



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO  
RUMIHURCO Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO  
DE LA MICROCUENCA “LA ESTANCIA” EN EL CANTÓN  
PAUTE.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: FREDDY ROLANDO OCHOA GUEVARA**

**DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA  
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO RUMIHURCO Y  
PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA  
MICROCUEENCA “LA ESTANCIA” EN EL CANTÓN PAUTE.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: FREDDY ROLANDO OCHOA GUEVARA**

**DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



### Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Freddy Rolando Ochoa Guevara portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106554009. Declaro ser el autor de la obra: "Calidad del agua del sistema de riego Rumihurco y propuesta de un plan de manejo ambiental de la microcuenca la Estancia en el cantón Paute.", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 10 de agosto del 2023.

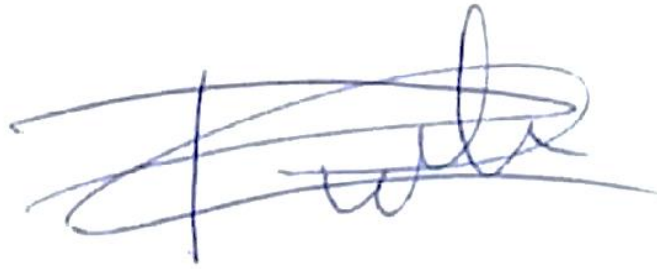
---

**Freddy Rolando Ochoa Guevara.**

**0106554009.**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Freddy Rolando Ochoa Guevara, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a vertical line, positioned above a horizontal line.

**Blga. Paula Milena Cordero Cueva**

**DIRECTOR**

## DEDICATORIA

A Dios, todopoderoso, por ser mi fuerza y mi inspiración, que este trabajo pueda servir para honrar y glorificar tu nombre, que cada palabra escrita y cada hallazgo sea una manifestación de tu sabiduría y amor en mi vida.

A mi amada esposa, Jessica Romero gracias por creer en mí y por ser mi apoyo incondicional, deseo que este logro sea también tuyo, tu apoyo y comprensión han sido vitales para mi éxito y no puedo expresar con palabras lo agradecido que estoy por tenerte a mi lado.

A mis adorables hijos, Mateo, Mia y Martin ustedes representan mi mayor logro en mi vida y todo lo que emprendo lo hago pensando en ustedes. Que esta dedicación sea un recordatorio constante de mi amor incondicional hacia ustedes y mi compromiso de trabajar incansablemente para construir un futuro mejor para nuestra familia.

A mis adorables padres José Ochoa, Germania Guevara dedico este logro como expresión de mi gratitud y admiración, su amor incondicional y su presencia constante en mi vida son un regalo invaluable que nunca podre agradecer lo suficiente, espero que se sientan orgullosos de mi logro y sea motivo de alegría y satisfacción, y nunca olviden que los quiero mucho.

A mis queridos hermanos Luis, Javier y Anderson deseo que este logro sea un reflejo de nuestra unión, ya que hemos compartido numerosas experiencias y hemos sido una fuente constante de apoyo y aliento el uno para el otro. Nuestro vínculo como hermanos es un tesoro invaluable que valoro profundamente. A mi hermano Edwin, aunque tu tiempo en este mundo fue breve, tu recuerdo vive en nuestros corazones de manera eterna y tu espíritu sigue inspirándonos la importancia de valorar cada momento y apreciar a nuestros seres queridos.

A mi tía flaquita Ederita Ochoa, recuerdo claramente tu apoyo y aliento cuando me dijiste que sería un profesional sin importar los obstáculos que enfrentara, lamento profundamente que no puedas estar aquí para presenciar este logro, pero sé que estas un lugar mejor, mirando orgullosa desde arriba.

A todos ustedes, mi familia, les dedico este logro. Su amor, apoyo y presencia han sido fundamentales en mi camino. Gracias por su inquebrantable fe en mí y por recordarme constantemente el valor de la familia.

Con gratitud y amor,

Freddy Ochoa

## **AGRADECIMIENTOS**

Estimada Bióloga Pula Cordero, deseo expresar mi más profundo agradecimiento por su valiosa y constante guía durante la culminación de mi tesis, su amplio conocimiento, así como su dedicación y apoyo incondicional, fueron fundamentales para el éxito de este proyecto de investigación, su compromiso con mi formación académica ha sido una inspiración y un ejemplo para mí.

Asimismo, quisiera agradecer al ingeniero Freddy Once por su valiosa contribución como cotutor en mi tesis, su experiencia en ingeniería y su asesoramiento técnico fueron de gran relevancia para enriquecer mi trabajo y asegurar su rigurosidad.

También deseo extender mi gratitud a la ingeniera Fabiola Uday, cuyo apoyo en el laboratorio fue crucial para la obtención de datos precisos y significativos.

La culminación de este proyecto no habría sido posible sin el apoyo y conocimientos brindados por cada uno de ustedes, sus contribuciones han dejado una huella indeleble en mi desarrollo académico y profesional.

Por todo lo expuesto, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a cada uno de ustedes, su guía, dedicación y apoyo han sido determinantes en el logro de este importante hito académico.

Atentamente:

Freddy Ochoa.

## RESUMEN

Se realizó un diagnóstico ambiental, biofísico y socioeconómico en la microcuenca La Estancia, ubicada en la provincia del Azuay, cantón Paute, parroquia el Cabo. Posteriormente se evaluó la calidad de agua del sistema de riego Rumihurco mediante parámetros físicos, químicos y biológicos, los cuales se compararon con la normativa ecuatoriana. Los parámetros analizados en cuatro puntos de monitoreo, revelaron incumplimientos con la normativa en los siguientes parámetros: conductividad eléctrica en época seca supera los 3 mS/cm, oxígeno disuelto en época de lluvia y seca excede los 3 mg/l, coliformes fecales en época seca y lluvia sobrepasan los 1000 NMP, salvo en abril en el ramal derecho y central con 540 y 920 NMP respectivamente y el pH en época de seca superan los límites permisibles de 9 de pH de acuerdo con la Normativa Ecuatoriana de Calidad Ambiental decretada en el acuerdo ministerial 097-A, 2015, con estos insumos se hizo una propuesta de plan de manejo ambiental de la microcuenca con participación de la comunidad y del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Este estudio es útil para la asociación y las autoridades competentes, al reconocer problemas del sistema de riego y disminuir el impacto ambiental generado por las personas; se requiere medidas concretas como sensibilización, mejorar la gestión de agua, y promover prácticas agrícolas sostenibles. Se espera que los resultados y recomendaciones generen un impacto positivo, promoviendo la sostenibilidad ambiental.

*Palabras clave:* microcuenca, diagnóstico ambiental, sistema de riego, participación comunitaria, prácticas agrícolas sostenibles

## **ABSTRACT**

An environmental, biophysical, and socioeconomic diagnosis was conducted in the La Estancia micro-watershed in the Azuay province, Paute canton, El Cabo parish. Subsequently, an assessment of the water quality of the Rumihurco irrigation system was conducted, employing physical, chemical, and biological parameters, which were compared with Ecuadorian regulations. The variables analyzed at four monitoring points revealed non-compliance with regulations in the following parameters: electrical conductivity during the dry season exceeds 3 mS/cm, dissolved oxygen in rainy and dry seasons exceeds 3 mg/l, fecal coliforms in dry and rainy season exceed 1000 MPN, except for April in the right and central branches with 540 and 920 MPN respectively, and pH during dry season exceed the permissible limits of 9 pH according to the Ecuadorian Environmental Quality Regulations stipulated in the Ministerial Agreement 097-A, 2015. Based on these inputs, a proposal for an environmental management plan for the micro-watershed was developed, involving the participation of the community and the Ministry of Environment, Water and Ecological Transition. This study is useful for the association and the relevant authorities by identifying issues within the irrigation system and reducing the environmental impact caused by humans. Specific measures are required, such as raising awareness, enhancing water management, and encouraging sustainable agricultural methods. The results and recommendations are expected to generate a positive impact, promoting environmental sustainability.

*Keywords:* micro-watershed, environmental diagnosis, irrigation system, community participation, sustainable agricultural methods

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b>	- 4 -
<b>DEDICATORIA</b>	- 5 -
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	- 6 -
<b>RESUMEN</b>	- 7 -
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	- 9 -
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	- 12 -
<b>LISTA DE TABLAS</b>	- 14 -
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	- 15 -
<b>CAPÍTULO I</b>	- 16 -
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	- 16 -
1.1 OBJETIVOS	- 17 -
1.1.1 <i>General.</i>	- 17 -
1.1.2 <i>Específicos.</i>	- 17 -
<b>CAPÍTULO II</b>	- 18 -
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	- 18 -
2.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS	- 18 -
2.2 DEFINICIÓN DE UNA MICROCUENCA	- 18 -
2.3 IMPORTANCIA DE UNA MICROCUENCA	- 18 -
2.3.1 <i>Abastecimiento de agua.</i>	- 18 -
2.3.2 <i>Control de inundaciones.</i>	- 18 -
2.3.3 <i>Conservación de la biodiversidad.</i>	- 18 -
2.3.4 <i>Producción de alimentos.</i>	- 18 -
2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA MICROCUENCA	- 19 -
2.4.1 <i>Clima.</i>	- 19 -
2.4.2 <i>Erosión y sedimentación</i>	- 19 -
2.4.3 <i>Geomorfología.</i>	- 19 -
2.4.4 <i>Geología.</i>	- 19 -
2.4.5 <i>Hidrología.</i>	- 19 -
2.4.6 <i>Uso del suelo.</i>	- 19 -
2.5 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE UNA MICROCUENCA	- 19 -
2.5.1 <i>Parámetros generales.</i>	- 19 -
2.5.2 <i>Parámetros de forma.</i>	- 20 -
2.5.3 <i>Parámetros de relieve.</i>	- 22 -
2.6 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	- 24 -
2.6.1 <i>Biodiversidad de la microcuenca.</i>	- 24 -
2.6.2 <i>Evaluación de calidad ecológica del río.</i>	- 25 -
2.7 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	- 26 -
2.7.1 <i>Aspectos demográficos.</i>	- 26 -
2.7.2 <i>Aspectos económicos.</i>	- 26 -
2.7.3 <i>Aspectos políticos.</i>	- 26 -
2.7.4 <i>Aspectos sociales.</i>	- 26 -
2.8 PROBLEMAS ASOCIADOS DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA.	- 26 -
2.8.1 <i>Cambio del uso del suelo.</i>	- 26 -

2.8.2	Cambio climático.	- 27 -
2.8.3	Contaminación del agua.	- 27 -
2.8.4	Falta de planificación territorial.	- 27 -
2.8.5	Pérdida de biodiversidad.	- 27 -
2.9	CALIDAD DE RECURSO HÍDRICO	- 27 -
2.9.1	Parámetros de calidad de agua.	- 27 -
2.10	FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE UNA MICROCUENCA	- 29 -
2.10.1	Fuentes puntuales.	- 29 -
2.10.2	Fuentes difusas.	- 29 -
2.11	SISTEMA DE RIEGO.	- 29 -
2.11.1	Importancia de un sistema de riego.	- 29 -
2.11.2	Normativa y regulación de sistema de riego.	- 29 -
2.12	PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE UNA MICROCUENCA	- 30 -
2.12.1	Diagnóstico participativo.	- 31 -
2.12.2	Planificación participativa.	- 31 -
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>- 32 -</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>- 32 -</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDIO	- 32 -
3.1.1	Microcuenca La Estancia.	- 32 -
3.1.2	Sistema de riego Rumihurco.	- 32 -
3.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MICROCUENCA LA ESTANCIA	- 33 -
3.2.1	Geomorfología.	- 33 -
3.2.2	Geología.	- 33 -
3.2.3	Cobertura vegetal.	- 34 -
3.2.4	Clima.	- 34 -
3.2.5	Uso del suelo.	- 34 -
3.3	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS.	- 35 -
3.3.1	Parámetros generales	- 35 -
3.3.2	Parámetros de forma	- 36 -
3.3.3	Relieve	- 36 -
3.4	CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA MICROCUENCA	- 37 -
3.5	CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO	- 37 -
3.5.1	Calidad Hidro morfológica (IHF)	- 38 -
3.5.2	Calidad biológica del río (macroinvertebrados).	- 39 -
3.5.3	Composición de la calidad biológica y calidad hidro morfológico para la obtención de calidad ecológica.	- 40 -
3.6	PARÁMETROS DE CALIDAD HÍDRICA, FÍSICO, QUÍMICOS, BIOLÓGICOS CON LA METODOLOGÍA DE BROWN (ICA).	- 40 -
3.6.1	Recolección de la muestra.	- 40 -
3.6.2	Parámetros in-situ del río La Estancia.	- 41 -
3.6.3	Análisis de calidad de agua del río La Estancia.	- 43 -
3.6.4	Fórmula para la valoración del ICA.	- 46 -
3.6.5	Pesos relativos.	- 47 -
3.6.6	Clasificación del ICA propuesta por Brown.	- 47 -
3.7	ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO	- 48 -
3.7.1	Parámetros in-situ del sistema de riego.	- 49 -
3.7.2	Método de análisis en el laboratorio de calidad de agua del sistema de riego.	- 49 -
3.8	METODOLOGÍA DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	- 50 -
3.8.1	Planificación participativa.	- 50 -
3.8.2	Planificación para la implementación y seguimiento.	- 50 -
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>- 51 -</b>

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>- 51 -</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MICROCUENCA LA ESTANCIA.	- 51 -
4.1.1 Geomorfología.	- 51 -
4.1.2 Geología.	- 53 -
4.1.3 Cobertura vegetal.	- 55 -
4.1.4 Clima.	- 56 -
4.1.5 Uso del suelo.	- 57 -
4.2 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	- 57 -
4.2.1 Parámetros generales.	- 57 -
4.2.2 Parámetros de forma.	- 58 -
4.2.3 Parámetros de relieve.	- 59 -
4.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA MICROCUENCA	- 62 -
4.3.1 Aspectos demográficos.	- 62 -
4.3.2 Aspectos económicos.	- 64 -
4.3.3 Aspectos políticos.	- 65 -
4.3.4 Aspectos sociales.	- 67 -
4.3.5 Aspecto ambiental	- 70 -
4.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO	- 73 -
4.4.1 Calidad hidro morfológico.	- 73 -
4.4.2 Calidad biológica macroinvertebrados de la microcuenca parte alta, media, baja.	- 79 -
4.4.3 Composición de la calidad biológica e hidro morfológicos para la obtención calidad ecológica.	- 89 -
4.5 PARÁMETROS DE CALIDAD HÍDRICA, FÍSICO, QUÍMICOS, BIOLÓGICOS CON LA METODOLOGÍA DE BROWN (ICA).	- 90 -
4.5.1 Datos obtenidos en el lugar de muestreo y laboratorio en época de lluvia y seca del río La Estancia.	- 90 -
4.5.2 Cálculos para la valoración del ICA propuesta por Brown en época de lluvia y seca en la parte alta, media y baja de la microcuenca.	- 94 -
4.6 ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO	- 97 -
4.6.1 Muestreo para conductividad eléctrica.	- 97 -
4.6.2 Muestreo para coliformes fecales.	- 98 -
4.6.3 Muestreo para DQO	- 98 -
4.6.4 Muestreo de nitratos.	- 99 -
4.6.5 Muestreo de nitritos.	- 100 -
4.6.6 Muestreo de oxígeno disuelto.	- 101 -
4.6.7 Muestreos pH.	- 101 -
4.6.8 Muestreo de sólidos disueltos totales.	- 102 -
4.6.9 Muestreo de sulfatos.	- 103 -
4.6.10 Muestreo de temperatura.	- 104 -
4.7 PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	- 105 -
4.7.1 Planificación participativa.	- 105 -
4.7.2 Planificación para la implementación y seguimiento.	- 110 -
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>- 111 -</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>- 111 -</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>- 113 -</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>- 113 -</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>- 115 -</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>- 121 -</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Curva hipsométrica.</i>	- 24 -
<i>Figura 2: Microcuenca La Estancia.</i>	- 32 -
<i>Figura 3: Sistema de riego Rumihurco.</i>	- 33 -
<i>Figura 4: Área, Perímetro, Longitud axial, cauce principal.</i>	- 35 -
<i>Figura 5: Puntos de muestreo.</i>	- 38 -
<i>Figura 6: Combinación de la calidad biológica y calidad hidro morfológico.</i>	- 40 -
<i>Figura 7: Evaluación el nivel de calidad de agua según el pH.</i>	- 41 -
<i>Figura 8: Evaluación el nivel de calidad de agua según la temperatura.</i>	- 42 -
<i>Figura 9: Evaluación el nivel de calidad de agua según el oxígeno disuelto.</i>	- 42 -
<i>Figura 10: Evaluación el nivel de calidad de agua según coliformes fecales.</i>	- 43 -
<i>Figura 11: Evaluación el nivel de calidad de agua según DBO<sub>5</sub>.</i>	- 44 -
<i>Figura 12: Evaluación el nivel de calidad de agua según los nitratos.</i>	- 44 -
<i>Figura 13: Evaluación el nivel de calidad de agua según los fosfatos.</i>	- 45 -
<i>Figura 14: Evaluación el nivel de calidad de agua según la turbidez.</i>	- 45 -
<i>Figura 15: Evaluación el nivel de calidad de agua según los sólidos disueltos totales.</i>	- 46 -
<i>Figura 16: Puntos de monitoreo del sistema de riego Rumihurco.</i>	- 48 -
<i>Figura 17: Geomorfología de la microcuenca La Estancia.</i>	- 51 -
<i>Figura 18: Procesos erosivos.</i>	- 52 -
<i>Figura 19: Mapa pendientes.</i>	- 53 -
<i>Figura 20: Terrenos inestables.</i>	- 54 -
<i>Figura 21: Esquema geológico.</i>	- 55 -
<i>Figura 22: Mapa de Ecosistemas.</i>	- 55 -
<i>Figura 23: Cobertura vegetal del suelo.</i>	- 56 -
<i>Figura 24: Cultivos de mayor y menor pendiente, centros poblados.</i>	- 57 -
<i>Figura 25: Orden de red hídrica.</i>	- 60 -
<i>Figura 26: Curva hipsométrica.</i>	- 61 -
<i>Figura 27: Polígono de frecuencias.</i>	- 61 -
<i>Figura 28: Distribución de edades de la población de la microcuenca.</i>	- 62 -
<i>Figura 29: Proporción de sexos de la microcuenca.</i>	- 62 -
<i>Figura 30: Nivel educativo de los habitantes de la microcuenca.</i>	- 63 -
<i>Figura 31: Ocupación de los habitantes de la microcuenca.</i>	- 63 -
<i>Figura 32: Fuentes de ingreso de los habitantes de la microcuenca.</i>	- 64 -
<i>Figura 33: Pérdidas económicas debido a eventos climáticos extremos.</i>	- 64 -
<i>Figura 34: Percepción de la economía de los habitantes de la microcuenca.</i>	- 65 -
<i>Figura 35: Conocimientos de política y programas gubernamentales relacionados en el medio ambiente de la microcuenca.</i>	- 65 -
<i>Figura 36: Esfuerzos del gobierno para abordar problemas ambientales de la microcuenca.</i>	- 66 -
<i>Figura 37: El gobierno local y los problemas ambientales presentes en la microcuenca.</i>	- 66 -
<i>Figura 38: Medidas para abordar problemas ambientales de la microcuenca por parte del gobierno local.</i>	- 67 -
<i>Figura 39: Compromiso con el cuidado del medio ambiente de la microcuenca.</i>	- 68 -
<i>Figura 40: Comunidad informada sobre problemas ambientales en la microcuenca.</i>	- 68 -
<i>Figura 41: Participación en proyectos relacionados con el medio ambiente.</i>	- 69 -
<i>Figura 42: Comunidad en la toma de medidas para abordar problemas ambientales.</i>	- 69 -
<i>Figura 43: Medidas para abordar problemas ambientales.</i>	- 70 -
<i>Figura 44: Problemas ambientales más relevantes de la microcuenca.</i>	- 71 -
<i>Figura 45: Medidas para mejorar la calidad del agua de la microcuenca.</i>	- 71 -
<i>Figura 46: Actividades humanas que causan impactos negativos en el medio ambiente de la microcuenca.</i>	- 72 -

