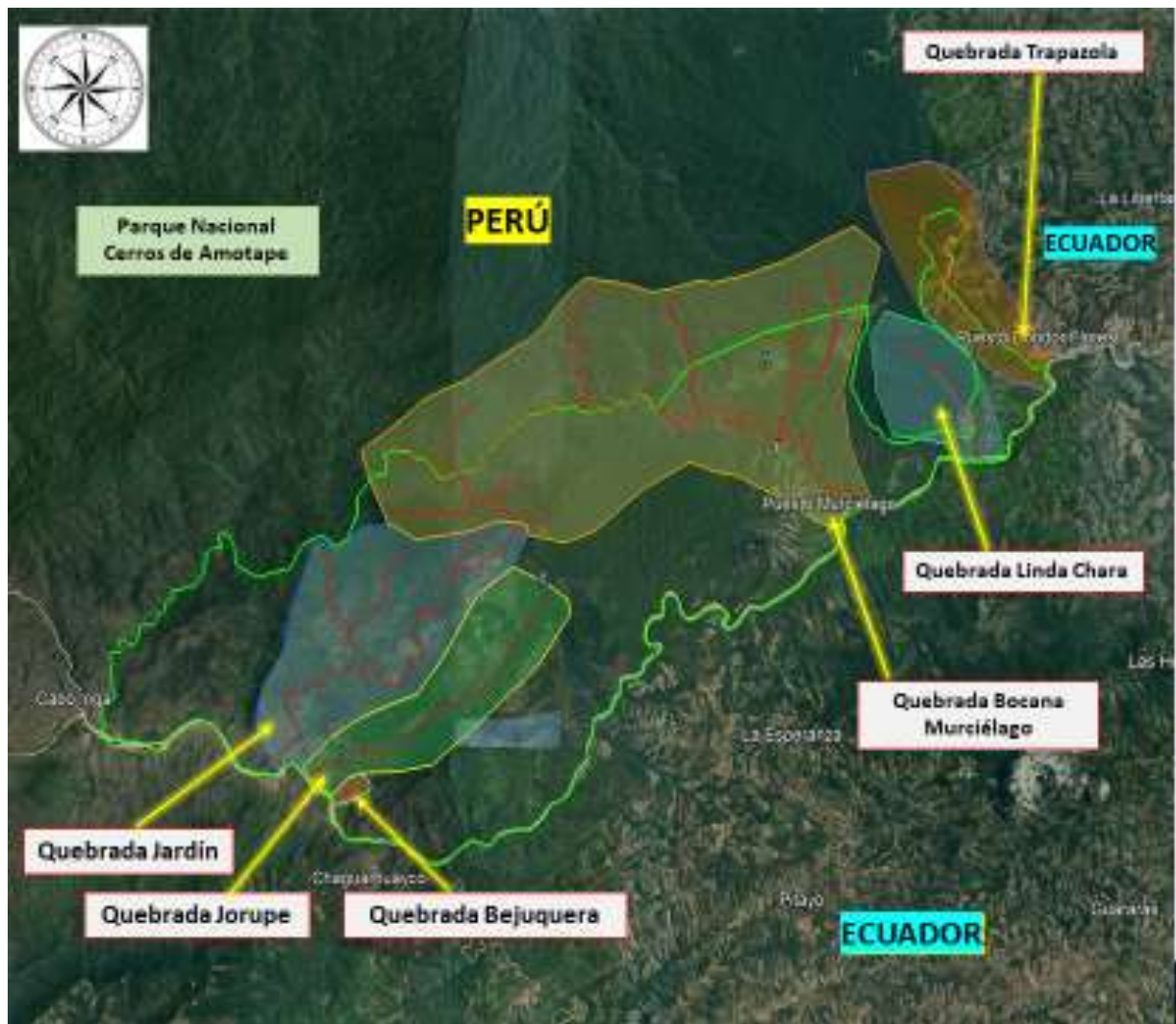
C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras.
C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras.
C3: Actividades marino portuarias, industriales y de saneamiento en aguas marino costeras.
C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas

