



## **UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente

**Carrera de Agronomía**

### **TEMA:**

**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, SUELO Y VEGETACIÓN EN LA MICROCUENCA BAJA DE RÍO CACHISAGUA”**

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.**

### **Autoras:**

Shirley Shamir Peña García

Jessica Lisbeth Naranjo Apunte

### **Tutor:**

Ing. Nelson Monar Gavilanez, MSc.

**Guaranda – Ecuador**

**2025**

**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, SUELO Y  
VEGETACIÓN EN LA MICROCUENCA BAJA DE RÍO CACHISAGUA”**

**REVISADO Y APROBADO POR:**



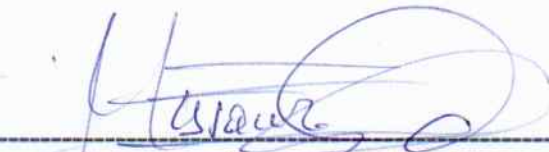
---

**Ing. NELSON MONAR GAVILANEZ, MSc.  
TUTOR**



---

**Ing. SONIA FIERRO BORJA Mg.  
PAR LECTOR /A**



---

**Ing. HUGO VÁSQUEZ COLOMA Ph.D.  
PAR LECTOR**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Shirley Shamir Peña García, con CI: 1725831398 y Jessica Lisbeth Naranjo Apunte con CI: 0201774338, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es). La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



**SHIRLEY SHAMIR PEÑA GARCÍA**

**AUTORA**

**CI: 1725831398**



**JESSICA LISBETH NARANJO APUNTE**

**AUTORA**

**CI: 0201774338**



**Ing. NELSON MONAR GAVILANEZ, MSc.**

**TUTOR**

**CI: 0201089836**



CERTIFICACIÓN DE VERDAD

ESCRITURA N°20250201004P01275

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

JESSICA LISBETH NARANJO APUNTE Y  
SHIRLEY SHAMIR PEÑA GARCIA


CUANTÍA: INDETERMINADA

Di 2 COPIAS

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy viernes a los doce días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, las señoritas **JESSICA LISBETH NARANJO APUNTE Y SHIRLEY SHAMIR PEÑA GARCIA**, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Las comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianas, mayores de edad, de estado civil solteras, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliada la primera en la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla, cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con celular número cero nueve ocho ocho uno seis ocho tres seis y con correo electrónico [jessinaranjo@mailes.ueb.edu.ec](mailto:jessinaranjo@mailes.ueb.edu.ec); y la segunda domiciliada en la parroquia Echeandía, cantón Echeandía y de paso por este cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con celular número cero nueve siete ocho ocho uno dos nueve cero seis; y, con correo electrónico [shpena@mailes.ueb.edu.ec](mailto:shpena@mailes.ueb.edu.ec), hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, en base a los cuales obtengo las certificaciones biométricas del Registro Civil, además por petición expresa de las comparecientes se adjuntan sus documentos personales como son sus cédulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertidas las comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidas por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidas sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotras: **JESSICA LISBETH NARANJO APUNTE Y SHIRLEY SHAMIR PEÑA GARCIA**, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: **"CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, SUELO Y VEGETACIÓN EN LA MICROCUCENCA BAJA DE RIO CACHISAGUA"** Autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de lo que contiene la obra, con fines estrictamente académicos o de investigación expuestos en el mismo. En el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingenieras Agrónomas, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, recursos Naturales y del Ambiente. Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere; y, leída que les fue a las comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellas se afirman y ratifican en la aceptación de todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporándose al protocolo de esta Notaria, la presente declaración juramentada, de todo lo cual doy Fe. -----

  
SRTA. JESSICA LISBETH NARANJO APUNTE.  
C.C. 090174433-8

  
SRTA. SHIRLEY SHAMIR PEÑA GARCIA.  
C.C. 1725831398

  
DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION  
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



9200

# CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, SUELO Y VEGETACIÓN EN LA MICROCUENCA BAJA DE RÍO CACHISAGUA

**6%**  
Textos sospechosos

**3%** Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas

**3%** Idiomas no reconocidos

**23%** Textos potencialmente generados por IA (ignorado)

**Nombre del documento:** CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, SUELO Y VEGETACIÓN EN LA MICROCUENCA BAJA DE RÍO CACHISAGUA.docx  
**ID del documento:** 556afedc9523b7d86918c8cfaa5c2a7218bb2c60  
**Tamaño del documento original:** 143,28 kB

**Depositante:** DEYSI MARGOTH GUANGA CHUNATA  
**Fecha de depósito:** 2/1/2026  
**Tipo de carga:** Interface  
**fecha de fin de análisis:** 2/1/2026

**Número de palabras:** 14.218  
**Número de caracteres:** 96.734

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.14140/1014">hdl.handle.net</a>   Determinación de Plomo y Cadmio en lápices labiales expendid... http://hdl.handle.net/20.500.14140/1014 11 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (69 palabras)
2	<a href="https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10077240.pdf">dialnet.unirioja.es</a>   Evaluación Morfométrica y Dinámica de la Cobertura Vegeta... https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10077240.pdf 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (56 palabras)
3	<a href="https://www.academia.edu/95765001/Determinación_de_la_concentración_de_aluminio_cad...">www.academia.edu</a>   (PDF) Determinación de la concentración de aluminio, cad... https://www.academia.edu/95765001/Determinación_de_la_concentración_de_aluminio_cad... 11 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (60 palabras)
4	<a href="http://dx.doi.org/10.55813/gaea/ctrl/v5/nc3/335">dx.doi.org</a>   Caracterización hidrológica de la microcuenca del río Quevedo, Ecu... http://dx.doi.org/10.55813/gaea/ctrl/v5/nc3/335 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (50 palabras)
5	<a href="https://www.academia.edu/124106242/Caracterización_hidrológica_de_la_microcuenca_del_rí...">www.academia.edu</a> https://www.academia.edu/124106242/Caracterización_hidrológica_de_la_microcuenca_del_rí... 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (50 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/21964/1/T-UCSG-PRE-JUR-DER-MD-629.pdf">repositorio.ucsg.edu.ec</a>   Falta de normativa rigurosa relativa a las descargas de ... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/21964/1/T-UCSG-PRE-JUR-DER-MD-629.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
2	Documento de otro usuario #3c3d78 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
3	<a href="http://www.fao.org/3/cc7093t/cc7093c.pdf">www.fao.org</a>   Report of the Twelfth Session of the Sub-Committee on Acuacultu... http://www.fao.org/3/cc7093t/cc7093c.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
4	<a href="https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3797">doi.org</a>   Servicios ecosistémicos de cuencas hidrográficas en zonas urbanas y rur... https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3797	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
5	<a href="https://repositorio.uccs.edu.pe/bitstream/20.500.14095/837/1/Tesis_SilvaJulca_RonaldChris...">repositorio.uccs.edu.pe</a> https://repositorio.uccs.edu.pe/bitstream/20.500.14095/837/1/Tesis_SilvaJulca_RonaldChris...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

## Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://aconsa-lab.com/parametros-fisicos-de-calidad-del-agua/>
- <https://agrotec.com.py/informagrotec/analisis-de-suelo-conoc>
- <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-watershed-works.htm>
- <https://www.arvensis.com/es/blog-la-importancia-de-la-materia-organi>
- <https://repositorio.uteq>

Ing. Nelson Monar Gavilanez MSc.  
TUTOR

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi refugio en la tormenta, mi luz en la oscuridad y mi fuerza cuando pensé rendirme no solo por el resultado, sino por cada proceso que me transformo, cada caída que me enseñó y cada logro que me acercó más a mi propósito esta tesis es una muestra de su fidelidad.

A mis padres, por todo lo que hicieron en silencio, por cada sacrificio que nunca mencionaron, y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles esta investigación es una forma de honrar todo lo que han hecho por mí.

A mis hermanos, por estar siempre presente, por su comprensión y aliento a lo largo de este camino su apoyo fue fundamental para alcanzar esta meta.

Especialmente a mis gatos por sentarse sobre mis apuntes, cerrar mi laptop con sus patitas y recordarme que dormir también es importante, este proyecto de investigación fue escrito bajo su estricta (aunque peluda) supervisión sin ustedes nada de esto sería posible mi querido Oreo te agradezco por ser mi compañía silenciosa en las madrugadas de estudio, por calmar mi ansiedad con tu ronroneo y por recordarme, con su presencia tranquila, que todo pasa, su amor sin palabras fue un gran sostén durante este camino.

*Shirley Shamir Peña García*

## DEDICATORIA

A mi madre, por ser mi mayor inspiración, mi ejemplo de perseverancia y mi roca en los momentos difíciles, este trabajo de investigación es un tributo a su colaboración, paciencia y comprensión brindada a lo largo de este viaje académico, sin duda alguna su presencia en mi vida es un regalo invaluable y este logro es nuestro.

A mi hija Gaelita, por ser la motivación de cada día y la razón por la que busco ser una mejor versión de mí, su alegría y amor me recordaron por que luchaba. Que mi esfuerzo te sirva de inspiración para que persigas los tuyos con la misma pasión.

Con todo mi cariño a mis hermanos: compartimos sangre, sueños y ahora este importante logro como un ejemplo de que todas las metas siempre se consiguen con dedicación, constancia y superación, gracias por ser mi fuente de fortaleza y motivación a lo largo de este camino.

*Jessica Lisbeth Naranjo Apunte*

## AGRADECIMIENTO

A Dios por su infinita bondad por acompañarnos espiritualmente a lo largo de este camino, por habernos llenado de sabiduría y fortaleza para lograr esta meta tan anhelada.

A nuestros padres por creer en nosotras, por el amor, paciencia y apoyo financiero y emocional que nos brindaron durante toda la carrera. Su respaldo fue fundamental para la realización de este proyecto de investigación y la culminación de nuestros estudios. Este logro es, sin duda el reflejo de todo su sacrificio.

A mis hermanos, gracias por ser un pilar fundamental en mi vida. Por estar presentes en cada etapa, ya sea con palabras de aliento, gestos sencillos o simplemente con su compañía. Cada uno de ustedes, a su manera, me ha inspirado, impulsado y motivado a seguir adelante, incluso cuando parecía difícil.

A nuestro tutor y docentes agradezco sinceramente a mi tutor Nelson Monar por su valioso acompañamiento y apoyo constante durante la realización de este trabajo.

A los docentes que formaron parte de mi formación, gracias por compartir su conocimiento y contribuir a mi desarrollo profesional.

Expresamos el más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias por ser el espacio donde crecimos tanto académica como personalmente, culminando esta investigación con orgullo y gratitud.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pag.</b>
CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 PROBLEMA .....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II .....	5
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Cuencas .....	5
2.2 Funciones de las cuencas.....	5
2.3 Tipos de cuencas .....	6
2.3.1 Por su tamaño .....	7
2.3.2 Por el sitio de desembocadura.....	7
2.3.3 Por su uso .....	8
2.4 Partes de la cuenca .....	9
2.5 Gestión de cuencas.....	9
2.6 Algunos de los objetivos clave en la gestión de cuencas son:.....	10
2.7 Estrategias comunes en la gestión de cuencas .....	11
2.8 Calidad del agua .....	11
2.8.1 Parámetros físicos del agua.....	11
2.8.2 Parámetros químicos del agua.....	12
2.8.3 Parámetros microbiológicos del agua .....	14
2.9 Estándares y criterios de la calidad de agua en Ecuador.....	14

2.10 SUELO .....	14
2.10.1 Clases de suelos (Taxonomía).....	14
2.10.2 Cobertura de suelos .....	15
2.10.3 El análisis químico y físico del suelo .....	16
2.10.4 Uso potencial (agricultura, pecuaria, forestal, infraestructura, praderas) 17	
2.11 Vegetación.....	18
2.12 Inventario botánico.....	19
12.1 Tipos de inventarios botánicos.....	19
2.12.2 Caracterización morfológica .....	20
CAPÍTULO III .....	21
3. MARCO METODOLÓGICO .....	21
3.1 Ubicación de la investigación.....	21
<b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
• Localización de la investigación.....	21
• Situación geográfica y edafoclimática.....	21
• Zona de vida. (zonificación ecológica).....	21
3.2 METODOLOGÍA.....	22
3.2.1 Materia en estudio .....	22
3.2.2 Factores en estudio.....	22
3.2.3 Tratamientos en estudio .....	22
3.2.4 Tipo de diseño experimental o estadístico .....	22

3.2.5 Manejo de la investigación.....	22
• Delimitación de la microcuenca.....	22
• Ubicación de la zona de estudio.....	22
• Caracterización de la calidad del agua: fase de campo.....	23
• Obtención de la muestra.....	23

• Etiquetado de muestras.....	23
• Conservación y transporte.....	24
• Métodos para el análisis de agua.....	24
• Caracterización de la calidad del agua: Fase de laboratorio.....	24
• Caracterización de la calidad del suelo: Fase de campo.....	24
• Obtención de la muestra.....	24
• Etiquetado de muestras.....	25
• Caracterización de la calidad del suelo: Fase de laboratorio.....	25
• Caracterización de especies vegetales.....	25
• Obtención de la muestra.....	25
• Recolección de la información.....	26
• Inventario de las especies existentes.....	26
• Variables que se determinaron.....	26
• 3.2.6 Métodos de evaluación (variables respuesta).....	26
• Tratamiento 1: Agua: Parámetros físicos, químicos y biológicos.....	26
• Conductividad eléctrica (CE).....	26
• Turbidez (T).....	27
• Parámetros químicos para la calidad del agua.....	28
• Aluminio (Al).....	29
• Parámetros biológicos para la calidad del agua.....	31
• Tratamiento 2: Suelo: Indicadores físicos y químicos.....	32
• Caracterización química del suelo.....	33
• Tratamiento 3: vegetación: Morfología, taxonomía y variedades.....	33
3.2.7 Análisis de datos.....	34

CAPÍTULO IV.....	35
4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	35
4.1.1 Parámetros físicos para la calidad del agua.....	35
4.1.2 Parámetros químicos para la calidad del agua .....	39
4.1.3 Parámetros biológicos para la calidad del agua .....	56
4.1.4 Caracterización físicos del suelo.....	58
4.1.5 Caracterización química del suelo .....	61
4.1.6 Caracterización de la vegetación.....	64
CAPÍTULO V .....	87
5.1. CONCLUSIONES .....	87
5.2. RECOMENDACIONES .....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Detalle	Pag.
1	Resultados de la Conductividad eléctrica (CE), Turbidez (T), Sólidos disueltos totales (SDT) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) del agua del río Cachisagua.	35
2	Resultados del Potencial de hidrógeno (pH), Dureza total (DT), Sulfatos (SO <sub>4</sub> ), Nitratos (NO <sub>3</sub> ), Hierro (Fe). Cromo hexavalente (Cr+6), Cobre (Cu), Demanda química de oxígeno (DQO <sub>2</sub> ), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), Arsénico total (As), Aluminio (Al), Bario (Ba), Cianuro total (CN), Cloruros (Cl), Fluoruros (F), Fósforo total (PO <sub>4</sub> ), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Selenio (Se) del agua del río Cachisagua.	39
3	Resultados del Coliformes totales (CT) y <i>Escherichia coli</i> del agua del río Cachisagua.	56
4	Resultados de la clase textural, densidad aparente y humedad del suelo en la microcuenca baja del río Cachisagua.	58
5	Resultados del nivel de pH y Porcentaje de materia orgánica en el suelo de la microcuenca baja del río Cachisagua.	61
6	Resultados de los macros y micro nutrientes en el suelo de la microcuenca baja del río Cachisagua	63
7	Nombre común, nombre científico, descripción y principales usos de los árboles identificados en la microcuenca baja del río Cachisagua.	64
8	Nombre común, nombre científico, descripción y principales usos de los arbustos identificados en la microcuenca baja del río Cachisagua.	66
9	Nombre común, nombre científico, descripción y principales usos de las hierbas identificadas en la microcuenca baja del río Cachisagua.	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Detalle	Pag.
1	Conductividad eléctrica (CE)	35
2	Turbidez (T)	36
3	Sólidos disueltos totales (SDT)	37
4	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	37
5	Potencial de hidrógeno (pH)	40
6	Dureza total (DT)	41
7	Nitratos ( $NO_3$ )	42
8	Hierro (Fe)	43
9	Cromo hexavalente ( $Cr^{+6}$ )	43
10	Cobre (Cu)	44
11	Demanda química de oxígeno ( $DQO_2$ )	45
12	Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ )	46
13	Arsénico total (As)	47
14	Aluminio (Al)	48
15	Bario (Ba)	48
16	Cianuro total (CN)	49
17	Cloruros (Cl)	50
18	Fluoruros (F)	51
19	Fósforo total ( $PO_4$ )	52
20	Manganeso (Mn)	53
21	Níquel (Ni)	54
22	Plomo (Pb)	55
23	Selenio (Se)	55

24	Coliformes totales (CT)	56
25	<i>Escherichia coli</i>	57
26	Densidad aparente (DA)	59
27	Humedad (H)	60
28	pH	61
29	Porcentaje de materia orgánica	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>N°</b>	<b>Detalle</b>
<b>1</b>	Mapa de ubicación
<b>2</b>	Resultados análisis de agua (Tres transectos)
<b>3</b>	Resultados análisis de suelo (Tres transectos)
<b>4</b>	Fotografías
<b>5</b>	Criterios de calidad de aguas que para consumo humano y doméstico que para su potabilización solo requieren desinfección
<b>6</b>	Criterios de calidad de aguas para uso pecuario
<b>7</b>	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce
<b>8</b>	Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
<b>9</b>	Descriptores botánicos
<b>10</b>	Imagen de caracterización morfológica
<b>11</b>	Glosario de términos técnicos

## RESUMEN

La microcuenca del río Cachisagua, ubicada en la provincia de Bolívar, Ecuador, presenta un proceso acelerado de degradación ambiental ocasionado por la deforestación, la agricultura intensiva y el crecimiento poblacional desordenado. Por lo que, en el presente estudio, se realizó la “Caracterización de la calidad del agua, suelo y vegetación en la microcuenca baja de río Cachisagua”. Los objetivos planteados fueron; i) Determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de la microcuenca. ii) Conocer los parámetros físicos y químicos de los suelos de la microcuenca. iii) Caracterizar las principales especies vegetales de la microcuenca. La investigación se realizó en la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla, clasificada dentro de la zona de bosque seco montano bajo (bs-MB). Se analizaron tres componentes: la calidad del agua (parámetros físicos, químicos y biológicos), las características del suelo (indicadores físicos y químicos) y la vegetación (morfología, taxonomía y usos). Se aplicaron metodologías de muestreo y análisis físico, químico y biológico conforme a normas técnicas, y los datos fueron interpretados mediante estadística descriptiva. Las variables evaluadas fueron; Agua: Conductividad eléctrica (CE), Turbidez (T), Sólidos disueltos totales (SDT), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Potencial de hidrógeno (pH), Dureza total (DT), Sulfatos (SO<sub>4</sub>), Nitratos (NO<sub>3</sub>), Hierro (Fe), Cromo hexavalente (Cr<sup>+6</sup>), Cobre (Cu), Demanda química de oxígeno (DQO<sub>2</sub>), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Arsénico total (As), Aluminio (Al), Bario (Ba), Cianuro total (CN), Cloruros (Cl), Fluoruros (F), Fósforo total (PO<sub>4</sub>), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se), Coliformes totales (CT) y *Escherichia coli*. Suelo: clase textural, densidad aparente, humedad del suelo, pH, Porcentaje de materia orgánica, macros y micro nutrientes. Vegetación: Clasificación taxonómica de las especies y determinación de su hábito de crecimiento. Los resultados evidenciaron que, aunque algunos parámetros del agua se encuentran dentro de los límites permisibles, los niveles elevados de sólidos suspendidos, DQO, DBO<sub>5</sub>, cloruros y coliformes fecales revelan una contaminación significativa, especialmente aguas abajo. Los suelos presentaron condiciones físicas favorables para la agricultura, con adecuada retención de agua y aireación, aunque con variaciones que reflejan su composición. La vegetación mostró alta diversidad y funcionalidad ecológica, desempeñando un papel esencial en la estabilidad del suelo, la retención de humedad y la provisión de recursos alimenticios y medicinales.

Palabras claves: Microcuenca, análisis, suelo, agua y vegetación.

## SUMMARY

The Cachisagua River micro-basin, located in the province of Bolívar, Ecuador, is facing rapid environmental degradation due to deforestation, intensive farming, and uncontrolled population growth. Accordingly, this research was conducted to characterize the quality of water, soil, and vegetation in the lower Cachisagua River micro-basin. The objectives were: i) to determine the physical, chemical, and biological parameters of the water in the micro-basin; ii) to assess the physical and chemical parameters of the soil in the micro-basin; and iii) to identify the predominant plant species in the micro-basin. The research was undertaken in the parish of Gabriel Ignacio Veintimilla, classified within the lower montane dry forest zone (bs-MB). The study focused on three principal components: (1) water quality, assessed through physical, chemical, and biological parameters; (2) soil quality, determined by physical and chemical indicators; and (3) vegetation, characterized according to morphological, taxonomic, and utilization criteria. Sampling and analysis methodologies (physical, chemical, and biological) were applied in accordance with technical standards, and the data were evaluated using descriptive statistics. The assessed variables included: Water-electrical conductivity (EC), turbidity (T), total dissolved solids (TDS), total suspended solids (TSS), hydrogen potential (pH), total hardness (TH), sulfates (SO<sub>4</sub>), nitrates (NO<sub>3</sub>), iron (Fe), hexavalent chromium (Cr<sup>6+</sup>), copper (Cu), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), total arsenic (As), aluminum (Al), barium (Ba), total cyanide (CN), chlorides (Cl), fluorides (F), total phosphorus (PO<sub>4</sub>), manganese (Mn), nickel (Ni), lead (Pb), selenium (Se), total coliforms (TC), and *Escherichia coli*; Soil-textural type, bulk density, soil moisture, pH, percentage of organic matter, and macro- and micronutrients; Vegetation-taxonomic classification of species and determination of their growth habit. The results demonstrated that, although certain water parameters were within acceptable limits, elevated levels of suspended solids, COD, BOD<sub>5</sub>, chlorides, and fecal coliforms indicated significant contamination, particularly downstream. The soils exhibited physical conditions conducive to agricultural use, with adequate water retention and aeration, despite variations reflecting their composition. The vegetation displayed high diversity and essential ecological functions, contributing to soil stability, moisture retention, and the provision of food and medicinal resources.

Key words: Micro-basin, analysis, soil, water and vegetation.

# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas ofrecen servicios ambientales esenciales que contribuyen al bienestar de la población, actuando como fuentes de abastecimiento y ayudando a la regulación climática. Las características topográficas, geomorfológicas, cobertura vegetal y uso del suelo de una cuenca hidrográfica influyen en la forma en que el agua y el sedimento circula por ella (Moreira *et al.*, 2020).

En Ecuador, las cuencas hidrográficas son esenciales para garantizar una distribución justa del agua, ya que definen límites geográficos y son clave en la generación de riqueza, especialmente en actividades agrícolas y en la producción de bienes. Asimismo, cumplen un rol importante como instrumento para la planificación y ordenamiento del territorio (Cobeña *et al.*, 2023).

Las cuencas hidrográficas ofrecen múltiples servicios ecosistémicos que benefician al bienestar humano, incluyendo la producción de alimentos, el suministro y la calidad del agua, la regulación del clima y la protección de las zonas costeras. Actualmente, se reconoce cada vez más la importancia de sus funciones para su conservación y para otros servicios ecológicos. Estos beneficios dependen en gran medida de una adecuada gestión de los recursos hídricos, que son fundamentales para la infraestructura general. No obstante, la falta de conocimiento sobre estas funciones se traduce en una escasa planificación y manejo del recurso hídrico (Díaz *et al.*, 2024).

Sin embargo, diversos estudios sobre la calidad del agua en los ríos del Ecuador han evidenciado elevadas concentraciones de fósforo, nitrógeno, demanda biológica de oxígeno (DBO) y coliformes. Estos niveles están directamente relacionados con actividades de origen antrópico, tales como la agricultura y la ganadería, así como con el vertido de efluentes industriales y residuos sólidos. Estos factores, a su vez, están estrechamente vinculados al crecimiento acelerado de las poblaciones en zonas periurbanas y rurales (Cárdenas, 2020).

La provincia de Bolívar cuenta con una significativa riqueza hídrica, fundamental para el sostenimiento de la vida y el desarrollo integral de la región. Este recurso cumple funciones sociales, ambientales, culturales y económicas, ya que es empleado tanto para el consumo humano como para el riego en actividades agropecuarias. Además, se utiliza en los sectores turístico, extractivo e industrial, así como en la generación de energía eléctrica. En ciertos casos, también ha sido empleado como medio de transporte y receptor de residuos. Este sistema hídrico está integrado por tres subcuencas principales, las cuales son: subcuenca del río Yaguachi, subcuenca del río Babahoyo y subcuenca del río Jujan (PDOT, 2020).

Sin embargo la falta de concientización de la población y una gestión integral del recurso agua ha venido provocando la disminución y contaminación de la misma a nivel Provincial a causa de: Desechos industriales vertidos por algunas fábricas ubicadas en la cabecera parroquial de Salinas y Guaranda; aguas servidas en las poblaciones más grandes, con alcantarillado pero sin un sistema de tratamiento de las aguas, las mismas que se descargan en el Río Guaranda; basura arrojada en quebradas y ríos; lixiviados de basurales contaminan los ríos; no existe protección de fuentes hídricas, laderas lechos de ríos y quebradas (Ramírez, 2021).

De la misma manera la expansión de la frontera agrícola, uso de agroquímicos, deforestación, minería, han incidido directamente en la problemática del deterioro de los suelos y pérdida de vegetación nativa, aunque se desarrollan en superficies pequeñas, provocan una fuerte degradación (PDOT, 2020).

Es por ello que en la presente investigación se determinó los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, de los suelos y de las principales especies vegetales de la Microcuenca. La información generada en esta investigación dará la apertura a estudios y proyectos más profundizados con el objetivo de gestionar adecuadamente el los recursos naturales.

## 1.2 PROBLEMA

La microcuenca del río Cachisagua, localizada en la provincia de Bolívar, constituye una fuente vital de recursos hídricos para el consumo humano, la agricultura y la conservación de la biodiversidad local. Nace de los deshielos del volcán Chimborazo y desemboca en el río Chimbo, al sur de la ciudad de Guaranda, y en los últimos años, ha mostrado signos de degradación acelerada debido a varios factores antrópicos, entre ellos el cambio en el uso del suelo, deforestación, prácticas agrícolas intensivas y el crecimiento poblacional desordenado. Estas actividades han generado una pérdida progresiva de la cobertura vegetal incrementando los procesos de erosión, sedimentación en los cuerpos de agua y una disminución en la calidad y cantidad del recurso hídrico.

Además, el desconocimiento generalizado sobre las funciones ambientales de la microcuenca, sumado a la falta de planificación territorial y de políticas efectivas para su manejo integral, ha incrementado la vulnerabilidad del ecosistema frente a fenómenos como la variabilidad climática. Esta situación amenaza no solo la sostenibilidad ambiental del área, sino también el bienestar de las poblaciones locales, cuya economía depende en gran medida de las actividades agrícolas y ganaderas que requieren de agua en cantidad y calidad adecuada. La falta de estudios de caracterización geoespacial, socioeconómica e hidrológica de la microcuenca limita la capacidad de las autoridades y comunidades para tomar decisiones informadas que promuevan el uso sostenible de los recursos naturales y aseguren la resiliencia de la microcuenca frente al cambio climático.

Ante las problemáticas que afectan a la microcuenca del río Cachisagua, es necesario realizar un diagnóstico integral que permita identificar sus principales conflictos, su magnitud e impacto. De esta manera, el presente proyecto busca generar información técnica que sirva de base para diseñar estrategias de manejo sostenible y aportar a los planes del desarrollo provincial, garantizando la conservación y el uso adecuado de los recursos naturales.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Caracterizar la calidad del agua, suelo y vegetación en la microcuenca baja del Río Cachisagua.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de la microcuenca.
- Conocer los parámetros físicos y químicos de los suelos de la microcuenca.
- Caracterizar las principales especies vegetales de la microcuenca.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Cuencas hidrográficas

La cuenca hidrográfica es comúnmente considerada como una unidad básica para la planificación y gestión de los recursos hídricos. No obstante, es relevante destacar que las grandes cuencas generalmente están conformadas por subcuencas más pequeñas correspondientes a ríos tributarios. En el caso de Ecuador, también se emplea el término demarcación hidrográfica, el cual, según la definición propuesta por la Unión Europea, hace referencia a un área terrestre y marina compuesta por una o varias cuencas hidrográficas adyacentes, incluyendo las aguas subterráneas y costeras vinculadas (Vásconez *et al.*, 2020).

Una cuenca hidrográfica abarca toda la superficie terrestre que alimenta de agua a un río o riachuelo. También se le denomina zona de captación o área de terreno que aporta las aguas a diferentes cuerpos de agua como ríos, quebradas, lagos, lagunas, humedales, estuarios, embalses, acuíferos, manantiales o pantanos (Dombeck, 2020).

#### 2.2 Funciones de las cuencas

Según la Sociedad Geográfica de Lima (2021) los procesos que ocurren en los ecosistemas, involucran el intercambio de materiales y el movimiento de energía mediante la conexión de sus partes fundamentales, pueden considerarse como un sistema. Dentro de una cuenca hidrográfica, se identifican componentes relacionados con el agua (hidrológicos), la ecología, el medio ambiente y la sociedad y la economía (socioeconómicos), cuyas funciones se detallan a continuación:

**Función ambiental:** La función ambiental de una cuenca hidrográfica se puede identificar por las siguientes acciones:

- Constituyen sumideros de dióxido de carbono.