Figura 47: Existencia de áreas de bosques protectores en la microcuenca.....	- 72 -
Figura 48: Parte alta vegetación ribera.....	- 73 -
Figura 49: Parte media vegetación ribera.....	- 73 -
Figura 50: Parte baja vegetación ribera.....	- 73 -
Figura 51: Parte alta, naturalidad del canal fluvial.....	- 74 -
Figura 52: Parte media, naturalidad del canal fluvial.....	- 74 -
Figura 53: Parte baja, naturalidad del canal fluvial.....	- 74 -
Figura 54: Parte alta, composición del sustrato.....	- 75 -
Figura 55: Parte media, composición del sustrato.....	- 75 -
Figura 56: Parte baja, composición del sustrato.....	- 75 -
Figura 57: Parte alta, velocidad del río.....	- 76 -
Figura 58: Parte media, velocidad del río.....	- 76 -
Figura 59: Parte baja, velocidad del río.....	- 76 -
Figura 60: Elementos de heterogeneidad, en la parte alta.....	- 77 -
Figura 61: Elementos de heterogeneidad, en la parte media.....	- 77 -
Figura 62: Elementos de heterogeneidad, en la parte baja.....	- 77 -
Figura 63: Macroinvertebrado Oligoneurida, parte alta de la microcuenca.....	- 79 -
Figura 64: Macroinvertebrado Hydrobiosidae, parte alta de la microcuenca.....	- 79 -
Figura 65: Macroinvertebrado Hyalellidae, parte alta de la microcuenca.....	- 80 -
Figura 66: Macroinvertebrado Velidae, parte alta de la microcuenca.....	- 80 -
Figura 67: Macroinvertebrado Aeshnidae, parte alta de la microcuenca.....	- 81 -
Figura 68: Macroinvertebrado Leptohyphidae, parte alta de la microcuenca.....	- 81 -
Figura 69: Macroinvertebrado Ephemeroptera, parte alta de la microcuenca.....	- 82 -
Figura 70: Macroinvertebrado Hydroptilidae, parte alta de la microcuenca.....	- 82 -
Figura 71: Macroinvertebrado Psephenidae, parte alta de la microcuenca.....	- 83 -
Figura 72: Macroinvertebrado Velidae, parte media de la microcuenca.....	- 83 -
Figura 73: Macroinvertebrado Aeshnidae, parte media de la microcuenca.....	- 84 -
Figura 74: Macroinvertebrado Simuliidae, parte media de la microcuenca.....	- 84 -
Figura 75: Macroinvertebrado Gomphidae, parte media de la microcuenca.....	- 85 -
Figura 76: Macroinvertebrado Scirtidae, parte media de la microcuenca.....	- 85 -
Figura 77: Macroinvertebrado Hyalellidae, parte media de la microcuenca.....	- 86 -
Figura 78: Macroinvertebrado Physidae, parte baja de la microcuenca.....	- 86 -
Figura 79: Macroinvertebrado Annelida, parte baja de la microcuenca.....	- 87 -
Figura 80: Macroinvertebrado Syrphidae, parte baja de la microcuenca.....	- 87 -
Figura 81: Macroinvertebrado Planorbidae, parte baja de la microcuenca.....	- 88 -
Figura 82: Macroinvertebrado Aeshnidae, parte baja de la microcuenca.....	- 88 -
Figura 83: Interpolación calidad ecológica zona alta, intermedia, baja de la microcuenca.....	- 89 -
Figura 84: Comparación en época de lluvia y seca e la parte alta de la microcuenca.....	- 91 -
Figura 85: Comparación en época de lluvia y seca e la parte alta de la microcuenca.....	- 91 -
Figura 86: Comparación en época de lluvia y seca e la parte media de la microcuenca.....	- 92 -
Figura 87: Comparación en época de lluvia y seca e la parte media de la microcuenca.....	- 93 -
Figura 88: Comparación en época de lluvia y seca e la parte baja de la microcuenca.....	- 94 -
Figura 89: Comparación en época de lluvia y seca e la parte baja de la microcuenca.....	- 94 -
Figura 90: Muestreo para conductividad eléctrica, época de lluvia y seca.....	- 97 -
Figura 91: Muestreo de coliformes fecales, épocas de lluvia y seca.....	- 98 -
Figura 92: Muestreo para DQO en época de lluvia y seca.....	- 99 -
Figura 93: Muestreo para nitratos en época de lluvia y seca.....	- 100 -
Figura 94: Muestreo para nitritos en época de lluvia y seca.....	- 100 -
Figura 95: Muestreo para oxígeno disuelto en época de lluvia y seca.....	- 101 -
Figura 96: Muestreo para pH en época de lluvia y seca.....	- 102 -
Figura 97: Muestreo para sólidos disueltos totales en época de lluvia y seca.....	- 103 -
Figura 98: Muestreo para sulfatos en época de lluvia y seca.....	- 104 -
Figura 99: Muestreo para temperatura en época de lluvia y seca.....	- 104 -

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Coeficiente de compacidad de Gravelius. ....</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Tabla 2: Relación de forma de Horton.....</i>	<i>- 21 -</i>
<i>Tabla 3: Índice de alargamiento. ....</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Tabla 4: Parámetros de relieve. ....</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Tabla 5: Densidad de drenaje .....</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Tabla 6: Pendiente media del cauce. ....</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Tabla 7: Puntaje ABI (Índice biológico andino).....</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Tabla 8: Peso relativo.....</i>	<i>- 47 -</i>
<i>Tabla 9: Clasificación del ICA.....</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Tabla 10: Parámetros generales, de la microcuenca La Estancia.....</i>	<i>- 58 -</i>
<i>Tabla 11: Parámetros de forma de la microcuenca La Estancia. ....</i>	<i>- 59 -</i>
<i>Tabla 12: Parámetros de relieve de la microcuenca La Estancia. ....</i>	<i>- 60 -</i>
<i>Tabla 13: Calidad hidro morfológica de la microcuenca. ....</i>	<i>- 78 -</i>
<i>Tabla 14: Resultados de la parte alta en época de lluvia y seca. ....</i>	<i>- 90 -</i>
<i>Tabla 15: Resultados de la zona intermedia de la microcuenca en época de lluvia y seca. ....</i>	<i>- 91 -</i>
<i>Tabla 16: Resultados de la parte baja de la microcuenca en época de lluvia y seca. ....</i>	<i>- 93 -</i>
<i>Tabla 17: Resultados de calidad ponderada y geométrico parte alta de la microcuenca. ....</i>	<i>- 95 -</i>
<i>Tabla 18: Resultados de calidad ponderada y geométrico parte media de la microcuenca. ....</i>	<i>- 96 -</i>
<i>Tabla 19: Resultados de calidad ponderada y geométrico parte baja de la microcuenca. ....</i>	<i>- 96 -</i>

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Nivel de pendientes.....	- 121 -
Anexo 2: Encuesta. ....	- 125 -
Anexo 3: Recolecta los macroinvertebrados. ....	- 125 -
Anexo 4: Laboratorio del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica .....	- 126 -
Anexo 5: Multiparamétrico de marca flexi HQ 30d. ....	- 126 -
Anexo 6: Nivel de oxígeno disuelto máximo correspondiente a la temperatura del agua. ....	- 126 -
Anexo 7: Medio cultivo Ec BROTH.....	- 127 -
Anexo 8: Tabla de identificación de coliformes fecales. ....	- 127 -
Anexo 9: Equipo de respiración métrica marca HACH BOADTrak II. ....	- 128 -
Anexo 10: Equipo de espectrofotometría HACH DR/1900 .....	- 128 -
Anexo 11: Equipo de turbidímetro de marca HACH/2100Q .....	- 128 -
Anexo 12: Estufa. ....	- 129 -
Anexo 13: Junta de riego Rumihurco .....	- 129 -
Anexo 14: Cuadro de áreas entre curvas de nivel.....	- 129 -
Anexo 15: Deforestación. ....	- 130 -
Anexo 16: Degradación del suelo.....	- 130 -
Anexo 17: Uso excesivo de agroquímicos.....	- 130 -
Anexo 18: Época de lluvia .....	- 131 -
Anexo 19: Época seca.....	- 131 -
Anexo 20: Cuadro de resumen de los monitoreos, parte alta, media, baja en época lluvia y seca en la microcuenca La Estancia.....	- 131 -
Anexo 21: Cálculos del ICA(Índice de calidad ambiental) de la parte alta de la microcuenca época de lluvia .....	- 132 -
Anexo 22: Cálculos del ICA(Índice de calidad ambiental) de la parte alta de la microcuenca época seca.....	- 132 -
Anexo 23: Cálculos del ICA(Índice de calidad ambiental) de la zona intermedia de la microcuenca época de lluvia. ....	- 133 -
Anexo 24: Cálculos del ICA(Índice de calidad ambiental) de la zona intermedia de la microcuenca época seca. ....	- 133 -
Anexo 25: Cálculos del ICA(Índice de calidad ambiental) de la parte baja de la microcuenca época de lluvia. ....	- 133 -
Anexo 26: Cálculos del ICA (Índice de calidad ambiental) de la parte baja de la microcuenca época seca.....	- 133 -
Anexo 27: Cálculos del ICA (Índice de calidad ambiental) de la parte baja de la microcuenca época seca.....	- 134 -
Anexo 28: Reservorio. ....	- 134 -
Anexo 29: Ramal derecho.....	- 135 -
Anexo 30: Ramal central .....	- 135 -
Anexo 31: Ramal izquierdo .....	- 135 -
Anexo 32: Cuadro de resumen de los monitoreos, en el sistema de riego .....	- 135 -
Anexo 33: Lista de usuarios de la junta de riego Rumihurco.....	- 137 -

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Las microcuencas son ecosistemas frágiles, que sufren graves impactos ambientales debido a la contaminación causada por el hombre. Sin embargo, la falta de medidas preventivas, además de la conciencia ambiental, puede llevar a la degradación de estos ecosistemas y la merma de recursos esenciales.

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), aproximadamente el 80% de las aguas residuales a nivel mundial se vierten sin tratamiento preliminar, lo que causa que los sistemas hídricos se contaminen, además se indica que el uso de la agricultura es el responsable del 70% de la contaminación que altera la calidad del agua (PNUD, 2006). A nivel mundial, el contaminante más común encontrado en las microcuencas son los nitratos que se originan en la agricultura (UNESCO, 2019).

En el Ecuador las importantes raíces de degradación de las aguas superficiales son la transformación del uso del suelo y la deforestación. Las condiciones geográficas y las malas prácticas agrícolas facilitan el incremento de sedimentos en embalses y reservorios. Actualmente, el Ecuador no dispone de una red nacional para supervisar la calidad de agua de manera constante, la información que hay proviene de estudios puntuales, trabajos o evaluaciones de impacto ambiental (Asenjo & McNeil, 2019). A nivel nacional, las principales causas de contaminación ambiental en los ríos son: las aguas residuales que se descargan en la trayectoria del agua sin ningún tratamiento previo. Cada región del territorio tiene sus motivos de contaminación, en la sierra la contaminación hídrica es consecuencia de la producción agrícola, mercados agroindustriales y locales con uso de fertilizantes y pesticidas en cantidades excesivas (Zapatta et al., 2019).

El informe del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (Molina et al., 2018), indican que el 41 % de las fuentes hídricas del Azuay están contaminadas, las principales causas son el vertido de aguas servidas, también menciona que la agricultura puede ser fuente significativa de contaminación de los recursos hídricos

Las principales complicaciones que se exteriorizan en la microcuenca La Estancia son las actividades humanas, principalmente: la ganadería y la agricultura, que contaminan las aguas con sustancias químicas como: fertilizantes, herbicidas, pesticidas, lo que causa enfermedades a las personas y afecta al medio hídrico. La contaminación biológica es otro problema, la liberación de efluentes líquidos no tratados al ambiente contienen patógenos que perturban la calidad del agua y la salud de los humanos. En los cuerpos de agua reduce la calidad y afecta a la vida acuática como macroinvertebrados acuáticos, peces, plantas acuáticas. La deforestación provoca la disminución del agua en la microcuenca; además del cambio climático que afecta en el ciclo hidrológico por lo tanto la calidad y suficiencia de agua disponible.

Las condiciones de las cuencas hidrográficas afectan los ecosistemas hídricos de los cuales dispone el ser humano para la oferta y demanda del agua en los sistemas de riego, por la cantidad y calidad del agua para la vida de los pobladores, a causa de fenómenos hidrológicos y los cambios en la calidad del agua logran perjudicar la salud de los pobladores (Iglesias et al., 2007). El problema es importante debido al incremento de la población desordenado y la ausencia de servicio de alcantarillado para las aguas servidas en las partes altas de la microcuenca afecta al recurso hídrico. Entidades del sector público deben ejecutar mecanismos de control para prevenir, controlar y mitigar la contaminación de la red hídrica, con ayuda de la sociedad; aplicar mecanismos de tratamientos de aguas contaminadas que ayudan a proteger y cuidar los recursos disponibles, ya que llegará un punto que el daño causado al ecosistema sea irreversible con consecuencias devastadoras (Vásquez & Durán, 2015).

Una microcuenca que esté contaminada y un sistema de riego en mal estado afectan a las comunidades locales, agricultores y a todo el ecosistema. El problema es muy importante, puesto que tiene un impacto elocuente en: la economía, la salud, la biodiversidad de las comunidades que dependen del suministro de agua para la agricultura. Y requiere atención prioritaria para resguardar la salud, la economía, y el medio. Para resolver esta problemática se requieren medidas como: concienciar a las comunidades, mejorar la gestión del agua, promover prácticas agrícolas sostenibles, la participación de las localidades y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, las Juntas de Sistema de Riego de Rumihurco y Bellavista, el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial del Cabo.

Para lograr esto, es importante implementar una propuesta de un plan de manejo ambiental que especifique las acciones necesarias para evitar, apaciguar, inspeccionar, modificar posibles impactos ambientales, perjudiciales causados por acciones específicas. Para esto es necesario diagnosticar la microcuenca y particularmente el sistema de riego que allí existe para plantear medidas y alternativas específicas para abordar y mitigar los impactos identificados en la microcuenca La Estancia.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 General.**

Evaluar el estado actual de la microcuenca la “Estancia” en el cantón Paute y particularmente la calidad del recurso hídrico del sistema de riego Rumihurco para proponer un plan de manejo ambiental de la microcuenca.

### **1.1.2 Específicos.**

Diagnosticar ambiental y socioeconómicamente la microcuenca La Estancia, con el fin de identificar los desafíos y oportunidades para su gestión sostenible y el bienestar de las comunidades locales, mediante encuestas y el uso de sistemas de información geográfica.

Determinar calidad del recurso hídrico del sistema de riego, con los parámetros físicos, químicos y biológicos representativos, comparándolos con la normativa ecuatoriana vigente, esto permitirá identificar posibles desviaciones y garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos para la calidad del agua que debe tener en el sistema de riego.

Proponer un plan de manejo ambiental de la microcuenca La Estancia, involucrando a la comunidad del sistema de riego Rumihurco y a todos sus habitantes, el propósito es fomentar la participación y compromiso de la comunidad en la toma de decisiones, aplicando practicas sostenibles para la conservación de los recursos. Se tendrán en cuenta las necesidades y opiniones de la comunidad para asegurar que las estrategias propuestas sean culturalmente adecuadas y socialmente aceptadas.

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 Cuencas hidrográficas**

Una cuenca hidrográfica es un área geográfica, que está limitada por montañas y/o cordilleras y que todas las aguas subterráneas y superficiales convergen hacia un punto de fuga que puede ser otro cuerpo hídrico más grande como: otro río, el mar, laguna (Sánchez et al., 2013).

Según Aguirre (2007), las clasifican en:

- Sistema hidrográfico: mayor a 300000 ha
- Cuencas: entre, 60000 y 300000 ha
- Subcuencas: entre 10000 y 60000 ha
- Microcuencas: menor a 10000 ha

#### **2.2 Definición de una microcuenca**

Es una unidad hidrográfica, de menor tamaño que una cuenca hidrográfica, que abarca una zona específica de drenaje y a la vez está delimitada por divisorias de agua principales de una subcuenca (Ordóñez, 2011).

#### **2.3 Importancia de una microcuenca**

La importancia radica en que es una unidad hidrológica y ecológica fundamental en la gestión del agua y los recursos naturales a nivel local, entre estos están:

##### **2.3.1 Abastecimiento de agua.**

La facultad de proveer agua para el consumo humano, agricultura, industrias, vida silvestre, es de importancia para el desempeño de la existencia silvestre y el mantenimiento de los hábitats terrestres e hídrico. (Moreno, 2010).

##### **2.3.2 Control de inundaciones.**

Una microcuenca bien manejada contribuye a la reducción del caudal y la velocidad del agua, lo que disminuye el riesgo de inundaciones (Castrillón, 2014).

##### **2.3.3 Conservación de la biodiversidad.**

Dentro de la microcuenca existen una gran variedad de especies y ecosistemas, donde los procesos biológicos, físicos interactúan entre sí y contribuyen a mantener la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos (Clark et al., 2018).

##### **2.3.4 Producción de alimentos.**

Al ser la microcuenca el espacio físico natural por excelencia provee: agua para riego, suelos fértiles, biodiversidad agrícola, prácticas agrícolas sostenibles, lo cual asegura una producción de alimentos sostenible, que beneficie a las comunidades locales y al ambiente (Moreno, 2010).