Parámetros	Unid.	Indicadores ECA-D ₁		Bebidas de animales D ₂	Microcuencas					
		Riego de vegetales			Trapazola	Bejuqueria	Jardín	Jorupe	Murciélago	Linda Chara
		Riego	Riego							
		No Restringido	Restringido							
Físico										
Químicos										
CE	μS/cm	2,500	2,500	5,000	330	504	380	874	348	263
DBO ₅	mg/L	15	15	15	8	8	9	8	8	8
DQO	mg/L	40	40	40	97	98	113	97	99	101
Nitratos	mg/L	100	100	100	0	0	0	<0.031	<0.031	1
pH	Und.	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.4	8	8	8	8	9	9
Sulfuros	mg/L	1,000	1,000	1,000	9	32	31	166	46	16
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	26	22	27	-	19	20
Inorgánicos										
- Boro	mg/L	1	1	1	0	0	0	1	0	0
- Cadmio	mg/L	0	0	0	<0.00001	0	<0.00001	0	0	0
- Plomo	mg/L	-	-	-	<0.00002	0	0	<0.0002	<0.0002	<0.0002

Parámetros	Unid.	Indicadores ECA					Microcuencas					
		Lagunas y Lagos	Ríos		Ecosistemas Costeros		Trapazola	Bejuquera	Jardín	Jorupe	Bocana Murciélago	Linda Chara
			Costa	Selva	Estuario	Marino						
			/ Sierra									
Físico												
Químicos												
CE	μS/cm	1000	1000	1000	-	-	330.1	504.4	379.5	874.1	347.7	262.7
DBO ₅	mg/L	5	10	10	15	10	7.65	8.06	8.8	8	8.03	8.48
Nitratos	mg/L	13	13	13	200	200	0.299	0.198	0.144	<0.031	<0.031	0.533
pH	Und.	6.5-9	6.5-9	6.5-9	6.5-8.3	6.5-8.3	8.07	8.32	8.49	8.06	9.13	8.51
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ2	Δ2	26.4	22	26.6	-	19.2	20
Inorgánicos												
- Cadmio disuelto	mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	0.0088	0.0088	<0.00001	0.00002	<0.00001	0.00006	0.00001	0.00003
- Plomo	mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	0.0081	0.0081	<0.00002	0.0004	0.0005	<0.0002	<0.0002	<0.0002

Anexo 7: Ubicación de las microcuencas muestras





UBICACIÓN DE LUGAR DE ESTUDIO

La Reserva Nacional de Tumbes, creada el 7 de julio de 2006, mediante el Decreto Supremo Nº 046-2006-AG y tiene como objetivo conservar y proteger muestras representativas del bosque tropical del Pacífico, especialmente especies de flora.

Esta Reserva Nacional está ubicada en las provincias de Tumbes y Zarumilla del Departamento de Tumbes, con una extensión de 19,266.72 hectáreas

Localización de Microcuencas para Análisis de Muestras

Nombre de Microcuenca	Tabla de Muestra Sistema de Proyección UTM WGS 84 – Zona		Cota (m.s.n.m.)	Área de Cuenca	Perímetro de Cuenca	Longitud de Casita
	Este	Norte				
1. Quebrada Jardín	572776	9658857	177	31.80 Km2	25.22 Km	14.53 Km
2. Quebrada Jorupe	573807	9658490	181	18.40 Km2	21.98 Km	13.40 Km
3. Quebrada Uniones (Bosqueano)	574932	9657824	214	8.64 Km2	3.31 Km	1.30 Km
4. Quebrada Bocana Murciélago	580894	9661660	253	83.40 Km2	44.80 Km	18.88 Km
5. Quebrada Linda Chara II	586154	9667984	375	10.90 Km2	13.38 Km	4.80 Km
6. Quebrada Trapazola	586788	9672181	289	17.30 Km2	16.28 Km	8.50 Km