- Alberga bancos de germoplasma
- Regula la recarga hídrica
- Conserva la biodiversidad
- Mantiene la diversidad de los suelos.

**Función ecológica:** La función ecológica de una cuenca hidrográfica se puede identificar por las siguientes acciones:

- Provee hábitat para la fauna
- Provee hábitat para la flora.
- Tiene influencia sobre la calidad física y química del agua.

**Función hidrológica:** La función hidrológica de una cuenca hidrográfica se puede identificar por las siguientes acciones:

- Drena el agua de la precipitación
- Recarga las fuentes de agua subterránea
- Recarga las fuentes de agua superficial.

**Función socioeconómica:** La función económica de una cuenca hidrográfica se puede identificar por las siguientes acciones:

- Suministra recursos naturales renovables
- Suministra recursos naturales no renovables
- Provee espacio para el desarrollo social
- Provee espacio para el desarrollo cultural (Sociedad Geográfica de Lima, 2021).

### 2.3 Tipos de cuencas

Las cuencas hidrográficas pueden ser clasificadas de diversas maneras, dependiendo del enfoque y los objetivos del análisis. Una de las formas más comunes de clasificación se basa en parámetros geomorfológicos ampliamente utilizados. No obstante, es importante reconocer que estas categorizaciones pueden variar según la finalidad específica del estudio; por ejemplo, una clasificación adecuada para un proyecto de abastecimiento de agua puede no ser apropiada o

resultar poco útil en un contexto orientado a la conservación ambiental (Equipo Neurite, 2024).

### 2.3.1 Por su tamaño

- **Cuenca muy grande:** Abarcan una superficie superior a los 5000 km<sup>2</sup>. En Ecuador, algunas cuencas se encuentran dentro de este rango.
- **Cuenca grande:** Comprenden una superficie entre 2500 km<sup>2</sup> y 5000 km<sup>2</sup>.
- **Cuenca intermedia grande:** Poseen una superficie que varía entre 500 km<sup>2</sup> y 2500 km<sup>2</sup>.
- **Cuenca intermedia pequeña:** Tienen una superficie de 250 km<sup>2</sup> a 500 km<sup>2</sup>.
- **Cuenca pequeña:** Presentan una superficie de 25 km<sup>2</sup> a 250 km<sup>2</sup>.
- **Cuenca muy pequeña:** Poseen una superficie menor de 25 km<sup>2</sup> (Vásconez, *et al.*, 2022).

### 2.3.2 Por el sitio de desembocadura

Según el destino final del río o cuerpo de agua principal de una unidad hidrográfica, esta puede clasificarse en función de si desemboca en el océano, en un lago o en una laguna (Neuriten Lab, 2024).

**Cuencas endorreicas;** Son aquellas cuencas hidrográficas en las que las aguas no desembocan en el mar, sino que se acumulan en el interior del continente, generalmente en lagos, lagunas, salares o zonas de evaporación. En estas cuencas, el flujo hídrico no alcanza cuerpos oceánicos, debido a condiciones topográficas o climáticas que limitan su escurrimiento hacia el exterior (Bolaños *et al.*, 2020).

**Cuencas exorreicas:** Son aquellas en las que el sistema fluvial desemboca en el mar u océano. Estas cuencas presentan una red de drenaje bien definida, permitiendo que las aguas escurran hacia cuerpos marinos. Son las más comunes a nivel mundial y juegan un papel fundamental en el ciclo hidrológico global (Camas, 2021).

**Cuencas arreicas:** Son aquellas en las que el sistema fluvial desemboca en el mar u océano. Estas cuencas presentan una red de drenaje bien definida, permitiendo que las aguas escurran hacia cuerpos marinos. Son las más comunes a nivel mundial y juegan un papel fundamental en el ciclo hidrológico global (Bravo, 2020).

**Cuencas mixtas:** Integran características tanto exorreicas como endorreicas. En estas cuencas, una parte del escurrimiento puede dirigirse hacia el mar, mientras que otra se queda confinada en cuerpos interiores. Su comportamiento hidrológico es más complejo y varía según la topografía y condiciones climáticas (Araque, 2020).

### 2.3.3 Por su uso

A pesar de que las cuencas hidrográficas ejercen varias funciones a la vez, se puede agrupar las cuencas de acuerdo a su principal función. Aunque la función principal puede variar de acuerdo a cada actor (Lloret, 2020).

**Para abastecimiento:** Son aquellas cuencas destinadas principalmente a la captación y provisión de agua para consumo humano, agrícola, industrial o energético. Su gestión se orienta a garantizar la cantidad y calidad del recurso hídrico disponible (Equipo Neurite, 2024).

**Cuencas de conservación:** En estas cuencas, el objetivo principal es la protección y mantenimiento de ecosistemas estratégicos, como bosques nublados, páramos o humedales, que cumplen funciones clave en la regulación del ciclo hidrológico, la biodiversidad y el equilibrio ambiental (Camas, 2021).

**Cuencas productivas:** Se caracterizan por albergar actividades económicas intensivas como agricultura, ganadería, minería o industria. El uso del recurso hídrico está fuertemente ligado al desarrollo económico del territorio, lo que puede generar presiones significativas sobre el ambiente si no se aplica una gestión sostenible (Lloret, 2020).

**Cuencas de uso múltiple:** Corresponden a aquellas en las que se combinan diversos usos del agua y del territorio, como el abastecimiento, la producción, la conservación y el turismo. Requieren de una planificación integral para equilibrar las demandas y evitar conflictos entre los distintos actores involucrados (Bravo & Jose Narváez, 2020).

## **2.4 Partes de la cuenca**

**Divisoria de aguas o línea de cumbre:** Corresponde al límite físico que separa dos cuencas distintas. Generalmente se localiza en las zonas más elevadas del relieve, como cordilleras o cerros, y determina la dirección en que fluye el agua hacia los diferentes sistemas de drenaje.

**Zona alta o cabecera de cuenca:** Es el sector donde nacen los cursos de agua, normalmente en regiones montañosas. Esta zona cumple un papel esencial en la regulación del flujo hídrico y en la recarga de acuíferos subterráneos.

**Zona media de la cuenca:** Ubicada entre la parte alta y baja, presenta pendientes más suaves y es comúnmente utilizada para actividades humanas como la agricultura, la ganadería y el asentamiento de poblaciones.

**Zona baja o pie de cuenca:** Se encuentra en el tramo final del sistema hidrográfico, donde el río principal desemboca. Predomina un relieve plano y, por tanto, una mayor vulnerabilidad a inundaciones. Aquí se acumulan sedimentos y desechos provenientes de zonas más altas (Marcill *et al.*, 2025).

## **2.5 Gestión de cuencas**

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) se entiende como un enfoque que impulsa el manejo conjunto y armonizado del agua, el suelo y otros recursos relacionados, con el objetivo de optimizar los beneficios económicos y sociales de forma equitativa, garantizando al mismo tiempo la conservación y sostenibilidad de los ecosistemas esenciales. Promueve el desarrollo y manejo coordinado de los recursos hídricos, terrestres y otros vinculados, con el objetivo de maximizar los beneficios socioeconómicos de manera justa, sin comprometer la

sostenibilidad de los ecosistemas cruciales (Global Water Partnership (GWP), 2020).

## **2.6 Algunos de los objetivos clave en la gestión de cuencas son:**

**Conservación del agua:** Se busca garantizar la disponibilidad del recurso hídrico para las necesidades humanas y para el mantenimiento de los ecosistemas. Según la Organización Mundial de la Salud la gestión adecuada del agua es esencial para la salud pública y el bienestar (OMS, 2020).

**Restauración de ecosistemas:** Se incluyen prácticas de restauración para mejorar la salud de los ecosistemas fluviales y sus alrededores. Como indica el Ministerio del Ambiente y Agua de Ecuador la protección de las fuentes de agua y las áreas de recarga de acuíferos es fundamental para mantener la calidad y cantidad del agua (MAAE, 2020).

**Sostenibilidad:** Promover un uso racional de los recursos hídricos, la tierra y la biodiversidad para garantizar la equidad en la distribución de los beneficios sin comprometer los recursos para futuras generaciones. La sostenibilidad en la gestión de cuencas debe integrar factores sociales, económicos y ambientales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, (2020).

**Participación comunitaria:** La involucración de las comunidades locales en la toma de decisiones sobre la gestión de la cuenca asegura que sus necesidades y conocimientos sean considerados (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, (2020).

**Prevención de riesgos:** La identificación y mitigación de posibles riesgos como inundaciones, erosión o escasez de agua es fundamental para la gestión eficiente de las cuencas. La prevención de desastres naturales y la adaptación al cambio climático son aspectos clave en la gestión de cuencas (Naciones Unidas (ONU), 2020).

## 2.7 Estrategias comunes en la gestión de cuencas

**Planificación integrada de recursos hídricos (PIRH):** Este enfoque global aborda el manejo del agua considerando todos los factores involucrados, como la agricultura, el abastecimiento urbano y la generación de energía (Global Warming Potential, 2020).

**Monitoreo y control:** Medir la calidad y cantidad del agua, así como el estado de los ecosistemas, para ajustar las políticas de manejo. El monitoreo es clave para una gestión eficiente (MAAE, 2020).

**Restauración de cuencas:** Las medidas para mejorar la calidad del agua y restaurar hábitats naturales incluyen la reforestación y la protección de áreas de recarga. La restauración ecológica es fundamental para la sostenibilidad a largo plazo (OMS, 2020).

## 2.8 Calidad del agua

Se entiende como un conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos que determinan la aptitud del agua para distintos usos. Este concepto cobra relevancia únicamente cuando se evalúa el uso específico del recurso hídrico. Así, un cuerpo de agua que permite la vida acuática no siempre es adecuado para actividades recreativas como la natación, y el agua potable para consumo humano podría no cumplir con los requisitos necesarios para su aplicación en procesos industriales (Montalvo *et al.*, 2020).

### 2.8.1 Parámetros físicos del agua

**Temperatura:** Influye directamente en los procesos biológicos y químicos del agua, además de afectar la solubilidad del oxígeno y el metabolismo de organismos acuáticos (Vargas *et al.*, 2021).

**Color:** Puede deberse a la presencia de materia orgánica en descomposición, metales o contaminantes. Un color alterado muchas veces indica contaminación (Morales *et al.*, 2022)

**Turbidez:** Se refiere a la presencia de partículas suspendidas que reducen la transparencia del agua. Altos niveles de turbidez afectan la fotosíntesis acuática y son un indicador de arrastre de contaminantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos , 2023)

**Sabor y olor:** Generalmente están relacionados con compuestos químicos, materia orgánica o actividad bacteriana. Aunque no siempre representan un riesgo directo para la salud, afectan la aceptabilidad del agua (Mendoza *et al.*, 2020)

**Sólidos suspendidos:** Su presencia puede alterar la calidad visual del agua y provocar sedimentación en cuerpos receptores. También afectan los procesos de tratamiento (GADP, 2022)

**Conductividad:** Es un indicador físico clave en el análisis de la calidad del agua, ya que mide la capacidad del líquido para conducir corriente eléctrica, lo cual está directamente relacionado con la presencia de sales y minerales disueltos en ella. Este parámetro es de gran utilidad para determinar la salinidad del agua y evaluar si esta es adecuada para diferentes usos, como el consumo humano, la agricultura o fines industriales (Aconsa, 2023).

**Sólidos disueltos totales (TDS):** Hacen referencia a la suma de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas presentes en el agua en forma disuelta. Este parámetro incluye compuestos como sales, minerales, metales y otros elementos que afectan la potabilidad y los usos del recurso hídrico. Cuando su concentración supera ciertos niveles, puede alterar el sabor del agua y representar riesgos tanto para la salud humana como para cultivos agrícolas, debido a la acumulación de sales en el suelo. Su medición permite conocer el grado de mineralización del agua, siendo un indicador fundamental en la evaluación de la calidad del recurso hídrico (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico MITECO, 2020).

### **2.8.2 Parámetros químicos del agua**

**pH:** El pH del agua influye en la disponibilidad de nutrientes y metales, afectando su toxicidad y la salud de los ecosistemas acuáticos. El monitoreo de este parámetro es esencial para la gestión sostenible del agua. Un pH fuera del rango óptimo (6.5–

8.5) puede indicar contaminación o alteraciones en el equilibrio ecológico. (Dewangan, 2023).

**Nitrógeno amoniacal:** Es una forma de nitrógeno que proviene principalmente de actividades humanas como la agricultura y el vertido de aguas residuales. Aunque es un nutriente esencial para las plantas, en concentraciones elevadas es tóxico para los organismos acuáticos y puede contribuir a la eutrofización de los cuerpos de agua (Edwards & Puglis, 2024).

**Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto es crucial para la vida acuática, ya que todos los organismos acuáticos dependen de él para respirar. Niveles bajos de DO son indicativos de contaminación orgánica, ya que los microorganismos descomponen materia orgánica y consumen oxígeno en el proceso (Jia & Zang, 2023).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** La DBO5 mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua durante 5 días. Es un indicador clave de contaminación orgánica y un parámetro estándar en el control de calidad de aguas residuales (Bolaños *et al.*, 2022).

**Nitratos:** Los nitratos en el agua provienen mayormente de fertilizantes agrícolas, aguas residuales y desechos animales. Aunque son nutrientes esenciales, su exceso puede causar eutrofización y problemas de salud como la metahemoglobinemia ("síndrome del bebé azul") (Gallo *et al.*, 2021).

**Fosfatos ( $PO^4$ ):** Los fosfatos también provienen de detergentes, fertilizantes y residuos orgánicos. Su presencia en exceso promueve el crecimiento excesivo de algas (eutrofización), reduciendo el oxígeno disponible en el agua y alterando la biodiversidad (Araque, 2020).

**Cloro residual:** El cloro residual es el cloro que permanece en el agua tras la desinfección, protegiéndola de recontaminación. Aunque es importante para el control microbiológico, en exceso puede formar subproductos tóxicos como los trihalometanos (Pérez, 2023).

### **2.8.3 Parámetros microbiológicos del agua**

**Los coliformes totales y fecales:** Especialmente *Escherichia coli*, son indicadores clave de contaminación biológica del agua. Su presencia sugiere que el agua ha estado en contacto con residuos humanos o animales, lo que puede implicar la presencia de patógenos como virus, bacterias y parásitos (Gaitan, 2020).

### **2.9 Estándares y criterios de la calidad de agua en Ecuador**

En el contexto ecuatoriano, la calidad del agua se rige por diversas normativas técnicas y jurídicas que definen los parámetros y condiciones necesarias para asegurar que el recurso hídrico sea adecuado según el uso que se le asigne, ya sea para consumo humano, riego agrícola, actividades recreativas o fines ambientales. (Cárdenas, 2020).

### **2.10 Suelo**

Los suelos de la provincia presentan una estructura variada, originando una diversidad de tipos cuya composición físico-química y textura están influenciadas por factores climáticos y el relieve. La clasificación de los suelos depende de la altitud en la que se encuentran y otros factores determinantes. Desde una perspectiva general, la principal presión sobre los suelos en la provincia proviene de la expansión de la frontera agrícola, el uso de agroquímicos, la deforestación y la minería, actividades que han afectado directamente al deterioro de los suelos. Aunque estas prácticas se desarrollan en áreas relativamente pequeñas, generan un impacto significativo en su degradación (GADPB; Secretaria de Desarrollo Provincial, 2020).

#### **2.10.1 Clases de suelos (Taxonomía)**

La provincia de Bolívar presenta una notable heterogeneidad edáfica como resultado de su compleja y diversa geología. La variada litología, combinada con factores como el clima, la topografía y los procesos geomorfológicos, ha dado lugar a suelos con propiedades físicas, químicas y texturales diferenciadas. En la Tabla 1

se detallan los principales tipos de suelo identificados en las microcuencas de la zona de estudio (PDOT , 2020).

### **2.10.2 Cobertura de suelos**

La superficie destinada a pastos, cultivos (tanto de ciclo corto como permanentes) y tierras en descanso ha aumentado considerablemente. Paralelamente, se ha observado una reducción en la extensión del páramo y los bosques, lo cual pone en peligro la disponibilidad de agua y la variedad de vida silvestre en la zona. Este cambio se debe principalmente a que se están utilizando más terrenos para la agricultura y la ganadería se ha convertido en la principal fuente de ingresos para muchos agricultores (Camas, 2021).

En las microcuencas hidrográficas, la cobertura del suelo influye directamente en la regulación hídrica, la estabilidad del terreno y la vulnerabilidad a procesos de degradación como la erosión hídrica o eólica (Santillán, 2022). Los principales tipos de cobertura pueden incluir:

- **Bosques primarios y secundarios:** Actúan como reguladores del ciclo hidrológico, conservan la biodiversidad y protegen el suelo contra la erosión.
- **Pastizales y áreas de pastoreo:** Pueden mantener cierta protección edáfica, aunque un sobrepastoreo puede aumentar la degradación del suelo.
- **Cultivos agrícolas:** Su manejo adecuado determina el nivel de protección o exposición del suelo a procesos erosivos.
- **Áreas desnudas o erosionadas:** Zonas críticas que requieren intervención para evitar la pérdida de suelo fértil y la degradación ambiental.
- **Áreas urbanas y construidas:** Modifican drásticamente las propiedades del suelo, reduciendo su permeabilidad y aumentando la escorrentía superficial (FAO, 2024).

**Clasificación taxonómica del suelo en la Microcuenca del río Cachisagua provincia de Bolívar:**

<b>Clasificación Taxonómica</b>	<b>Características</b>	<b>Altura</b>	<b>Localización</b>
Haplustoll	Sur de Guaranda	2400 – 2800	Negros-profundos-francos-arenosos >3% M. Orgánica pH neutro (7.0) – secos
Dystrandeps – y/o Cryandeps	Este: Guaranda Provincia Bolívar	Bolívar 2800 3500	Muy negros – arenosos – retención de agua 20 –30% áreas húmedas y frías Muy Negros – Negros – horiz. Amarillento: zona caliente franco – franco arenoso
Hapludolls	Área central de Guaranda	3000 3200	retención agua 50-100% áreas húmedas – muy húmedas, variación de temperatura caliente – fría pH: 5.5 – 6.5 Textura uniforme Arcilloso – arenoso –
Argiudolls	Parte baja sur de Guaranda	2400 2800	profundos áreas secas pH: Neutro
Dystropepts	Extremo sur de la provincia Parte inferior de las vertientes occidentales Terrazas	500 1500	Suelos Rojos – Arcillosos o arcillo arenosos profundos pedregosos pH: 4 – 5.5
Tropofluvents	medias de los ríos del centro y occidente de provincia	1500- 2400	Suelos pluviales textura variable – limosos o arcillosos profundos – pedregosos

**Fuente:** (Análisis Socioeconómico de la provincia de Bolívar,2020)

**2.10.3 El análisis químico y físico del suelo**

El análisis de suelos es un procedimiento diagnóstico esencial para la agricultura sostenible y la gestión ambiental. A través de la evaluación de parámetros fisicoquímicos y biológicos clave, se obtiene información precisa sobre el estado del suelo. Esta caracterización integral abarca la determinación de la composición elemental (macro y micronutrientes), el pH, la conductividad eléctrica (indicativa

de salinidad), la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el contenido de materia orgánica, la textura y la capacidad de retención de agua (Velázquez *et al.*, 2022).

**El análisis físico del suelo:** Se enfoca en evaluar las propiedades que definen su estructura y comportamiento mecánico. Esto incluye la determinación de la textura (proporción de arena, limo y arcilla), la estructura (cómo se agrupan las partículas), la densidad aparente (masa por unidad de volumen), la porosidad (espacios vacíos), la capacidad de retención de agua y la permeabilidad (facilidad con la que el agua y el aire se mueven a través del suelo). Estas características físicas son cruciales para la aireación, la infiltración y el drenaje del agua, la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo radicular de las plantas (Nix, 2024).

**El análisis químico del suelo:** Se centra en la identificación y cuantificación de los componentes químicos presentes en la matriz edáfica. Esto abarca la medición del pH (acidez o alcalinidad), la conductividad eléctrica (salinidad), el contenido de materia orgánica, la disponibilidad de macronutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio), macronutrientes (calcio, magnesio, azufre) y micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno). Además, puede incluir la detección de contaminantes o metales pesados. La información obtenida del análisis químico es fundamental para determinar la fertilidad del suelo, diagnosticar deficiencias o excesos de nutrientes y establecer recomendaciones de fertilización y enmiendas para optimizar el crecimiento de los cultivos (Agrotec, 2024).

#### **2.10.4 Uso potencial (agricultura, pecuaria, forestal, infraestructura, praderas)**

El sistema ambiental de la provincia está experimentando transformaciones debido al cambio en el uso del suelo, impulsado por la creciente demanda de tierras para actividades agrícolas, pecuarias y de asentamiento humano. Estas modificaciones se realizan sin considerar el impacto negativo sobre los ecosistemas locales, que albergan una importante biodiversidad. Entre los principales recursos naturales de la provincia se destacan la flora, la fauna, los humedales y los paisajes (Montiel, 2020).

Los principales daños al medio natural son de origen antrópico, destacándose entre ellos la pérdida de cobertura boscosa debido a la expansión agrícola y ganadera, la quema de pajonales para habilitar pastizales o por la falta de medidas de prevención durante labores agrícolas cercanas a áreas de vegetación nativa. Asimismo, se identifican impactos como el uso excesivo de agroquímicos en suelos cultivables, la contaminación de los ríos por descargas de aguas residuales provenientes de centros urbanos y rurales, y la inadecuada gestión de desechos sólidos, entre otros factores (PDOT , 2020).

La provincia de Bolívar tiene una alta concentración de población rural, con un 71.8%, debido principalmente a su carácter agrícola que permite a las familias obtener sustento del campo. Además, las ciudades no han experimentado un desarrollo económico significativo que incentive la migración hacia áreas urbanas. Sin embargo, en las últimas dos décadas, ha habido un ligero aumento de la población urbana, vinculado a la creación de los cantones Echeandía y Las Naves, anteriormente parroquias rurales de Guaranda (Coloma, 2020).

Según el análisis del mapa de conflictos de uso del MAG (2021), se determina que el 55,40% del territorio de la provincia de Bolívar presenta sobreutilización. Este resultado se basa en diversos criterios, siendo uno de los principales la pendiente del terreno. En este sentido, el diagnóstico revela que el 59,03% del área provincial corresponde a pendientes fuertes (>40-70%) y muy fuertes (>70-100%). La realización de actividades agropecuarias convencionales en estas condiciones incrementa la vulnerabilidad del suelo y del agua a procesos de degradación, además de elevar el riesgo de deslizamientos en zonas de alta pluviosidad. Ante este panorama, es fundamental impulsar procesos de restauración orientados a conservar la fertilidad de los suelos, garantizar la calidad y disponibilidad hídrica, y generar biomasa que refuerce la estabilidad de los taludes.

## **2.11 Vegetación**

La vegetación comprende el conjunto de especies vegetales presentes en un área geográfica o terreno determinado. Este concepto abarca la cobertura vegetal observable y el entramado de vida vegetal que se desarrolla en un espacio

específico. Incluye una amplia variedad de formas de vida como árboles, arbustos, hierbas, lianas, epífitas, musgos, entre otras, las cuales interactúan entre sí y con las condiciones ambientales del entorno (Cruz, 2021).

## **2.12 Inventario botánico**

Un inventario botánico es el registro sistemático de las especies vegetales que se encuentran en un área determinada. Incluye información sobre la identificación, abundancia, distribución, estado fenológico y, en muchos casos, el uso o valor ecológico de las plantas registradas (Mendoza, 2020).

Los inventarios de plantas tradicionalmente se han enfocado en crear listas completas de todas las especies vegetales que se encuentran en un lugar específico. No obstante, un inventario puede ir mucho más allá de esto, ya que representa una observación puntual en el tiempo de uno o varios aspectos de la diversidad vegetal de una zona. Por esta razón, los inventarios también pueden planificarse para determinar la cantidad de individuos de una o pocas especies en particular, su entorno natural y/o la situación actual de ciertos procesos en los que participan (Oliva & Berazaín, 2020).

### **2.12.1 Tipos de inventarios botánicos**

Se distinguen diversos tipos de inventarios botánicos, categorizados por su propósito, extensión geográfica o método empleado. Entre los más frecuentes se encuentran los inventarios de gestión, centrados en zonas delimitadas como plantaciones; los inventarios nacionales o regionales, que abarcan vastas extensiones territoriales con datos específicos; los inventarios cuantitativos, que evalúan aspectos como la densidad y la estructura forestal; y los inventarios florísticos, que catalogan las especies vegetales presentes en un área. Adicionalmente, los inventarios etnobotánicos se enfocan en el saber ancestral de las comunidades locales sobre el uso de las plantas (Davies, 2021).

### 2.12.2 Caracterización morfológica

La caracterización morfológica en inventarios botánicos se refiere a la descripción detallada de la forma y la estructura externa de las plantas encontradas en el área de estudio. Este proceso implica la observación y el registro sistemático de una serie de atributos cualitativos y cuantitativos que permiten identificar, diferenciar y describir las especies vegetales. Entre los principales aspectos de la caracterización morfológica que se utilizan en los inventarios botánicos se incluyen:

- **Hábito:** La forma general de la planta (árbol, arbusto, hierba, trepadora, etc.).
- **Tamaño:** Altura total, diámetro del tronco (para árboles y arbustos), longitud de tallos (para hierbas y trepadoras).
- **Tallo:** Tipo (herbáceo, leñoso), forma, presencia o ausencia de ramificación, tipo de ramificación, textura de la corteza (en plantas leñosas), presencia de estructuras especializadas (espinas, aguijones, zarcillos).
- **Hojas:** Tipo (simples, compuestas), disposición (alternas, opuestas, verticiladas), forma del limbo, ápice, base, margen, tipo de nerviación, presencia o ausencia de peciolo, presencia de estípulas, pubescencia (tipo y densidad de pelos), color, textura.
- **Flores:** Presencia o ausencia, tipo de inflorescencia, tamaño, forma, número y disposición de sépalos, pétalos, estambres y pistilos, color, aroma.
- **Frutos:** Tipo (seco, carnosos), forma, tamaño, color, presencia o ausencia de estructuras accesorias, tipo de dehiscencia (en frutos secos).
- **Estructuras subterráneas:** Tipo de raíz (pivotante, fibrosa, tuberosa), presencia de rizomas, bulbos, tubérculos.
- **Indumento:** Presencia, tipo, densidad y distribución de pelos o tricomas en diferentes partes de la planta.
- **Coloración:** Color de las diferentes partes de la planta en diferentes etapas de desarrollo (Chaves *et al.*, 2021).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Ubicación de la investigación

- **Localización de la investigación**

El presente estudio se llevó a cabo en la microcuenca del río Cachisagua, ubicado en la provincia Bolívar, cantón Guaranda, parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla.

#### a. Situación geográfica y edafoclimática

Altitud	2668msnm
Latitud sur	1°36'20"
Longitud oeste	79°00'11"
Temperatura mínima	9 C°
Temperatura máxima	10 C°
Temperatura promedio anual	9.5 C°
Precipitación media anual	786,9 mm
Heliofanía	920 horas/luz por año
Velocidad promedio del viento	7 km/h.
Humedad relativa	70-85 %
Tipo de suelo	Franco - arcilloso - arenosos
pH del suelo	6,86 a 7,46

Fuente: (INAMHI, 2025)

#### b. Zona de vida. (zonificación ecológica).

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge la zona corresponde al bosque seco Montano Bajo (bs-MB) (Holdridge, 1979).

## **3.2 METODOLOGÍA**

### **3.2.1 Material en estudio**

La zona baja de la microcuenca del río Cachisagua.

### **3.2.2 Factores en estudio**

Calidad de agua, suelo y vegetación

### **3.2.3 Tratamientos en estudio**

Zona baja de la microcuenca del río Cachisagua con valoración:

Tratamiento 1: Agua: Parámetros físicos, químicos y biológicos.

Tratamiento 2: Suelo: Indicadores físicos y químicos.

Tratamiento 3: Vegetación: Morfología y taxonomía.

### **3.2.4 Tipo de diseño experimental o estadístico**

En el presente estudio se empleó la estadística descriptiva.

### **3.2.5 Manejo de la investigación**

#### **c. Delimitación de la microcuenca**

Esta labor se realizó con la ayuda del software Google Earth, que permitió observar el relieve, identificar divisorias de aguas y trazar de forma visual los límites de la microcuenca del río Cachisagua con base en las pendientes del terreno.

#### **d. Ubicación de la zona de estudio**

Una vez delimitada la microcuenca del río Cachisagua, se procedió a realizar una visita técnica de campo teniendo en cuenta los sistemas de accesibilidad, cobertura vegetal, uso actual del suelo, puntos de contaminación y actividades antrópicas desarrolladas cerca de las riberas del río, para determinar puntos de monitoreo representativos y aptos para el transporte respectivo de las muestras y su conservación.

Los puntos estratégicos se tomaron con la ayuda de un GPS de referencia, con el propósito de evaluar el índice de calidad de agua y determinar si sus parámetros cumplen con la normativa ambiental vigente ecuatoriana.