## **2.4 Características físicas de una microcuenca**

### **2.4.1 Clima.**

Hace referencia a condiciones meteorológicas y atmosféricas que mantienen en un área geográfica, las microcuencas tienen su propio clima debido a factores como la vegetación, altitud, exposición al sol (Carbone et al., 2003).

### **2.4.2 Erosión y sedimentación**

La erosión es el deterioro en la conducción de suelos, en cambio, la sedimentación es la aglomeración de sedimentaciones en las partes más bajas, están relacionados entre sí (Arcos, 2019).

### **2.4.3 Geomorfología.**

Es el análisis de la forma y estructura del relieve en un área pequeña de tierra que drena sedimentos y agua (Morales et al., 2019).

### **2.4.4 Geología.**

Estudia la composición y estructura geológica de un área determinada, incluye la descripción e identificación de tipos de rocas, minerales, suelo que están presentes en una microcuenca (Carbone et al., 2003).

### **2.4.5 Hidrología.**

Es el estudio de procesos hídricos como la escorrentía, precipitación, infiltración en un área de tierra que drena sedimentos y agua en un sistema de arroyos, ríos (Cardona, 2016).

### **2.4.6 Uso del suelo.**

El uso del suelo en una microcuenca se refiere a como la tierra es usada y gestionada en actividades humanas como la agricultura, minería, silvicultura, urbanización, conservación, entre otras, el estudio del uso del suelo es importante para entender como las actividades humanas influyen en procesos ecológicos, hidrológicos (Elosegi & Sabater, 2009).

## **2.5 Características morfométricas de una microcuenca**

Se refiere al análisis cuantitativo de las formas, dimensiones, elementos como causas y cuerpos de agua (Quesada & Barrantes, 2017).

### **2.5.1 Parámetros generales.**

#### **a. Área (A).**

Es la superficie total de terreno que drena al cauce común, es expresada en hectáreas o kilómetros cuadrados (Brieva, 2018).

#### **b. Longitud axial (La).**

La distancia directa desde la posición más alta hasta el punto de desagüe (Carvallo & Delgado, 2013).

#### **c. Desnivel altitudinal (Da).**

Es la discrepancia de la elevación o altura entre los puntos más altos y bajos de la microcuenca ver ecuación 1 (Carvallo & Delgado, 2013).

$$DA = HM - Hm \quad (1)$$

**Ecuación 1:** Desnivel altitudinal

HM: Cota superior (msnm)

hm: cota menor (msnm)

**d. Perímetro (P).**

Es la medida total de longitud del contorno, es expresado en kilómetros (Brieva, 2018).

**e. Ancho de la microcuenca (W).**

Es la medida entre los límites laterales de la microcuenca en el punto más ancho de la misma como se observa en la ecuación 2 (Montoya & Montoya, 2009).

$$w = \frac{A}{La} \quad (2)$$

**Ecuación 2:** Ancho

A: Superficie ( $km^2$ )

La: Longitud axial (Km)

**2.5.2 Parámetros de forma.**

**f. Coeficiente de compacidad o Gravelius (Kc).**

Es una medida para estimar la forma o la compacidad de la microcuenca, ver tabla 1, es adimensional, corresponde el perímetro de la microcuenca dividido para el perímetro del círculo de la microcuenca, como se amuestra en la ecuación 3 (Gómez, 2009).

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

**Ecuación 3:** Coeficiente de Gravelius

Kc: Índice de Gravelius(adimensional)

A: Área de la microcuenca ( $km^2$ )

P: Perímetro de la microcuenca (km)

**Tabla 1:** Coeficiente de compacidad de Gravelius.

Clase de forma	Kc	Forma microcuenca	Representación
Clase 1	1,0- 1,25	Casi redonda a oval-redonda	Tendencia alta a Inundación.
Clase 2	1,26- 1,50	Oval redonda a oval-alargada	Tendencia mediana a inundación.

Clase 3	1,51- 1,75	Oval alargada a alargada	Tendencia baja a inundación.
Clase 4	>1,75	Alargada	Microcuencas propensas a la conservación.

Fuente:(Sellers et al., 2017).

#### g. Factor de Horton (Rf).

Es una medida para determinar si la microcuenca es compacta o alargada, según se muestra en la tabla 2, la forma se divide el área para la longitud axial de la microcuenca ver ecuación 4 (Sellers et al., 2017).

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

**Ecuación 4:** Factor de Horton

Rf: factor de forma de Horton (adimensional)

La: Longitud axial de la microcuenca(km)

A: Área de la microcuenca ( $km^2$ )

**Tabla 2:** Relación de forma de Horton.

Valoración	Forma de la Microcuenca
<0,22	Excesivamente alargada
0,22-0,30	De forma alargada
0,3-0,37	Moderadamente alargada
0,37-0,45	Sin alargamiento, ni ensanchamiento
0,45-0,60	Moderadamente ensanchada
0,60-0,80	De forma Ensanchada
0.80-1,12	Excesivamente ensanchada
>1,20	Envuelta alrededor del desagüe

Fuente: (Sellers et al., 2017).

#### h. Índice de alargamiento (Ia).

Es una medida que describe la forma de la microcuenca y su comportamiento hidrológico. En la tabla 3, se indica las clases de alargamiento de la microcuenca, se relaciona con la longitud axial para el ancho de la microcuenca como se muestra en la ecuación 5 (Cañibano et al., 2016).

$$Ia = \frac{La}{w} \quad (5)$$

**Ecuación 5:** Índice de alargamiento

$I_a$ : Índice de alargamiento.

$L_a$ : Longitud axial.

$W$ : Ancho.

**Tabla 3:** Índice de alargamiento.

<b>Rangos de <math>I_a</math></b>	<b>Clases de Alargamiento</b>
0-1,4	Ligeramente alargado
1,5-2,8	Moderadamente alargada
2,9-4,2	Altamente alargado

**Fuente:** (Cañibano et al., 2016).

#### **i. Relación de elongación (Re).**

Es una medida para la evaluación, la forma alargada o redonda de la microcuenca, se calcula el diámetro de la circunferencia de la misma extensión de la microcuenca para la longitud principal del cauce, como se muestra en la ecuación 6. Cuando los valores son inferiores a 1, esto indica que las cuencas tienen un perfil más alargado, en cambio las estimaciones cercanas a 1 indican una forma más circular o redonda (Cardona, 2016).

$$Re = \frac{(1,128)(\sqrt{A})}{Lc} \quad (6)$$

**Ecuación 6:** Relación de elongación

Re: Razón de elongación

A: Área de la cuenca ( $km^2$ )

$Lc$ : Longitud del cauce principal de la microcuenca (Km)

### **2.5.3 Parámetros de relieve.**

#### **j. Coeficiente de masividad**

Estima la influencia del relieve montañoso, en el régimen hídrico de la microcuenca. Se ve las clases de relieve, ver tabla 4, se calcula la altura media para el área como se muestra en la ecuación 7 (Reyes et al., 2014).

$$Km = \frac{\text{Altura media de la cuenca}}{\text{Área de la microcuenca}} \quad (7)$$

**Ecuación 7:** Coeficiente de masividad

**Tabla 4:** Parámetros de relieve.

Rangos de ( $k_m$ )	Clases
0-35	Muy Montañosa
35-70	Montañosa
70 -105	Moderadamente montañosa

Fuente: (Reyes et al., 2014).

#### k. Densidad de drenaje ( $Dd$ )

Cantidad de flujo de agua en la microcuenca en relación con su área. En la tabla 5 se presentan la densidad del drenaje y su interpretación ambiental de la microcuenca La Estancia, se mide la extensión de los cuerpos de agua que fluyen intermitentes para el área ver ecuación 8 (Cerignoni & Rodríguez, 2015).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (8)$$

Ecuación 8: Densidad de drenaje

L: Sumatoria de corrientes intermitentes (km)

A: Área ( $km^2$ )

Tabla 5: Densidad de drenaje

Dd (valores)	Interpretación	Interpretación ambiental de la microcuenca
<1,5	Bajo	Baja la escorrentía y aumenta la infiltración
1,5-2,5	Medio	Tendencia media de escorrentía
2,5-3.0	Alto	Alta tendencia a fluir ya las inundaciones
>3,0	Muy alta	Alta tendencia a la escorrentía y a la erosión

Fuente: (Cerignoni & Rodríguez, 2015).

#### l. Pendiente media del cauce ( $j$ )

Es la inclinación promedio a lo largo de la longitud del cauce, lo que es más apto a procesos de erosión y transporte de materiales. Se observa la tipología del terreno, ver tabla 6, se expresa con el desnivel altitudinal dividido la longitud del cauce principal, ver ecuación 9 (Sellers et al., 2017).

$$j = \frac{DA}{L} \quad (9)$$

Ecuación 9: Pendiente media del cauce

L: Longitud del cauce principal (km)

DA: Desnivel Altitudinal (km)

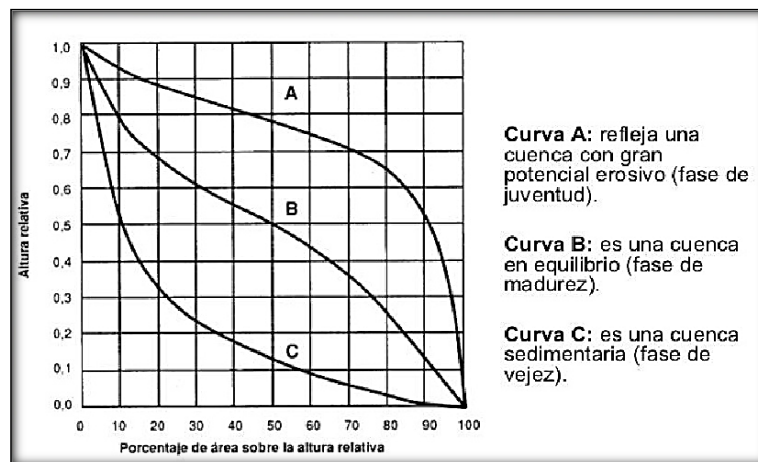
**Tabla 6:** Pendiente media del cauce.

Pendiente media %	Tipología del terreno
<0,5	Muy plano
0,5-1	Plano
1-3	Suave
3-12	Accidentado medio
12-20	Accidentado
20-50	Fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Fuente: (Guerrero, 2022)

### **m. Curva hipsométrica (ch)**

Se representa gráficamente ver figura 1, y es la variación de la altitud con respecto con la superficie del terreno, la superficie se simboliza en el eje de las abscisas y la altitud en eje vertical, analiza la distribución altitudinal de un área (Garzón & Rodri, 2012).



**Figura 1:** Curva hipsométrica.

Fuente:(Garzón & Rodri, 2012).

### **n. Orden de red hídrica**

Medida que clasifica los distintos cursos de agua dentro de una red de drenaje, también ayuda a entender la estructura jerárquica de red de drenaje, y procesos hidrológicos.

## **2.6 Características biológicas**

### **2.6.1 Biodiversidad de la microcuenca.**

La biodiversidad representa un concepto esencial, de gran complejidad y alcance global, que conforma toda la gama de organización biológica, desde las unidades genéticas hasta las

comunidades con sus elementos estructurales, funcionales y de composición, abarcando múltiples dimensiones de tiempo y espacio (Núñez et al., 2003)

En una microcuenca hay una gran variedad de especies, es importante cuando existe una alta biodiversidad, es indicador de un ecosistema equilibrado y saludable, también genera beneficios culturales, económicos, ecológicos para las comunidades locales (Cruz et al., 2012).

### **2.6.2 Evaluación de calidad ecológica del río.**

Permite identificar el estado actual del río y su ecosistema asociado, accede la evaluación de la calidad de agua y el funcionamiento del ecosistema fluvial (Acosta et al., 2009).

#### **a. Características hidro morfológicas**

- ***Ribera fluvial***

Es una franja de terreno a lo largo de las orillas de los ríos, entre el medio terrestre y acuático, a la que influyen procesos fluviales como la erosión, sedimentación e inundación (Magdaleno, 2013).

- ***Continuidad de ribera***

Es la conectividad de los ecosistemas a lo largo del río sin interrupciones que permita la circulación de los organismos y el traspaso de nutrientes a lo largo del ecosistema fluvial (Elosegui & Díez, 2009).

- ***Naturalidad de canal fluvial***

Indica las propiedades naturales de un canal, con la capacidad de progresos ecológicos, geomorfológicos que tiene un río, como el flujo de agua, transporte de sedimentos (Ollero et al., 2008).

- ***Composición del sustrato***

Son sustratos del río y los transportan las corrientes, son diversos y depende de la geología de la cuenca hidrográfica, estas pueden ser piedras, canto, grava, bloque, arena, arcilla (Magdaleno, 2013).

- ***Regímenes de profundidad de río***

Hace referencia a la forma en que varía la profundidad del agua a lo largo del río, que consta de cuatro fusiones rápido-somero, rápido-profundo, lento-somero y lento-profundo (Encalada et al., 2011).

- ***Elementos de heterogeneidad***

Son características que beneficia el incremento de biodiversidad de especímenes que varían en el tiempo y el espacio, entre estos están hojarasca, ramas, diques naturales, troncos, vegetación acuática (Elosegui & Díez, 2009).

#### **b. Calidad biológica del río.**

Es la capacidad de alojar y mantener una variedad de organismos acuáticos que viven dentro del ecosistema del río, están influenciados por contaminantes, químicos, temperatura, nutrientes, oxígeno disuelto (Encalada et al., 2011).

- **Indicadores biológicos**

Son grupos de organismos que evalúan la calidad ambiental de un ecosistema, en el río los indicadores biológicos son los macroinvertebrados acuáticos que determinan el nivel de contaminación de agua.

- **Macroinvertebrados acuáticos**

Son artrópodos que habitan en ambientes acuáticos, se ven a simple vista, miden aproximadamente de 2 milímetros a 30 centímetros, desempeñan un importante papel en la desintegración de materia orgánica. Hay especies sensibles a la contaminación y otras que resisten a ella (Carrera & Fierro, 2018).

## **2.7 Características socioeconómicas**

Son aspectos económicos y sociales que están determinadas en un área o región, influyen en las formas que se utiliza los recursos naturales, agua, suelo: ayudan a entender la dinámica socioeconómica de una zona y crear estrategias de gestión apropiadas, entre estas están:

### **2.7.1 Aspectos demográficos.**

Son elementos que están relacionados con la población de seres humanos en un área o región que incluyen el tamaño de la población, migración, el sexo, la edad. También proporcionan información importante sobre la población en la gestión de los recursos naturales y su influencia en la preservación (Garzón & Rodri, 2012).

### **2.7.2 Aspectos económicos.**

Se relacionan con la economía local de las zonas que abarca la microcuenca como la producción, la inversión, el consumo, el empleo, el comercio. Son esenciales para la actividad económica local y la relación de la subsistencia y gestión de los bienes y servicios que tiene la microcuenca (Puentes & Velasco, 2009).

### **2.7.3 Aspectos políticos.**

A la toma de decisiones y participación política en la gestión y conservación de la microcuenca, incluye el funcionamiento de instituciones gubernamentales y organizaciones locales para promover una gestión más efectiva y equitativa (Martínez, 2021).

### **2.7.4 Aspectos sociales.**

Es necesario este contexto para comprender los aspectos sociales que presentan en la microcuenca, entre los más destacados están: el nivel de estudio, los servicios públicos, la salud, la vivienda (Garzón & Rodri, 2012).

## **2.8 Problemas asociados de gestión ambiental de la microcuenca.**

Algunos de los principales inconvenientes asociados a la mala gestión ambiental de la microcuenca son:

### **2.8.1 Cambio del uso del suelo.**

Hace referencia a las transformaciones o modificaciones en la cobertura y manejo del suelo en una determinada área de drenaje o en la cuenca hidrográfica a lo largo de los años, esto puede asociarse en la conversión de tierras agrícolas a áreas urbanas, deforestación para la expansión de la frontera

agrícola, transformación de bosques a pastizales, transformación de áreas naturales a parcelas de cultivo (García et al., 2012).

### **2.8.2 Cambio climático.**

El aumento de temperaturas, eventos climáticos excesivos, variaciones de patrones de precipitación, puede tener un impacto significativo en la gestión ambiental de una microcuenca, afecta la disponibilidad del agua, la biodiversidad, la productividad agrícola, la resiliencia de los ecosistemas en la microcuenca (Castrillón, 2014).

### **2.8.3 Contaminación del agua.**

La presencia de sustancias o condiciones que afectan la calidad puede ser causada por actividades humanas o fenómenos naturales, la presencia de agroquímicos, pesticidas, fertilizantes, desechos orgánicos, está asociada a la gestión ambiental de una microcuenca, tienen efectos negativos en la calidad del agua, la biodiversidad acuática, la salud humana y la seguridad alimentaria (Clark et al., 2018).

### **2.8.4 Falta de planificación territorial.**

La ausencia, deficiencia en la formulación y suministro de políticas, regulaciones y estrategias de gestión del territorio, trae consecuencias negativas como sobreexplotación de recursos naturales, deforestación, degradación del suelo.

### **2.8.5 Pérdida de biodiversidad.**

Se refiere a la disminución de diversidad de especies debido a la fraccionamiento y degradación de hábitats, penetración de especies invasoras y sobreutilización de recursos (Moreno, 2010).

## **2.9 Calidad de recurso hídrico**

Se refiere a la condición y características del agua en una pequeña área de drenaje dentro de una cuenca hidrográfica, se puede evaluar con parámetros químicos, físicos y biológicos, el monitoreo de la calidad del agua ayuda a identificar cambios a lo largo del tiempo (Moreno & Vásques, 2016)

### **2.9.1 Parámetros de calidad de agua.**

Son indicadores o medidas que se utilizan para valorar las características, estado del agua, identificación y posibles problemas que perjudican la calidad del agua y ecosistemas acuáticos.

#### **a. Parámetros físicos.**

Se refiere a las propiedades percibidas a través de sentidos como el olfato, vista, entre otros, influyen en la apariencia y la aceptabilidad del agua en términos estéticos (Barrenechea, 2009).

- **Conductividad eléctrica**

Está vinculada a la cantidad de sales diluidas en el agua, ya que su disociación genera iones que son capaces de conducir corriente eléctrica, la disolución de las sales en el agua está influenciada por la temperatura, es decir que la conductividad del agua puede cambiar en función de la temperatura del agua (Solís et al., 2018).

- **Temperatura**

La temperatura del agua indica la energía térmica presente en el agua y varía a diferentes factores en distintas extensiones de agua, tiene un impacto significativo en la vida acuática, clima y procesos de ecosistemas acuáticos como la eutrofización (Barreto, 2010).

### **b. Parámetros químicos.**

Son características o propiedades que se usan para el analizar su composición química y evaluar su calidad, informan sobre sobre la aptitud del agua para usarse como fuente de consumo para las personas, agricultura, recreación, ganadería, preservación del medio ambiente.

- **Demanda química de oxígeno**

Proporciona información sobre la presencia y concentración de materia orgánica e inorgánica presentes en el agua. Se usa para evaluar la cantidad de sustancias que pueden oxidarse químicamente por oxidantes bajo condiciones ácidas. La DQO se expresa en miligramos de oxígeno necesario para oxidar la parte orgánica diluida y fijada por litro de agua (Ramírez et al., 2008).

- **Nitratos**

Son compuestos químicos resultantes de la combinación de oxígeno y nitrógeno presentes en aguas superficiales y subterráneas, provienen de actividades humanas como: la utilización de los pesticidas, fertilizantes, productos químicos, aunque son esenciales para el progreso de las plantas; en altos niveles puede tener efectos perjudiciales en la calidad del recurso hídrico y la salud de los seres vivos (Ayala, 2010).

- **Nitritos**

Son compuestos químicos que tienen oxígeno y nitrógeno, se presentan naturalmente o acciones humanas como: la utilización de fertilizantes, aguas residuales, su presencia en el agua puede tener implicaciones en la salud de los seres vivos y la calidad del agua debido a altas concentraciones (Molina et al., 2003).

- **Oxígeno disuelto**

La concentración de oxígeno disuelto en el agua es un parámetro crucial para la vida en el agua, mide la abundancia de oxígeno aprovechable, es afectado por diversos factores como la temperatura, el material orgánico disuelto y los oxidantes inorgánicos. Un bajo nivel de oxígeno disuelto indica una excesiva carga orgánica causada por aguas residuales, el principal origen de oxígeno en el agua es: la fotosíntesis del fitoplancton y la, aireación; además, la concentración de oxígeno disuelto está influenciada por: la presión, la temperatura y la salinidad del agua (Barreto, 2010).

- **Potencial Hidrógeno**

Es una medida que revela si el agua es ácida, neutra, alcalina, en una escala del 0 al 14, un valor de pH de 7 es neutro, valores mayores a 7 demuestra alcalinidad y valores menores a 7 indican acidez, puede ser influenciado por factores naturales o actividades humanas (García et al., 2019).

- **Sólidos disueltos totales**

Se refieren a las sustancias sólidas que están disueltas en el agua, como: minerales, sales, nutrientes y materia orgánica, se expresan en unidades de mg/L o ppm (partes por millón) y se utilizan como advertencias de la calidad de agua (Ruiz, 2017).

- **Sulfatos**

El sulfato en el agua es un componente químico integrado por azufre y oxígeno que se encuentran disueltos en el agua, su concentración se expresa en mg/L o ppm (partes por millón), niveles altos puede tener impactos adversos en la salud pública, calidad de agua, vida acuática (Rodríguez et al., 2010).

### **c. Parámetros biológicos.**

Se refiere a los indicadores relacionados con la vida y actividad biológica en un cuerpo de agua y se emplean para: estimar la calidad de agua, comprender la diversidad biológica y el funcionamiento del ecosistema acuático.

- **Coliformes fecales**

Se trata de bacterias que se emplean como marcadores de la presencia de contaminación fecal de animales y seres humanos, se utiliza como indicador de posible contaminación por desechos de animales o humanos, se analizan pruebas en el laboratorio como parámetro microbiológico para apreciar la calidad de agua y determinar si es seguro para uso humano (Larrea et al., 2015).

## **2.10 Fuentes de contaminación de una microcuenca**

Las fuentes de contaminación se pueden definir en dos categorías principales que son:

### **2.10.1 Fuentes puntuales.**

Son emisiones o descargas localizadas en un punto específico como vertederos, actividades agrícolas, descarga de aguas residuales, etc. Estas tienen un impacto significativo en los recursos naturales y en la calidad del agua, están sujetas a regulaciones para disminuir su impacto ambiental y la protección del ecosistema acuático y terrestre de la microcuenca (Guanotásig, 2022).

### **2.10.2 Fuentes difusas.**

Las descargas difusas se refieren a diferentes fuentes de contaminación que se dispersan en un área más amplia como drenaje agrícola, escorrentía pluvial, escorrentías de campos agrícolas o de pastoreo (Jiménez et al., 2010).

## **2.11 Sistema de riego.**

Son instalaciones de riego en la agricultura que facilitan el suministro de agua en los cultivos, existen varios tipos con características y beneficios específicos, por lo que es crucial elegir el sistema adecuado según las necesidades de cada cultivo (Machena, 2017).

### **2.11.1 Importancia de un sistema de riego.**

El riego es de vital importancia para la producción agropecuaria en Ecuador, especialmente en la pandemia de COVID-19, ha reducido los riesgos de pérdidas de cosechas, asegurando una producción constante y permitiendo la diversificación de cultivos (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022).

### **2.11.2 Normativa y regulación de sistema de riego.**

La normativa y regulación de los sistemas de riego en Ecuador se refiere a las regulaciones y leyes que establecen los requisitos para el establecimiento, mantenimiento y manipulación de sistemas de riego en el país (Libro IX del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente, 2015).

Varios organismos como el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), y el Ministerio de Agricultura, Ganadería (MAG) establecen normas técnicas, autorizaciones, permisos con el objetivo de promover el uso sostenible del agua, preservar al medio ambiente y avalar la seguridad y calidad de los sistemas de riego en Ecuador.

**a. Límites permisibles de pH en sistemas de riego.**

La normativa del Ecuador establece los límites permitidos para pH de aguas de sistema de riego no debe ser inferior a 6.5 ni superior a 8.5, para evitar impactos negativos en las plantas y en la calidad del suelo.

**b. Límites permisibles de conductividad eléctrica.**

Los límites permitidos de la conductividad eléctrica para riego no deben ser menor a 0,7 mS/CM, ni mayor a 3 mS/CM.

**c. Límites permisibles de coliformes fecales.**

Según el acuerdo ministerial número 097 establece que, en sistemas de riego, el límite permitido de coliformes fecales en el agua es de 1000 unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 ml de agua.

**d. Límites permisibles de demanda química de oxígeno.**

El valor superior de demanda química de oxígeno es de 500 mg/L, esta medida se asegura la calidad óptima del agua utilizada en los sistemas de riego y salvaguardar la salud pública.

**e. Límites permisibles de nitratos.**

Los límites permisibles para nitrato en sistemas de riego según la normativa, el valor máximo admisible es de 50 mg/L, el objetivo es garantizar la calidad y seguridad del agua utilizada en el riego y salud de las personas.

**f. Límites permisibles de nitritos.**

Según los lineamientos establecidos en la normativa ambiental del acuerdo ministerial 097 emitidos por el Ministerio del Ambiente, para la calidad de agua para riego agrícola, el valor superior permitido es de 0,5 mg/L.

**g. Límites permisibles de oxígeno disuelto.**

El límite permitido de oxígeno diluido en el agua utilizada en riego agrícola es de 5 mg/L.

**h. Límites permisibles de sólidos disueltos totales.**

Para sólidos disueltos totales, los límites permisibles no deben ser menor de 450 MG/L ni mayor de 2000 mg/L, de esta manera garantiza la calidad del agua.

**i. Límites permisibles de sulfatos.**

Se establecen límites permisibles para la concentración de sulfatos en aguas utilizadas para riego agrícola y pecuario, se establece un límite de 250 mg/L de sulfatos, superar estos límites puede indicar que el agua no es idónea para su uso en riego agrícola o para consumo animal (Libro IX del texto unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente., 2015)

## **2.12 Propuesta de plan de manejo ambiental de una microcuenca**

La planificación y propuesta de gestión de microcuencas hidrográficas es un enfoque integral que busca establecer directrices y coordinar las acciones obligatorias para cerciorar el uso sostenible de los recursos naturales en una microcuenca hidrográfica, esto implica definir técnicas, modelos, enfoques, procesos sociales y técnicos como la evaluación de impactos, identificación de recursos, propuestas en la creación de plan de manejo y conservación. Con participación activa de

comunidades locales y coordinación entre los actores involucrados, con el objetivo de adquirir una gestión adecuada de la microcuenca (World Visión, 2004).

#### **2.12.1 Diagnóstico participativo.**

Busca el involucramiento de la comunidad en el reconocimiento de problemas y soluciones de las condiciones socioculturales y económicas. Puede ser elaborado mediante el involucramiento institucional y comunitario (FAO, 2007).

#### **2.12.2 Planificación participativa.**

Planificar es el acto de ejecutar, proponer y acompañar un plan de acción con el propósito de interferir o preservar parte de la realidad, además mantener las condiciones con una visión de futuro (Tanaka & Ahrens, 2012).

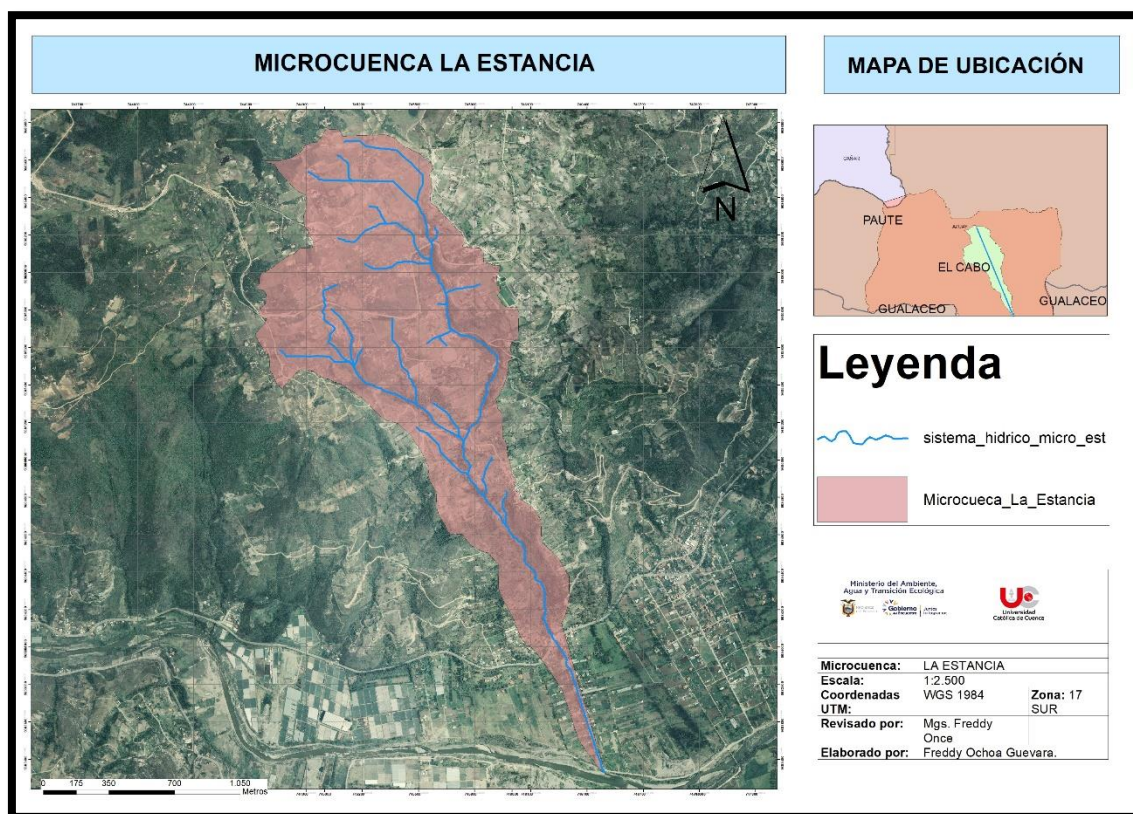
## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudio

##### 3.1.1 Microcuenca La Estancia.

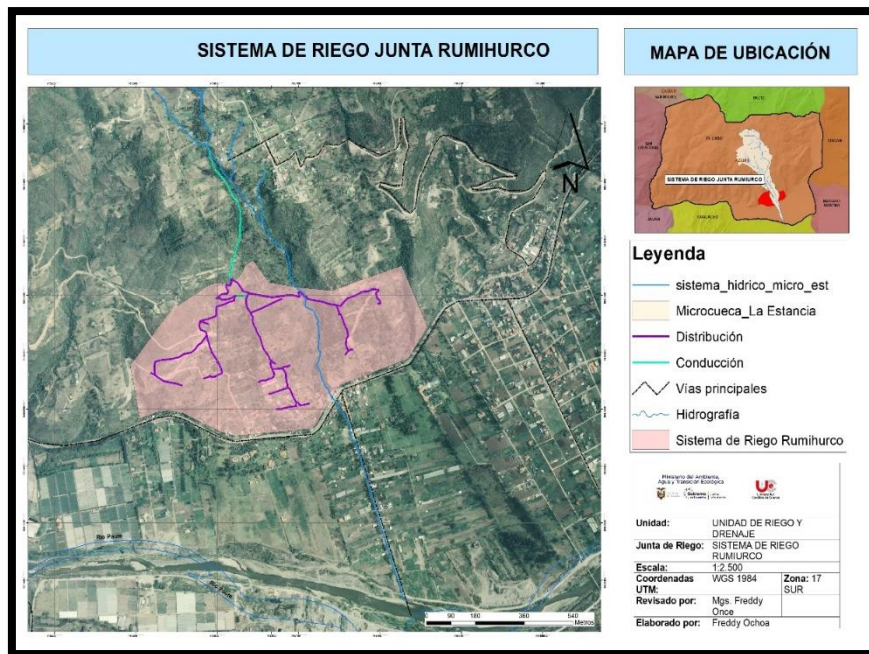
La microcuenca La Estancia se encuentra en una posición estratégica en la carretera transversal Austral, conocida como vía estatal E40, cerca de la cabecera parroquial de El Cabo, tal como se observa en la figura 2, conecta la sierra sur con los cantones orientales del Azuay, como Pan, Guachapala, Sevilla de Oro y Paute, así como con Morona Santiago incluyendo Sucúa y Méndez.



*Figura 2: Microcuenca La Estancia.*

##### 3.1.2 Sistema de riego Rumihurco.

Dentro de la microcuenca La Estancia se encuentra la parroquia rural llamada Rumihurco en la misma que se encuentra el sistema de riego del mismo nombre, está situada en el cantón Paute, provincia del Azuay, limita con las siguientes parroquias y cantones en la provincia del Azuay. Al norte limita con la parroquia rural de Chicán y la parroquia urbana de Guachapala. Al este limita la parroquia rural de El Cabo. Al oeste limita con la parroquia rural de San Cristóbal y con la parroquia de El Cabo. Al sur limita con la cabecera cantonal de Paute, ver figura 3.



**Figura 3:** Sistema de riego Rumihurco.

### 3.2 Características físicas de la microcuenca La Estancia

#### 3.2.1 Geomorfología.

La geomorfología de la microcuenca se utilizó *ArcGIS* primero con la recolección de datos geoespaciales, la creación de un modelo digital de terreno (MDT), análisis topográfico y la identificación de procesos geomorfológicos de la microcuenca, las cuales están influenciadas por la estructura de tipos de rocas presentes y la topografía del terreno a una escala 1:200 000(Odeplan, 2001).

##### a. Procesos erosivos.

Se recopiló información de datos hidrológicos, topográficos y geológicos proporcionados en formato shape y se trabajó en *ArcGIS* los datos digitales extraídos del mapa titulado Principales Procesos Erosivos de la Cuenca del Río Paute, con escala 1:1000.000, elaborado por la Unidad de Manejo de la Cuenca del Paute donde, se identificaron áreas susceptibles a la erosión (T. Pacheco et al., 2017).

##### b. Pendientes.

Se generó un modelo digital del terreno (MDT) se crearon curvas de nivel y se determinaron las unidades de pendientes. Las pendientes se calcularon con la herramienta *Slope*, lo que permitió la creación del mapa de pendientes, estas pendientes se analizaron junto con otros factores como el uso del suelo, riesgos de deslizamientos y erosión, con el fin de proponer un manejo y gestión adecuada de la microcuenca (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2012).ver anexo 1.

#### 3.2.2 Geología.

Se realizó el análisis geológico de la microcuenca utilizando *ArcGIS*. Se recopilaron datos geológicos otorgados por estudios del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica fueron importados los metadatos que muestran las formaciones geológicas de las cartas de Azuay, Azogues y Cañar, en una escala de 1:100,000 para crear un mapa base que incluyera los límites de

la microcuenca y características geográficas relevantes, de las diferentes unidades geológicas presentes en la microcuenca (Mera, 2012).

**a. Terrenos inestables.**

Para el analizar terrenos inestables, se procedió a recopilar datos geológicos digitales que detallan las amenazas relacionadas con terrenos inestables en la hoja geológica de Gualaceo y Paute, con una escala de 1:25,000 (Arteaga, 2011).

**b. Esquema geológico.**

Se llevo a cabo la elaboración del esquema ecológico utilizando la plataforma de *ArcGIS*, se recopilaron datos geográficos del esquema geológico correspondiente a la hoja de Paute y Gualaceo, con una escala 1:25,000 y se prepararon para su implementación en el sistema para la identificación de las categorías ecológicas (Villavicencio et al., 2014)

**3.2.3 Cobertura vegetal.**

Se basó en la recopilación de datos geográficos y la información digital de las coberturas del suelo realizada por la institución del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica a una escala 1:2.500 y se recortó lo correspondiente a la microcuenca La Estancia (Barrio & Amo, 2014).

**a. Mapa de Ecosistemas**

La metodología utilizada para crear un mapa de ecosistemas de la microcuenca La Estancia en *ArcGIS* se recopilan datos digitales provenientes del plano , mapa ecológico, escala 1:200.000 sobre la distribución de diferentes ecosistemas en la región de interés, se creó un mapa base se cargó imágenes de alta resolución llamada Orto foto que nos fue administrada por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, lo que puede obtener conclusiones importantes en el área de estudio (Odeplan, 2001).

**b. Cobertura vegetal del suelo.**

Se incluyó en diferentes etapas la recopilación de datos geográficos y del uso del suelo la información fue obtenida mediante la categorización con supervisión de la imagen satelital proveniente del sistema *Landsat 7*, utilizando el sensor *ETM*, el producto se presenta en un a escala de 1:50,000 donde se cargaron en la plataforma de *ArcGIS* se cargaron imágenes satelitales para la delimitación que asegura la calidad datos sobre la cobertura del suelo con el transcurso de los años en la zona de estudio y por último se generó el mapa de la cobertura del suelo (Arteaga, 2011).

**3.2.4 Clima.**

**a. Temperatura.**

Se procesaron datos de temperatura, análisis espaciales digitales extraídos del Mapa de Suelos del PRONAREG, con escala de 1:200,000, elaborado por el Departamento de Investigaciones Edafológicas para identificar patrones de tendencia, este proceso permitió adaptarse a las necesidades específicas de cada área de estudio y los objetivos del análisis, y se recortó lo correspondiente a la microcuenca La Estancia (Donoso, 2002).