#### **4. Caracterización de la calidad del agua: fase de campo**

##### **a. Obtención de la muestra**

El muestreo del agua se efectuó en el período de estiaje. Para la obtención de muestras se dividió la microcuenca baja del río Cachisagua en tres transectos. Las muestras se recolectaron utilizando frascos plásticos de 1 litro, adecuados para el análisis de metales, salinidad, demanda química de oxígeno (DQO) y parámetros biológicos. Cada muestra fue debidamente etiquetada con información del sitio, fecha, hora y responsable del muestreo. Posteriormente, se realizó el traslado inmediato al laboratorio acreditado, cumpliendo los parámetros establecidos.

Esta labor se realizó siguiendo la normativa INEN 2176:2013, la cual establece los procedimientos técnicos para el muestreo y la conservación de muestras destinadas al análisis de recursos hídricos, las mismas se detallan a continuación:

- a) El muestreo debe realizarse en la mitad del río en donde existe mayor homogenización del agua.
- b) El envase debe ser enjuagado y lavado con el agua a muestrear.
- c) La recolección de la muestra debe ser a una profundidad media del río y contra corriente.
- d) Se debe utilizar guantes y equipo técnico de campo para evitar posibles alteraciones de la muestra.
- e) Se debe sellar el envase mientras siga sumergido en el agua para evitar burbujas y alteraciones en la muestra.

##### **b. Etiquetado de muestras**

Una vez recolectada cada muestra, se realizó su etiquetado correspondiente. En cada etiqueta se incluyó un código único de identificación, la ubicación exacta donde se tomó la muestra, así como la fecha y hora de recolección. Este

procedimiento de etiquetado se llevó a cabo para asegurar la correcta identificación de cada muestra y evitar cualquier tipo de confusión o equivocación durante su análisis.

#### **c. Conservación y transporte**

Para asegurar la calidad de las muestras hasta su análisis, se colocó en una hielera para mantener una temperatura controlada por debajo de los 5 °C, condición esencial para preservar las propiedades de las muestras durante su transporte al laboratorio, donde se procesaron en un lapso inferior a 24 horas.

#### **d. Métodos para el análisis de agua**

Para llevar a cabo el análisis de todas las muestras obtenidas, se utilizaron equipos de laboratorio previamente calibrados y reactivos químicos de alta pureza. Estos análisis se realizaron en un laboratorio especializado.

### **5. Caracterización de la calidad del agua: Fase de laboratorio**

La fase de laboratorio es un paso esencial en el proceso de análisis de agua debido a la necesidad de equipos sofisticados, condiciones controladas, personal especializado, metodologías estandarizadas y rigurosos controles de calidad, factores que generalmente no están disponibles en el lugar de la toma de la muestra. Por lo que las muestras fueron enviadas a un laboratorio especializado que garantiza la obtención de datos precisos y confiables para una evaluación adecuada de la calidad del agua.

### **6. Caracterización de la calidad del suelo: Fase de campo**

#### **a. Obtención de la muestra**

El muestreo del suelo se efectuó utilizando un tipo de muestreo aleatorio sistemático que garantice la representatividad del área de estudio. Se seleccionaron puntos clave en la microcuenca: En cada punto seleccionado se recolectaron muestras compuestas a una profundidad de 0–20 cm, utilizando un barrenador y fundas plásticas de 1 kg debidamente etiquetados.

#### **a. Etiquetado de muestras**

Las muestras fueron colocadas en fundas plásticas limpias de 1 kg de capacidad, debidamente rotuladas con información del sitio, fecha y código correspondiente. Posteriormente, fueron transportadas y entregadas al laboratorio para su análisis físico y químico, siguiendo los protocolos establecidos para garantizar la calidad y confiabilidad de los resultados.

### **7. Caracterización de la calidad del suelo: Fase de laboratorio**

Las muestras de suelo recolectadas en campo fueron enviadas a un laboratorio acreditado donde se realizaron los análisis físico-químicos conforme a protocolos estandarizados. En este proceso, se llevó a cabo procedimientos de preparación y calibración de equipos para la determinación de parámetros clave, tales como el pH, materia orgánica, densidad, textura, y concentraciones de macro y microelementos. De esta forma, se asegura la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos, los cuales contribuyeron a una evaluación precisa del estado y potencial productivo del suelo en la microcuenca.

### **8. Caracterización de especies vegetales**

#### **a. Obtención de la muestra**

El muestreo de las especies vegetales en la microcuenca se realizó mediante un diseño sistemático con transectos, dividiendo el área en tres secciones para reflejar la variabilidad ecológica. En cada unidad de muestreo se registraron las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas predominantes, considerando frecuencia, cobertura y dominancia. Se complementó con recorridos in situ y diálogos con los moradores, quienes aportaron en la identificación y en la documentación de los usos locales de las especies, como medicinales, alimenticios, forrajeros o maderables.

#### **b. Recolección de la información**

La recolección de la información se realizó mediante observación directa, fotografía, toma de muestras (hojas, flores, tallos, semillas) y toma de datos en fichas de campo.

#### **c. Inventario de las especies existentes**

Posteriormente, se procedió a la inventariación de las especies existentes, agrupándolas según su hábito de crecimiento, nombre común, nombre científico y uso potencial, lo que permitió caracterizar la composición florística de la microcuenca.

#### **d. Variables que se determinaron**

Se determinaron diversas variables que permitieron una caracterización integral de las especies registradas. Entre ellas se incluye la morfología, considerando aspectos visibles como forma de hojas, tallos, flores y estructura general de la planta; la taxonomía, con la identificación científica de las especies hasta el nivel de género y especie, utilizando claves botánicas y literatura especializada; las posibles variedades dentro de una misma especie, si existieran diferencias fenotípicas notables; y finalmente, los usos asociados a cada especie, como su valor medicinal, maderable, forrajero, ornamental o alimenticio, con base en conocimiento local y fuentes bibliográficas. Esta información fue sistematizada como parte del inventario florístico de la microcuenca.

### **3.2.6 Métodos de evaluación (variables respuesta)**

#### **9. Tratamiento 1: Agua: Parámetros físicos, químicos y biológicos.**

##### **a. Conductividad eléctrica (CE)**

Para evaluar la conductividad del agua del río Cachisagua, se tomaron muestras en la parte baja del río. La medición se realizó utilizando un conductímetro, y los resultados se expresaron en microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

El análisis de los datos se basó en los rangos de referencia propuestos por Escadón y Cáceres en 2022.

### **Rangos de la conductividad**

<b>Conductividad eléctrica (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>Clasificación</b>
< 250	Excelente
250 – 750	Buena
750 – 2000	Permisible
2000 – 3000	Uso dudoso
> 3000	Inapropiada

**Fuente:** (Escadón y Cáceres, 2022)

#### **b. Turbidez (T)**

Para determinar la turbidez, se tomaron muestras de agua en la microcuenca baja del río Cachisagua, las cuales se evaluaron con un turbidímetro. Los resultados se expresaron en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT).

#### **c. Sólidos disueltos totales (SDT)**

Se determinó en cada una de las muestras que se tomaron del río Cachisagua, mediante la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales. Los resultados se expresaron en mg/l.

#### **d. Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Para esta variable, se empleó el método gravimétrico en cada una de las muestras tomadas. Este método consistió en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio, a través del cual se hizo pasar una muestra homogénea. El residuo retenido se secó a 103-105°C, y el incremento en el peso del filtro representó la cantidad de sólidos suspendidos totales, expresado en mg/l. Según los parámetros establecidos en el laboratorio de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EP-EMAPAG).

## **10. Parámetros químicos para la calidad del agua**

### **a) Potencial de hidrógeno (pH)**

Para su determinación, se empleó el método del potenciómetro en cada una de las muestras que se tomaron de la microcuenca baja del río Cachisagua. El pH se determinó utilizando una escala de 0 a 14.

### **b) Dureza total (DT)**

Variable que se determinó en cada una de las muestras que se tomaron en la microcuenca baja del río Cachisagua, como la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio, expresada como carbonato de calcio en mg/l. Se empleó el método titulométrico, basado en la capacidad de la sal sódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para formar complejos de quelato solubles al añadirse a soluciones de algunos cationes metálicos.

### **c) Nitratos (NO<sub>3</sub>)**

Esta variable se determinó en cada una de las muestras que se tomó de la microcuenca baja del río Cachisagua, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica a una longitud de onda de 220 nm. Los resultados se expresaron en mg/l.

### **d) Hierro (Fe)**

Para determinar la cantidad de hierro de las muestras tomadas de la microcuenca baja del río, se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica a una longitud de onda de 510 nm. Y los resultados se expresaron en mg/l.

### **e) Cromo hexavalente (Cr+6)**

Esta variable se determinó por el método de espectrofotometría de absorción atómica en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, a una longitud de onda de 540 nm. La absorbancia fue proporcional a la concentración de cromo en la muestra, expresada en mg/l.

**f) Cobre (Cu)**

El cobre se determinó en las muestras que fueron tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica (EAA) con llama de aire-acetileno por aspiración directa. Este método tiene una sensibilidad de 0,1 mg/l o menor y un rango óptimo de concentración de 0,2 a 10 mg/l de Cu.

**g) Demanda química de oxígeno (DQO<sub>2</sub>)**

Para determinar la demanda química de oxígeno en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, se utilizó el método del dicromato. Los resultados se expresaron en mg O<sub>2</sub>/l.

**h) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La demanda bioquímica de oxígeno se determinó mediante el método de dilución en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, y se expresaron en mg O<sub>2</sub>/l. La determinación se basó en la diferencia entre el oxígeno inicialmente presente y el que restó a los 5 días.

**i) Arsénico total (As)**

Para determinar la cantidad de arsénico presente en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, expresada en mg/l, se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica a una longitud de onda de 197 nm.

**j) Aluminio (Al)**

Esta variable se determinó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica sin llama a una longitud de onda de 309 nm. En las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua. Los resultados se expresaron en mg/l.

**k) Bario (Ba)**

Esta variable se determinó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica con llama de óxido nitroso y acetileno en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, a una longitud de onda de 553 nm. Los resultados se expresaron en mg/l.

**l) Cianuro total (CN)**

Para su determinación, se empleó el método colorimétrico en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, mediante su reacción con Clorarnina-T en cloruro de cianógeno. En presencia de ácido barbitúrico, se generó un compuesto coloreado susceptible de determinación colorimétrica a una longitud de onda de 578 nm. Los resultados se expresaron en mg/l.

**m) Cloruros (Cl)**

Se empleó el método volumétrico en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, basado en la reacción de precipitación de los iones  $\text{Cl}^-$  por adición de una disolución valorante de sales de  $\text{Ag}^+$  en medio neutro. Los resultados se expresaron en mg/l.

**n) Fluoruros (F)**

Para determinar la cantidad de fluoruros en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, expresada en mg/l, se utilizó la técnica ionométrica, en la cual se emplea un electrodo selectivo de fluoruros, cuyo elemento sensible es una membrana de fluoruro de lantano.

**o) Fósforo total ( $\text{PO}_4$ )**

El fósforo se determinó en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, por el método de espectrofotometría molecular. Este método tiene una longitud de onda de 690 nm y los resultados se expresaron en mg/l.

**p) Manganeso (Mn<sup>2+</sup>)**

Esta variable se evaluó por el método de espectrofotometría de absorción atómica (EAA) con llama de aire-acetileno en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua. Este método tiene una longitud de onda de 279 nm y los resultados se expresaron en mg/l.

**q) Níquel (Ni)**

Esta variable se determinó en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica sin llama a una longitud de onda de 232 nm. Los resultados se expresaron en mg/l.

**r) Plomo (Pb)**

Se determinó con el método de espectrofotometría de absorción atómica en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, con una longitud de onda de 283 nm. Los resultados se expresaron en mg/l.

**s) Selenio (Se)**

Esta variable se determinó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, a una longitud de onda de 196 nm. Los resultados se expresaron en mg/l.

**11. Parámetros biológicos para la calidad del agua**

**a) Coliformes totales (CT)**

La determinación de microorganismos coliformes totales se realizó en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, mediante el método del Número Más Probable (NMP), utilizando un medio de cultivo que contiene sales biliares. Los resultados se expresaron en NMP/100 ml.

### ***b) Escherichia coli***

La búsqueda de *Escherichia coli* se realizó en las muestras tomadas de la microcuenca baja del río Cachisagua, a partir de los tubos positivos en caldo EC. Las siembras se realizaron por agotamiento en medios selectivos y diferenciales, y posteriormente se aplicaron las pruebas bioquímicas básicas (IMViC) a las colonias típicas. Los resultados se expresaron en NMP/100 ml.

## **12. Tratamiento 2: Suelo: Indicadores físicos y químicos.**

El proceso de análisis de los componentes físicos se realizó en el laboratorio de aguas y suelos de la estación experimental Santa Catalina (INIAP), mediante metodologías estandarizadas y validadas conforme a los protocolos normativos establecidos por dicha institución.

Para la determinación de la textura del suelo, se tomó una muestra de aproximadamente 1100 gramos en cada punto de muestreo, la cual fue enviada al laboratorio de aguas y suelos de la estación experimental Santa Catalina (INIAP). Los resultados se expresaron de acuerdo con las categorías y proporciones de arena, limo y arcilla, según la clasificación de la pirámide textural.

### **a) Densidad aparente (DA)**

Para la determinación de la densidad del suelo, se tomó una muestra en cada punto de muestreo, las cuales fueron enviadas al laboratorio de aguas y suelos de la estación experimental Santa Catalina (INIAP). Los resultados se expresaron en gramos por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ).

### **c) Humedad (H)**

Para este análisis, se tomó una muestra en cada uno de los puntos establecidos, las cuales fueron enviadas al laboratorio de aguas y suelos de la estación experimental Santa Catalina (INIAP), para su análisis respectivo. Los resultados se expresaron en porcentaje (%).

#### **d) Caracterización química del suelo**

Para evaluar los componentes químicos, como los macronutrientes y micronutrientes, los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de aguas y suelos de la estación experimental Santa Catalina (INIAP), de acuerdo con las metodologías aplicadas en el laboratorio.

#### **e) Nivel de pH**

El potencial de hidrógeno (pH) se determinó en el laboratorio de aguas y suelos de la estación experimental Santa Catalina (INIAP), y su resultado se expresó de acuerdo con los niveles de pH del suelo para acidez, alcalinidad y basicidad.

#### **f) Porcentaje de materia orgánica**

Para calcular la materia orgánica, se tomó una muestra de suelo y se envió al laboratorio de aguas y suelos de la estación experimental Santa Catalina (INIAP).

#### **j) Determinación de macro y micro elementos**

La determinación de macro y microelementos (N, P, S, B, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe) en el suelo se desarrolló en el laboratorio de aguas y suelos de la estación experimental Santa Catalina (INIAP), cuyos resultados se obtuvieron en sus unidades correspondientes.

### **13. Tratamiento 3: vegetación: Morfología, taxonomía y variedades.**

#### **a) Inventario**

En cada uno de los transectos establecidos en la microcuenca del río Cachisagua se procedió a la identificación de las especies presentes, registrando tanto su nombre común como su correspondiente denominación científica.

## **b) Caracterización morfológica**

La caracterización de la vegetación en la microcuenca baja del río Cachisagua se realizó mediante un recorrido de observación directa, durante el cual se identificaron las especies presentes y se clasificó la vegetación de acuerdo con su hábito de crecimiento, diferenciando entre herbáceas, arbustivas y arbóreas. Para cada especie registrada se emplearon descriptores botánicos que permitieron una caracterización morfológica precisa, considerando estructuras como el tallo, las hojas, las flores, la inflorescencia y el tipo de copa.

### **3.2.7 Análisis de datos**

Los resultados fueron sometidos a análisis estadístico descriptivo que comprende frecuencias, porcentajes y medias aritméticas.

## CAPÍTULO IV

### 4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1.1 Parámetros físicos para la calidad del agua

**Tabla 1**

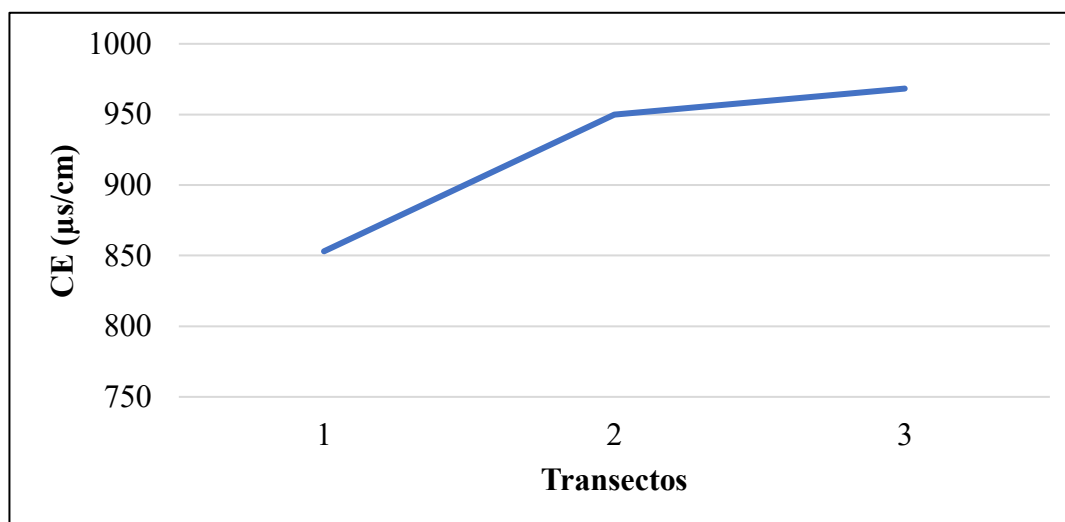
*Resultados de la Conductividad eléctrica (CE), Turbidez (T), Sólidos disueltos totales (SDT) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) del agua del río Cachisagua.*

Transectos	Parámetros físicos del agua			
	Conductividad eléctrica (CE) $\mu\text{s/cm}$	Turbidez (T) NTU	Sólidos disueltos totales (SDT) mg/l	Sólidos Suspendidos Totales (SST) mg/l
1	853,07	25,09	250,24	187,39
2	950,03	26,59	270,64	194,32
3	968,31	30,08	382,47	254,39
$\Sigma$ TOTAL	2771,41	81,76	903,35	636,1
$\mu$	923,80	27,25	301,12	212,03

*Nota.* NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez,  $\mu\text{s/cm}$ : microSiemens por centímetro.

**Figura 1**

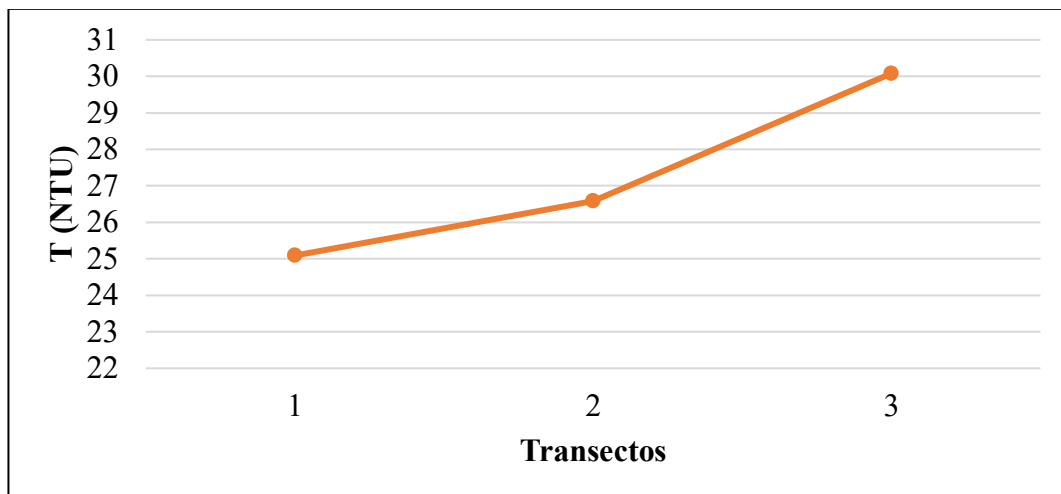
Conductividad eléctrica (CE)



Los resultados obtenidos para la conductividad eléctrica del agua del río Cachisagua es permisible para diversos usos. La figura muestra que los valores de conductividad están en un rango de 853.07 a 968.31  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que cae dentro del rango de 750-2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  clasificado como "Permisible". Es decir que el agua es apta para riego, pero bajo un manejo responsable que evite riesgos de salinización del suelo y afectación en cultivos sensibles.

**Figura 2**

Turbidez (T)

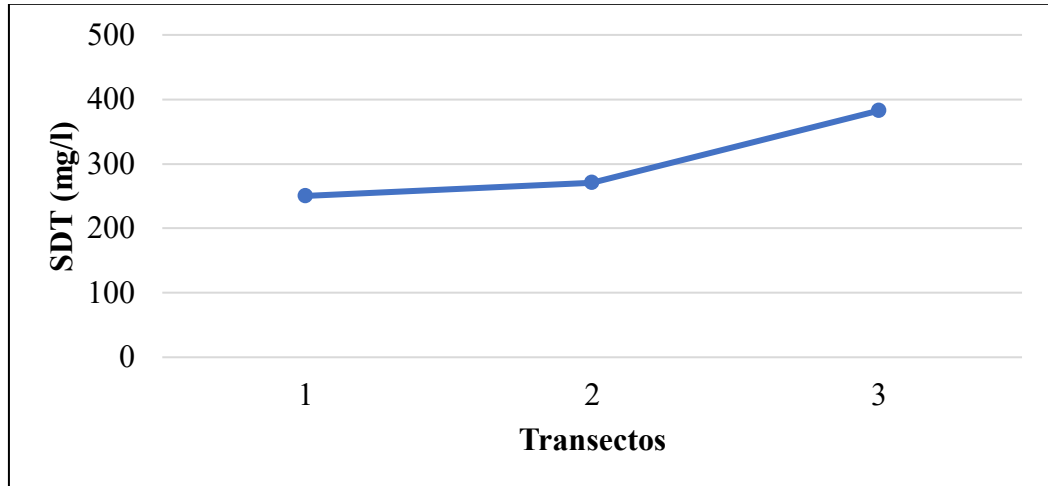


La figura de turbidez muestra una tendencia ascendente, partiendo de 25.09 NTU en el transecto 1 y alcanzando 30.08 NTU en el transecto 3. Este incremento progresivo indica que la cantidad de partículas en suspensión, como lodos, arcillas o materia orgánica, aumenta a medida que el agua fluye.

Por lo tanto, los valores registrados se encuentran por debajo de los rangos permisibles establecido para aguas (Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua).

**Figura 3**

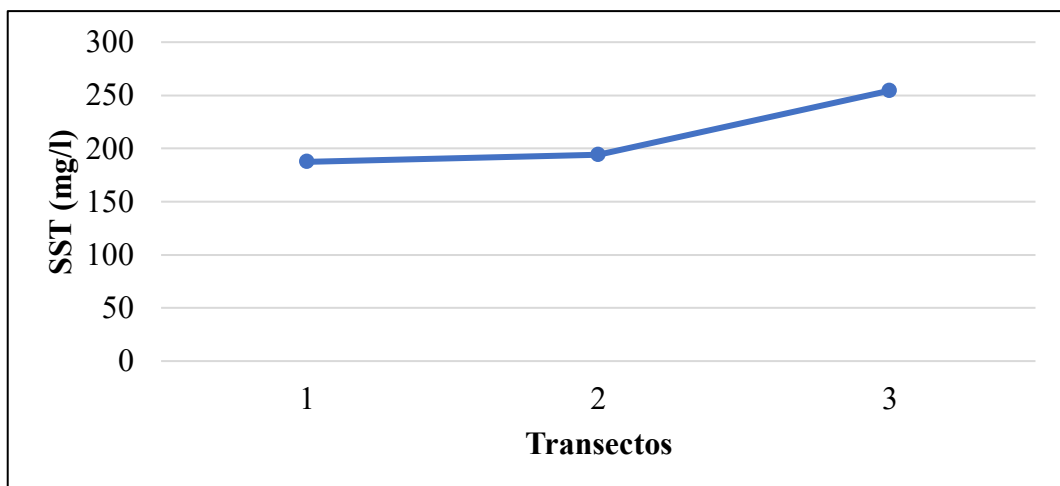
Sólidos disueltos totales (SDT)



La figura muestra un aumento de los sólidos disueltos totales (SDT) a medida que se avanza en los transectos, desde 250.24 mg/l hasta alcanzar aproximadamente 382.47 mg/l. Este incremento podría deberse a aportes de contaminantes, como escorrentía agrícola, o a la concentración de sales a medida que el río avanza. Sin embargo, estos valores se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos según normativas de calidad de agua. Por lo tanto, se puede considerar que el agua evaluada es de buena calidad.

**Figura 4**

Sólidos Suspendidos Totales (SST)



La figura muestra un claro incremento en los Sólidos Suspendidos Totales (SST) a lo largo de los transectos. El valor pasa de aproximadamente 187.39 mg/l en el Transecto 1 a 254.39 mg/l en el Transecto 3. Esta tendencia ascendente es un indicador clave de que el agua está recibiendo una carga cada vez mayor de partículas sólidas a medida que avanza.

Esta tendencia puede estar asociada a procesos de arrastre de sedimentos, incorporación de materia orgánica, erosión de suelos o descargas de origen antrópico y natural. El aumento progresivo de SST es un parámetro relevante porque refleja el grado de alteración de la calidad del agua y permite inferir posibles impactos ambientales en el ecosistema acuático (Cárdenas, 2020).

#### 4.1.2 Parámetros químicos para la calidad del agua

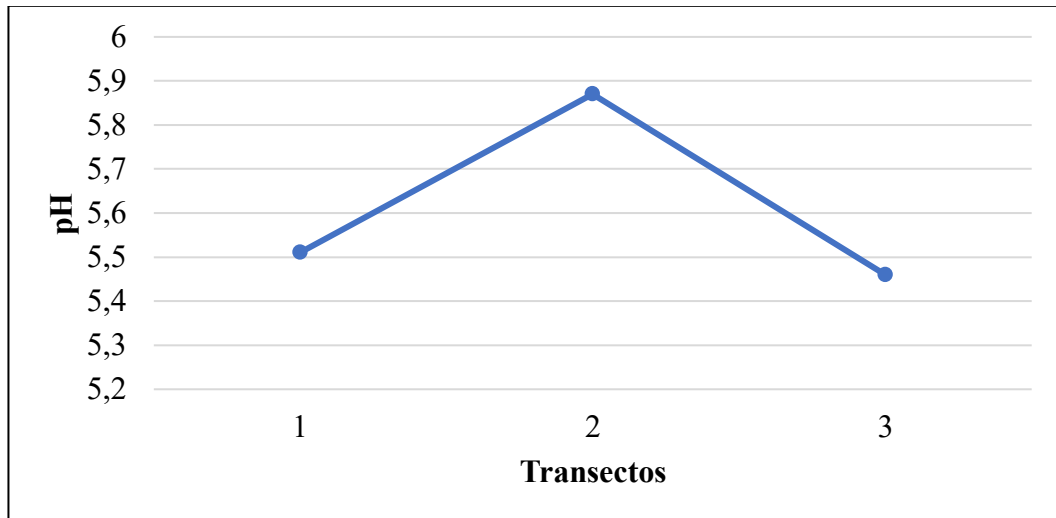
**Tabla 2**

*Resultados del Potencial de hidrógeno (pH), Dureza total (DT), Sulfatos (SO<sub>4</sub>), Nitratos (NO<sub>3</sub>), Hierro (Fe). Cromo hexavalente (Cr<sup>+6</sup>), Cobre (Cu), Demanda química de oxígeno (DQO<sub>2</sub>), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Arsénico total (As), Aluminio (Al), Bario (Ba), Cianuro total (CN), Cloruros (Cl), Fluoruros (F), Fósforo total (PO<sub>4</sub>), Manganeso (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Selenio (Se) del agua del río Cachisagua.*

Parámetros químicos	Unidades	Transectos			μ
		1	2	3	
Potencial de hidrógeno (pH)	-	5,51	5,87	5,45	5,61
Dureza total (DT)	mg/l	38,00	50,00	52,00	46,67
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/l	2,15	2,18	3,10	2,59
Hierro (Fe)	mg/l	0,09	0,09	0,07	0,08
Cromo hexavalente (Cr <sup>+6</sup> )	mg/l	0,004	0,004	0,004	0,004
Cobre (Cu)	mg/l	0,0017	0,0018	0,0021	0,002
Demanda química de oxígeno (DQO <sub>2</sub> )	mg/l	186,00	250,00	364,00	266,67
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	70,00	122,00	156,00	116,00
Arsénico total (As)	mg/l	0,0013	0,0019	0,0036	0,002
Aluminio (Al)	mg/l	0,008	0,008	0,008	0,008
Bario (Ba)	mg/l	0,068	0,071	0,082	0,074
Cianuro total (CN)	mg/l	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Cloruros (Cl)	mg/l	280,00	350,00	542,02	390,67
Fluoruros (F)	mg/l	0,42	0,51	0,52	0,48
Fósforo total (PO <sub>4</sub> )	mg/l	3,1	2,71	1,82	2,54
Manganeso (Mn)	mg/l	0,042	0,052	0,063	0,05
Níquel (Ni)	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005
Plomo (Pb)	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Selenio (Se)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002

**Figura 5**

Potencial de hidrógeno (pH)

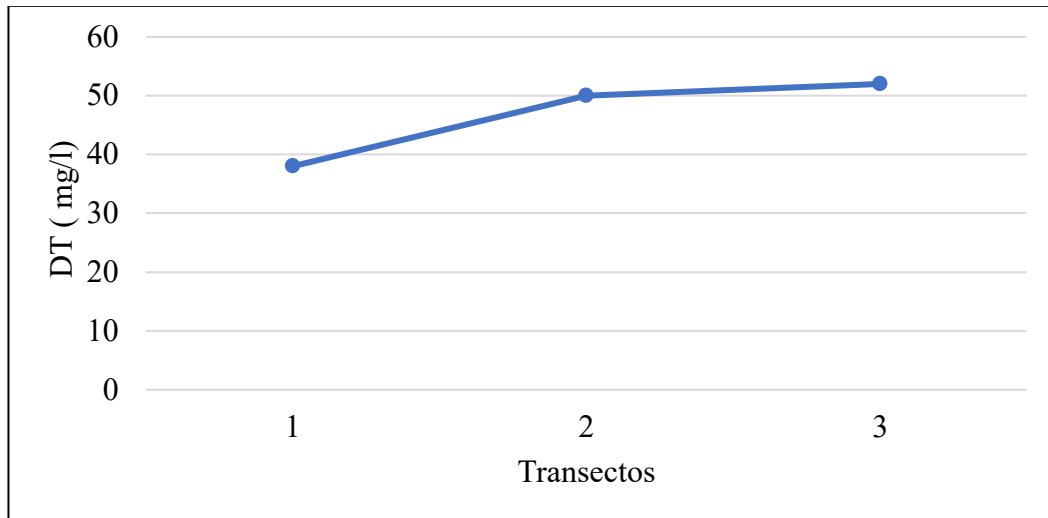


El pH presenta una variación a lo largo de los transectos, iniciando en 5.51 en el Transecto 1, alcanzando un máximo de 5.87 en el Transecto 2 y disminuyendo nuevamente a 5.61 en el Transecto 3. El rango permisible de pH para agua se encuentra entre 6.0 y 9.0. Los valores obtenidos en los tres transectos (5.51; 5.87 y 5.61) se mantienen por debajo de este límite, lo que indica que el agua presenta una condición ligeramente ácida durante todo el recorrido.