**3.2.5 Uso del suelo.**

**a. Cultivo en pendientes.**

Se cargo el modelo digital que contiene información sobre los cultivos presentes en la cuenca del Río Paute con una escala del mapa de 1:50,000, utilizando la herramienta de análisis de superficie,

se calculó la pendiente del terreno, se expresa en porcentaje y se define los criterios de cultivo, esto incluye la inclinación máxima permitida para cultivar, se delimito los lotes de cultivo con la herramienta de edición de *ArcGIS* para crear polígonos y que representan lotes de cultivo (Pacheco & Sellers, 2008)

### b. Centros poblados.

Se recopiló información sobre los límites de área rural, se elaboró una capa de polígono con etiquetas, se realizó la generación del mapa temático permitió visualizar claramente, además se llevaron a cabo análisis espaciales para explorar y estudiar diferentes características y atributos de dicha área, la información fue extraída por la información digital de los centros poblados correspondientes a la cuenca del Río Paute, proveniente de 22 cartas topográficas del I.G.M, con una escala de 1:50,000 (Instituto Geológico Militar, 2000)

## 3.3 Características morfométricas.

Para la caracterización de la microcuenca la metodología que se usa está basada en el análisis de los parámetros morfométricos con la asistencia de Sistemas de Información Geográfica, partiendo de un modelo digital de territorio e imágenes satelitales (Gaspari et al., 2013).

### 3.3.1 Parámetros generales

La metodología se realizó directamente con la ayuda del programa *ArcGIS*: área, perímetro, desnivel altitudinal, ancho y longitud axial.

#### a. Área(a) y perímetro(p)

Se creó una capa de polígonos que represente la microcuenca La Estancia, se agregó campos nuevos para el área y perímetro, en la tabla de atributos se aplica el comando calcular geometría donde calcula el área, este comando permitió calcular automáticamente el área de cada polígono, se procedió hacer lo mismo para el perímetro donde se pudo obtener la información de área y perímetro totales de la microcuenca ver figura 4.

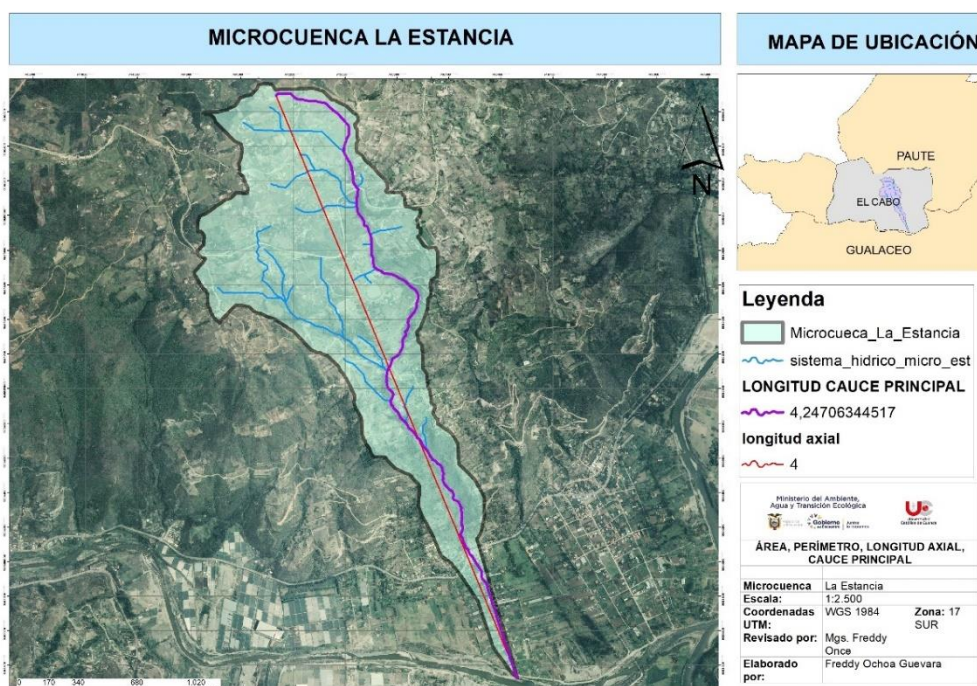


Figura 4: Área, Perímetro, Longitud axial, cauce principal.

#### **b. Desnivel altitudinal**

Para el desnivel altitudinal se calculó con la ecuación 1, la cual relaciona la diferencia de altitud.

#### **c. Longitud axial**

Se creó un *shape* capa del río La Estancia que representa el sistema de drenaje de la microcuenca, con el comando *stream length* en *Arc toolbox* se ejecutó, se seleccionó la capa de líneas como entrada y especifica la dirección de flujo de capa, se obtiene una capa de polígonos que muestra la longitud axial de la microcuenca.

#### **d. Ancho**

Para el ancho de la microcuenca se calculó utilizando la ecuación 2, la cual relaciona el área y la longitud axial

### **3.3.2 Parámetros de forma**

Se utilizó el programa *ArcGIS* especializado para evaluar parámetros de forma y las ecuaciones propuestas por Gravelius y Horton que están en las ecuaciones 3 y 4 respectivamente.

#### **e. Coeficiente de compacidad o Gravelius**

Se analizó la red de drenaje mediante el software *Arhydro*, se midió la distancia con la calculadora geométrica y el cálculo de coeficiente de compacidad a través de la ecuación 3, en el campo de tabla de atributos.

#### **f. Factor de Horton (Rf)**

Se calculó con la ecuación 4, factor de Horton, que vincula el área y el largo axial de la microcuenca, luego se implementa el modelo de infiltración de Horton.

#### **g. Índice de alargamiento (Ia)**

Calculó con la ecuación 5.

#### **h. Relación de elongación (Re)**

Se procedió a seleccionar la microcuenca, se creó el sistema de drenaje y se midió la largo mayor y mínima de la microcuenca, a partir de estos datos se aplicó la ecuación 6, para el cálculo de la razón de elongación.

### **3.3.3 Relieve**

La obtención de los parámetros de relieve en la microcuenca La Estancia, se creó una red de drenaje y datos de elevación con el programa *ArcGIS* con esos datos es posible calcular los siguientes parámetros de relieve:

#### **i. Coeficiente de Masividad**

Se calculó con la ecuación 7, coeficiente de masividad que es una señal que indica capacidad de almacenamiento de agua.

#### **j. Densidad de drenaje (Dd)**

Se procedió a establecer la densidad de drenaje, se empleó la red de drenaje y se procedió al cálculo de la longitud total de los cursos de agua con la ecuación 8.

#### **k. Pendiente media del cauce (j)**

Se identificó el cauce principal con la herramienta stream order del programa *ArcGIS*, luego se calculó la longitud del cauce con la herramienta *length* finalmente se calculó con la ecuación 9, pendiente media del cauce.

#### **l. Curva hipsométrica (ch)**

El procedimiento para generar la curva hipsométrica se reclasificó el modelo de elevación digital en intervalos específicos y el cálculo del área en cada rango, se utilizó el comando *zonal statistics* *Astable* de *ArcGIS*, la cual generó una tabla con los datos necesarios, luego se computó el porcentaje de área en cada margen de altura y se obtuvo el porcentaje acumulado para graficar la curva hipsométrica en Excel. La curva se trazó utilizando el promedio de las alturas en el eje Y, el tanto por ciento de área en el eje X (Báez, 2018).

#### **m. Orden de red hídrica**

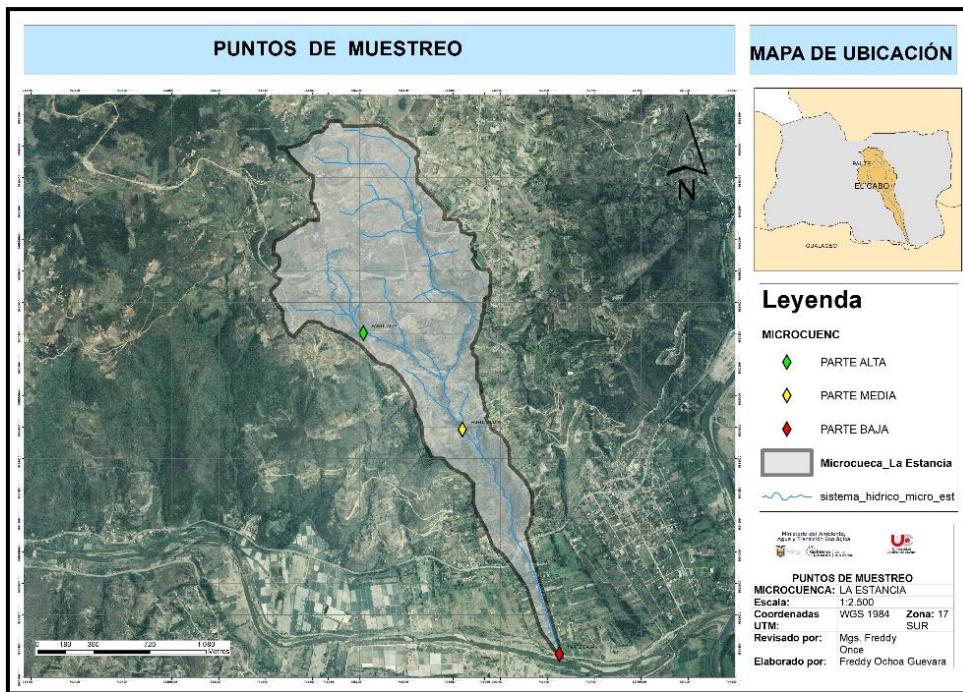
Se realizó la delimitación de la microcuenca, la información de elevación y de hidrografía, se creó una red de drenaje utilizando las herramientas *Flow accumulation* y *Flow direction* en *ArcGIS*, luego se identificó los segmentos de la red hidráulica y se les asignó un orden de función de la jerarquía de la red con la herramienta *stream order* (Castro, 2017).

### **3.4 Características socioeconómicas de la microcuenca**

Estos aspectos incluyen la percepción de la comunidad sobre el estado del medio ambiente en la microcuenca La Estancia, la encuesta se creó utilizando la plataforma de *Google Forms* para analizar diferentes aspectos de la microcuenca La Estancia. Se identificó la población objetivo, se diseñaron preguntas específicas para la encuesta ver anexo 2, la metodología usada para determinar las características socioeconómicas de la microcuenca fue la recopilación de datos socioeconómicos y ambiental como: demografía (edad, sexo, ocupación, nivel educativo), económico (fuentes de ingreso, pérdidas económicas debidos a eventos climáticos, percepción en la economía de la microcuenca), político (conocimiento de programas gubernamentales, esfuerzos del gobierno para abordar problemas ambientales de la microcuenca, medidas enérgicas del GAD parroquial del Cabo para abordar problemas ambientales presentes en la microcuenca), social (cuidado del medio ambiente, si la comunidad está informada sobre problemas ambientales de la microcuenca, participación social sobre el cuidado del ambiente y toma de decisiones para abordar problemas ambientales de la microcuenca), ambiental (problemas ambientales de la microcuenca, medidas para optimizar la pureza del agua, actividades humanas que están causando impactos negativos y la existencia de áreas de bosque protectoras de la microcuenca), lo cual fueron enviados a una aplicación de mensajería instantánea a las personas de las juntas de riego de Rumihurco de 32 personas y Bellavista de 18 personas utilizada en dispositivos móviles y se recibió la información de 50 encuestas, se analizó los datos recopilados y se interpretaron los patrones observados mediante gráficos que describen los parámetros de la muestra.

### **3.5 Calidad ecológica del río**

Se dispusieron puntos de monitoreo en las zonas alta, intermedia y baja para abarcar la diversidad de condiciones ambientales y posibles impactos a cada área, figura 5.



**Figura 5:** Puntos de muestreo.

### 3.5.1 Calidad Hidro morfológica (IHF)

La metodología que se usó para la calidad ecológica del río se basa en el protocolo CERA-S (Calidad Ecológica de los ríos Andinos). Se seleccionó una parte del río de 50 a 100 metros de longitud, en cuenca alta, media y baja (Encalada et al., 2011).

#### **a. Composición y estructura de la cobertura vegetal de la ribera.**

Se observó la estructura vegetal en cada punto de muestreo para evaluar la altura, densidad, cobertura y diversidad de la vegetación de ribera, si es un bosque de *Polylepis* o si es un bosque mixto se da una puntuación de 5. Si es una plantación de pino, eucalipto y matorral, arbustos se da una puntuación de 3, y si es un terreno de cultivos y pastos se da una valoración de 1 punto.

#### **b. Continuidad de la orilla.**

Se visualizó la continuidad de ribera en cada punto de muestreo, registrando datos sobre la estructura y condición de la ribera, como presencia de vegetación, erosión, sedimentación y, alteraciones causadas por actividades humanas. Sí hay continuidad, el valor es de 5 puntos, si presenta parches es de 3 puntos, y si presenta parches alejados en índice es de 1 punto.

#### **c. Conectividad de la vegetación de ribera con distintos elementos de paisaje.**

Se observó cada punto de muestreo para apreciar la presencia y la prolongación de la vegetación de ribera como áreas urbanas, zonas agrícolas, etc. Si la vegetación está compuesta de páramo o bosque en más del 75% el valor será de 5 puntos, si hay combinación de bosque con cultivos la puntuación será de 3, si el paisaje hay presencia de cultivos que ocupa el 50 % su puntuación será de 3 puntos, si están cerca de carreteras, viviendas se evaluará con 2 puntos y si está presente la agricultura su puntuación es 0 puntos.

**d. Presencia de basuras y escombros.**

Se observó si hay presencia de basura y escombros el valor será de 0 puntos, si hay escombros escasos será el valor de 2 puntos, sin basuras ni escombros se puntuará un valor de 5 puntos.

**e. Naturalidad del canal del río.**

Se evaluó visualmente la naturalidad de canal fluvial en cada punto de muestreo, registrando datos sobre la estructura y condición del canal, presencia de vegetación ribereña, erosión de las riberas, alteraciones en el lecho y presencia de obstáculos artificiales. Si es natural el índice sería de 5 puntos, si hay plantaciones o pasto para ganado el índice es de 3, y si está modificado por la mano del hombre el índice será de 1 punto.

**f. Composición del sustrato.**

Se evaluó visualmente la estructura del sustrato en cada punto de muestreo, según el tipo de sustrato del río, los primordiales tipos de sustrato son: piedras, cantos, bloques, arena, arcilla y lodo. Por cada uno se suma un punto.

**g. Régimen de velocidad y profundidad.**

Se evaluó diferentes velocidades y profundidades del río, si es rápido -somero 1 punto, rápido profundo 1 punto, lento -somero 1 punto, lento profundo 1 punto, si están las cuatro se sumará 1 punto al final. Las mediciones se hicieron con instrumento llamado correntímetro, se toman múltiples mediciones en diferentes puntos del río y se calculan promedios para la obtención de datos más precisos.

**h. Elementos de heterogeneidad.**

Se registraron datos sobre elementos de heterogeneidad presentes en cada punto de muestreo, se puede incluir la existencia de fuentes de contaminación, características del entorno natural, cambios en la vegetación y otros aspectos relevantes para la calidad del agua. Se suma un punto a los elementos de biodiversidad de organismos acuáticos que son las siguientes: vegetación acuática sumergida, algas, musgos y plantas.

Al finalizar, se sumaron los datos conseguidos de cada apartado para la obtención de un único valor, el cual será comparado con la siguiente escala. Si el valor se encuentra de 0 a 10, se considera que la calidad hidro morfológica del río es pésima. Si el valor se encuentra de 10 a 20, se considera que la calidad es mala. Si el valor se encuentra entre 20 a 28, se considera que la calidad es moderada. Si el valor se encuentra entre 28 y 35, se considera que la calidad es buena. Valores superiores a 35 indican una calidad excelente (Encalada et al., 2011).

**3.5.2 Calidad biológica del río (macroinvertebrados).**

Se realizó con el método cuantitativo en el hábitat, donde se levantó con la mano las piedras, hojas y troncos y se recolectaron los macroinvertebrados con pinzas de punta fina y se los depositó en recipientes con alcohol (Álvarez, 2005), ver anexo 3.

Se transportó al laboratorio del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, donde se identificó el puntaje ABI de los macroinvertebrados clasificados por colores según su categoría de tolerancia a la contaminación. Según se muestra la tabla 7, se observó que menores a 35 la calidad de agua es mala, de 35 a 56 la calidad de agua es regular, valores de 57 a 96 la calidad es buena y por último mayores a 96 la calidad es muy buena.

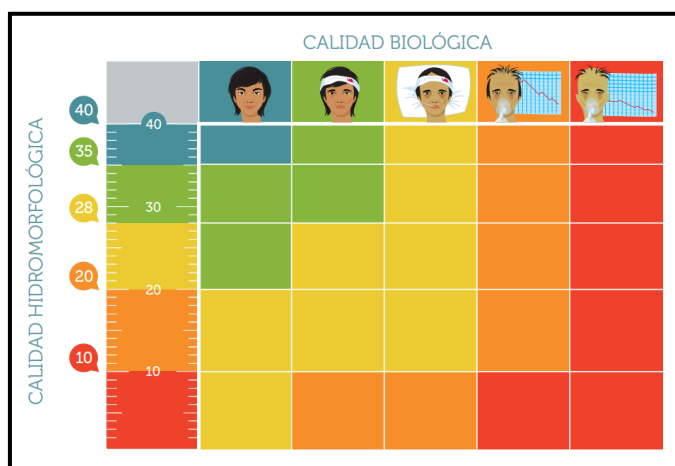
**Tabla 7:** Puntaje ABI (Índice biológico andino)

índice ABI	Calidad del agua	Color
<96	Muy bueno	Azul
57 a 96	Bueno	Verde
35 a 56	Regular	Amarillo
<35	Malo	Naranja

*Fuente: (Encalada et al., 2011)*

### 3.5.3 Composición de la calidad biológica y calidad hidro morfológico para la obtención de calidad ecológica.

Se realizó un cuadro combinatorio ver figura 6, se asignó colores para representar la calidad ecológica de río. El color azul indica una calidad excelente, el verde indica una calidad buena, el amarillo indica una calidad moderada, el naranja indica una calidad mala y el rojo una calidad pésima. Mediante el análisis detallado de cada aspecto evaluado, se identificaron áreas que se requieren mejoras para la restauración de la calidad ecológica.



**Figura 6:** Combinación de la calidad biológica y calidad hidro morfológico.

*Fuente: (Encalada et al., 2011)*

## 3.6 Parámetros de calidad hídrica, físico, químicos, biológicos con la metodología de Brown (ICA).

### 3.6.1 Recolección de la muestra.

Las muestras de calidad del agua se efectuaron un monitoreo en abril (época de lluvia) y un monitoreo en julio (época seca) del año 2023. Para la toma de muestras y el estudio se consideró con la Norma Técnica Ecuatoriana Calidad del Agua (Agencia de Regulación y Control del Agua del Ecuador, 2022): técnicas de muestreo, se recomienda llenar completamente los envases para examinar los parámetros físicos, químicos y biológicos y taparlos adecuadamente con el fin de evitar la presencia de aire en la muestra, se restringe la interrelación entre la fase gaseosa y el movimiento durante el transporte, lo que impide alteración de dióxido de carbono (INEN, 2013).

### 3.6.2 Parámetros in-situ del río La Estancia.

En el área de estudio, se identificaron diversos parámetros in situ, como el pH, y el cambio de temperatura, oxígeno disuelto.

#### a. pH.

El proceso para evaluar el pH (potencial hidrógeno) se utilizó el multiparamétrico flexi HQ30d, proporcionado por la Universidad Católica de Cuenca, ver anexo 4, los resultados se registraron junto con la ubicación y la hora de muestreo.

Si el pH tiene un valor inferior o igual a 2, el sub<sub>2</sub> se asigna el valor de 2; si el pH es mayor o igual a 10, el sub<sub>2</sub> se asigna un valor de 3. En caso de que el pH esté entre 2 y 10 se debe examinar la valoración del eje de abscisa (X), ver figura 7, y se conecta al valor en el eje de las ordenadas (Y), este valor localizado es el sub<sub>2</sub> para pH y se multiplica por el peso w<sub>2</sub> (SNET, 2018).

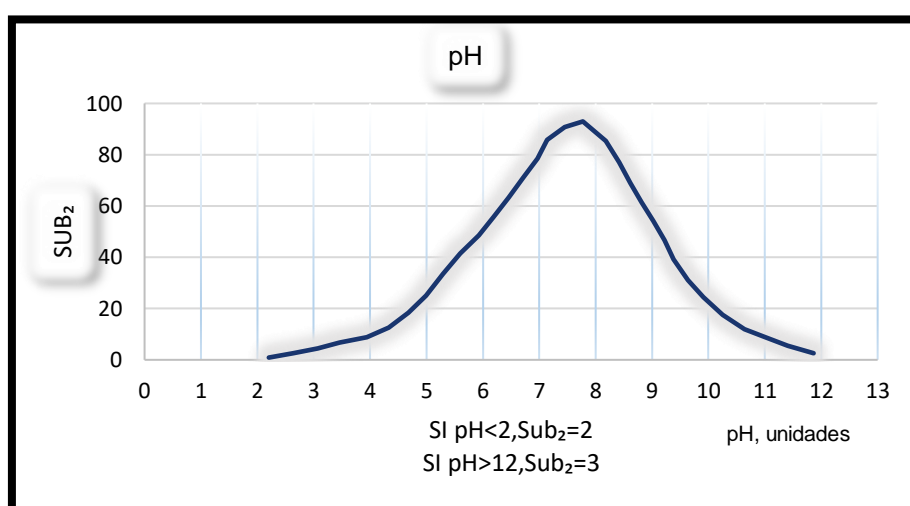


Figura 7: Evaluación el nivel de calidad de agua según el pH.

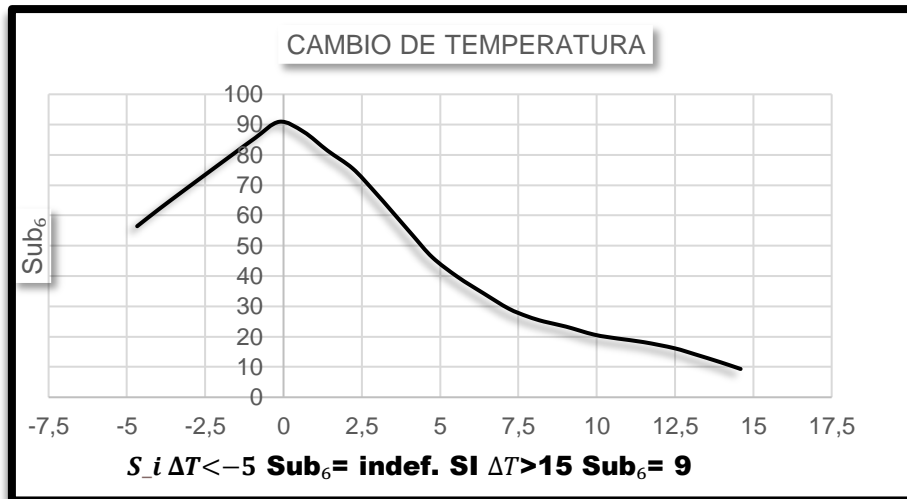
#### b. Cambio de temperatura.

La variación de la temperatura, se midió la temperatura con el multiparamétrico de marca flexi HQ 30d, ver anexo 5, también se midió la temperatura del ambiente, con estos resultados se obtiene el cambio de temperatura, se calculó con la ecuación 10, se registraron los datos correspondientes, se analizó las mediciones en comparación con los estándares establecidos, interpreto los resultados considerando factores geográficos y estacionales, finalmente se evaluó la calidad del agua basándose en los datos recopilados.

$$\text{Cambio de temperatura} = \text{temperatura agua} - \text{temperatura ambiente.} \quad (10)$$

**Ecuación 10:** Cambio de temperatura

Para calcular el subíndice 6 para el parámetro de cambio de temperatura, inicialmente se compromete restar la temperatura ambiental con la encontrada de la muestra y utilizar ese valor resultante para determinar Sub<sub>6</sub>. Si la diferencia es mayor a 15 grados centígrados, el Sub<sub>6</sub> es 9, si la diferencia es menor a 15 grados centígrados, se busca el valor correspondiente en la figura 8 y se intercala en el eje de las ordenadas (Y) para la obtención del valor Sub<sub>6</sub> que se eleva al peso w<sub>6</sub>.

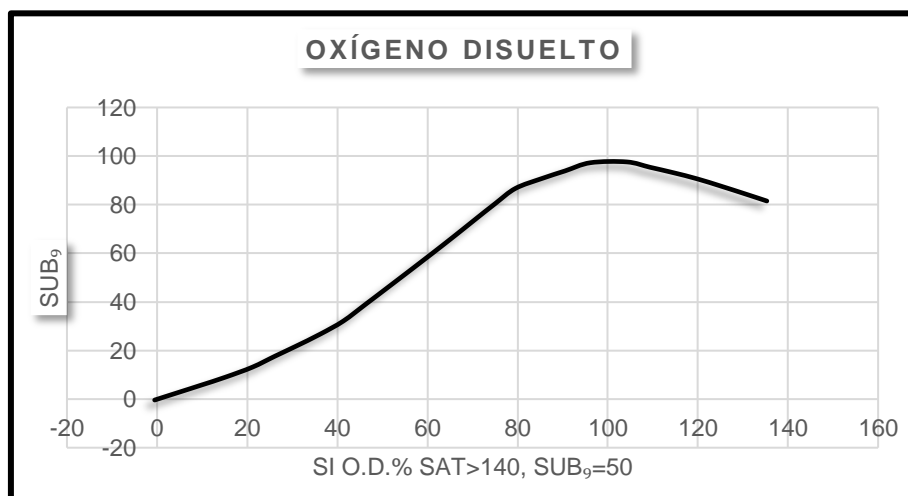


**Figura 8:** Evaluación el nivel de calidad de agua según la temperatura.

**c. Oxígeno disuelto.**

Se seleccionaron los puntos de muestreo representativo, la medición directa con el multiparamétrico HQ 30d, se registraron los datos obtenidos, se comparó con los estándares establecidos para la verificación de la calidad del agua.

El cálculo del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en el agua para determinar la equivalencia del parámetro de oxígeno disuelto. Este cálculo implica la identificación del valor de nivel de oxígeno disuelto máximo correspondiente a la temperatura del agua como se en el anexo 6. Se determina primero calculando la proporción de saturación del oxígeno diluida en el agua, a partir del valor de saturación de oxígeno disuelto según la temperatura del agua. Si el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es superior a 140% el valor del  $\text{Sub}_9$ , se considera igual a 47. Si el valor medido se encuentra por debajo del 140% se busca el valor en la figura 9, utilizando el eje (X) y se interpola el valor correspondiente en el eje (Y). El valor hallado se considera el  $\text{Sub}_9$  de oxígeno disuelto y se eleva al peso  $w_9$  (SNET, 2018).



**Figura 9:** Evaluación el nivel de calidad de agua según el oxígeno disuelto.

### 3.6.3 Análisis de calidad de agua del río La Estancia.

#### d. Coliformes fecales.

Se preparó 16,6 gramos de medio de cultivo Ec BROTH, ver anexo 7, en 450 ml de agua destilada, se ubicó el caldo en el Erlenmeyer 450 ml de agua destilada, se calentó un mechero hasta que el medio y se disuelva el agar nutritivo. Se colocó en la estufa por 40 minutos a 121 °c, se enfrió en una malla metálica por dos horas a temperatura ambiente, se aplicó 10 ml de caldo Ec Broth a los 45 tubos con sus respectivas campanas de Durham que se dividen: 15 tubos para los tubos 1/10, 15 tubos para 1/100 y 15 tubos para 1/1000 para los tres puntos de monitoreo parte alta, media, baja. En los tubos 1/10 se coloca 10 ml de las muestras, en los tubos 1/100 se coloca 1 ml de las muestras, en los tubos 1/1000 se coloca 0,1 ml de las muestras, se saca las burbujas de aire dentro de las campanas. Se colocaron en la incubadora a 44,5 °c por 24 horas, pasado el tiempo se saca de la incubadora y se procede a contar los tubos y por último se vio en la tabla, ver anexo 8, para la generación de los valores (Navarro, 2007).

En el caso de que los niveles de coliformes fecales sean superiores a 100,000 bact/100 ml, el valor asignado el  $Sub_1$  es 3. Por otro lado, si los niveles son menores, es necesario buscar la cifra correspondiente en el eje de abscisas (X), ver figura 10 y luego se intercala el valor en el eje de las ordenadas (Y). El valor resultante es el valor  $Sub_1$  para los coliformes fecales, el cual debe ser elevado al peso  $w_1$  (Caicedo & Pérez, 2021).

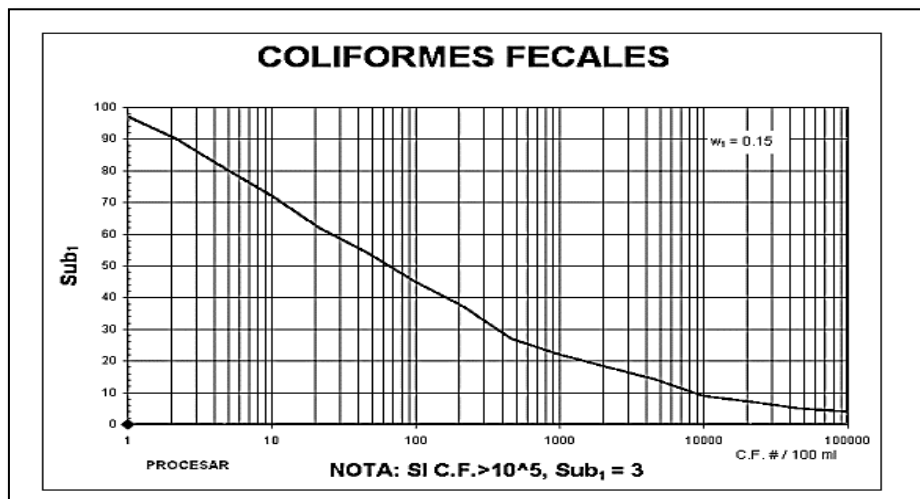


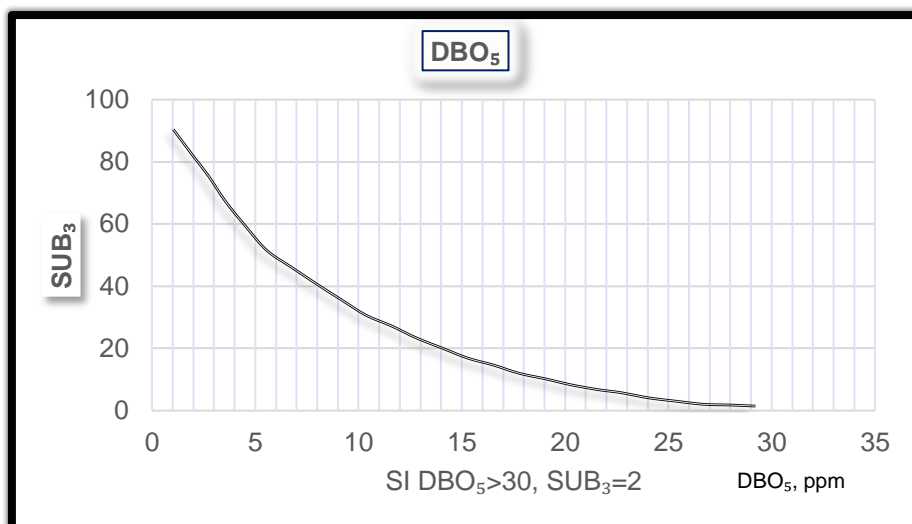
Figura 10: Evaluación el nivel de calidad de agua según coliformes fecales.

Fuente:(SNET, 2018)

#### e. DBO<sub>5</sub>

Para determinar el DBO<sub>5</sub> se colocaron las muestras de agua en tres probetas, se añadió 464 ml de cada muestra y se ubicaron en las botellas ámbar. Se etiquetaron las 3 botellas, luego se añadió un agitador magnético a cada uno, luego una envoltura de BO<sub>2</sub> respirométrico, se coloca 0,5 ml de inhibidor de nitrato, y en los capuchones se introdujeron 2 píldoras de hidróxido de potasio (KOH), por último, se las colocó en el equipo marca HACH BOADTrak II, ver anexo 9, a una temperatura controlada durante 5 días, la información proviene del equipo (Salinas, 2022).

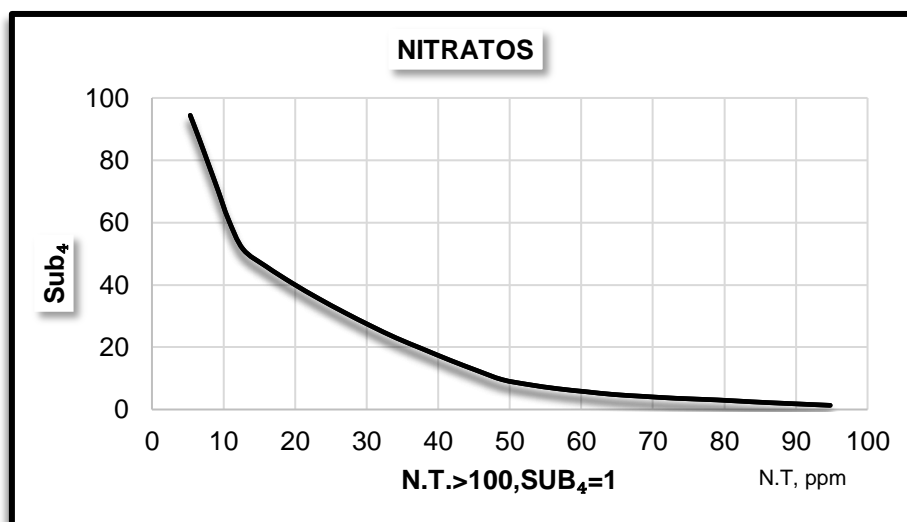
El proceso para estimar la calidad del agua incluye el cálculo del tercer subíndice ( $Sub_3$ ), si el valor de DBO<sub>5</sub> es menor a 30 mg/L, se interpola el valor correspondiente de un gráfico y usarlo como el valor de  $Sub_3$ . Al final, el valor de  $Sub_3$  se multiplica por el peso  $w_3$ , ver figura 11.



**Figura 11:** Evaluación el nivel de calidad de agua según DBO<sub>5</sub>

**f. Nitratos.**

Se añadió 10 ml de agua a los tubos de ensayo de las tres muestras con un pipeteador, mediante la agitación, se diluyó un sobre de reactivo de nitrato en los tubos de ensayo, se dejó reposar 5 minutos, por último, se manejó el equipo de espectrofotometría HACH DR/1900, ver anexo 10, para medir los niveles correspondientes de nitratos (Duchi, 2022). El proceso para estimar la calidad del agua incluye el cálculo del tercer subíndice (*Sub*<sub>3</sub>), si el valor de *DBO*<sub>5</sub> es menor a 30 mg/L, se interpola el valor correspondiente de un gráfico y usarlo como el valor de *Sub*<sub>3</sub>. Al final, el valor de *Sub*<sub>3</sub> se multiplica por el peso *w*<sub>3</sub>, ver figura 12.



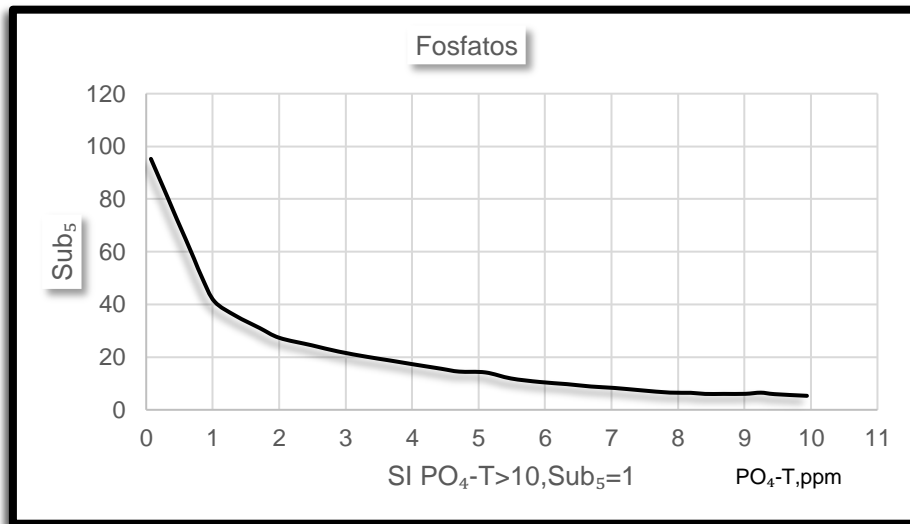
**Figura 12:** Evaluación el nivel de calidad de agua según los nitratos.

**g. Fosfatos.**

Se añadió 12 ml de agua a los tubos de ensayo de las muestras con la pipeta, se diluyó un sobre de fosfatos, se reposo durante 5 minutos se llevó al espectrofotómetro HACH DR/1900 para la medición de los niveles correspondientes de fosfatos (Blas, 2019).