La fluctuación del pH en el río Cachisagua es un claro indicador de cómo las condiciones del entorno afectan la calidad del agua. El aumento del pH en el transecto 2 podría explicarse por procesos de dilución o por el aporte de materiales con acidez. En contraste, la disminución del pH en el transecto 3 sugiere la influencia de factores locales, como la lixiviación de suelos ácidos o descargas con compuestos acidificantes. Aunque estas variaciones son moderadas, reflejan la interacción constante de las características físico-químicas del entorno sobre el río, lo cual resalta la importancia de monitorear estas dinámicas para proteger la salud del ecosistema.

**Figura 6**

Dureza total (DT)



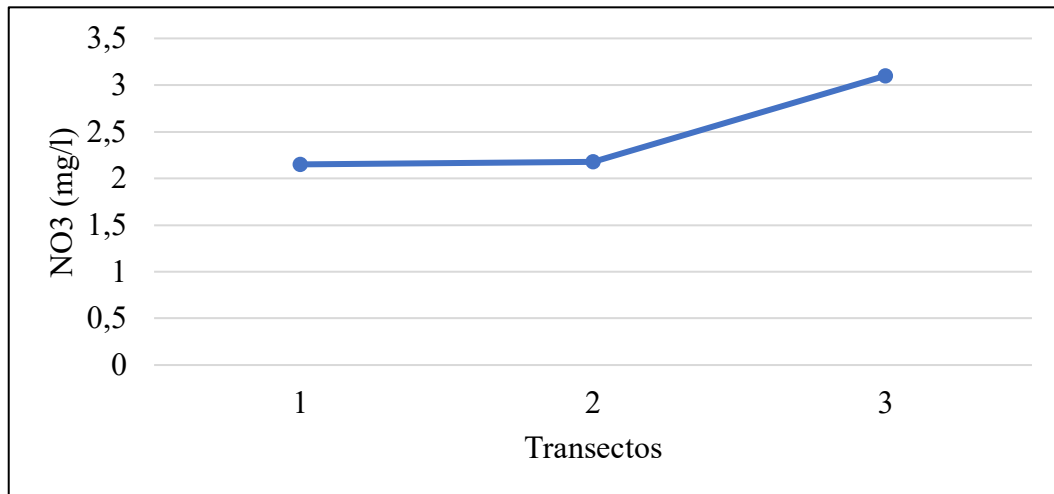
Los valores de dureza total (DT) muestran un incremento progresivo en los transectos, pasando de aproximadamente 38 mg/l en el Transecto 1 a 50 mg/l en el Transecto 2 y alcanzando 52 mg/l en el Transecto 3. Este aumento indica una mayor concentración de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua a medida que avanza el recorrido.

Las concentraciones de sólidos disueltos superiores a 200 mg/l no representan un problema para la salud humana, pero podrían afectar las tuberías debido a la acumulación de minerales (Escadón y Cáceres, 2022).

Sin embargo, los valores registrados en este estudio se mantienen por debajo del límite máximo permisible. Esta condición demuestra que la calidad del agua del río no presenta riesgos, aunque sí refleja la influencia de factores geológicos y el arrastre de minerales desde el suelo circundante.

**Figura 7**

Nitratos ( $\text{NO}_3$ )

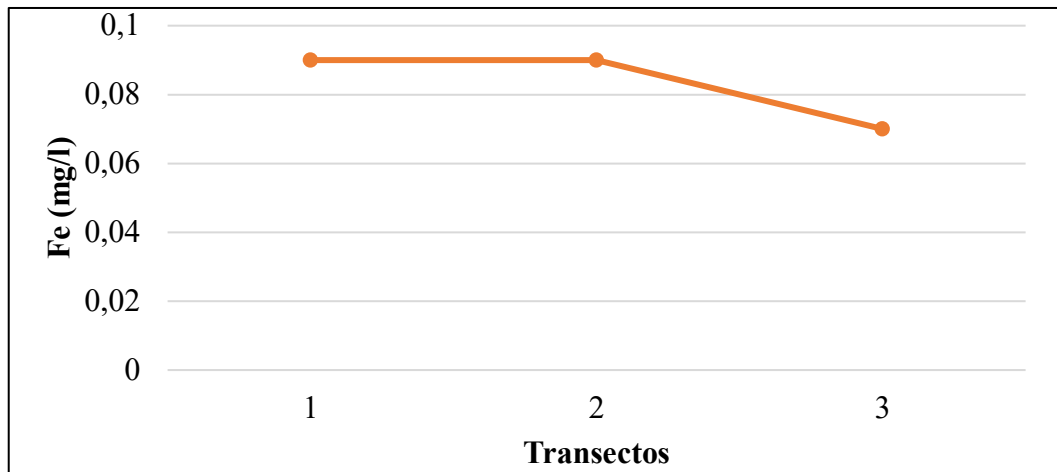


La concentración de nitratos en el río Cachisagua experimentó una ligera variación. En el primer transecto, el valor fue de 2.15 mg/l, incrementándose a 2.18 mg/l en el segundo. Finalmente, en el tercer transecto, se observó un aumento más significativo, alcanzando 3.10 mg/l.

Según normativas de calidad de agua, la concentración máxima permisible de nitratos en agua es de 10 mg/l, por lo que los valores registrados se encuentran muy por debajo de este límite. Esto indica que el agua no presenta riesgos asociados a contaminación por compuestos nitrogenados. El aumento registrado en el Transecto 3 puede atribuirse a la escorrentía de fertilizantes agrícolas o a la mineralización de materia orgánica en la cuenca baja. Aun así, los niveles se consideran bajos y compatibles con una buena calidad del recurso.

**Figura 8**

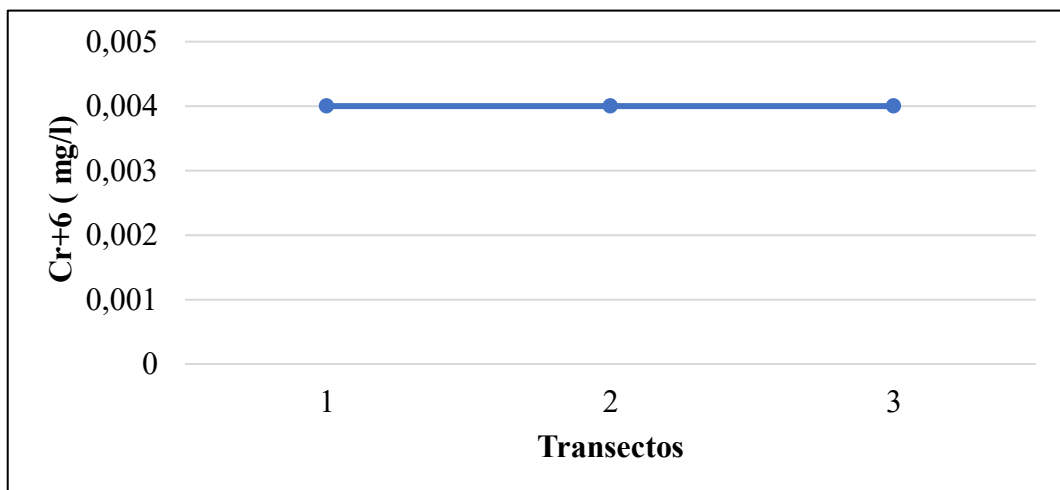
Hierro (Fe)



Los valores de hierro (Fe) registrados en los transectos 1, 2 y 3 se mantienen bajos y dentro de los límites permisibles tanto para el consumo humano como para la preservación de flora y fauna en la microcuenca, lo que evidencia una adecuada calidad del agua respecto a este parámetro. La ligera variación observada en el transecto 3, en comparación con los demás, podría atribuirse a diferencias naturales en la composición del suelo o en el entorno inmediato.

**Figura 9**

Cromo hexavalente (Cr+<sup>6</sup>)

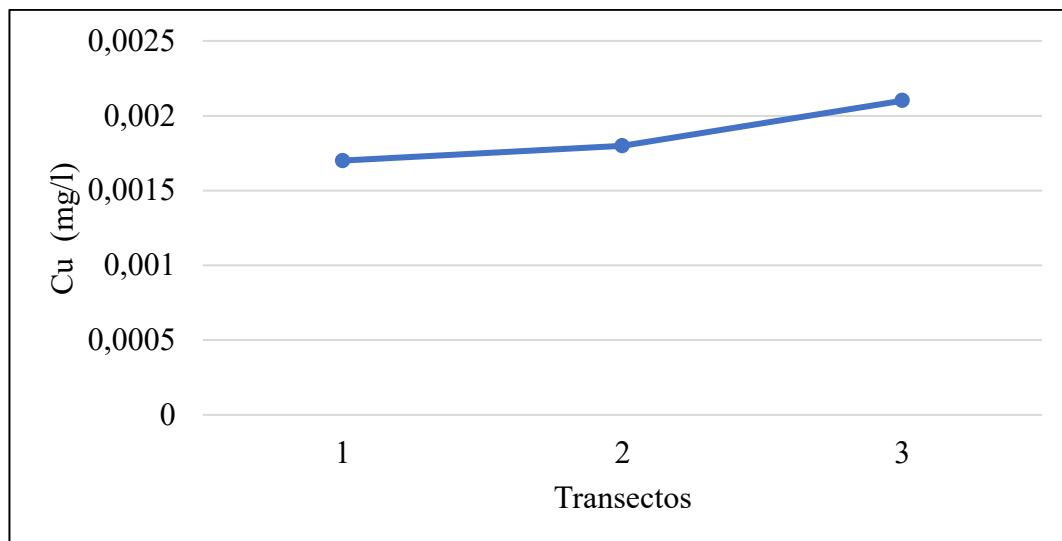


Al observar los resultados del agua de la microcuenca del río Cachisagua, las concentraciones de cromo hexavalente ( $Cr^{+6}$ ), presentan una homogeneidad entre los puntos de muestreo. Según normativas de calidad de agua, estos valores se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos tanto para el consumo humano como para la preservación de la flora y fauna en la microcuenca.

El cromo es un contaminante que existe en el agua en dos formas: el cromo hexavalente ( $Cr^{+6}$ ), muy tóxico, y el cromo trivalente ( $Cr^{3+}$ ). Consumir cualquiera de estas formas de manera prolongada, incluso en pequeñas cantidades, puede ser perjudicial para la salud (Linus Pauling Institute, 2023).

**Figura 10**

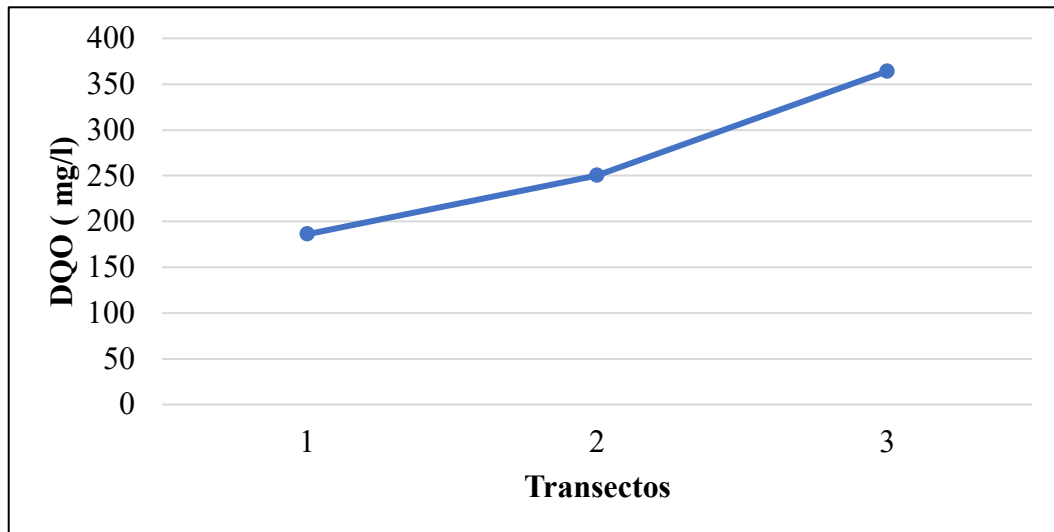
Cobre (Cu)



Los valores de cobre (Cu) registrados en los transectos 1, 2 y 3 del río Cashisagua (0.0017, 0.0018 y 0.0021 mg/l, respectivamente) muestran ligeras diferencias entre sí, pero se mantienen todos por debajo del límite permisible de 0,02 mg/l. Esto indica que, en relación a este parámetro, la calidad del agua es buena y no representa riesgo para el consumo humano ni para la flora y fauna de la microcuenca.

**Figura 11**

Demanda química de oxígeno (DQO<sub>2</sub>)



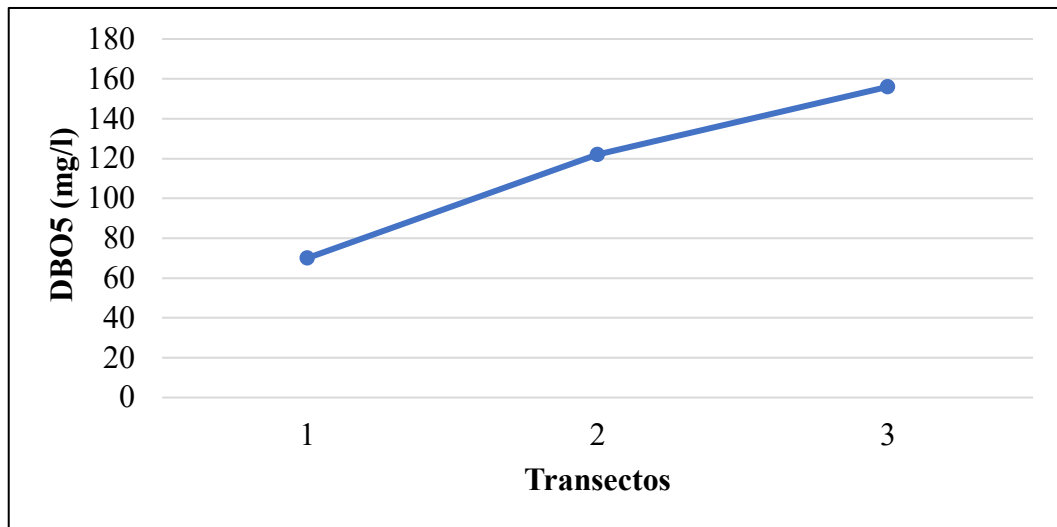
Los valores de la Demanda Química de Oxígeno (DQO<sub>2</sub>) registrados en los transectos 1, 2 y 3 del río Cachisagua muestran un incremento progresivo, con mediciones de 186.250 y 364 mg/l, respectivamente.

Estos resultados son preocupantes, ya que todos los valores registrados superan ampliamente el límite máximo permisible de 100 mg/l establecido para la calidad del agua. La Demanda Química de Oxígeno (DQO<sub>2</sub>) es un indicador de la cantidad de materia orgánica y otros compuestos que requieren oxígeno para su oxidación (Armijos, 2024).

Valores elevados de DQO<sub>2</sub>, como los observados en este estudio, reflejan una alta carga de contaminantes orgánicos en el agua, lo que puede comprometer la salud de los ecosistemas acuáticos y el uso del recurso para consumo humano.

**Figura 12**

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

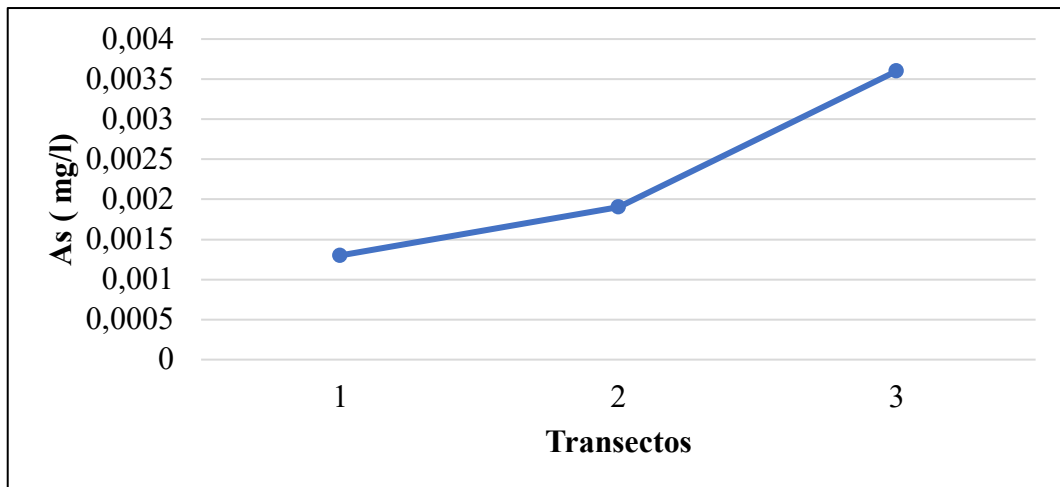


Los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) registrados en los transectos 1, 2 y 3 son 70, 122 y 156 mg/l, respectivamente, superando ampliamente el límite permisible de < 2 mg/l. Estos resultados indican una elevada presencia de materia orgánica biodegradable en el agua, lo que representa un riesgo significativo para la calidad del recurso y puede afectar la salud de la flora, fauna y el uso del agua para consumo humano en la microcuenca.

Además, se observa un incremento progresivo de la DBO<sub>5</sub> a lo largo del río, pasando de 70 mg/l en el transecto 1 a 156 mg/l en el transecto 3. Este valor muestra que la materia orgánica biodegradable se acumula a medida que el agua fluye río abajo, posiblemente debido a la entrada de residuos domésticos, agrícolas o industriales en diferentes puntos de la microcuenca.

**Figura 13**

Arsénico total (As)

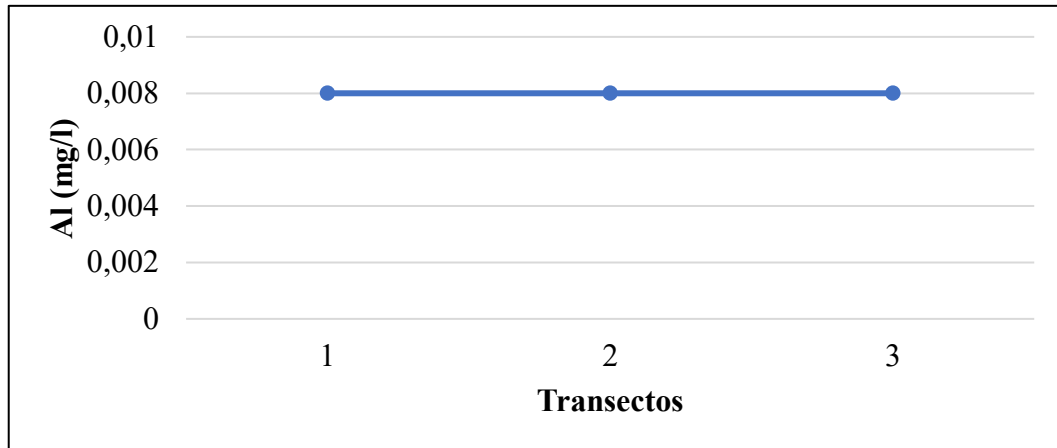


Los valores de arsénico total (As) registrados en los transectos 1, 2 y 3 del río son 0.0013, 0.0019 y 0.0036 mg/l, respectivamente, todos por debajo del límite máximo permisible de 0.1 mg/l. Por lo tanto, los valores observados en los transectos 1, 2 y 3 están muy por debajo de este límite, lo que respalda la conclusión de que el agua presenta una calidad aceptable en cuanto a arsénico total.

El arsénico es un reconocido carcinógeno humano capaz de provocar tumores en los pulmones, la piel y otros órganos. En el caso del agua potable, se considera un umbral práctico de 0.01 mg/l. Con base en este valor, la calidad del agua analizada se clasifica como adecuada para el consumo y no representa un riesgo para la flora y fauna de la microcuenca (Organización Mundial de la Salud, 2022).

**Figura 14**

Aluminio (Al)

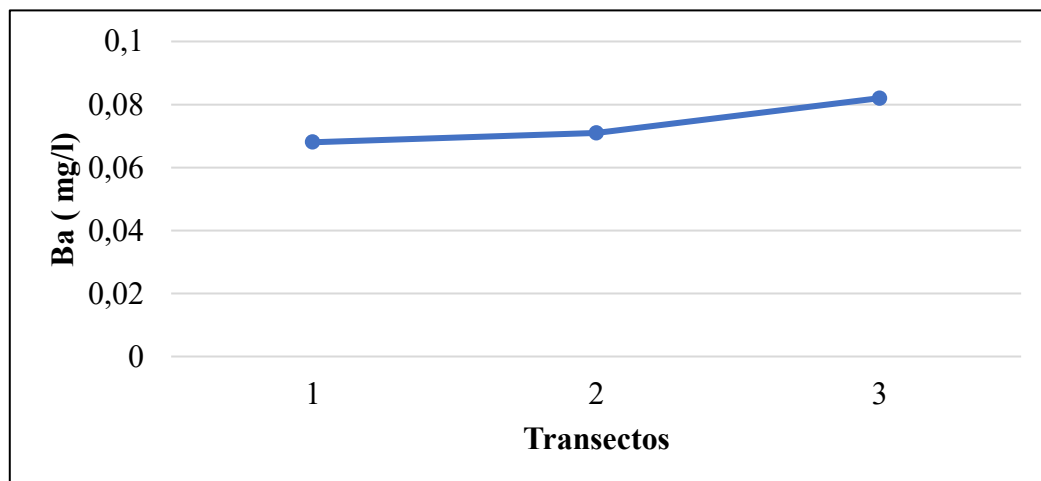


Los valores de aluminio (Al) registrados en los transectos 1, 2 y 3 del río son constantes, con 0.008 mg/l en cada punto. Este valor se encuentra muy por debajo del límite máximo permisible para calidad de agua, que generalmente se establece en 0.2 mg/l.

La concentración uniforme sugiere que no hay aportes significativos de aluminio provenientes de la erosión del suelo, actividades agrícolas, industriales o residuos urbanos en los distintos puntos del río (Organización Mundial de la Salud, 2022).

**Figura 15**

Bario (Ba)

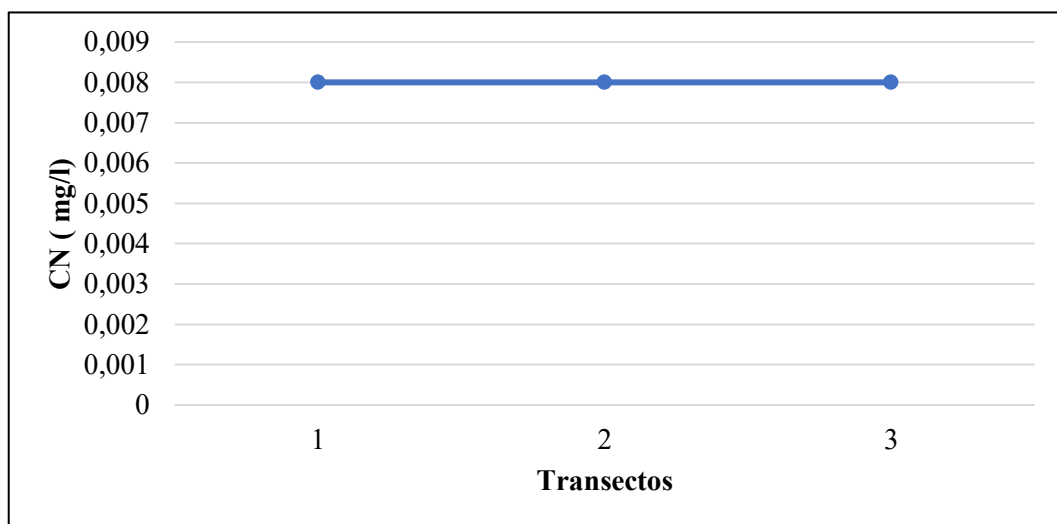


Los valores de bario (Ba) registrados en los transectos 1, 2 y 3 del río son 0.068, 0.071 y 0.082 mg/l, respectivamente, mostrando un ligero incremento a lo largo del cauce. Por lo tanto, todos los valores se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible de 1 mg/l establecido para mantener la calidad del agua. Esta condición indica que no existe un riesgo significativo asociado a este metal en la microcuenca.

Sin embargo, el incremento, podrían deberse a la incorporación progresiva de sedimentos naturales transportados por el río, a la erosión de suelos en las riberas y pendientes de la microcuenca, así como a pequeñas descargas provenientes de actividades humanas, como el riego agrícola, el uso de fertilizantes o residuos domésticos que aportan trazas de este metal a la microcuenca.

**Figura 16**

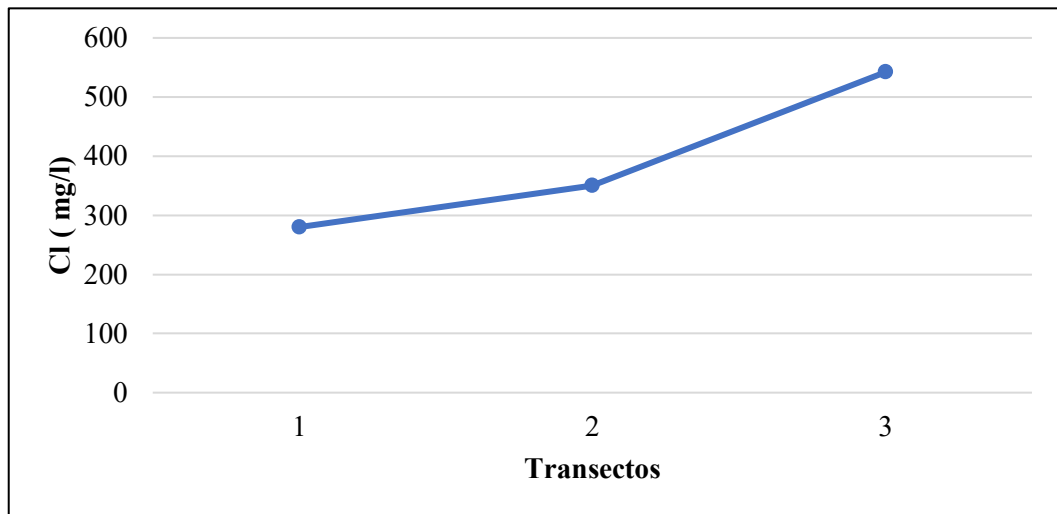
Cianuro total (CN)



Los valores de cianuro total (CN) en los transectos 1, 2 y 3 del río son menores a 0.008 mg/l, permaneciendo por debajo del límite máximo permisible de 0.01 mg/l. Esto indica que la concentración de cianuro en el agua es muy baja, no representa riesgo para el consumo humano ni para la flora y fauna de la microcuenca, y evidencia que no existen aportes significativos de fuentes contaminantes de cianuro en los puntos evaluados.