Se describe el proceso para determinar el quinto subíndice en el cálculo de la calidad, si la densidad de Fosfato es superior a 10 mg/L, es 5, si la concentración de fosfato es inferior a 10 mg/L, se busca

el valor correspondiente, ver figura 13, y se utiliza como valor de  $Sub_5$ , finalmente el valor  $Sub_5$  se eleva al peso  $w_5$  (SNET, 2018).

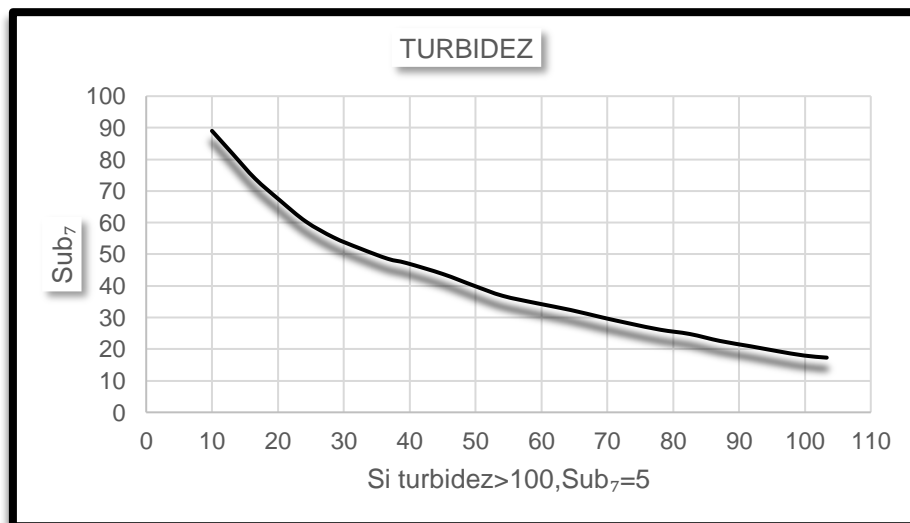


**Figura 13:** Evaluación el nivel de calidad de agua según los fosfatos.

**h. Turbidez.**

Se calibró el equipo de turbidímetro de marca HACH/2100Q, ver anexo 11, usando estándares de referencia con valores de turbidez conocidos, se ocupó una muestra de 10 ml de agua en los tubos de ensayo por cada ubicación, y luego se introdujeron los recipientes en el turbidímetro para realizar las mediciones respectivas (Azario et al., 2004).

Para el calcular el séptimo subíndice en el sondeo sobre la calidad del agua. Si la turbidez superior a 100 FAU, entonces el valor de  $Sub_7$  es equivalente a 5, en el caso de que la turbidez sea inferior de 100 FAU, se debe encontrar el valor correspondiente de la figura 14 interpolando entre los valores del eje (X) e (Y), el valor del  $Sub_7$  de la turbidez y se eleva al peso  $w_7$  (Caicedo & Pérez, 2021)



**Figura 14:** Evaluación el nivel de calidad de agua según la turbidez

### i. Sólidos disueltos totales.

Las muestras se filtraron para eliminar sólidos suspendidos utilizando filtros de porosidad, por otro lado, se necesitaron 3 cápsulas y se puso en la estufa un cuarto de hora a 105 ° c, ver anexo 12. En seguida se coloca cada cápsula en el desecador por 15 minutos, pasado el tiempo se pesan las tres cápsulas. Se colocan de 5 a 10 ml de muestra a cada uno, se coloca en la estufa a 105 °c por dos horas, se inserta cuarto de hora en el desecador y finalmente se pesan las cápsulas, se aplicó la ecuación 11, de sólidos disueltos totales (IDEAM, 2020)

$$\frac{Pf - P_0}{v} = mg / L \quad (11)$$

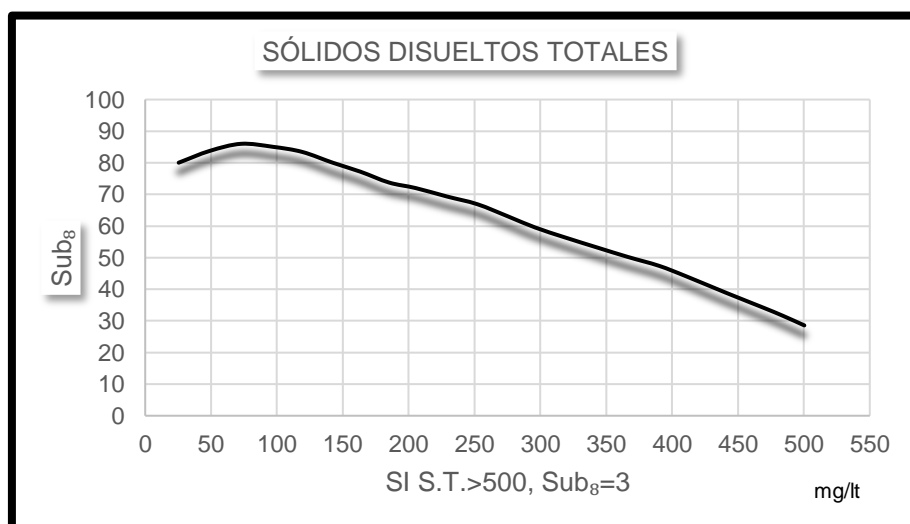
**Ecuación 11:** Sólidos disueltos totales

Pf=peso final, es el peso total de la muestra de agua y los sólidos después del proceso de evaporación y secado.

Po= peso inicial, es el peso de la muestra de agua antes de realizar el proceso de secado y evaporación.

V= volumen de la muestra.

En la evaluación de la calidad de agua, si los sólidos disueltos totales superan los 500 mg/L, el valor del subíndice<sub>s</sub> es de 3, en caso contrario, se examina el valor en el eje (X), ver figura 15 y se combina para obtener el dato correspondiente en el eje (Y), Este dato obtenido se utiliza como el Sub<sub>s</sub> y se ejecuta elevar al peso w<sub>s</sub>.



**Figura 15:** Evaluación el nivel de calidad de agua según los sólidos disueltos totales.

### 3.6.4 Fórmula para la valoración del ICA.

La operación del índice de calidad de agua (ICA) requirió la obtención de datos precisos de los nueve parámetros que son: Coliformes fecales (NMP/100 ml), Cambio de temperatura (grados centígrados), Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO<sub>5</sub> en mg/L), Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/L), Nitratos (NO<sub>3</sub> en mg/l), Oxígeno disuelto (OD % saturación), pH (unidades de pH), Sólidos disueltos totales(mg/L), Turbidez (FAU).

El autor Brown desarrollo técnicas metodológicas de ponderación multiplicativa y asignación de pesos específicos para la evaluación numérica del ICA, la suma lineal ponderada de los subíndices (ICA a) ecuación 12. Y una función ponderada multiplicativa (ICAm), ecuación 13, se utiliza para cálculo de índice de Brown.

Ambas agregaciones se expresan matemáticamente con las siguientes fórmulas:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (S \cup b_i \times W_i) \quad (12)$$

**Ecuación 12:** Suma lineal ponderada

Índice de calidad ponderado que es la sumatoria de los subíndices de los parámetros por los pesos relativos, ver tabla 8.

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (S \cup b_i^{w_i}) \quad (13)$$

**Ecuación 13:** Función ponderada multiplicativa

Índice de calidad de agua geométrico que es el subíndice de cada parámetro elevado a la potencia de su peso relativo, tabla 8.

### 3.6.5 Pesos relativos.

**Tabla 8:** Peso relativo.

<b>i</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO <sub>5</sub>	0.10
4	Nitrato	0.10
5	Fosfato	0.10
6	Cambio de Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno disuelto	0.17






**Fuente:**(SNET, 2018).

### 3.6.6 Clasificación del ICA propuesta por Brown.

Según se muestra en la tabla 9, el índice de calidad se basó en la medición y evaluación de parámetros fisicoquímicos, informando sobre la calidad física y química del agua y detectando contaminantes y otros factores que podían afectar la salud del ecosistema acuático.

El índice de calidad de categoría buena revela que el agua tiene una capacidad adecuada para sustentar vida acuática y permite el contacto directo. Si el ICA es regular, aumenta el crecimiento de algas, lo que disminuye la diversidad acuática. Una ICA de categoría mala indica que el agua tiene problemas de contaminación y la vida acuática es baja. Si el ICA es pésimo, una cantidad reducida de seres vivos que habitan en el agua puede sobrevivir en esas condiciones y no es apta para funciones que impliquen relación continua, como el pasatiempo o el consumo humano (León, 2014).

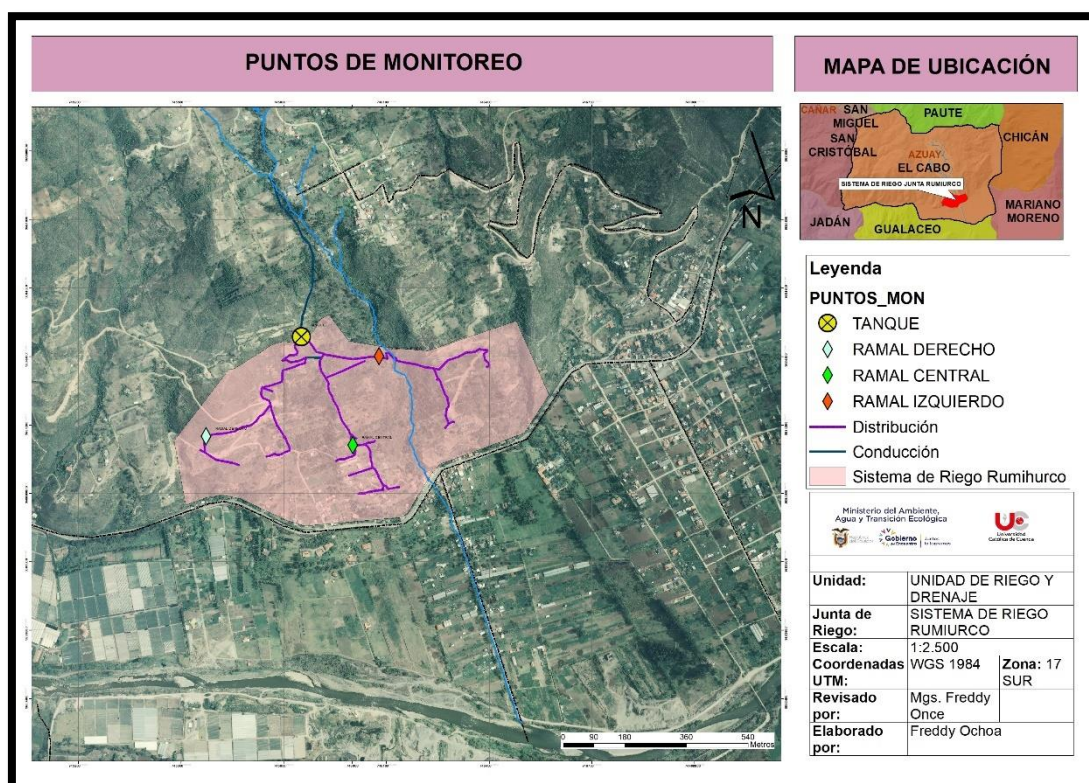
**Tabla 9:** Clasificación del ICA

Calidad del agua	color	valor	Según el criterio
Excelente		91 a 100	No contaminada
Buena		71 a 90	Aceptable
Regular		51 a 70	Poco contaminada
Mala		26 a 50	Contaminada
Pésima		0 a 25	Altamente contaminada

FUENTE: (Chuqui & Manzaba, 2021).

### 3.7 Análisis de calidad del agua del sistema de riego

Se definieron 4 puntos de monitoreo, ver figura 16, en el área de servicio del sistema de riego: el primer punto en la conducción principal tanque, el segundo punto en el ramal derecho, el tercer punto en el ramal central y cuarto punto en el ramal izquierdo.



**Figura 16:** Puntos de monitoreo del sistema de riego Rumihurco.

Se recolectaron una muestra en cada punto de cada mes en los periodos comprendidos entre abril y mayo, así como una muestra de cada punto en los meses de junio y julio del año 2023, se consideraron diversos aspectos los parámetros físicos, químicos y biológicos: sulfatos ( $so_4^{-2}$ ), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), nitritos (Ni),

coliformes fecales(UFC), demanda química de oxígeno (DQO) sólidos disueltos totales (TDS), nitratos ( $NO_3$ ) para la zona de riego de Rumihurco, las muestras puntuales son tomadas cada 25 días por un lapso de 4 meses. En el laboratorio las técnicas analíticas que se utilizaron fueron: la cromatografía, la espectroscopia, la titulación. Y los parámetros in situ serán analizados con un multiparamétrico. Los mismos que se compararon con el acuerdo ministerial, donde regula la calidad del recurso hídrico para riego y consumo humano en Ecuador, regulación de la calidad de agua para riego está decretada en la resolución número 010 del consejo nacional de recursos hídricos(Libro IX del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente., 2015)

### **3.7.1 Parámetros in-situ del sistema de riego.**

Realizó el mismo procedimiento para determinar parámetros de pH y oxígeno disuelto que se encuentra en el subtítulo 3,6,2 en el literal a y c, menos el parámetro de conductividad eléctrica. Por lo tanto, se ha optado un enfoque estandarizado que permite obtener resultados comparables y coherentes a lo largo de la investigación.

#### **a. Conductividad eléctrica.**

Se usó el equipo multiparamétrico de marca flexi HQ 30d, se repiten las mediciones para obtener valores promedios confiables, los resultados se cotejaron con los límites válidos establecidos en la normativa.

### **3.7.2 Método de análisis en el laboratorio de calidad de agua del sistema de riego.**

Se cumplieron los mismos procedimientos metodológicos descritos anteriormente para coliformes fecales, nitratos, sólidos disueltos totales en el subtítulo 3.6.3 en los literales d, f, i respectivamente, menos los parámetros de nitritos, sulfatos y demanda química de oxígeno.

#### **b. Nitritos.**

En el procedimiento de detección de nitratos, se agregó 10 ml de agua a los tubos de ensayo de las muestras utilizando un pipeteador, luego, se disuelve un sobre de reactivo de nitritos en los tubos de ensayo mediante agitación y se permite que repose durante 5 minutos. Finalmente, se utiliza el espectrofotómetro HACH DR/1900 para medir los niveles de nitratos correspondientes.

#### **c. Sulfatos.**

Se prepararon los reactivos y equipos necesarios, se calibra los instrumentos de medición, la preparación de muestras de agua, las soluciones de reactivo, se utiliza el equipo de espectrofotometría, la comparación de las lecturas de absorbancia con una curva de calibración y el registra los datos conseguidos.

#### **d. Demanda química de oxígeno.**

En el proceso de determinación de la demanda química de oxígeno se utilizan los siguientes materiales viales para rango bajo, probetas, termo reactor. Primero se encendió el termo reactor hasta alcanzar  $150^{\circ}C$ , cada vial de muestra fue identificado y se retiró su tapa, para luego agregar 2 ml de muestra utilizando un pipeteador, después de agregar la muestra, se colocan las tapas en los viales y se agita con precaución, los viales fueron colocados al termo reactor a una temperatura constante de  $150^{\circ}C$  durante un periodo de dos horas, pasadas las horas se apagó el termo reactor y se permitió que los viales se enfríen, finalmente se realizaron las lecturas de los viales utilizando el espectrofotómetro portátil DR/1900, utilizando selección de lectura DQO de mínima categoría, este procedimiento permitió obtener los valores DQO de las muestras de agua analizadas brindando información sobre la carga orgánica.

### **3.8 Metodología de la propuesta del plan de manejo ambiental**

Se refiere a la metodología participativa que involucra conocimientos, actitudes y costumbres, que se rigen a las personas que viven en la microcuenca, ver anexo 13, mediante charlas, talleres, salidas de campo con la participación de la comunidad de la zona (Pineda & Barajas, 2018). También se utilizó la guía metodología en la gestión participativa de las microcuencas de las “Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación” (FAO), que comprenden: (Bassi, 2007).

#### **3.8.1 Planificación participativa.**

Se propuso el plan de manejo ambiental, mediante: objetivos, acciones, estrategias y programas, que necesiten la microcuenca. Los programas que integran el plan de manejo ambiental para la implementación de mejoras en la microcuenca La Estancia. Estas medidas se han diseñado teniendo en cuenta la viabilidad de su implementación, los programas incluidos son:

##### **a. Plan de prevención y mitigación de impactos PPM.**

Implica un proceso de identificación, evaluación y abordaje de los impactos negativos de la microcuenca. Esto se realiza a través de la priorización y diseño de medidas para eludir y aminorar dichos impactos.

##### **b. Plan de seguridad y salud ocupacional PSS.**

La diligencia de medidas preventivas, asignación de roles y responsabilidades, capacitación y la creación de un plan de emergencia y monitoreo constantes.

##### **c. Plan de comunicación y capacitación PCC.**

Identificar métodos de capacitación más idóneos para atender las necesidades identificadas, estas opciones pueden abarcar la organización de talleres de capacitación.

##### **d. Plan de relaciones comunitarias PRC.**

Diseño de estrategias eficaces para involucrar a las partes interesadas clave en el proceso de toma de decisiones y la ejecución de acciones a través de la participación comunitaria. Estas estrategias pueden abarcar la convocatoria de reuniones comunitarias, consultas públicas, la creación de espacios de diálogo y colaboración para facilitar la interacción y la colaboración.

##### **e. Plan de contingencias PDC.**

Elaboración de estrategias de respuesta y acciones específicas para enfrentar cada riesgo identificado, implica establecer protocolos de emergencia, asignar roles, identificar los recursos necesarios, desarrollar planes de evacuación y coordinar con las autoridades competentes.

#### **3.8.2 Planificación para la implementación y seguimiento.**

Establecimiento de componentes de evaluación y alcance para medir la efectividad del progreso de las acciones de manejo ambiental que serán planteados a futuro. El programa a seguir es:

##### **a. Plan de monitoreo y seguimiento PMS.**

Consistió en establecer un proceso sistemático para evaluar y supervisar los aspectos ambientales. Esto implica identificar los parámetros a monitorear, seleccionar métodos adecuados, evaluar los resultados para mejorar la gestión. El plan busca obtener información que permita tomar decisiones informadas y realizar ajustes necesarios en la microcuenca.

# CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Características físicas de la microcuenca La Estancia.

#### 4.1.1 Geomorfología.

En la figura 17, la microcuenca La Estancia muestra un 7% de terrazas bajas con áreas de sedimentación más bajas a lo largo del río, se formaron antes por la deposición de sedimentos en periodos de crecidas y presentan una elevación inferior a las terrazas altas y su composición se compone de sedimentos finos como arcillas, limos, arenas transportadas por el flujo de río. Un 92% de la microcuenca presenta vertientes cóncavas, que son relieves con pendiente más empinada al descender desde la cima. La formación de estas vertientes se debe a la acción de procesos de erosión y transporte de sedimentos. El agua de lluvia y el flujo superficial desgastan y retiran material en las partes superiores, mientras que los sedimentos se depositan en las áreas inferiores. En cuanto a la vertiente irregular con 1% de la microcuenca, en esta área, encontramos laderas o pendientes de terreno que muestran variaciones y discontinuidades en su perfil longitudinal. Estas características son el resultado de varios factores como la erosión diferencial, movimientos de masa y acción del agua (Torres, 2014).