**Figura 17**

Cloruros (Cl)

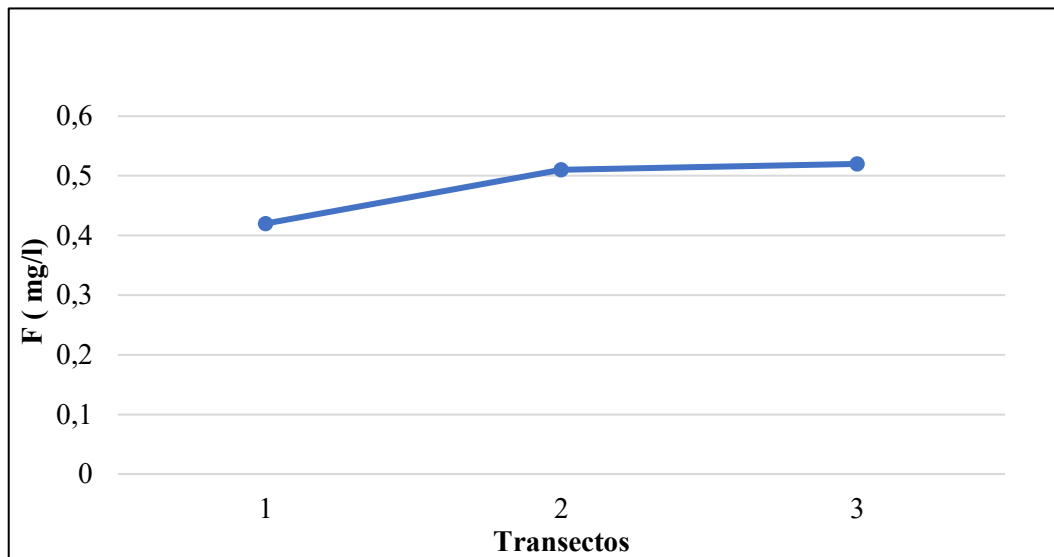


Los valores de cloruros (Cl) registrados en los transectos 1, 2 y 3 del río son 280, 350 y 542.02 mg/l, respectivamente, superando en todos los casos el límite máximo permisible de 250 mg/l. Se observa, además, un incremento progresivo de este ion a lo largo del cauce, lo que sugiere la influencia de procesos de salinización natural asociados a la disolución de minerales presentes en el suelo y roca, así como posibles aportes antrópicos provenientes de actividades agrícolas (fertilizantes y plaguicidas), descargas domésticas o infiltraciones de aguas residuales (Kuzminchuk, 2024).

En este contexto, los resultados reflejan que el recurso hídrico de la microcuenca presenta un nivel de salinización que merece atención y control para prevenir impactos mayores en la calidad del agua y en los ecosistemas asociados.

**Figura 18**

Fluoruros (F)

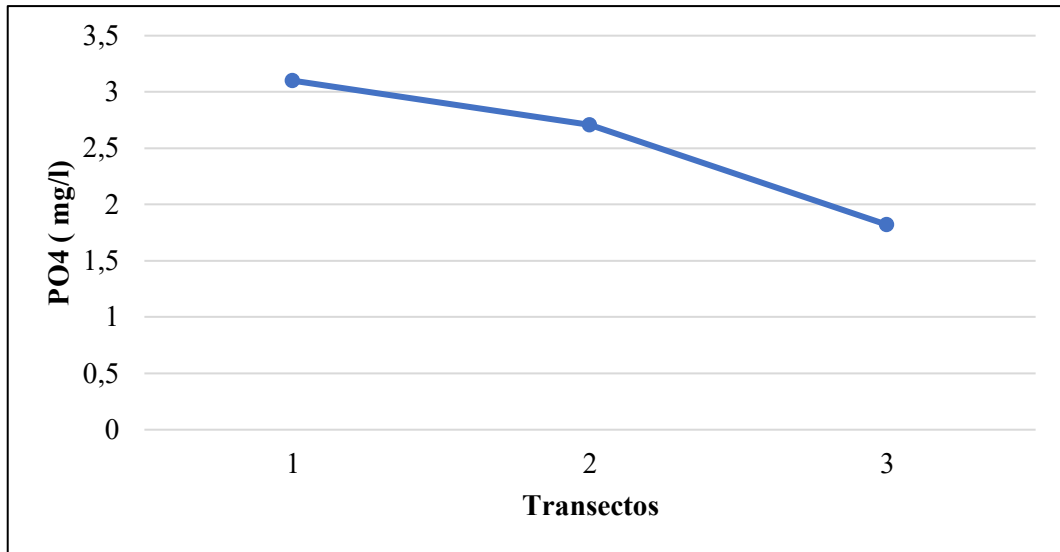


Las concentraciones de fluoruros (F) registradas en el río Cachisagua son muy bajas y están muy por debajo del valor permisible de 5 mg/l. Los valores de 0.42, 0.51 y 0.52 mg/l en los tres transectos indican que la presencia de fluoruros en el agua no representa un riesgo para la salud humana, la flora y fauna de la microcuenca. En este caso, los valores encontrados garantizan que el recurso hídrico cumple con las normativas de calidad en cuanto a este parámetro.

El fluoruro es un elemento que se encuentra naturalmente en el agua y el suelo. En concentraciones adecuadas, puede ser beneficioso para la salud dental, pero en exceso, puede causar fluorosis dental o esquelética (OMS, 2022).

**Figura 19**

Fósforo total ( $PO_4$ )

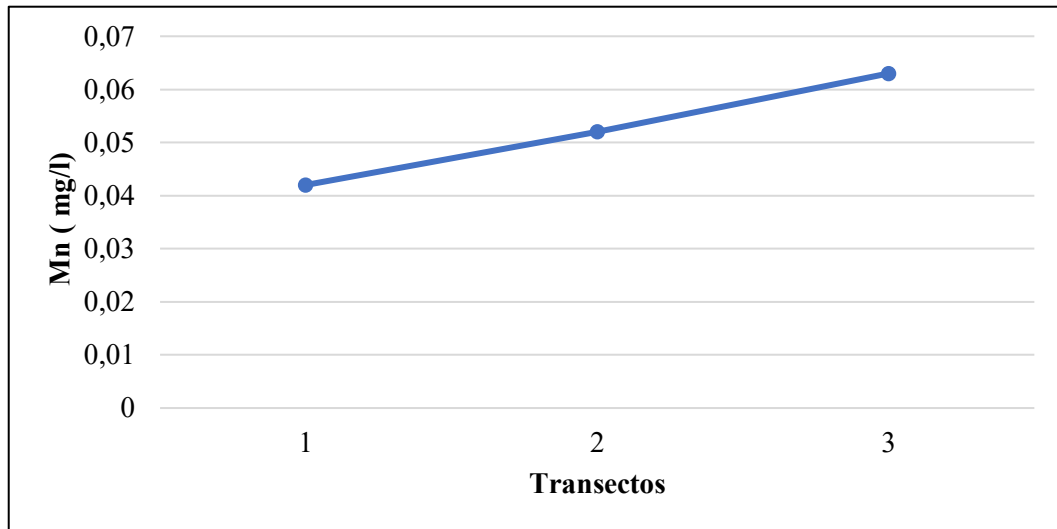


Las concentraciones de fósforo total ( $PO_4$ ) registradas en los transectos del río Cachisagua fueron de 3.1, 2.71 y 1.82 mg/l, respectivamente. Estos valores se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible de 10 mg/l, lo que evidencia que el recurso hídrico no presenta problemas de contaminación por fósforo.

La presencia de fósforo en el agua, puede estar relacionada con el arrastre de fertilizantes utilizados en la agricultura, descargas domésticas o descomposición de materia orgánica (Escadón & Cáceres, 2022).

**Figura 20**

Manganeso (Mn)

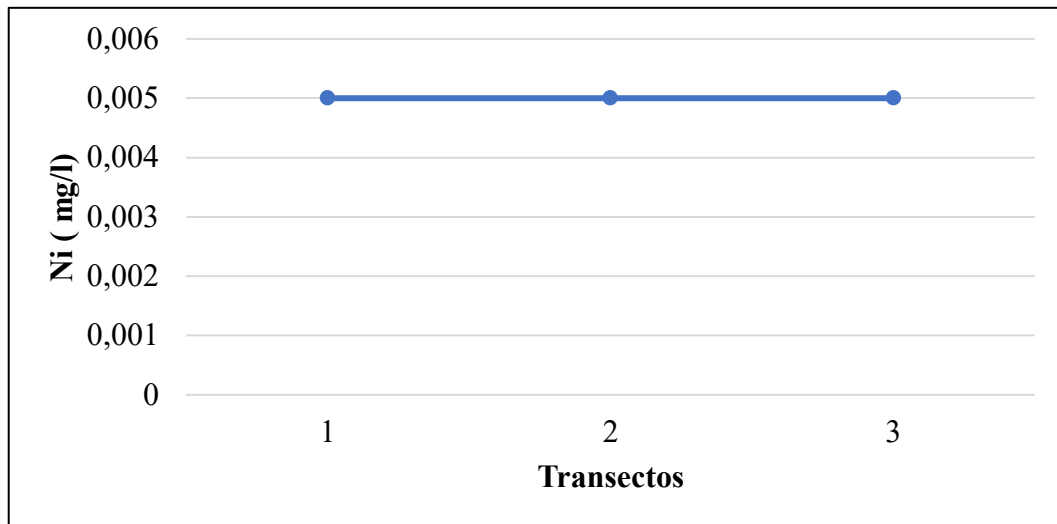


Las concentraciones de manganeso (Mn) en los transectos del río Cachisagua (0.042; 0.052 y 0.063 mg/l) se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 0.1 mg/l, lo que indica que el agua cumple con los estándares de calidad para este parámetro.

Sin embargo, se evidencia un aumento moderado a lo largo de los transectos, lo que podría deberse a procesos geológicos naturales, como el arrastre de minerales presentes en el suelo. Por lo tanto, al encontrarse todos los valores por debajo del límite máximo permitido, la calidad del agua del río Cachisagua se considera apta para el consumo y para la preservación de la vida acuática y silvestre, en lo referente a la concentración de manganeso.

**Figura 21**

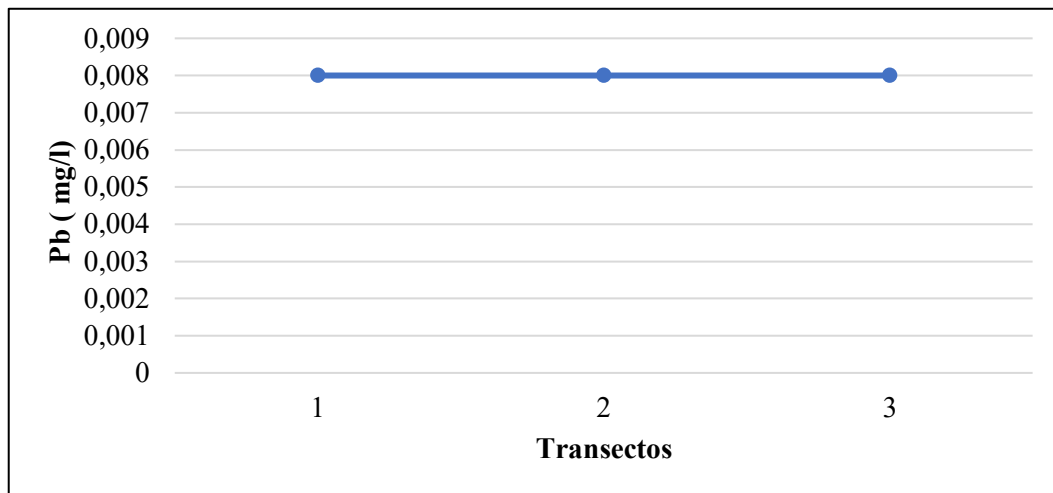
Níquel (Ni)



Las concentraciones de níquel (Ni) en los tres transectos del río Cachisagua fueron homogéneas (0.005 mg/l) y se mantienen por debajo del límite máximo permisible de 0.025 mg/l. Los resultados indican que el agua del río cumple con los estándares de calidad para el níquel. A pesar de un ligero aumento en el transecto 3, los valores se mantienen muy por debajo del umbral tóxico, lo que confirma que no existe una fuente significativa de contaminación por este metal en la microcuenca. Esta condición contribuye a la salud general del ecosistema fluvial.

**Figura 22**

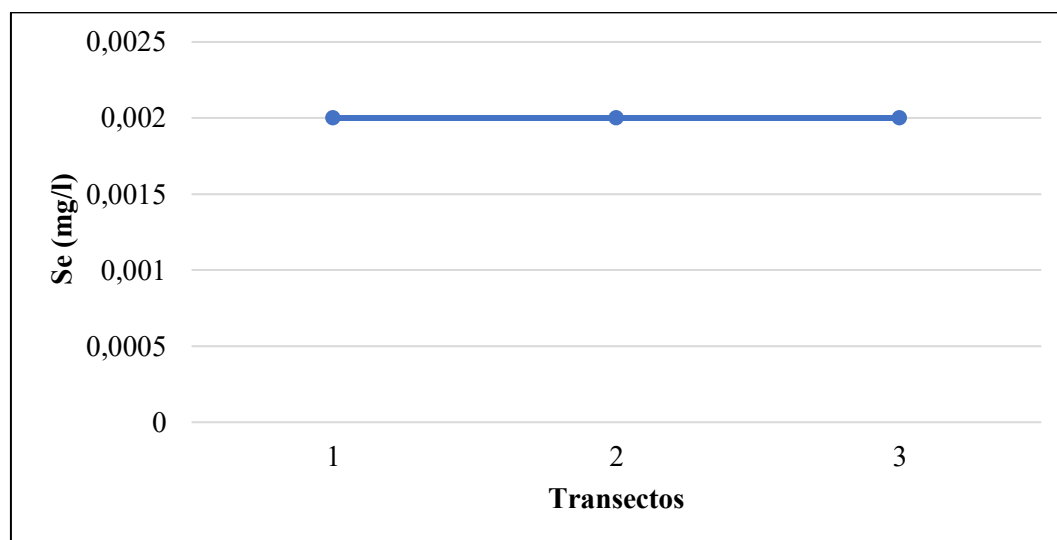
Plomo (Pb)



Las concentraciones de plomo (Pb) en los tres transectos del río Cachisagua fueron inferiores a 0.005 mg/l, valor muy por debajo del límite máximo permisible de 0.05 mg/l. Estos resultados evidencian que no existe riesgo de contaminación por plomo en la microcuenca y que el agua cumple con los criterios de calidad establecidos para este metal pesado.

**Figura 23**

Selenio (Se)



Las concentraciones de selenio (Se) en los tres transectos del río Cachisagua fueron uniformes, con 0.002 mg/l en cada punto, permaneciendo por debajo del límite máximo permisible de 0.01 mg/l. Esto indica que el agua no presenta riesgo por exposición a este elemento y que cumple con los estándares de calidad establecidos para consumo humano y protección de la flora y fauna de la microcuenca.

#### 4.1.3 Parámetros biológicos para la calidad del agua

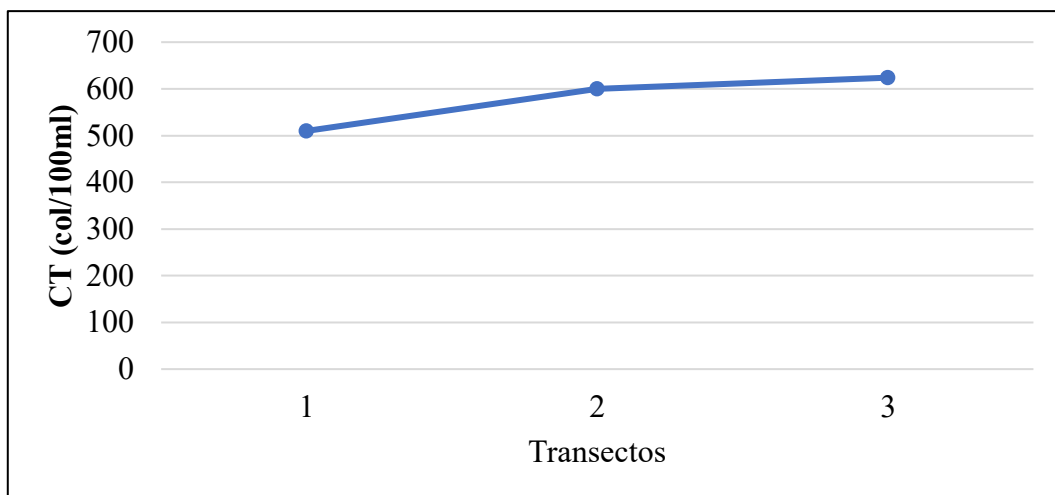
**Tabla 3**

*Resultados del Coliformes totales (CT) y Escherichia coli del agua del rio Cachisagua.*

Transectos	Parámetros biológicos	
	Coliformes totales (CT) col/100ml	<i>Escherichia coli</i> col/100ml
1	510	196
2	600	210
3	624	380
$\Sigma$ TOTAL	1734	786
$\mu$	578	262

**Figura 24**

Coliformes totales (CT)



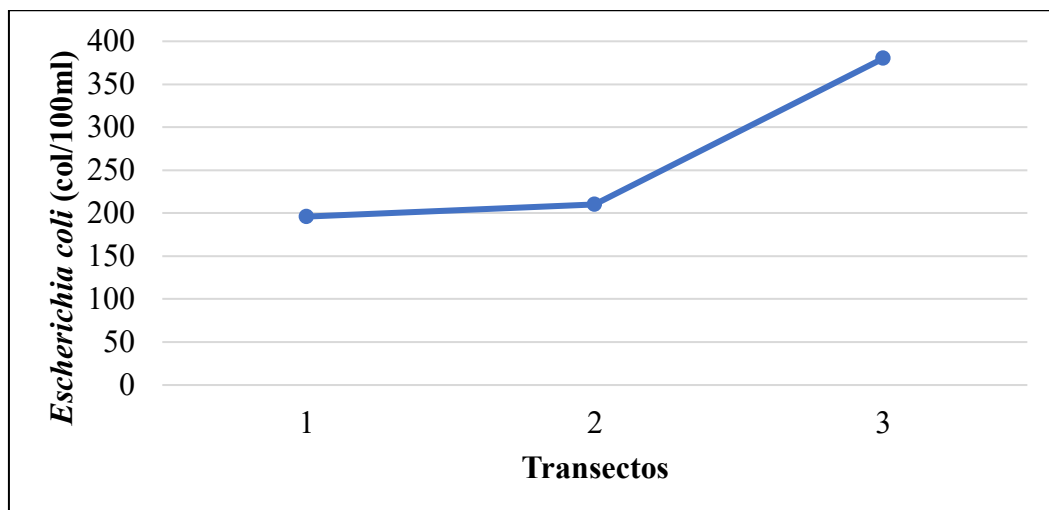
La concentración de coliformes totales en el río Cachisagua superó ampliamente el límite permisible de 200 col/100 ml. En el transecto 1 se registraron 510 col/100 ml, aumentando a 600 col/100 ml en el transecto 2. Finalmente, en el transecto 3 se observó un valor de 624 col/100 ml, evidenciando un incremento progresivo aguas abajo y una marcada contaminación microbiológica del agua.

El incremento progresivo indica que existen aportes continuos de materia orgánica y descargas de origen humano, pecuario o agrícola, que favorecen la proliferación bacteriana.

Los niveles elevados de coliformes en el agua son un indicador de contaminación fecal y de la posible presencia de patógenos que pueden causar enfermedades gastrointestinales y otras infecciones (OMS, 2022).

**Figura 25**

*Escherichia coli*



La concentración de *Escherichia coli* en el río Cachisagua superó el límite permisible de 0 col/100 ml. En el transecto 1 se registraron 196 col/100 ml, aumentando a 210 col/100 ml en el transecto 2. Finalmente, en el transecto 3 se observó un valor de 380 col/100 ml. Los valores registrados muestran un aumento

progresivo desde el transecto 1 el transecto 3, lo que indica que a lo largo del recorrido del río se incorporan fuentes adicionales de contaminación.

*Escherichia coli* es una bacteria que vive en el tracto intestinal de animales y humanos. Su presencia en agua indica que pueden existir fuentes de contaminación fecal que traen otros patógenos (virus, bacterias, protozoos), con potencial de causar enfermedades gastrointestinales, diarreas, etc. Estudios recientes lo confirman como indicador fiable para riesgos sanitarios (Bonso & Bedada, 2023).

#### 4.1.4 Caracterización físicos del suelo

**Tabla 4**

*Resultados de la clase textural, densidad aparente y humedad del suelo en la microcuenca baja del río Cachisagua.*

<b>Parámetros físicos del suelo</b>			
<b>Transectos</b>	<b>Clase textural</b>	<b>Densidad aparente (DA)</b>	<b>Humedad (H)</b>
1	Franco arcilloso - arenoso	1,33 g/cm <sup>3</sup>	8,71 %
2	Franco arcilloso	1,33 g/cm <sup>3</sup>	16,24%
3	Franco	1,4 g/cm <sup>3</sup>	13,54%

Los suelos analizados presentan texturas que van desde franco arcilloso-arenoso (transecto 1), franco arcilloso (transecto 2) hasta franco (transecto 3).

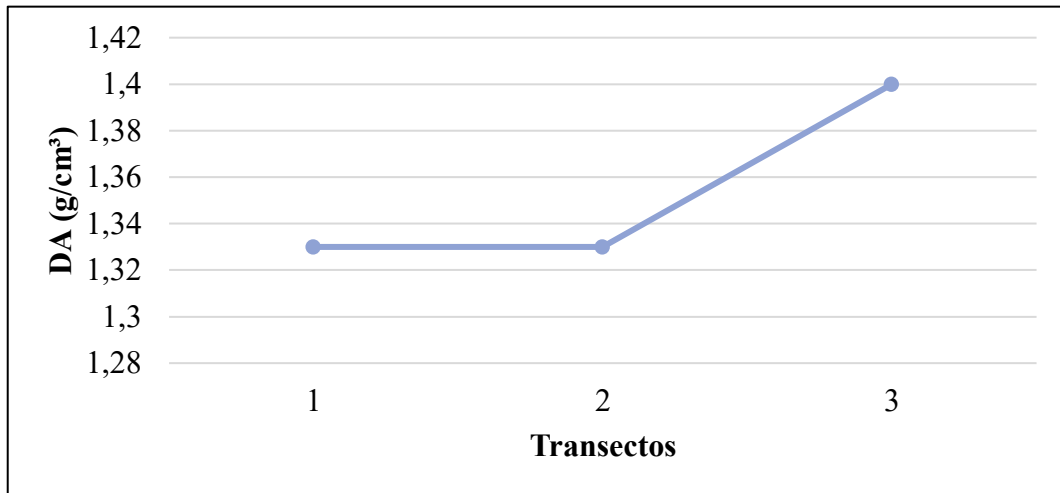
Esto indica que los suelos combinan partículas de arena, limo y arcilla en proporciones variadas, lo que favorece la retención de agua y nutrientes al mismo tiempo que permite una buena aireación y penetración de raíces (Nix, 2024).

La densidad aparente se mantiene dentro de valores moderados (1.33–1.40 g/cm<sup>3</sup>), lo que indica una estructura relativamente estable, con buena porosidad y sin signos evidentes de compactación severa.

En cuanto a la humedad, se observa una variación entre 8.71% y 16.24%, reflejando diferencias en la capacidad de retención de agua según la textura.

**Figura 26**

Densidad aparente (DA)

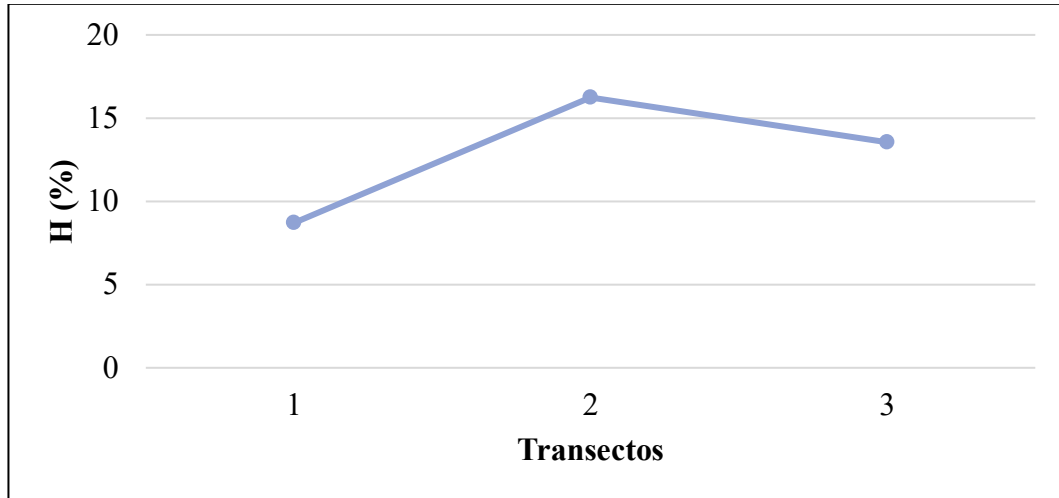


Los valores de densidad aparente fueron 1.33 g/cm<sup>3</sup> en los transectos 1 y 2, y 1.4 g/cm<sup>3</sup> en el transecto 3. Estos valores se encuentran dentro de rangos adecuados, lo que refleja una estructura estable, buena porosidad y ausencia de compactación severa, condiciones que favorecen la aireación y el crecimiento radicular.

De este modo, la densidad aparente (DA) constituye un parámetro fundamental para evaluar el estado físico del suelo. Además, conocer su valor resulta esencial para convertir las concentraciones de nutrientes, minerales y carbono en el suelo, facilitando el análisis de balances edáficos, así como para el cálculo del contenido volumétrico de agua (Quijano *et al.*, 2021).

**Figura 27**

Humedad (H)



La humedad varió entre 8.71% (transecto 1), 16.24% (transecto 2) y 13.54% (transecto 3). El transecto 1 presenta menor humedad, posiblemente por su mayor proporción de arena que facilita el drenaje, mientras que el transecto 2, con textura franco arcillosa, retiene más agua.

Sin embargo, la humedad óptima para suelos franco-arcillosos y franco-arenosos se mantiene entre 60–80%, lo que garantiza una adecuada aireación y una buena disponibilidad de agua; en este rango, la disponibilidad hídrica del suelo es moderada a buena, favoreciendo el crecimiento de los cultivos y el desarrollo de la vegetación natural (Jiménez & Khalajabadi, 2022).

Estos resultados son consistentes con estudios recientes que muestran que la textura y estructura del suelo son factores determinantes en la retención de agua y disponibilidad hídrica para la vegetación. La humedad gravimétrica permite evaluar estrategias de riego y manejo del suelo, optimizando el uso del agua y evitando estrés hídrico en los cultivos y ecosistemas de la microcuenca (Gupta & Singh, 2022).

#### 4.1.5 Caracterización química del suelo

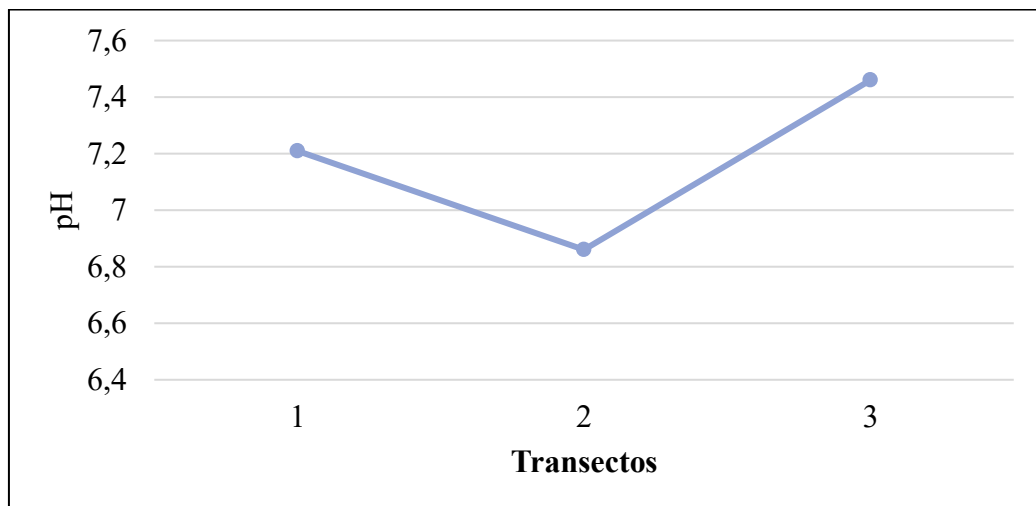
**Tabla 5**

*Resultados del nivel de pH y porcentaje de materia orgánica en el suelo de la microcuenca baja del río Cachisagua.*

Parámetros químicos del suelo				
Transectos	Nivel de pH	Rango	Porcentaje de materia orgánica	Rango
1	7,21	Neutro	2,69	Alto
2	6,86	Neutro	3,78	Alto
3	7,46	Neutro	3,78	Alto

**Figura 28**

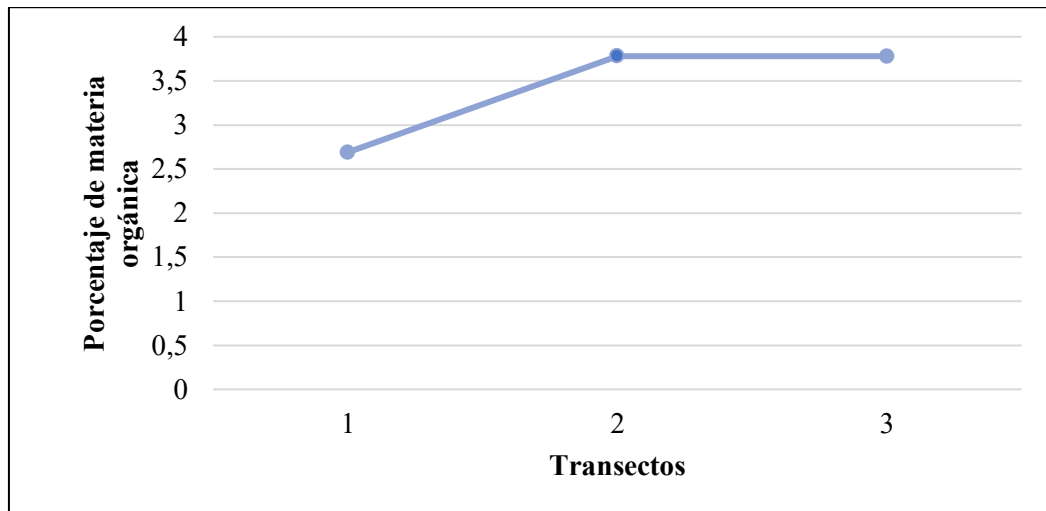
pH



El pH del suelo en los tres transectos es consistentemente neutro, con valores de 7.21, 6.86 y 7.46. Esto indica una baja acidez, lo que hace que los suelos sean aptos para la mayoría de los cultivos y la vegetación nativa. La ligera variación entre los transectos refleja diferencias locales en la composición química del suelo, probablemente relacionadas con la textura o el aporte de minerales.

**Figura 29**

Porcentaje de materia orgánica



Los contenidos de materia orgánica fueron 2.69% en el transecto 1 y 3.78% en los transectos 2 y 3, clasificados como altos según criterios estándares de fertilidad del suelo.

Un alto porcentaje de materia orgánica mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad de retener agua y nutrientes, y fomenta la actividad de los microorganismos beneficiosos. Esto es crucial para la fertilidad y la salud a largo plazo del suelo (Arvensisagro, 2022).

Estos resultados concuerdan con estudios recientes que destacan la importancia de la MO en la productividad agrícola y en la regulación de los procesos ecosistémicos del suelo. La materia orgánica es clave en la sostenibilidad de los suelos y enfatizan su rol en la conservación de la fertilidad y la capacidad de resiliencia frente al cambio climático (Rattan Lal, 2020).

**Tabla 6**

*Resultados de los macros y micro nutrientes en el suelo de la microcuenca baja del río Cachisagua.*

<b>Macro y micro elementos</b>	<b>Transectos</b>					
	<b>1</b>	<b>Rango</b>	<b>2</b>	<b>Rango</b>	<b>3</b>	<b>Rango</b>
N (ppm)	92,23	Alto	53,03	Alto	187	Alto
P (ppm)	64,64	Alto	36,78	Alto	45,42	Alto
S (ppm)	0,92	Bajo	6,67	Bajo	10,75	Bajo
B (ppm)	0,49	Bajo	0,65	Bajo	1,5	Medio
K (meq/100g)	0,47	Alto	0,96	Alto	0,63	Alto
Ca (meq/100g)	17,27	Alto	22,19	Alto	24,27	Alto
Mg (meq/100g)	3,95	Alto	3,1	Alto	4,61	Alto
Zn (ppm)	5,5	Medio	4,8	Medio	2,2	Bajo
Cu (ppm)	15,1	Alto	21,2	Alto	10,3	Alto
Fe (ppm)	139	Alto	223	Alto	82	Alto
Mn	8,3	Medio	9,4	Medio	6,1	Medio

*Nota:* ppm = Partes por millón, meq/100g = Miliequivalentes por 100 gramos de suelo.

Los resultados del análisis de suelo, tomados en tres transectos distintos, muestran un perfil nutricional variado, con deficiencias específicas que podrían afectar el crecimiento de los cultivos, a pesar de la alta disponibilidad de otros nutrientes.

Los macronutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se encuentran en rangos altos en todos los transectos. Esto indica que el suelo tiene una buena reserva de los nutrientes principales necesarios para el crecimiento vegetal. Sin embargo, se observa una notable deficiencia de azufre (S), que se encuentra en un rango bajo en los tres transectos. Este es un macronutriente crucial para la síntesis de proteínas y enzimas, y su carencia podría limitar la productividad, incluso con altos niveles de N y P (Rodríguez *et al.*, 2024).

En cuanto a los micronutrientes, el boro (B) presenta niveles bajos en los transectos 1 y 2, y solo un nivel medio en el transecto 3. La deficiencia de boro puede afectar la floración, la formación de frutos y la absorción de calcio (Herogra, 2025). Los niveles de zinc (Zn) varían de medio a bajo, lo que podría comprometer el crecimiento de las raíces y la producción de hormonas vegetales (Fertilab, 2025).

Por otro lado, los micronutrientes cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn) se encuentran en rangos adecuados. El cobre y el hierro están en niveles altos, mientras que el manganeso está en un nivel medio, lo que indica que no hay riesgo de deficiencia de estos elementos en el corto plazo.

Basándose en estos resultados, se recomienda la aplicación de fertilizantes que contengan azufre (S) para corregir la deficiencia generalizada. También sería beneficioso un aporte de boro (B) y zinc (Zn), especialmente en los transectos donde los niveles son más bajos, para asegurar un desarrollo óptimo de los cultivos. Las aplicaciones deben ser consideradas en función del tipo de cultivo y sus necesidades específicas.

#### 4.1.6 Caracterización de la vegetación

##### a. ÁRBOLES

**Tabla 7**

*Nombre común, nombre científico y descripción de los árboles identificados en la microcuenca baja del río Cachisagua.*

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Descripción</b>
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	Árbol con hojas opuestas y flores en inflorescencias ramificadas.
Tarqui	<i>Hedyosmum strigosum</i>	Árboles con inflorescencias masculinas en espiga y femeninas en racimos.
Yagual, árbol de papel	<i>Polylepis</i> spp	Árbol leñoso con tallo fibroso que se desprende en láminas finas como papel, hojas alternas cubiertas de pelos, inflorescencias en racimos.
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol de gran tamaño (hasta 30 m), con hojas alternas, ovoides y bordes aserrados. Flores masculinas verde-amarillentas en inflorescencias alargadas y femeninas verdes oscuros en racimos.

---

Pumamaqui chico	<i>Oreopanax avicenniifolius</i>	Fruto elíptico aglomerado, hasta 2 cm de largo. Árbol de hasta 15 m de altura, con hojas enteras a palmatilobadas, alternas, pecioladas, envés pubescente y margen entero a aserrado; flores crema agrupadas en umbelas compuestas; fruto en baya elipsoide de color negro-morada al madurar.
Romero de páramo	<i>Podocarpus sprucei</i>	Árbol de 10-15 m, tronco recto y corteza fisurada. Hojas simples, lanceoladas, espiraladas. Flores unisexuales; frutos en drupa de 5-7 mm.
Capulí	<i>Prunus serotina</i>	Árbol de 10 m con fuste tortuoso, copa estrecha y corteza gris fisurada. Hojas simples, alternas, ovadas a orbiculares. Flores bisexuales rosadas en cimas terminales; fruto en cápsula carnosa verde amarillento.
Nogal andino	<i>Juglans neotropica</i>	Árbol de hasta 25 m de altura y 80 cm de diámetro, con tronco recto, copa globosa y corteza gris agrietada. Hojas compuestas caducifolias, aromáticas, con 5 a 9 pares de folíolos ovalado-lanceolados. Flores unisexuales, masculinas en amentos largos y femeninas en inflorescencias cortas. Fruto en drupa redonda de 4–6 cm con semilla ovoide.
Cedro de montaña	<i>Cedrela montana</i>	Árbol de crecimiento lento de gran tamaño, hojas compuestas imparipinnadas, flores unisexuales blanco-amarillentas y fruto en cápsula leñosa dehiscente con madera aromática y duramen rojizo claro.

---

**Fuente:** (Oleas *et al.*, 2024)

b. ARBUSTOS

**Tabla 8**

*Nombre común, nombre científico y descripción de los arbustos identificados en la microcuenca baja del río Cachisagua.*

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Descripción</b>
Tifo	<i>Bistropogon mollis</i>	Arbusto aromático, pubescente, con hojas aovadas de base redondeada y bordes aserrados. Flores en cimas axilares.
Arete del inca	<i>Brachyotum ledifolium</i>	Árboles pequeños con hojas enfrentadas y flores solitarias axilares.
Ñachag	<i>Bidens andicola</i>	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo erguido, hojas lobuladas, flores en capítulo terminal.
Dedalera amarilla	<i>Bomarea caldasii</i>	Plantas herbáceas o lianas con rizomas simpodiales, tallo folioso, hojas lineares lanceoladas, flores hermafroditas trímeras.
Sambo silvestre	<i>Cajophora</i> spp.	Arbusto con raíz pivotante, tallo erguido, se encuentra en zonas húmedas.
Centropagum	<i>Centropagum</i> spp	Arbusto con raíz semileñosa, hojas lanceoladas alternas, flores zigomorfas y fruto en baya.
Arete - mote pelado	<i>Ceratostema alatum</i>	Arbusto con tallo cilíndrico estriado, hojas coriáceas y flores en racimos.
Sauco negro	<i>Cestrum</i> spp.	Arbusto erguido con raíz profunda leñosa, hojas lanceoladas, flores perfectas y fruto en baya.
Shanshi	<i>Coriaria thymifolia</i> L.	Arbusto con flores agrupadas en racimos terminales, fruto tóxico y alucinógeno.

Chachacoma o quinua	<i>Escallonia myrtilloides</i>	Arbusto leñoso común en bosques montanos y páramos del Ecuador, utilizado en mangos de herramientas y postes.
Fucsia	<i>Fucsia loxensis</i>	Arbusto con flores colgantes, fruto comestible con numerosas semillas pequeñas.
Mortiño	<i>Vaccinium floribundum</i>	Arbusto nativo de los Andes con fruto negro utilizado en colada morada.
Negrillo	<i>Toumefortia</i> spp.	Arbusto con raíz profunda leñosa, tallo erguido, hojas pilosas y flores perfectas.
Chachacoma, cerotillo	<i>Senecio graveolens</i>	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo semileñoso, hojas lobuladas, inflorescencia en racimo.
Zuro - Suro	<i>Chusquea scandens</i>	Gramínea perenne tipo bambú, de gran altura con inflorescencia en panícula.
Suelda con suelda	<i>Dendrophthora chrysostachya</i> <i>Persi</i>	Arbusto con raíz pivotante, hojas elípticas, nervadura penninervia y flores axilares.
Piquil	<i>Gynoxys buxifolia</i>	Arbusto con flores dispuestas en capítulo, rodeadas de brácteas.
Sacha Manzana o Pujín	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Arbustos con espinas en las ramas, frutos comestibles similares a una manzana.
Romerillo	<i>Hypericum laricifolium</i>	Planta leñosa con flores amarillas y jugo amarillo utilizado como purgante.
Lulo de perro	<i>Solanum</i> spp.	Arbusto con raíz leñosa profunda, tallo aéreo erguido, hojas penninervias, fruto en forma de baya.
Bodoque	<i>Solanum oblongifolium</i>	Arbusto con raíz pivotante leñosa, tallo erguido y leñoso, hojas lípticas y flores hermafroditas. El fruto es una baya.
Polilepys	<i>Polilepys reticulada</i>	Arbusto leñoso con hojas y flores cubiertas de pelos, hojas alternas, inflorescencias en racimos.
Flores rojas	<i>Phenax rugosus</i>	Planta sufrútice con raíz semileñosa, tallo aéreo leñoso, hojas lanceoladas curvinervias con borde aserrado.

---

Zanahoria del monte	<i>Neonelsonia acuminata</i>	Arbusto con tallo estirado, médula blanda, hojas alternas y vaina abrazadora, flores hermafroditas en umbela compuesta.
Liguilán	<i>Monnina crassifolia</i>	Arbusto con raíz semi leñosa, tallo erguido, hojas lanceoladas penninervias, inflorescencia en espádice con flores lilas, fruto en drupa.
Jata	<i>Monticalia peruviana</i>	Arbusto perenne de hasta 2 m, se encuentra en páramos, hojas similares a <i>Diplostegium</i> , inflorescencia amarillenta. Usado como leña.
Sambuel, samal	<i>Myrsine sodiroana</i>	Arbusto con hojas correosas, simples, alternas, con márgenes lisos, fruto drupa carnosa. Flores y frutos aparecen tras la caída de las hojas.
Niguas	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	Planta perenne con hojas ericoides, simples, flores hermafroditas en racimos.
Colca	<i>Miconia crocea</i> .	Arbusto con hojas enfrentadas y nerviaciones longitudinales, flores perfectas solitarias y terminales.
Laurel	<i>Mirtica</i> spp.	Arbusto perennifolio rico en aceites esenciales, hojas simples, enteras, flores hermafroditas.
Matico	<i>Lepechinia betonicaefolia</i>	Arbusto con hojas sagitadas o deltoides, flores pequeñas en densos verticilos reunidos en panículas axilares.
Sacha chocho	<i>Lupinus pubescens</i>	Arbusto perenne común de los páramos, hojas Penta ovaladas, flores moradas, raíces con bacterias que fijan nitrógeno, flores con propiedades insecticidas.
Mora silvestre	<i>Rubus</i> spp.	Arbusto perenne, semierecto, trepador con tallos espinosos, hojas trifoliadas, fruto en baya elipsoidal.
Mora frambuesa	<i>Rubus</i> spp.	Arbusto sarmentoso con tallos espinosos, fruto en baya.
Hualicón	<i>Macleania rupestris</i>	Arbusto de páramo que produce baya comestible, hojas coriáceas, inflorescencia axilar y terminal.

---

**Fuente:** (Ochoa & Navas, 2015)

c. HIERBAS

**Tabla 9**

*Nombre común, nombre científico, descripción y principales usos de las hierbas identificadas en la microcuenca baja del río Cachisagua.*

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Descripción</b>
Ñachag	<i>Bidens andicola</i>	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo erguido, hojas lobuladas, flores en capítulo terminal.
Dedalera amarilla	<i>Bomarea caldasii</i>	Plantas herbáceas o lianas con rizomas simpodiales, tallo folioso, hojas lineares lanceoladas, flores hermafroditas trímeras.
Dedalera rosada	<i>Bomarea lobbiana</i>	Lianas trepadoras bulbosas que crecen sobre chaparrales, con bulbo que almacena nutrientes.
Pasto	<i>Bromus catharticus</i>	Planta herbácea con raíz fibrosa, tallo erguido, hojas con nervaduras polinervias y espigas axilares.
Zapatito	<i>Calceolaria</i> spp.	Planta herbácea con raíz pivotante, flores amarillas, hábitat húmedo y sombrío.
Coquito	<i>Cyperus</i> spp.	Planta herbácea con raíz fasciculada, tallo prismático, hojas acintadas y espádice.
Perejil de páramo	<i>Cotopaxia asplundii</i>	Herbácea endémica de los Andes centro-norte, vulnerable, con hojas de 2-7 cm.
Coralito	<i>Galium hypocarpium</i>	Planta herbácea con raíz herbácea, tallo erguido, hojas ovaladas y flores hermafroditas.
Ashpa geranio	<i>Geranium</i> spp.	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo rastrero, hojas lobuladas dentadas.
Flor del Amor o Genciana	<i>Gentiana sedifolia</i>	Especie herbácea con flores en forma de embudo de colores variados.

Genciana	<i>Gentianella</i> spp.	Planta herbácea con raíz pivotante, flores axilares y terminales, fruto en baya.
Trébol blanco	<i>Trifolium</i> <i>repens</i>	Planta herbácea perenne con hojas trifolioladas, estolones y nodulación de bacterias fijadoras de nitrógeno.
Diente de león	<i>Taraxacum</i> <i>officinale</i>	Planta con raíz primaria y roseta basal, hojas dentadas, flores amarillas.
Achupalla	<i>Puya hamata</i> / <i>Puya clava-</i> <i>herculis</i>	Planta con hojas en macolla con espinas, inflorescencia de gran altura, usada por el oso de anteojos para alimento.
Chachacoma, cerotillo	<i>Ribes hirtum</i>	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo semileñoso, hojas lobuladas, inflorescencia en racimo.
Porotillo	<i>Vigna luteola</i>	Plantas volubles con tallos que crecen en espiral, hojas enteras o lobuladas.
Senecio o Flor de la Primavera	<i>Dorobaea</i> <i>pimpinellifolia</i>	Planta herbácea de clima frío, flores amarillas, utilizada como antiinflamatorio.
Orquidea	<i>Epidendrum</i> spp.	Planta herbácea con inflorescencia en racimo, flores zigomorfas perfectas.
Pugze	<i>Gunnera</i> <i>brephogea</i>	Planta con hojas grandes que pueden llegar hasta 2 metros de diámetro, utilizada en medicina tradicional.
Oreja de conejo	<i>Gnophalium</i> spp.	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo erguido, hojas lanceoladas pubescentes y fruto en aquenio.
Barbas de chivo	<i>Halenia</i> <i>weddelian</i>	Planta herbácea con flores amarillas, destaca en pajonales de montaña.
Achicoria	<i>Hypochaeris</i> <i>sessilifolia</i>	Planta herbácea perenne con flores amarillas y hojas dentadas.
Ají del diablo	<i>Solanum</i> <i>nigrum</i> <i>americanum</i>	Planta herbácea semileñosa, raíz principal pivotante, hojas ovaladas con borde entero, flores terminales completas, fruto es una baya pepónide.

Paja de páramo	<i>Stipa ichu</i>	Planta herbácea en macollas, hojas lanceoladas sin pubescencias, inflorescencia en espiga.
Manzanilla del monte	<i>Sigesbeckia jorullensis.</i>	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo erguido, hojas elípticas y flores axilares completas.
Totora	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Planta herbácea acuática perenne, se encuentra en orillas de cuerpos de agua, tallo pequeño, inflorescencia en espigas.
Sangre de toro	<i>Rumex asetosella</i>	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo erguido, hojas pecioladas, inflorescencia en espigas.
Satureja	<i>Satureja nubigena Kunth</i>	Planta herbácea con raíz pivotante, tallo semileñoso, hojas compuestas alternas, inflorescencia en racimo. Fruto es una pequeña baya.
Falso llantén	<i>Plantago linearis</i>	Hierba anual con raíz axonomorfa, hojas lanceoladas, flores dispuestas en espigas, fruto en cápsula.
Almohadillas	<i>Plantago rigida</i>	Planta herbácea con hojas coriáceas dispuestas en roseta. Flores tubulares. Almacena agua como esponja natural.
Chirimote grande	<i>Pernettya prostrata</i>	Planta herbácea con raíz principal, tallo erguido semi leñoso, hojas lanceoladas, flores perfectas y completas, fruto en forma de baya.
Chulquillo, cañitas	<i>Oxalis lotides</i>	Planta herbácea con raíz tuberosa, hojas acorazonadas lanceoladas, flor de cinco pétalos, fruto cápsula con semillas.
Taxo silvestre	<i>Passiflora spp.</i>	Planta herbácea leñosa, trepadora mediante zarcillos, frutos comestibles con buen sabor y aroma.
Granadilla del monte	<i>Passiflora spp.</i>	Planta herbácea trepadora con raíz pivotante, tallo con zarcillos, flores perfectas, fruto en baya.
Muelán	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	Planta rastrera herbácea, raíz adventicia, hojas lanceoladas penninervias, flores completas, fruto bayo.

---

Niguas	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	Planta perenne con hojas ericoides, simples, flores hermafroditas en racimos.
Pasto milín	<i>Milinis spp.</i>	Herbácea con raíz fasciculada, tallo aéreo erguido, hojas acintadas uninervadas, inflorescencia en panícula abierta, fruto cariósido.
Pasto holco	<i>Holcus lanatus</i> L	Planta herbácea con raíz fibrosa, tallo aéreo erguido en caña, hojas paralelinervias, inflorescencia en espiga, fruto cariósido.
Zapallo - kiwi	<i>Jungia coarctata</i> <i>Hieron</i>	Planta rastrera con raíces adventicias, tallo postrado o rastrero, hojas reniformes con borde ondulado.
Totorilla	<i>Juncus imbricatus</i> Lah.	Planta herbácea con raíces fibrosas, tallos aéreos prismáticos, hojas lineales uninervias, inflorescencia en espigas laterales, fruto cariósido.
Orejuelas	<i>Lachemilla orbiculata</i>	Planta herbácea de 10-12 cm, se encuentra en páramos formando alfombras, hojas verdes o rojas dispuestas en roseta, bordes dentados blancos. Ayuda a evitar la erosión del suelo.
Pasto	<i>Lolium perenne</i>	Planta herbácea con raíz fibrosa, tallo erguido en caña, hojas acintadas, inflorescencia en espiga de espigas, fruto cariósido.
Granizo	<i>Valeriana microphyla</i>	Planta herbácea semileñosa, raíz principal pivotante, tallo erguido semileñoso, hojas elípticas, inflorescencia encima.

---

**Fuente:** (Oleas et al., 2024)

#### 4.1.7 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

##### Forestales

##### ➤ Quishuar (*Buddleja incana*)

##### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Asteridae

**Orden:** Lamiales

**Familia:** Scrophulariaceae

**Género:** *Buddleja*

**Especie:** *incana*

##### Descriptor botánico

**Tallo:** Otros

**Tipo de tallo:** Leñoso, ramificado

**Hoja:** Verde grisáceo

**Tipo de hoja:** Ovalada, margen aserrado, superficie rugosa

**Flor:** Pequeña, tubular, color amarillo o crema

**Orientación del pedúnculo de la flor:**

Vertical

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Panícula.



##### ➤ Nogal andino (*Juglans neotropica*)

##### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Tracheophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Hamamelidae

**Orden:** Fagales

**Familia:** Juglandaceae

**Género:** *Juglans*

**Especie:** *neotropica*

### Descriptor botánico

**Tallo:** Otros

**Tipo de tallo:** Leñoso, recto y de gran diámetro

**Hoja:** Verde brillante

**Tipo de hoja:** Compuesta imparipinnada, con foliolos ovalados de margen serrado

**Flor:** Unisexual, pequeñas y de color verdoso

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Colgante

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Amento (en flores masculinas) y racimo (en flores femeninas).



### ➤ Pumamaqui chico (*Oreopanax avicenniifolius*)

#### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Rosidae

**Orden:** Apiales

**Familia:** Araliaceae

**Género:** *Oreopanax*

**Especie:** *avicenniifolius*

### Descriptor botánico

**Tallo:** Otros

**Tipo de tallo:** Leñoso

**Hoja:** Verde oscuro

**Tipo de hoja:** Palmada, lobulada, de gran tamaño

**Flor:** Pequeña, blanquecina

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Terminal

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Umbela compuesta



➤ **Aliso (*Alnus acuminata*)**

**Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Hamamelididae

**Orden:** Fagales

**Familia:** Betulaceae

**Género:** *Alnus*

**Especie:** *acuminata*

**Descriptor botánico**

**Tallo:** Otros

**Tipo de tallo:** Leñoso, recto

**Hoja:** Verde brillante

**Tipo de hoja:** Ovalada, margen serrado

**Flor:** Unisexual, dispuestas en amentos

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Colgante

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Amento



➤ **Pinus oocarpa (*Pinus oocarpa*)**

**Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Pinaceae

**Género:** *Pinus*

**Especie:** *oocarpa*

**Descriptor botánico**

**Tallo:** Otros

**Tipo de tallo:** Leñoso, ramificado

**Hoja:** Verde claro, verde oscuro, glauco (azulado).

**Tipo de hoja:** Suaves, flexibles o rígidas.



**Flor:** Cilíndrica o alargada. Inflorescencia: Presente

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Agrupados en la base de brotes jóvenes.

**Arbustos**

➤ **Arete de Inca (*Brachyotum ledifolium*)**

**Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Dilleniidae

**Orden:** Myrtales

**Familia:** Melastomataceae

**Subfamilia:** Melastomatoideae

**Género:** *Brachyotum*

**Especie:** *ledifolium*

**Descriptor botánico**

**Tallo:** Otros

**Tipo de tallo:** Leñoso, ramificado

**Hoja:** Verde intenso

**Tipo de hoja:** Ovalada, con margen entero y ápice agudo

**Flor:** Pentámera, de color violeta o púrpura

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Vertical

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Racimo terminal o axilar



➤ **Mora silvestre (*Rubus glaucus*)**

**Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Rosidae

**Orden:** Rosales

**Familia:** Rosaceae

**Subfamilia:** Rosoideae

**Género:** *Rubus*

**Especie:** *glaucus*

### Descriptor botánico

**Tallo:** Otros

**Tipo de tallo:** Semileñoso, sarmentoso o trepador, con espinas curvas

**Hoja:** Verde brillante

**Tipo de hoja:** Compuesta, con 3 a 5 folíolos de margen aserrado

**Flor:** Blanca o rosada, con cinco pétalos

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Axilar o terminal

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Racimo o corimbo.



### ➤ *Polylepis* spp

### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Rosales

**Familia:** Rosaceae

**Género:** *Polylepis*

### Descriptor botánico

**Tallo:** Leñoso, ramificado desde la base o el tronco principal.

**Tipo de tallo:** estratificada en múltiples capas finas y papiráceas, lo que le da un aspecto escamoso o pelado.

**Hoja:** Verde opaco o ligeramente plateado por pubescencia (pelos finos).

**Tipo de hoja:** generalmente imparipinnadas (con número impar de folíolos).

**Flor:** Pequeña (5–7 mm).



**Orientación del pedúnculo de la flor:** Racemosa o espigada (dependiendo de la especie).

**Inflorescencia:** Axilar o terminal (al final de las ramas).

**Tipo de inflorescencia:** Racimo simple o espiga

➤ Laurel , (*Laurus nobilis*)

### **Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Laurales

**Familia:** Lauraceae

**Género:** *Laurus*

**Especie:** *nobilis*

### **Descriptor botánico**

**Tallo:** Firme y resistente

**Tipo de tallo:** Leñoso, con corteza lisa y grisácea

**Hoja:** verdes oscuras y brillantes en el haz, más pálidas en el envés.

**Tipo de hoja:** Simples, alternas, lanceoladas, coriáceas

**Flor:** Pequeñas, hermafroditas

**Orientación del pedúnculo de la flor:** erecto o ligeramente arqueado hacia arriba.

**Inflorescencia:** presente

**Tipo de inflorescencia:** Corimbo o racimo pequeño, con flores pequeñas, amarillentas y poco vistosas



## Hierbas

### ➤ *Trébol blanco (Trifolium repens)*

#### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Fabales

**Familia:** Fabaceae (Leguminosae)

**Subfamilia:** Faboideae

**Género:** *Trifolium*

**Especie:** *repens*

#### Descriptor botánico

**Tipo de tallo:** Herbáceo (no leñoso)

**Hoja:** Verde claro a verde oscuro, a veces con una marca blanquecina en forma de "V".

**Tipo de hoja:** Trifoliadas (3 folíolos por hoja).

**Flor:** Pequeña (5–7 mm).

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Terminal sobre un pedúnculo largo.

**Inflorescencia:** Presente (eventual)

**Tipo de inflorescencia:** glómérulo (cabezuela).



#### Cultivos

### ➤ *Chocho (Lupinus mutabilis)*

#### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Fabales

**Familia:** Fabaceae

**Género:** *Lupinus*

**Especie:** *mutabilis*

### Descriptor botánico

**Tipo de tallo:** Erguido, cilíndrico, robusto, ramificado.

**Hoja:** Verde intenso a verde claro

**Tipo de hoja:** Compuestas, palmadas con 5 a 17 folíolos lanceolados o elípticos, con borde entero.

**Flor:** Papilionáceas, colores variados (azul, blanco, violeta, púrpura).

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Erecta o ligeramente arqueada hacia arriba

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Racimo erecto terminal (racimo simple).



### Alfalfa (*Medicago sativa*)

#### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Fabales

**Familia:** Fabaceae

**Género:** *Medicago*

**Especie:** *sativa*

### Descriptor botánico

**Tipo de tallo:** Erguido, ramificado, cilíndrico, suave, y a veces algo pubescente.

**Hoja:** color verde brillante.

**Tipo de hoja:** Compuestas trifoliadas (tres folíolos por hoja), ovadas o elípticas

**Flor:** color violeta, púrpura o azul claro.

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Erecta o ligeramente inclinada hacia arriba.

**Inflorescencia:** Presente



**Tipo de inflorescencia:** Racimo de flores pequeñas, agrupadas en cabezuelas o racimos cortos terminales o axilares.

➤ **Maíz (*Zea mays*)**

**Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**Orden:** Poales

**División:** Magnoliophyta

**Familia:** Poaceae

**Clase:** Liliopsida

**Género:** *Zea*

(Monocotiledóneas)

**Especie:** *mays*

**Descriptor botánico**

**Tipo de tallo:** Herbácea anual, gramínea de tallo erecto.

**Hoja:** Verde claro

**Tipo de hoja:** Alternas, largas, lineares, con nervadura paralela, con vaina que envuelve el tallo.

**Flor:** masculinas y femeninas

**Orientación del pedúnculo de la flor:** monoica

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Plantas monoicas con inflorescencias masculinas (espigas) y femeninas (mazorca).



➤ **Habas (*Vicia faba*)**

**Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**Familia:** Fabaceae

**División:** Magnoliophyta

**Género:** *Vicia*

**Clase:** Magnoliopsida

**Especie:** *faba*

**Orden:** Fabales

### Descriptor botánico

**Tipo de tallo:** Herbácea anual o bianual, erecta y robusta.

**Hoja:** Verde intensa

**Tipo de hoja:** Compuestas, pinnadas con 2 a 6 pares de folíolos y un folíolo terminal grande, sin zarcillos.

**Flor:** Grandes, papilionáceas, de color blanco con manchas negras o moradas.

**Orientación del pedúnculo de la flor:** Axilar

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Racimo corto con 1 a 5 flores



➤ **Papa (*Solanum tuberosum*)**

### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Solanum*

**Especie:** *tuberosum*

### Descriptor botánico

**Tipo de tallo:** Erecto o postrado

**Hoja:** Verde oscuro o intermedio.

**Tipo de hoja:** Compuestas, imparipinnadas.

**Flor:** Hermafrodita, Blanco, lila, violeta, morado o azul, según la variedad.

**Orientación del pedúnculo de la flor:** axilar o terminal

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** R Cima (ramificada).



## Medicinales

### ➤ Llantén (*Plantago major*)

#### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Plantago*

**Especie:** *major*

#### Descriptor botánico

**Tipo de tallo:** Corto o casi ausente; en muchas especies las hojas forman una roseta basal.

**Hoja:** color verdoso o marrón claro.

**Tipo de hoja:** Alternas, simples, con nervaduras paralelas, de forma elíptica a lanceolada.

**Flor:** Pequeñas, inconspicuas.

**Orientación del pedúnculo de la flor:** erecto y vertical

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Espiga terminal densa, en eje largo y delgado.



### ➤ Ajengo (*Artemisa absinthium* L, 1753)

#### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Asterales

**Familia:** Asterácea

**Género:** *Artemisa*

**Especies:** *absinthium* L,1753

### Descriptor botánico

**Tipo de tallo:** Corto o casi ausente;

**Tipo de tallo:** herbáceas

**Hoja:** verde oscuro

**Tipo de hoja:** entera

**Flor:** dímera

**Orientación del pedúnculo de la flor:** vertical

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Umbela compuesta.



➤ **Caballo chupa (*Equisetum bogotense*)**

### Taxonomía

**Reino:** Plantae

**Filo:** Pteridophyta (o Pteridophyta)

**Clase:** Equisetopsida

**Orden:** Equisetales

**Familia:** Equisetaceae

**Género:** *Equisetum*

**Especie:** *bogotense*

### Descriptor botánico

**Tipo de tallo:** Herbáceo

**Hoja:** verde oscuro

**Tipo de hoja:** Aserrada

**Flor:** dímera

**Orientación del pedúnculo de la flor:** vertical

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Espiga



➤ **Guavi duca** (*Piper cymbopogon citratos*)

**Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Piperales

**Familia:** Piperaceae

**Género:** *Piper*

**Especie:** *Cymbopogon citratos*

**Descriptor botánico**

**Tipo de tallo:** Herbáceo

**Hoja:** verde oscuro

**Tipo de hoja:** Entera

**Flor:** no presenta

**Orientación del pedúnculo de la flor:** vertical

**Inflorescencia:** No presente

**Tipo de inflorescencia:** No presenta



➤ **Manzanilla** (*Matricaria chamomilla*)

**Taxonomía**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta (plantas con flor)

**Clase:** Magnoliopsida (dicotiledóneas)

**Orden:** Asterales

**Familia:** Asteraceae

**Género:** *Matricaria*

**Especie:** *chamomilla*

**Descriptor botánico**

**Tipo de tallo:** Herbáceo

**Hoja:** verde claro

**Tipo de hoja:** Lobalada Flor: pentámera.

**Inflorescencia:** presente. Tipo: capítulo

**Orientación del pedúnculo de la flor:** vertical.



➤ **Perejil (*Cotopaxia asplundii*)**

Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Rosidae

**Orden:** Apiales

**Familia:** Apiaceae

**Género:** *Cotopaxia*

**Especie:** *asplundii*

**Descriptor botánico**

**Tipo de tallo:** Herbáceo, delgado y erecto

**Hoja:** Verde claro

**Tipo de hoja:** Compuesta, de 2 a 7 cm de longitud, con folíolos finamente divididos

**Flor:** Pequeña, blanca

Orientación del pedúnculo de la flor:  
Terminal

**Inflorescencia:** Presente

**Tipo de inflorescencia:** Umbela compuesta



## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

- ✓ El análisis físico-químico y biológico del agua del río Cachisagua indica que, aunque parámetros como conductividad, turbidez y sólidos disueltos totales se mantienen dentro de límites aceptables, los sólidos suspendidos totales, Demanda química de oxígeno (DQO<sub>2</sub>), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y cloruros superan los valores permisibles, reflejando erosión, materia orgánica y salinización.
- ✓ Los suelos de la microcuenca del río Cachisagua presentan características físicas que permiten un equilibrio entre retención de agua y aireación, siendo adecuados para el desarrollo de la vegetación y actividades agrícolas sostenibles. La variación en humedad y textura refleja la influencia de la composición del suelo y la capacidad de retención de agua en cada transecto.
- ✓ La vegetación de la microcuenca del río Cachisagua es diversa y altamente funcional, desempeñando roles ecológicos clave y proporcionando beneficios directos a la comunidad local. Contribuye a la estabilización del suelo, prevención de la erosión, retención de humedad y mejora de la estructura del suelo, favoreciendo la recuperación de áreas degradadas y la conservación de la biodiversidad.
- ✓ Además, esta vegetación provee recursos para la alimentación de animales, así como para usos medicinales, ornamentales y de reforestación, asegurando la sostenibilidad ecológica y el equilibrio del ecosistema en la microcuenca.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Las autoridades municipales y ambientales deben implementar un programa de tratamiento de aguas residuales, para eliminar coliformes y materia orgánica antes de que lleguen al cauce. Además, es necesario regular y supervisar las descargas de origen agrícola y humano para detener la contaminación progresiva y mitigar el riesgo sanitario.
  
- ✓ Desarrollar planes de manejo y conservación de suelos que consideren la fertilización para corregir deficiencias de nutrientes, prácticas de reducción de erosión y mantenimiento de la estructura del suelo, asegurando su productividad y sostenibilidad para actividades agrícolas y reforestación.
  
- ✓ Promover la conservación y manejo sostenible de la vegetación nativa, fomentando la reforestación con especies funcionales, el mantenimiento de cobertura vegetal en laderas y zonas degradadas, y el uso de plantas para alimentación animal, medicinal y ornamental, fortaleciendo la biodiversidad y la estabilidad ecológica de la microcuenca.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aconsa. (2023). Parámetros físicos de calidad del agua: ¿Cuáles son los más importantes? Obtenido de <https://aconsa-lab.com/parametros-fisicos-de-calidad-del-agua/>
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2015). Revisión y actualización de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua. Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Agrotec. (2024). Análisis de suelo: Conoce los tipos y etapas de ejecución. Obtenido de <https://agrotec.com.py/informagrotec/analisis-de-suelo-conoce-los-tipos-y-etapas-de-ejecucion/>
- Araque, M. (2020). Cómo funciona la Cuenca hidrográfica. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-watershed-works.htm>
- Armijos, A. (2024). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales para Guano, provincia de Chimborazo. Obtenido de [https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3cfd45bf-21ac-4fe6-afb4-5b50fa\\_ff9cb6/content#:~:text=1.2.,-Planteamiento%20del%20problema&text=La%20demanda%20de%20agua%20se,poblaciones%20\(Pazmi%20C3%B1o%20%202020\).](https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3cfd45bf-21ac-4fe6-afb4-5b50fa_ff9cb6/content#:~:text=1.2.,-Planteamiento%20del%20problema&text=La%20demanda%20de%20agua%20se,poblaciones%20(Pazmi%20C3%B1o%20%202020).)
- Arvensisagro. (2022). La importancia de la materia orgánica en el suelo. Obtenido de <https://www.arvensis.com/es/blog-la-importancia-de-la-materia-organica-en-el-suelo/>
- Bolaños Alfaro, J., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (2020). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*. Vol. 30-4.

- Bonso, M., & Musa Bonso, D. B. (2023). Contaminación bacteriana y resistencia a los antimicrobianos en el agua potable de establecimientos de alimentos y bebidas en la ciudad de Shashemane, Etiopía. Obtenido de <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/11786302231216864>
- Borja, P., & Mariana, E. (2023). Estimación de la erosión hídrica en la microcuenca del río Quevedo con el modelo Rusle. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/9f3af1d1-1af4-4780-9796-8ea9e959f1bb>
- Bravo, C., & Jose Narváez. (2020). Obtenido de Gestión integrada de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas del Ecuador. Quito: Instituto Nacional de Recursos Hídricos.
- Bravo, E. (2020). La cuenca del Río Guayas: la región más fértil del Ecuador. Obtenido de <https://ecuadortoday.media/2020/10/26/la-cuenca-del-rio-guayas-la-region-mas-fertil-del-ecuador/>
- Camas, P. (2021). Análisis multitemporal del cambio de cobertura y uso del suelo en la microcuenca del río Capulí, provincia de Cañar (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. . Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/78a45098-cc20-4ba3-95b6-e146e69e69d4>
- Cárdenas, P. (2020). Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del río Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19608/1/UPS-CT008912.pdf>
- Casquero, M. (2023). Inventario botánico y revisión bibliográfica sobre la biología de la reproducción y conservación de los árboles y arbustos del parque de la Piedad . Obtenido de [https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/21155/1/TFG\\_UEX2023NietoCasquero.pdf](https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/21155/1/TFG_UEX2023NietoCasquero.pdf)
- Cobeña, H., Velásquez, F., Navarrete, J., & Delgado, C. (2022). Caracterización biofísica de la microcuenca Sarampión,. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.* 16(2):357-364.

- Cobeña, M. M., Zambrano, M. B., Reyes, W. C., Carriel, J. P., Arrobo, J. R., & Flores, N. Z. (2023). Caracterización hidrológica de la microcuenca del estero Hondo, cantón La Maná, Ecuador. *evista Ciencia y Tecnología* 16(2) p 35 - 48 ISSN 1390-4051; e-ISSN 1390-4043 <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/634>.
- Coloma, V. (2020). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO. Obtenido de <https://bolivar.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/PDOT-BOLIVAR-2015-FINAL.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). Desarrollo sostenible en América Latina: Sostenibilidad de los recursos naturales. Obtenido de <https://www.cepal.org>
- Corporación Eléctrica del Ecuador Empresa Pública (CELEC EP). (2020). Manual de planificación de cuencas hidrográficas. Corporación Eléctrica del Ecuador. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec>
- Cruz, A. G. (2021). Tipos de vegetación. Obtenido de <http://enlinea.iberomex.com/libreriavirtual/detalle.cfm?clave=CTRUS0001&tipoPublicacion=LIBRO#:~:text=El%20estudio%20de%20la%20vegetaci%C3%B3n,vista%20como%20una%20unidad%20natural>.
- Davies, S. (2021). Tipos de inventarios botánicos . Obtenido de <https://www.fao.org/4/y1457s/Y1457S10.htm#:~:text=La%20etnobot%C3%A1nica%20cuantitativa%20y%20el,pocos%20miembros%20de%20la%20comunidad>.
- Dewangan, S. K. (2023). Investigating the Impact of pH Levels on Water Quality: An Experimental Approach. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* 11(9):756-759. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/374329780Investigating\\_the\\_Impact\\_of\\_pH\\_Levels\\_on\\_Water\\_Quality\\_An\\_Experimental\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/374329780Investigating_the_Impact_of_pH_Levels_on_Water_Quality_An_Experimental_Approach)
- Dombeck, M. (2020). ¿Qué es una cuenca hidrográfica? Obtenido de <https://www.fs.usda.gov/Internet/FSEDOCUMENTS/stelprdb5338930.pdf>

- Edwards, T. M., & Puglis, H. J. (2024). Ammonia and aquatic ecosystems – A review of global sources, biogeochemical cycling, and effects on fish. *Science of The Total Environment* , Ammonia.
- ENCA. (2016-2030). Estrategia Nacional De Calidad Del Agua. Obtenido de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia Nacional de Calida del Agua 2016-2030.pdf>
- Equipo Neurite. (2024). ¿Qué es una cuenca hidrográfica?: Definición, tipos y gestión. Obtenido de <https://neuriteblog.com/2024/05/25/que-es-una-cuenca-hidrografica-definicion-tipos-y-gestion/>
- Escadón, G., & Cáceres, M. (2022). "Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río san Francisco-Gualaceo". Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). Gestión sostenible de los recursos hídricos: Marco global y regional. Obtenido de <https://www.fao.org>
- FAO. (2024). Land cover and land use assessment for sustainable land management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Obtenido de <https://doi.org/10.4060/cc7415en>
- Fertilab. (2025). Funciones y síntoma de deficiencia de Boro en los cultivos. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas Tecnicas/pdf nota/ Funciones y sintoma de deficiencia de Boro en los cultivos..pdf>
- GADP. (2022). Plan de manejo ambiental del recurso hídrico en zonas rurales. Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha.
- GADPB; Secretaria de Desarrollo Provincial. (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento. Obtenido de <https://bolivar.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/PDOT-BOLIVAR-2015-FINAL.pdf>

- Gaitan, O. P. (2020). Caracterización de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del sistema para producir agua desionizada tipo II, en una industria cosmética. Obtenido de <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/604e14d4-3a92-4d34-9baa-90ef9732c2a6/content>
- Gallo, N. C., & Álava, L. M. (2021). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelía (Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador) . <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8383784.pdf>.
- Gaspar, B., Ana, G., AlfredoIcon, R., & Maela, L. (2022). Determinación de turbidez en agua de consumo y estabilidad de una solución control de calidad en el tiempo. Obtenido de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/217821>
- Global Water Partnership (GWP). (2020). Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH): Concepto y aplicación. Obtenido de <https://www.gwp.org/es/GWP-Sudamerica/RESSOURCES/gestion-integrada-de-los-recursos-hidricos/>
- Grupta, Q., & Singh, M. (2020). Potencial hídrico y contenido del agua en el suelo: métodos de análisis disponibles y sus implicaciones en el manejo de los recursos suelo y agua. Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242024000200169](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242024000200169)
- Herogra. (2025). Carencias de boro en los cultivos. Obtenido de <https://herogra.especiales.com/carencias-de-boro-en-los-cultivos/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos . (2023). Informe Nacional de Recursos Hídricos. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Ecuador.
- Jia, H., & Zang, S. (2023). spatiotemporal characteristics and socioeconomic factors of PM2.5 heterogeneity in mainland China during the COVID-19 epidemic. *Chemosphere*.

- Jiménez, A. S., & Sadeghian Khalajabadi, S. (2022). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana. Obtenido de [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804 %29381-397.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf)
- Kuzminchuk, A. (2024). ¿Qué nos dicen los cloruros en el agua? Obtenido de <https://www.ecosoft.com/post/what-do-chlorides-in-water-tell-us#content1>
- Linus Pauling Institute. (2023). Cromo. Obtenido de <https://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/cromo>
- Lloret, P. (2020). Gestión de Cuencas Hidrográficas – 2da Edición. Quito: Camaren. Obtenido de <https://camaren.org/gestion-de-cuencas-hidrograficas-2da-edicion/>
- Marcill, J. L., Zambrano, J. M., Cedeño, J. C., & Lopez, J. P. (2025). Servicios ecosistémicos de cuencas hidrográficas en zonas urbanas y rurales: beneficios ambientales y socioeconómicos clave para el desarrollo sostenible. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, Volumen VI, Número 2 p 2770.
- María, G. C., Diaz Ponce, M. A., Robinson, H. F., & Nieto Cañarte, C. A. (2024). Caracterización hidrológica de la microcuenca del río Quevedo, Ecuador. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E3), 624–645.
- Mendoza, F., Torres, R. & Jara D. (2020). Control de parámetros fisicoquímicos en aguas superficiales. *Revista Ciencias Ambientales*.
- Mendoza, H. G. (2020). Inventario botánico: técnicas y aplicaciones en la evaluación de la biodiversidad vegetal. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI, Colombia.
- Ministerio del Ambiente y Agua de Ecuador (MAAE). (2020). Plan estratégico para la gestión de cuencas hidrográficas en Ecuador.

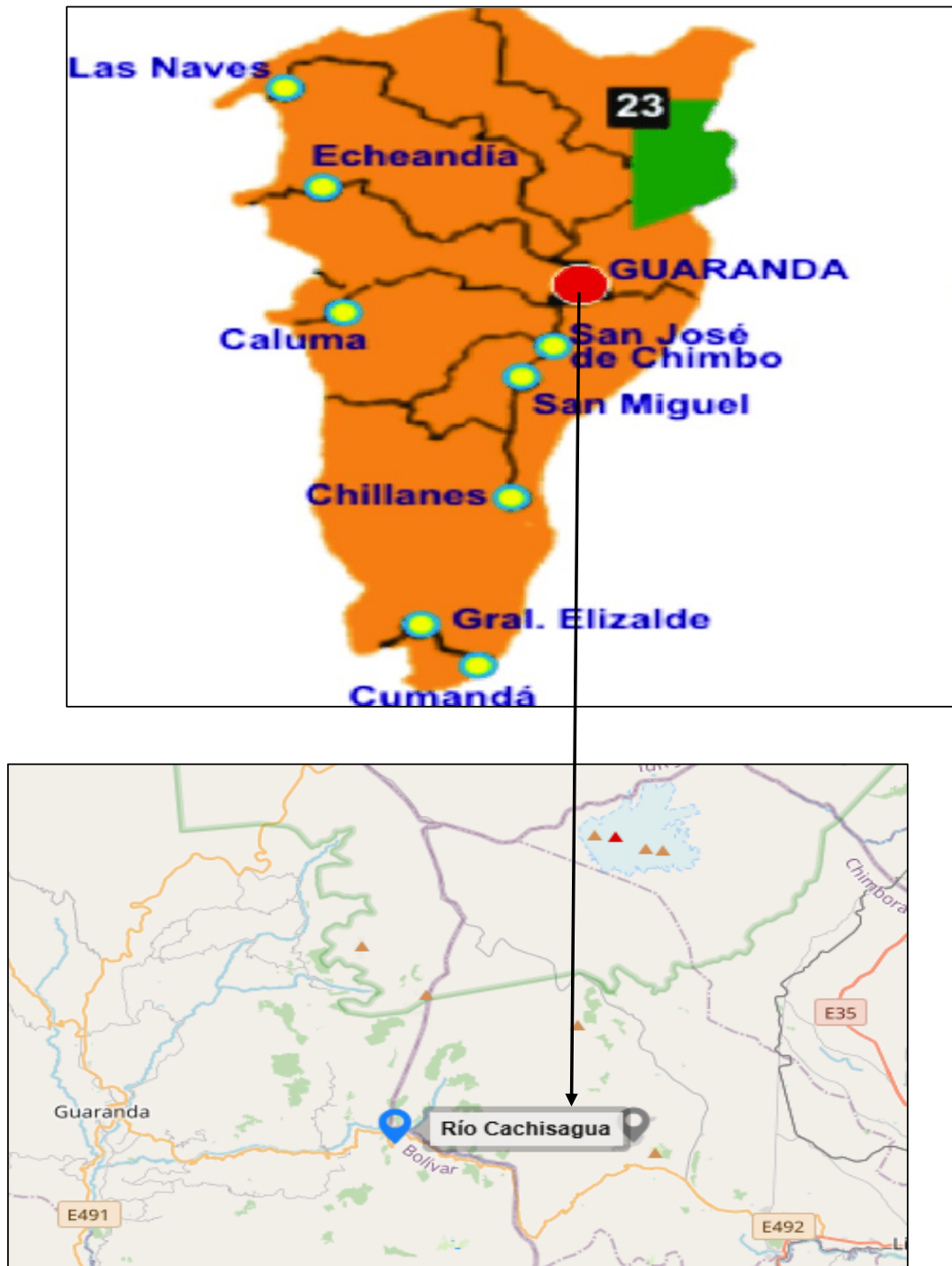
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico MITECO. (2020). Guía técnica para la evaluación de la calidad del agua. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es>
- Montalvo-Ochoa, F., Robles-Bykbaev, V., Duque-Sarango, P., & González-Arias, K. (2020). An educational rule-based expert system to determine water quality for environmental engineering and biotechnology students. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/9149502>
- Montiel, C. (2020). Diagnóstico de impactos ambientales ocasionados por la actividad ganadera en el cantón Salitre. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALLE%20MONTIEL%20RAQUEL%20DIANA.pdf>
- Morales, J. &. (2022). Parámetros de calidad del agua en zonas agrícolas de la costa ecuatoriana. *Revista Agua y Territorio*.
- Moreira, A. M. (2020). Integrated management of river basins: Possibilities and advances in the analysis of land use and land cover. *Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69–85. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>.
- Naciones Unidas (ONU). (2020). Cambio climático y gestión de cuencas hidrográficas: Desafíos y soluciones. Obtenido de <https://www.un.org>
- Naciones Unidas. (2020). Desafíos globales agua. Obtenido de [https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=Unas%20mejores%20condiciones%20de%20agua,reutilizadas%20\(ONU%20Agua%202018\)](https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=Unas%20mejores%20condiciones%20de%20agua,reutilizadas%20(ONU%20Agua%202018)).
- Neuriten Lab. (2024). ¿Qué es una cuenca hidrográfica? Obtenido de <https://neuriteblog.com/2024/05/25/nmbvcfgque-es-una-cuenca-hidrografica-definicion-tipos-gestion/>
- Nix, J. (2024). La importancia del análisis del suelo en la planificación agrícola. Obtenido de <https://biomemakers.com/es/blog/la-importancia-del-analisis-del-suelo-en-la-planificacion-agricola>

- Ochoa, D., & Navas, A. (2015). Árboles y arbusto de los ríos de Cuenca . Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Danilo-Minga/publication/303677294\\_Arboles\\_y\\_arbustos\\_de\\_los\\_rios\\_de\\_Cuenca\\_Azuay-Ecuador/links/5911bb62a6fdcc963e69a3ad/Arboles-y-arbustos-de-los-rios-de-Cuenca-Azuay-Ecuador.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Danilo-Minga/publication/303677294_Arboles_y_arbustos_de_los_rios_de_Cuenca_Azuay-Ecuador/links/5911bb62a6fdcc963e69a3ad/Arboles-y-arbustos-de-los-rios-de-Cuenca-Azuay-Ecuador.pdf)
- Oleas, N. H., Ríos, B., Altamirano, T. P., & Bustamante, M. (2024). Guía práctica de identificación de plantas de rivera. Obtenido de <https://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/nbvg2024/06/Guia-practica-de-identificacion-de-plantas-de-ribera.pdf>
- Oliva, G., & Berazaín, R. C. (2020). Métodos de inventario de plantas. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Lisbet-Gonzalez-Oliva/publication/340917329\\_Metodos\\_de\\_inventario\\_de\\_plantas/links/5eca01e4a6fdcc90d6939f26/Methodos](https://www.researchgate.net/profile/Lisbet-Gonzalez-Oliva/publication/340917329_Metodos_de_inventario_de_plantas/links/5eca01e4a6fdcc90d6939f26/Methodos)
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). Agua, saneamiento e higiene en la salud pública. Obtenido de <https://www.who.int>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Arsénico. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic?utm_source=chatgpt.com)
- Pacto Mundial. (2025). ODS 6 Agua limpia y saneamiento. Obtenido de <https://www.pactomundial.org/ods/6-agua-limpia-y-saneamiento/>
- PDOT . (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento. Obtenido de <https://bolivar.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/PDOT-BOLÍVAR-2015-FINAL.pdf>
- PDOT. (2020). Microcuencas del cantón Bolívar. Obtenido de <https://bolivar.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/PDOT-BOLIVAR-2015-FINAL.pdf>
- Pérez, C. (2023). Chlorine Residuals in Drinking Water Systems. Water Research.
- Yumbay, I. (2023). Obtenido de <https://www.gadparroquiabolivar.gob.ec/images/cwattachments/85849dba0662dcc762ff1d2a63537873df.pdf>


- Ponce, N. M., & Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Caracterización hidrológica de la microcuenca del río Quevedo, Ecuador. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E3), 624–645. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE3/335>.
- Quijano, u. E., Vega, W. N., Atencia, J. M., & Torres, e. R. (2021). La densidad aparente y el tamaño de agregados del suelo controlan el crecimiento radical de *Megathyrsus maximus*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1699/169975160013/html/>
- Ramírez, J. P. (2021). Publicación: Incidencia de la contaminación del Río Guaranda en el Derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado de los habitantes del barrio Marco Pamba en el año 2016. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/fa0d817d-94e9-4cd8-984c-7cedd8578c76>
- Rodríguez, M. d., Amaro, O. A., Gómez, J. M., & Salas, R. M. (2024). El azufre, mineral esencial en el manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0864-03942024000100001>
- Santillán, J. (2022). Altos niveles de erosión hídrica en una microcuenca tropical calculado mediante el modelo USLE. Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/4269/5209>
- Sociedad Geográfica de Lima. (2021). Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y. Obtenido de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-samfiles/publicaciones/varios/cuenca\\_hidrologica.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-samfiles/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf)
- Vargas, A. R. (2021). Evaluación de la calidad del agua en sistemas fluviales andinos. Universidad de Cuenca.
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., & Prehn, C. (2020). Cuencas Hidrográficas. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>

# ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación



Anexo 2. Resultados análisis de agua (Tres transectos)

INFORME DE RESULTADOS N° 025							
1.- DATOS GENERALES							
CLIENTE:	SRTA. JESSICA NARANJO			TELEFONO:	986906567		
DIRECCIÓN:	S/N			ATENCIÓN A:	SRTA. JESSICA NARANJO		
2.- INFORMACIÓN DE LA MUESTRA							
INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE			LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA:	RIO CACHISAGUA - CASACHES		
TPO DE MUESTRA:	AGUA DE RIO			FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	8/7/2025		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	AGUA DE RIO 1 1°36'34" S - 78°55'8" O			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	SRTA. JESSICA NARANJO		
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	8/7/2025 (09H42)			PERIODO DE REALIZACIÓN DE CARACTERIZACIÓN:	9 - 28/7/2025		
NORMA: NTE INEN 1108:2020. REQUISITOS AGUA POTABLE. AGUA PARA CONSUMO HUMANO							
3.- RESULTADOS							
OP	PARAMETRO	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO	Inc +/- %
1	Arsénico Total	EMA-LAB/CIQ01	mg/L	0,0013	0,05	CUMPLE	25,0%
2	Aluminio	EMA-LAB/CIQ02	mg/L	0,008	0,1	CUMPLE	18,0%
3	Bario	EMA-LAB/CIQ03	mg/L	0,068	1,0	CUMPLE	11,0%
4	Cianuro Total	EMA-LAB/CIQ04	mg/L	< 0,008	0,01	CUMPLE	4,0%
5	Cloruros	EMA-LAB/CIQ05	mg/L	280,00	.....	NO APLICA	9,0%
6	Cobre	EMA-LAB/CIQ06	mg/L	0,0017	0,02	CUMPLE	27,1%
7	Cromo Hexav alente	EMA-LAB/CIQ07	mg/L	0,004	.....	NO APLICA	NA
8	Conductividad Eléctrica	EMA-LAB/CIQ05	uS/cm	853,07	.....	NO APLICA	0,5%
9	Coliformes Totales	EMA-LAB/CIB01	Col/ 100 mL	510	200	NO CUMPLE	NA
10	Demanda Química de Oxígeno	EMA-LAB/CIQ08	mg/L	186	.....	NO APLICA	19,0%
11	Demanda Bioquímica de Oxígeno	EMA-LAB/CIQ09	mg/L	70,00	.....	NO APLICA	25,0%
12	Dureza Total	EMA-LAB/CIQ10	mg/L	38,00	.....	NO APLICA	31,0%
13	Escherichia Coli	EMA-LAB/CIB02	Col/ 100 mL	196	.....	NO APLICA	NA
14	Fluoruros	EMA-LAB/CIQ11	mg/L	0,42	.....	NO APLICA	4,2%
15	Fósforo Total	EMA-LAB/CIQ12	mg/L	3,10	.....	NO APLICA	15,0%
16	Hierro Total	EMA-LAB/CIQ13	mg/L	0,09	0,3	CUMPLE	20,3%
17	Manganeso	EMA-LAB/CIQ14	mg/L	0,042	0,1	CUMPLE	25,60%
18	Nitratos	EMA-LAB/CIQ15	mg/L	2,15	.....	NO APLICA	17,90%
19	Nitritos	EMA-LAB/CIQ16	mg/L	0,86	.....	NO APLICA	10,20%
20	Niquel	EMA-LAB/CIQ17	mg/L	0,005	0,025	CUMPLE	2,50%
21	pH	EMA-LAB/CIQ01	.....	5,51	.....	NO APLICA	0,5%
22	Plomo	EMA-LAB/CIQ18	mg/L	< 0,005	.....	NO APLICA	16,4%
23	Selenio	EMA-LAB/CIQ19	mg/L	0,002	0,01	CUMPLE	20,37%
24	Sólidos Totales Disueltos	EMA-LAB/CIQ03	mg/L	250,24	.....	NO APLICA	0,5%
25	Sólidos Suspendidos Totales	EMA-LAB/CIQ04	mg/L	187,39	.....	NO APLICA	0,5%
26	Turbidez	EMA-LAB/CIQ02	NTU	25,09	.....	NO APLICA	0,5%
<b>4.- OBSERVACIONES:</b> NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. LIBRO VI ANEXO 1. TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.				<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Ing. Raúl Allán. Técnico Laboratorio. Guaranda, 28/7/2025		 Firmado electrónicamente por: <b>RAÚL WILBERDO ALLÁN NARANJO</b> <small>Incluso firmamos con FIRMAC</small>	
LAB2025 - 07				Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de la E.P. - EMAPA-G			

**INFORME DE RESULTADOS N° 026**  
**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	SRTA. JESSICA NARANJO	TELEFONO:	986906567
DIRECCIÓN:	S/N	ATENCIÓN A:	SRTA. JESSICA NARANJO


**2.- INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA:	RIO CACHISAGUA - VINCHOA
TIPO DE MUESTRA:	AGUA DE RIO	FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	8/7/2025
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	AGUA DE RIO 2 1°36'50" S - 78°58'6" O	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	SRTA. JESSICA NARANJO
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	8/7/2025 (10H00)	PERIODO DE REALIZACIÓN DE CARACTERIZACIÓN:	9 - 28/7/2025

**NORMA: NTE INEN 1108:2020. REQUISITOS AGUA POTABLE. AGUA PARA CONSUMO HUMANO**


**3.- RESULTADOS**

OP	PARAMETRO	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO	Inc +/- %
1	Arsénico Total	EMA-LAB/CIQ01	mg/L	0,0019	0,05	CUMPLE	25,0%
2	Aluminio	EMA-LAB/CIQ02	mg/L	0,008	0,1	CUMPLE	18,0%
3	Bario	EMA-LAB/CIQ03	mg/L	0,071	1,0	CUMPLE	11,0%
4	Cianuro Total	EMA-LAB/CIQ04	mg/L	< 0,008	0,01	CUMPLE	4,0%
5	Cloruros	EMA-LAB/CIQ05	mg/L	350,00	.....	NO APLICA	9,0%
6	Cobre	EMA-LAB/CIQ06	mg/L	0,0018	0,02	CUMPLE	27,1%
7	Cromo Hexavalente	EMA-LAB/CIQ07	mg/L	0,004	.....	NO APLICA	NA
8	Conductividad Eléctrica	EMA-LAB/CIQ05	uS/cm	950,03	.....	NO APLICA	0,5%
9	Coliformes Totales	EMA-LAB/CIB01	Col/100 mL	600	200	NO CUMPLE	NA
10	Demanda Química de Oxígeno	EMA-LAB/CIQ08	mg/L	250	.....	NO APLICA	19,0%
11	Demanda Bioquímica de Oxígeno	EMA-LAB/CIQ09	mg/L	122	.....	NO APLICA	25,0%
12	Dureza Total	EMA-LAB/CIQ10	mg/L	50	.....	NO APLICA	31,0%
13	Escherichia Coli	EMA-LAB/CIB02	Col/100 mL	210	.....	NO APLICA	NA
14	Fluoruros	EMA-LAB/CIQ11	mg/L	0,51	.....	NO APLICA	4,2%
15	Fósforo Total	EMA-LAB/CIQ12	mg/L	2,71	.....	NO APLICA	15,0%
16	Hierro Total	EMA-LAB/CIQ13	mg/L	0,09	0,3	CUMPLE	20,3%
17	Manganeso	EMA-LAB/CIQ14	mg/L	0,052	0,1	CUMPLE	25,60%
18	Nitratos	EMA-LAB/CIQ15	mg/L	2,18	.....	NO APLICA	17,90%
19	Nitritos	EMA-LAB/CIQ16	mg/L	0,92	.....	NO APLICA	10,20%
20	Niquel	EMA-LAB/CIQ17	mg/L	0,005	0,025	CUMPLE	2,50%
21	pH	EMA-LAB/CIQ001	.....	5,87	.....	NO APLICA	0,5%
22	Plomo	EMA-LAB/CIQ18	mg/L	< 0,005	.....	NO APLICA	16,4%
23	Selenio	EMA-LAB/CIQ19	mg/L	0,002	0,01	CUMPLE	20,37%
24	Sólidos Totales Disueltos	EMA-LAB/CIQ03	mg/L	270,64	.....	NO APLICA	0,5%
25	Sólidos Suspendedos Totales	EMA-LAB/CIQ04	mg/L	194,32	.....	NO APLICA	0,5%
26	Turbidez	EMA-LAB/CIQ02	NTU	26,59	.....	NO APLICA	0,5%

<b>4.- OBSERVACIONES:</b> NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. LIBRO VI ANEXO 1. TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.	<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Ing. Raúl Allán. Técnico Laboratorio. Guaranda, 28/7/2025	 <small>Forma de validación por</small> <b>RAÚL WILFRIDO ALLÁN NARANJO</b> <small>Verifique su consulta en FOMUC</small>
---	---	--

LAB2025 - 07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de la E. P. - EMAPA-G


INFORME DE RESULTADOS N° 027							
1.- DATOS GENERALES							
CLIENTE:	SRTA. JESSICA NARANJO			TELEFONO:	986906567		
DIRECCIÓN:	S/N			ATENCIÓN A:	SRTA. JESSICA NARANJO		
2.- INFORMACIÓN DE LA MUESTRA							
INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE			LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA:	RIO CACHISAGUA - LAGUACOTO BAJO		
TIPO DE MUESTRA:	AGUA DE RIO			FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	8/7/2025		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	AGUA DE RIO 3 1°36'56" S - 78°59'39" O			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	SRTA. JESSICA NARANJO		
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	8/7/2025 (10H16)			PERIODO DE REALIZACIÓN DE CARACTERIZACIÓN:	9 - 28/7/2025		
NORMA: NTE INEN 1108:2020. REQUISITOS AGUA POTABLE. AGUA PARA CONSUMO HUMANO							
3.- RESULTADOS							
OP	PARAMETRO	MÉTODO DE ENSAYO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO	Inc +/-%
1	Arsénico Total	EMA-LAB/CIQ01	mg/L	0,0036	0,05	CUMPLE	25,0%
2	Aluminio	EMA-LAB/CIQ02	mg/L	0,008	0,1	CUMPLE	18,0%
3	Bario	EMA-LAB/CIQ03	mg/L	0,082	1,0	CUMPLE	11,0%
4	Cianuro Total	EMA-LAB/CIQ04	mg/L	< 0,008	0,01	CUMPLE	4,0%
5	Cloruros	EMA-LAB/CIQ05	mg/L	542,02	.....	NO APLICA	9,0%
6	Cobre	EMA-LAB/CIQ06	mg/L	0,0021	0,02	CUMPLE	27,1%
7	Cromo Hexavalente	EMA-LAB/CIQ07	mg/L	0,004	.....	NO APLICA	NA
8	Conductividad Eléctrica	EMA-LAB/CIQ05	uS/cm	968,31	.....	NO APLICA	0,5%
9	Coliformes Totales	EMA-LAB/CIB01	CoV/100 mL	624	200	NO CUMPLE	NA
10	Demanda Química de Oxígeno	EMA-LAB/CIQ08	mg/L	364	.....	NO APLICA	19,0%
11	Demanda Bioquímica de Oxígeno	EMA-LAB/CIQ09	mg/L	156	.....	NO APLICA	25,0%
12	Dureza Total	EMA-LAB/CIQ10	mg/L	52	.....	NO APLICA	31,0%
13	Escherichia Coli	EMA-LAB/CIB02	CoV/100 mL	380	.....	NO APLICA	NA
14	Fluoruros	EMA-LAB/CIQ11	mg/L	0,52	.....	NO APLICA	4,2%
15	Fósforo Total	EMA-LAB/CIQ12	mg/L	1,82	.....	NO APLICA	15,0%
16	Hierro Total	EMA-LAB/CIQ13	mg/L	0,07	0,3	CUMPLE	20,3%
17	Manganeso	EMA-LAB/CIQ14	mg/L	0,063	0,1	CUMPLE	25,60%
18	Nitritos	EMA-LAB/CIQ15	mg/L	3,10	.....	NO APLICA	17,90%
19	Nitritos	EMA-LAB/CIQ16	mg/L	1,24	.....	NO APLICA	10,20%
20	Niquel	EMA-LAB/CIQ17	mg/L	0,005	0,025	CUMPLE	2,50%
21	pH	EMA-LAB/CIQ01	.....	5,46	.....	NO APLICA	0,5%
22	Plomo	EMA-LAB/CIQ18	mg/L	< 0,005	.....	NO APLICA	16,4%
23	Selenio	EMA-LAB/CIQ19	mg/L	0,002	0,01	CUMPLE	20,37%
24	Sólidos Totales Disueltos	EMA-LAB/CIQ03	mg/L	382,47	.....	NO APLICA	0,5%
25	Sólidos Suspendedos Totales	EMA-LAB/CIQ04	mg/L	254,39	.....	NO APLICA	0,5%
26	Turbidez	EMA-LAB/CIQ02	NTU	30,08	.....	NO APLICA	0,5%
<b>4.- OBSERVACIONES:</b> NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. LIBRO VI ANEXO 1. TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.				<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Ing. Raúl Allán, Técnico Laboratorio, Guaranda, 28/7/2025		 Firmado digitalmente por: RAÚL WILFRIDO ALLAN NARANJO Validez legalmente con Firmac	

LAB2025 - 07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de la E.P. - EMAPA-G

### Anexo 3. Resultados análisis de suelo (Tres transectos)

MC-LASPA-2201-01

 <p><b>INIAP</b> INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</p>	<p><b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b>  <b>ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b>  <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS</b>                  Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.                  Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240                  Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>	 <p><b>LASPA</b></p>
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 25-0326

**NOMBRE DEL CLIENTE:** SHIRLEY PEÑA  
**PETICIONARIO:** SHIRLEY PEÑA  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** SHIRLEY PEÑA  
**DIRECCIÓN:** GUARANDA/BOLIVAR

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 04/08/2025  
**HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 14:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 12/08/2025  
**FECHA DE EMISIÓN:** 21/08/2025  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** S4+HG

Análisis	pH		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg		Mg/K		Ca+Mg/K		Σ Bases		MO		CO.*		Textura (%)				IDENTIFICACIÓN
			ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	ppm	A	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	
25-0932	7,21	P N	92,23	A	64,64	A	0,92	B	0,49	B	0,47	A	17,27	A	3,95	A	5,5	M	15,1	A	139	A	8,3	M	4,37	8,47	45,48	21,68	2,69	A			45	28	27	FRANCO-ARCILLOSO-ARENOSO	MUESTRA #1				
25-0933	6,86	P N	53,03	M	36,78	A	6,67	B	0,65	B	0,96	A	22,19	A	3,10	A	4,8	M	21,2	A	223	A	9,4	M	7,17	3,21	26,25	26,25	3,78	A			35	28	37	FRANCO-ARCILLOSO	MUESTRA #2				
25-0934	7,46	P N	187,00	A	45,42	A	10,75	B	1,05	M	0,63	A	24,27	A	4,61	A	2,2	B	10,3	A	82	A	6,1	M	5,26	7,32	45,88	29,51	3,78	A			51	30	19	FRANCO	MUESTRA#3				

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E. *	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	HG	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/ 100g	%	%	ppm	meq/ 100g	ppm	ppm	ppm	%	
25-0932											8,71	MUESTRA #1
25-0933											16,24	MUESTRA #2
25-0934											13,54	MUESTRA#3

**OBSERVACIONES:**

\* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA		
pH =	Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg =
S, B =	Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn =
		B =

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAo = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasion
AlH =	Titulación NaOH

INTERPRETACION		
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino
T = Tóxico		M. = Medio
		A = Alto



RESPONSABLE DE LABORATORIO

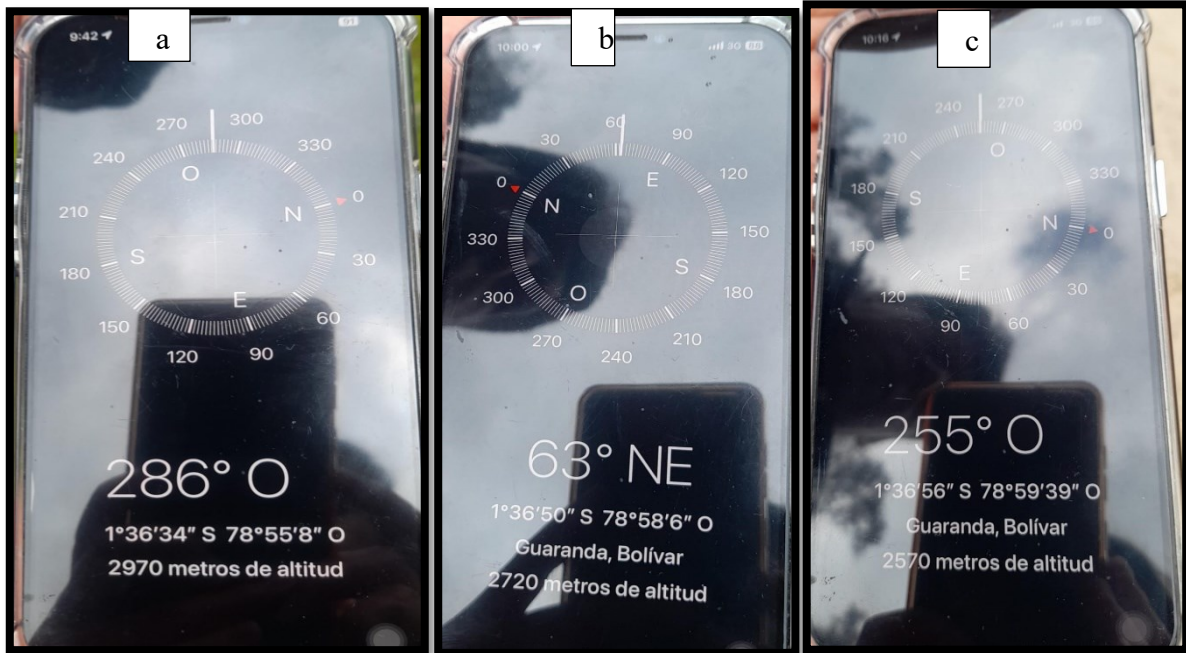
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

\* Opiniones de interpretación ,etc.que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

#### Anexo 4. Fotografías



Puntos estratégicos para la recolección de muestras: a) parte alta, b) media y c) baja del río Cachisagua.



Obtención de las muestras del agua: a) parte alta, b) media y c) baja del río Cachisagua.



Caracterización de la calidad del suelo: Fase de campo obtención de las muestras



Observación de la vegetación existente en las zonas

**Anexo 5.** Criterios de calidad de aguas que para consumo humano y doméstico que para su potabilización solo requieren desinfección

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoníaco	N	mg/l	0,05
Arsénico	As	mg/l	0,018
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	20
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	200
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	250,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	Color real	Unidades de Pt-Co	20,0
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	<2mg/l
Difeniles policlorinados	Concentración de agente reactivo	mg/l	No detectable
Hierro total	Fe	mg/l	0,3
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,002
Nitratos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	>75% del OD Sat.
pH		pH	6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	250
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10,0

**Anexo 6.** Criterios de calidad de aguas para uso pecuario

<b>PARAMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR MAXIMO</b>
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,2
Boro	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobalto	Co	mg/l	1,0
Cobre	Cu	mg/l	0,5
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,01
Nitratos+Nitritos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N	mg/l	1,0
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	3000

## Anexo 7. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	50,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	100,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	80,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

**Anexo 8.** Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Amoníaco	NH <sub>3</sub>	mg/l	0,02	0,02	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Difeniles policlorinados (PCBs)	Concentración total de PCBs.	µg/l	1,0	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuros	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,01	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,01	0,01	0,01
Clorofenoles		mg/l	0,5	0,5	0,5
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	200	200	200
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	> 80% OD Saturación	> 60% OD Saturación	> 60% OD Saturación
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Potencial de Hidrógeno	pH		6,5 – 9	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Temperatura	°C		Condiciones naturales +5	Condiciones naturales +5	Condiciones naturales +5
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5

**Anexo 9.** Descriptores botánicos

<b>Descriptor</b>	<b>Descripción</b>
Hábito de la planta	- Hierba: Planta de tallo herbáceo, generalmente anual.
	- Arbusto: Planta leñosa de tamaño pequeño a mediano.
	- Árbol: Planta leñosa de gran tamaño con un tronco principal.
	- Enredadera: Planta que crece apoyándose en otras estructuras o superficies.

<b>Descriptor</b>	<b>Descripción</b>
Tamaño de la planta	- Pequeña: Menos de 1 metro de altura.
	- Mediana: De 1 a 3 metros de altura.
	- Grande: Más de 3 metros de altura.
Tipo de hojas	- Ovada: Forma de hoja con un extremo redondeado y el otro puntiagudo.
	- Lanceolada: Hoja con forma alargada y estrecha, como una lanza.
	- Elíptica: Hoja con forma ovalada, con extremos redondeados.
	- Cordada: Hoja con forma de corazón, con el extremo base en forma de "V".
	- Acicular: Hoja en forma de aguja, típica de algunas coníferas.

<b>Descriptor</b>	<b>Descripción</b>
Disposición de las hojas	- Alternas: Una hoja por nodo, alternando de un lado y otro del tallo.
	- Opuestas: Dos hojas por nodo, dispuestas directamente enfrente.
	- Verticiladas: Tres o más hojas por nodo, dispuestas en un círculo alrededor del tallo.

Descriptor	Descripción
Margen de las hojas	- Entero: Borde liso, sin dientes ni indentaciones.
	- Dentado: Borde con dientes pequeños y regulares.
	- Lobulado: Borde con lóbulos profundos, pero no cortados completamente.
	- Serrado: Borde con dientes grandes, como una sierra.
	- Finamente dentado: Borde con dientes muy pequeños y poco prominentes.
Superficie de las hojas	- Glabra: Superficie lisa, sin vello ni pelos.
	- Pubescente: Superficie cubierta con pequeños pelos.
	- Rugosa: Superficie irregular, con hendiduras o pliegues.
	- Escamosa: Superficie cubierta por pequeñas escamas, como algunas plantas suculentas.
	- Cerosa: Superficie que presenta una capa cerosa o brillante.
Color de las flores	- Blanco: Flores de color blanco puro.
	- Rojo: Flores rojas o de tonos rojizos.
	- Amarillo: Flores de color amarillo brillante.
	- Azul: Flores de color azul.
	- Morado: Flores de tonos morados o lilas.
	- Naranja: Flores de color naranja.

Descriptor	Descripción
Tipo de inflorescencia	- Racimo: Inflorescencia con flores en pedicelos (tallos de las flores) que salen de un eje común.
	- Panícula: Inflorescencia ramificada, con ramas más pequeñas que el eje principal.
	- Corimbo: Inflorescencia con flores que nacen a diferentes alturas, pero forman una "plana" horizontal.
	- Umbela: Inflorescencia donde las flores nacen del mismo punto, formando una especie de paraguas.
	- Espiga: Inflorescencia con flores en un eje alargado, sin ramificación.
Tipo de fruto	- Baya: Fruto carnoso con varias semillas, como en tomates o uvas.
	- Drupa: Fruto carnoso con una semilla grande y dura, como en los duraznos.
	- Cápsula: Fruto seco que se abre para liberar sus semillas, como en las amapolas.
	- Nuez: Fruto seco de una sola semilla, como en las nueces.
	- Legumbre: Fruto seco que se abre en dos mitades, como en los frijoles.
Color del fruto	- Rojo: Fruto maduro de color rojo.
	- Verde: Fruto que aún no ha madurado, o que madura en verde.
	- Amarillo: Fruto maduro de color amarillo.
	- Negro: Fruto maduro de color negro o morado oscuro.
	- Blanco: Fruto de color blanco o de tonalidades claras.

Descriptor	Descripción
Tamaño del fruto	- Pequeño: Menos de 2 cm de diámetro.
	- Mediano: De 2 a 5 cm de diámetro.
	- Grande: Más de 5 cm de diámetro.
Raíz	- Pivotante: Raíz principal gruesa que crece hacia abajo, como en zanahorias.
	- Fibrosa: Conjunto de raíces delgadas que crecen desde la base del tallo.
	- Tuberosa: Raíz engrosada, como en las papas.
	- Adventicia: Raíces que crecen en lugares no tradicionales, como las raíces aéreas.
Tipo de corteza	- Lisa: Corteza suave y uniforme, como en algunos abedules.
	- Rugosa: Corteza con grietas y rugosidades, como en algunos robles.
	- Con fisuras: Corteza con grietas profundas, como en los pinos.
	- Escamosa: Corteza que se desprende en escamas, como en ciertos cipreses.
Textura de la planta	- Suave: Superficie de la planta agradable al tacto, sin asperezas.
	- Áspera: Superficie rugosa o con espinas.
	- Pegajosa: Superficie que se adhiere o es pegajosa al tacto, como en algunas plantas de resina.
	- Cerosa: Superficie que parece cubierta con una capa cerosa, como en algunas plantas suculentas.

Anexo 10. Imagen de caracterización morfológica



Imagen 1. Hábito de la planta



Imagen 2. Tipos de hojas



Imagen 3. Disposición de las hojas

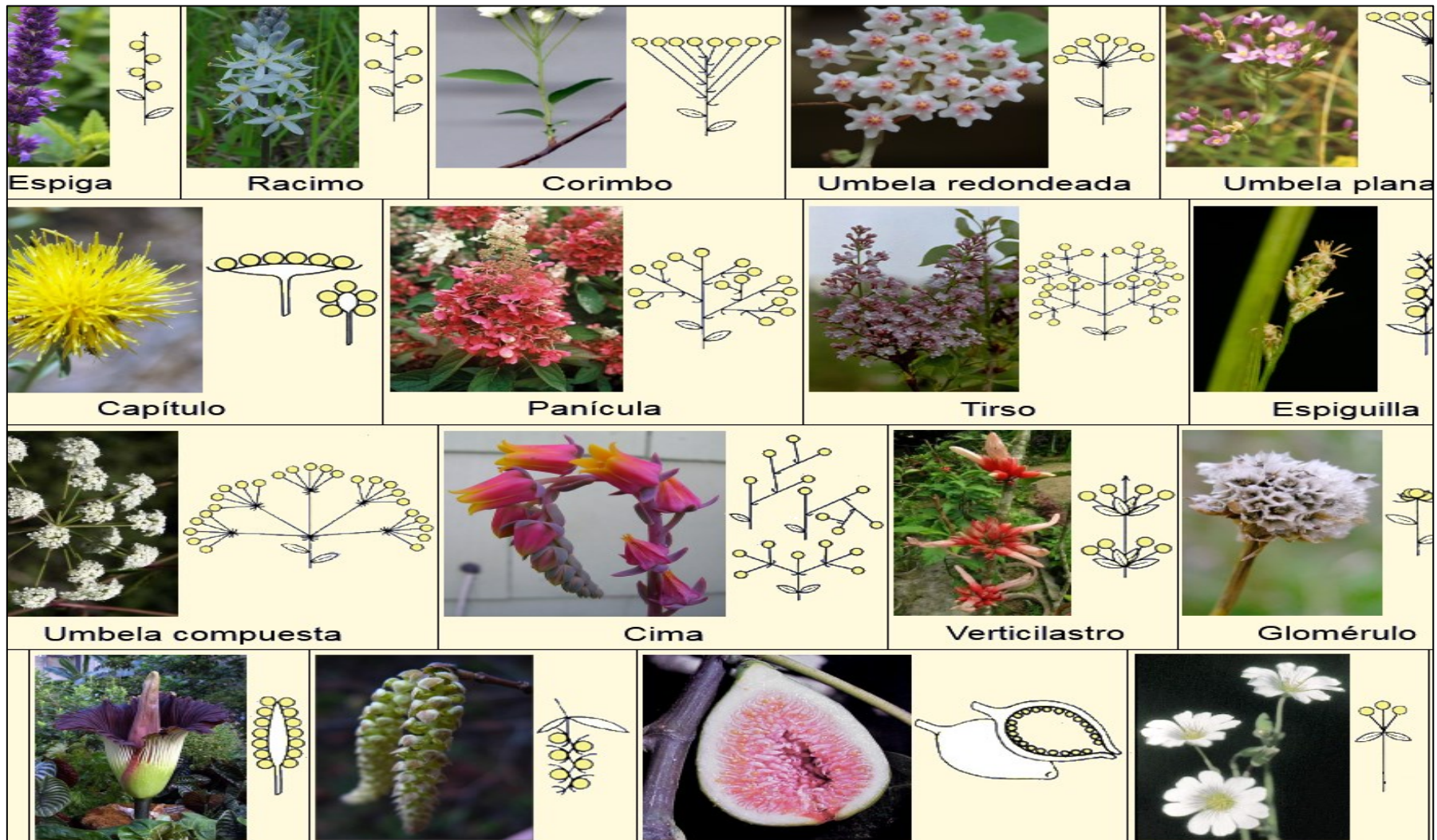


Imagen 4. Tipo de inflorescencia

## **Anexo 11.** Glosario de términos técnicos

**Acuífero:** Formación geológica subterránea que almacena y transmite agua, y que puede ser aprovechada mediante pozos para el abastecimiento humano, agrícola o industrial.

**Adventicia:** Raíces que crecen en lugares no tradicionales, como las raíces aéreas.

**Arsénico total (As):** Se refiere a la concentración total de todas las formas químicas de arsénico presentes en una muestra, ya sea de agua, suelo, sedimentos, alimentos o tejidos biológicos. Este valor incluye tanto las formas inorgánicas (arseniato, arsenito) como las orgánicas (arsenobetaína, arsenosugar, etc.), sin diferenciar sus especies químicas específicas.

**Análisis físico-químico:** Estudio de parámetros como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, nutrientes y metales pesados en agua o suelo, para determinar su calidad.

**Agua superficial:** Masa de agua que fluye o se acumula sobre la superficie terrestre, como ríos, arroyos, lagunas y embalses.

**Calidad de agua:** Se refiere a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, determinando si es apta para su uso.

**Conductividad:** Es su capacidad para conducir electricidad, la cual depende de la cantidad de iones disueltos en ella.

**Cobertura vegetal:** Superficie del suelo cubierta por vegetación (natural o inducida), que influye en la infiltración, erosión y ciclos de nutrientes.

**Cuenca arreica:** Es una cuenca hidrográfica cuyas aguas no desembocan en lagos ni en mares, pues se evaporan o se infiltran al suelo, desapareciendo del paisaje.

**Cuencas exorreicas:** Son cuencas hidrográficas en las que las aguas, a través de ríos o arroyos, desembocan en el mar u océano.

**DBO (Demanda Biológica de Oxígeno):** Es un parámetro fundamental en el análisis de la calidad del agua. Representa la cantidad de oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos aeróbicos (principalmente bacterias y hongos) para descomponer la materia orgánica presente en una muestra de agua, durante un período de tiempo específico (generalmente 5 días) y a una temperatura determinada (generalmente 20 °C).

**Demarcación hidrográfica:** Unidad territorial definida por el sistema hídrico de una cuenca o conjunto de cuencas hidrográficas, utilizada para la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos.

**Estuario:** Zona de transición entre un río y el mar, donde se mezclan aguas dulces con saladas. Son ecosistemas de alta biodiversidad y gran importancia ecológica.

**Escorrentía agrícola:** Es el agua de lluvia o de riego que fluye sobre los campos de cultivo, arrastrando consigo contaminantes como fertilizantes, pesticidas, sedimentos y estiércol.

**Especies funcionales:** Se refiere a grupos de especies diferentes que comparten rasgos morfológicos, fisiológicos o fenológicos similares, desempeñando así un papel ecológico o función idéntica o parecida dentro de un ecosistema, como la polinización, descomposición o captura de nutrientes, lo cual es crucial para entender cómo los ecosistemas funcionan y responden a los cambios.

**Eutrofización:** Es el enriquecimiento excesivo de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) en las masas de agua debido a actividades agrícolas, como el uso de fertilizantes y la gestión del estiércol animal.

**Factores antrópicos:** Son los impactos causados por las acciones humanas sobre el medio ambiente y los ecosistemas, como la contaminación, la deforestación, la agricultura intensiva, la urbanización, los incendios y la sobreexplotación de recursos.

**Fuentes hídricas:** Las fuentes hídricas son todos los cuerpos de agua superficiales (ríos, lagos, arroyos) y subterráneos (acuíferos, manantiales, pozos) que proveen el recurso vital del agua, esenciales para la vida, la agricultura, la industria y la economía, y cuya protección es crucial mediante la gestión de cuencas hidrográficas y la reducción de la contaminación para asegurar su calidad y disponibilidad.

**Fluctuación:** Se refiere a los cambios variables que ocurren en factores clave como la humedad del suelo, la población de plagas y enfermedades, el clima y los precios de los productos agrícolas.

**Geomorfológico:** Ciencia que estudia las formas del relieve terrestre y los procesos que las originan. En hidrología, se refiere a la influencia del relieve sobre el escurrimiento, infiltración y dinámica del agua.

**GIRH (Gestión Integrada de los Recursos Hídricos):** Enfoque de manejo sostenible que promueve el uso coordinado del agua, el suelo y otros recursos, para maximizar el bienestar económico y social sin comprometer los ecosistemas vitales.

**IMViC:** Son un conjunto de cuatro pruebas bioquímicas utilizadas en microbiología para identificar y diferenciar bacterias, especialmente las pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae y los coliformes.

**Lixiviación:** Es un proceso de separación que utiliza un líquido para disolver y arrastrar componentes solubles de un sólido.

**ONU (Organización de las Naciones Unidas):** Organismo internacional que promueve la cooperación entre países. En el ámbito del agua, impulsa políticas y programas para el acceso equitativo y sostenible al recurso hídrico, como parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

**PIRH (Plan Integral de Recursos Hídricos):** Documento técnico y estratégico que orienta la planificación, uso y conservación del agua en una determinada cuenca o región, considerando criterios sociales, económicos y ambientales.

**Propiedades físicas del suelo:** Características como textura, estructura, porosidad y densidad aparente, que determinan la capacidad del suelo para retener agua, aire y nutrientes.

**Propiedades químicas del suelo:** Atributos relacionados con la disponibilidad de nutrientes, presencia de contaminantes, capacidad de intercambio catiónico, entre otros.

**Sedimentación:** Es el proceso de deposición de partículas sólidas suspendidas en un fluido (como el agua o el aire) debido a la acción de la gravedad, la erosión o el viento.

**Sostenibilidad:** Es la capacidad de satisfacer nuestras necesidades del presente sin comprometer los recursos y el bienestar de las generaciones futuras.

**Sostenibilidad ecológica:** Capacidad de mantener el equilibrio del medio ambiente, protegiendo los recursos naturales y la biodiversidad, para que las generaciones actuales y futuras puedan prosperar.