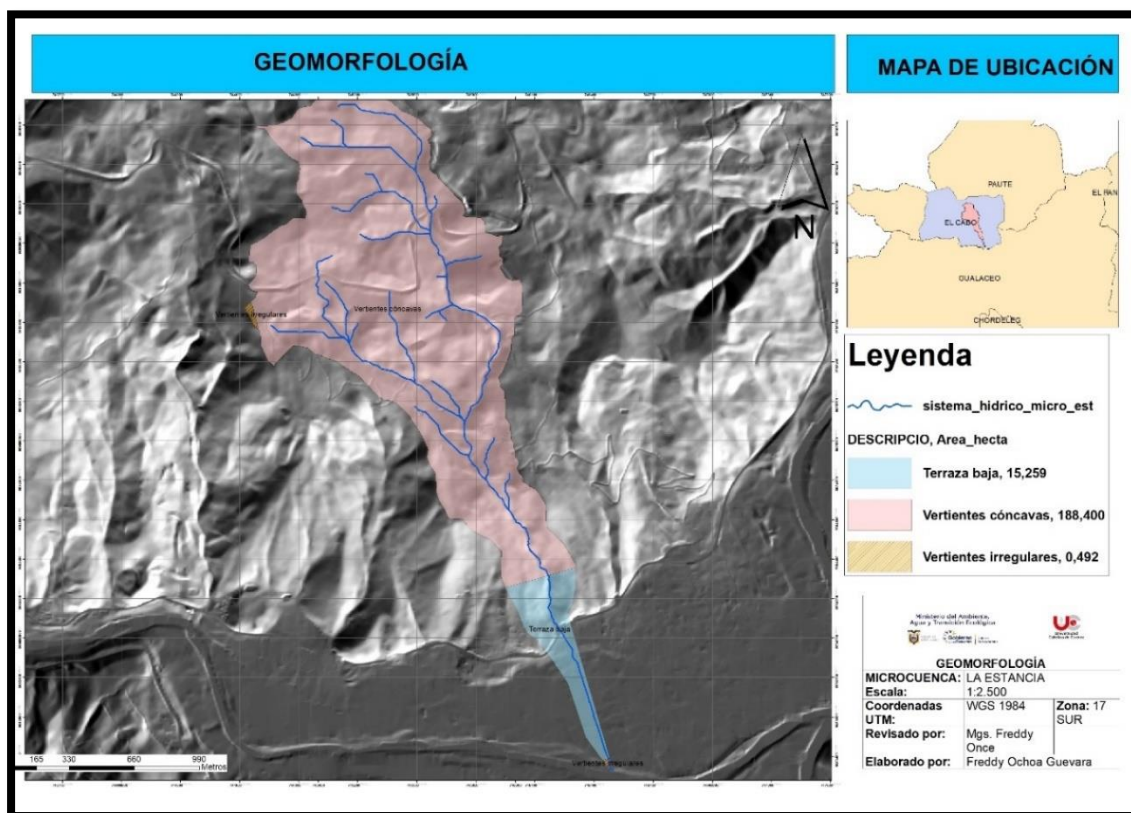


Figura 17: Geomorfología de la microcuenca La Estancia

#### a. Procesos erosivos.

En la figura 18, existen diferentes procesos hídricos, en primer lugar, un 19% corresponde a cárcavas, las cuales se forman por acción erosiva del agua en laderas y pendientes, se presentan como surcos o canales profundos a grado que el agua se arrastra y desgasta el suelo. Un proceso laminar con un 71%, se refiere a un tipo de erosión uniforme y suave donde se remueve una delgada

capa de suelo o material superficial de manera homogénea debido al flujo de agua, lo que genera surcos poco profundos conocidos como microsuros. Y un 10% de la figura no presentan procesos erosivos.

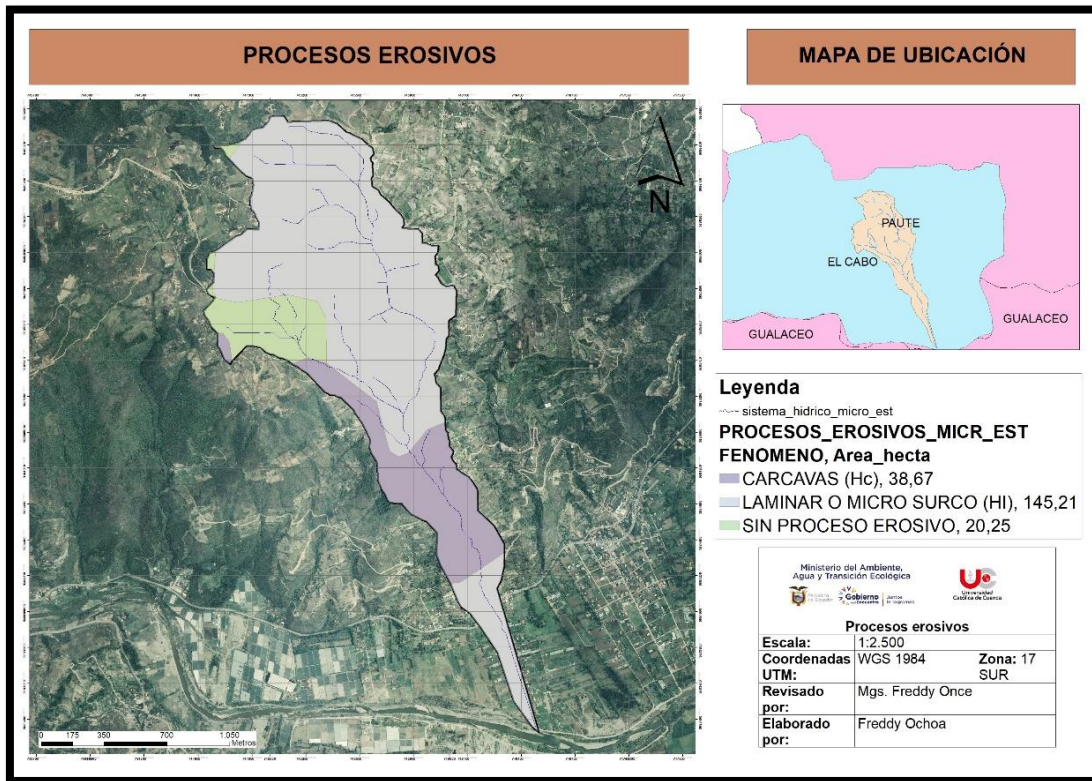


Figura 18: Procesos erosivos.

**b. Pendientes.**

En la microcuenca La Estancia, he observados que las pendientes varían de la siguiente manera, ver figura 19:

Un 0,1% de la zona presenta pendientes muy suaves de 0 a 5%, con 0,1678 hectáreas disponibles para cualquier tipo de actividad agrícola. Un 0,3% de la microcuenca tiene pendientes suaves de 5 a 12%, con 0,5902 hectáreas, aquí es posible llevar a cabo actividades de mecanización agrícola con ciertas limitaciones y sin dificultades para el riego. Un 0,4% de la zona se caracteriza por pendientes medias de 12 a 25%, ocupando 0,8939 hectáreas, en esta área, existen limitaciones para la mecanización agrícola y problemas con el riego. Un 0,4 de la microcuenca presenta pendientes de media a fuerte de 25 a 40%, cubriendo 0,7753 hectáreas, aquí, los desafíos en cuanto al riego son significativos debido a dificultades y riesgos de erosión hídrica. Un 27% de la zona muestra pendientes fuertes de 40 a 70%, ocupando una extensión de 54,533 hectáreas, es esta área, la mecanización agrícola se vuelve inviable debido a problemas recurrentes de erosión y deslizamiento. Y el 72 % de la microcuenca tiene pendientes muy fuertes de 70 a 100% cubriendo una extensión de 147,1820 hectáreas, aquí, las actividades agropecuarias se vuelven inviables o impracticables (Cordero, 2013).

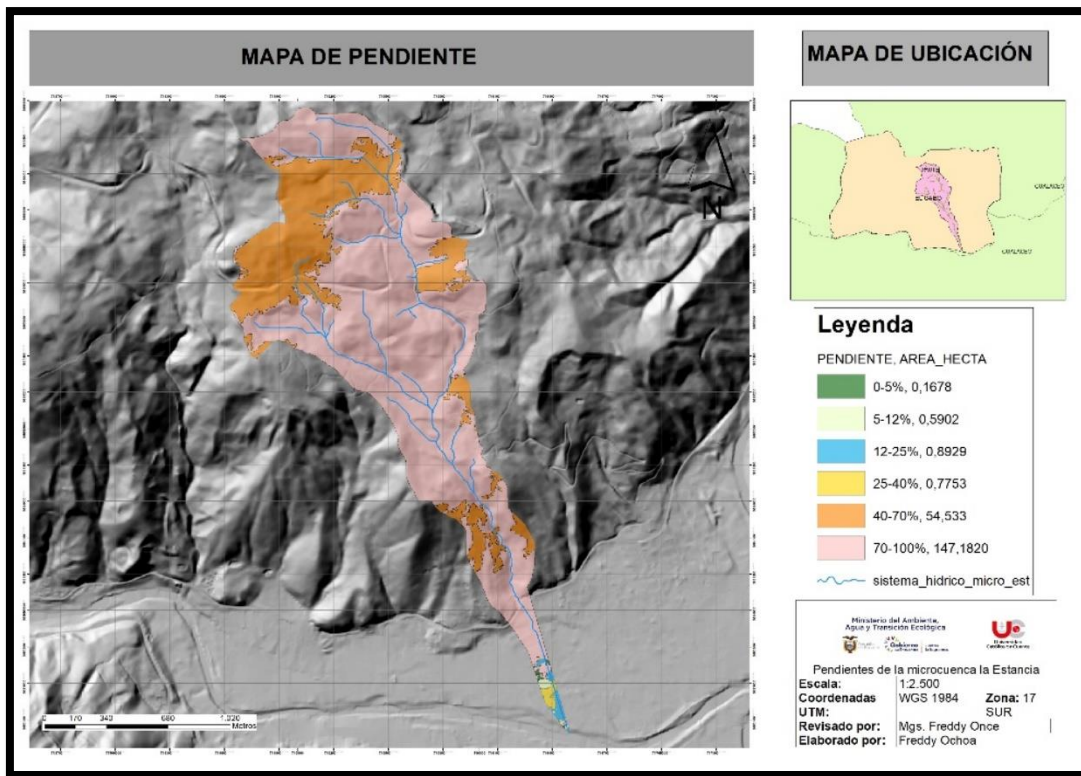


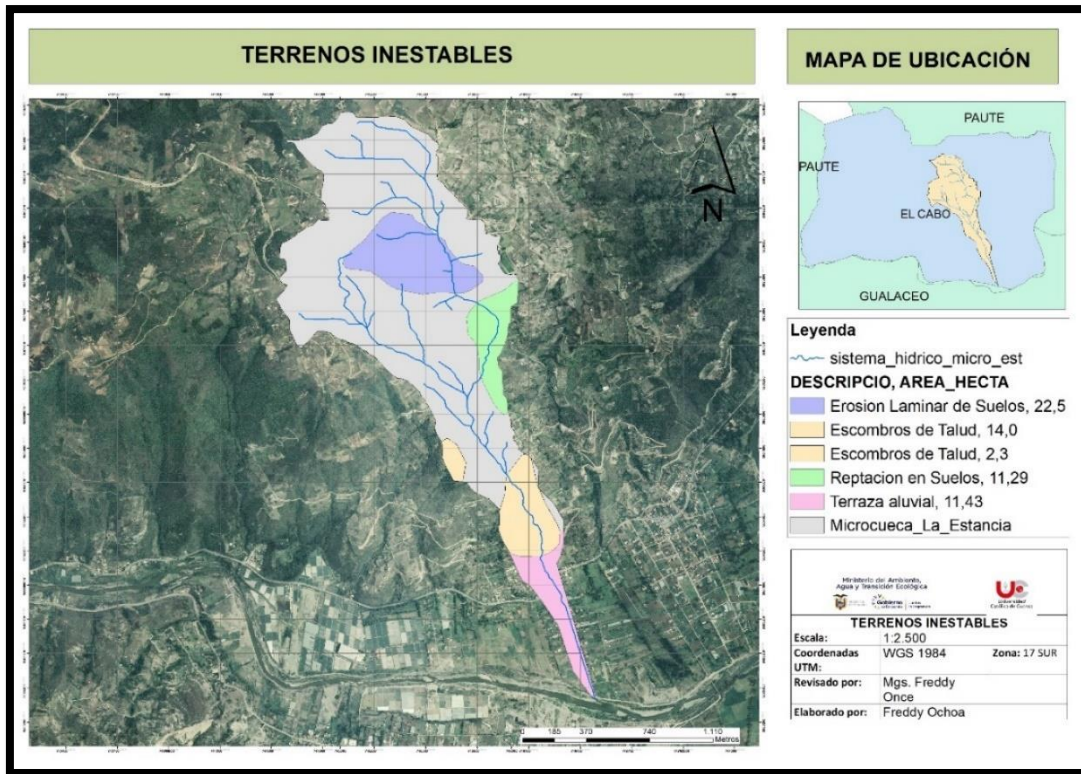
Figura 19: Mapa pendientes.

#### 4.1.2 Geología.

##### a. Terrenos inestables.

En la figura 20, se han notado cambios significativos en las áreas de erosión y estabilidad del terreno:

Un 11% corresponde a erosión laminar, abarcando una extensión de 22,5 hectáreas, este tipo de erosión ocurre en la superficie terrestre cuando la capa superficial del suelo se desprende y se transporta debido a la fuerza de la lluvia, especialmente en áreas con pendientes suaves y moderadas, los efectos adversos incluyen la pérdida del suelo fértil, la degradación de hábitats naturales y la contaminación del agua. Un 8% son escombros de talud, ocupando una extensión separada de 16,3 hectáreas, estos son materiales desprendidos como: fragmentos de rocas, suelos y sedimentos que se han deslizado desde la parte superior del talud, lo que indica inestabilidad del terreno y representan un riesgo para las estructuras cercanas. Un 5,5 % muestra reptación de los suelos, con una extensión de 11,29 hectárea, este fenómeno geológico se refiere al desplazamiento lento del suelo debido a la gravedad, la inclinación del terreno y la humedad, con el tiempo, este desplazamiento gradual puede ocasionar cambios en la forma y posición de la superficie terrestre. Un 6% corresponde a terrazas aluviales, ocupando 11,43 hectáreas, elevadas a lo largo del valle fluvial, formadas por los sedimentos como arena, grava, arcilla y limo que son depositados en el río La Estancia en periodos de mayor actividad. El 70 % restante no presenta ninguna área inestable (Arteaga, 2011).



**Figura 20:** Terrenos inestables.

**b. Esquema geológico.**

En la figura 21, he identificado varios cambios en los esquemas geológicos la microcuenca:

El 14,7 corresponde a depósitos coluviales, ocupando una extensión de 29,99 hectáreas, estos depósitos se forman en la base de pendientes inclinadas por la gravedad donde se acumulan sedimentos y material suelto, con peligros como deslizamiento de tierra y movimientos de masa. Un 51,4% representa formación Saraguro con una extensión de 104,84 hectáreas, esta formación se origina de actividad volcánica produciendo una variedad de materiales volcánicos como lavas, piroclastos. Un 25,9 % son rocas meta volcánicas San Francisco, con una extensión de 52,94 hectáreas. Estas rocas están compuestas principalmente por rocas meta volcánicas que se alternan con filitas, rocas con alto contenido de grafito y rocas carbonáceas, se estima que tienen una edad del periodo cretácico con una extensión de 52,94 hectáreas (Navarrete, 2018).

Un 0,44 % depósito de terraza, con una extensión de 0,9 hectáreas, se refiere a la acumulación de sedimentos como grava, arena, limo. Un 4% depósito aluvial con una extensión de 9,04 hectáreas. Y un 3% no existe ningún esquema geológico identificado en la zona.

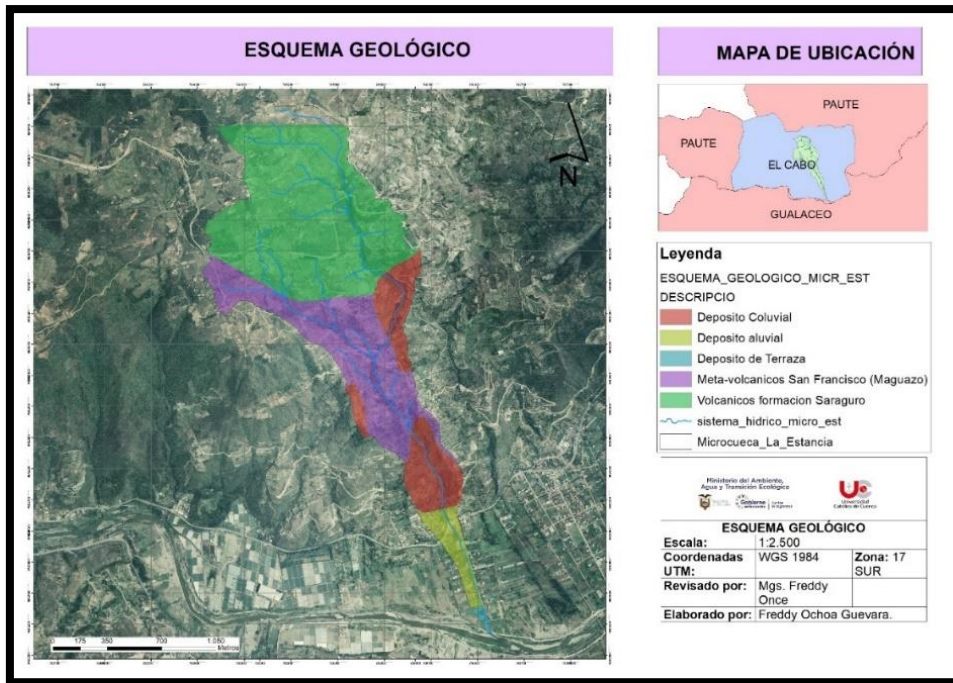


Figura 21: Esquema geológico.

#### 4.1.3 Cobertura vegetal.

##### a. Mapa de ecosistemas.

En la figura 22, se encontró que la región de estudio está cubierta por Bosque Seco Montano, no se identificaron otros tipos de ecosistema significativos dentro del área analizada, lo que sugiere que el ecosistema es dominante en la región (Odeplan, 2001).

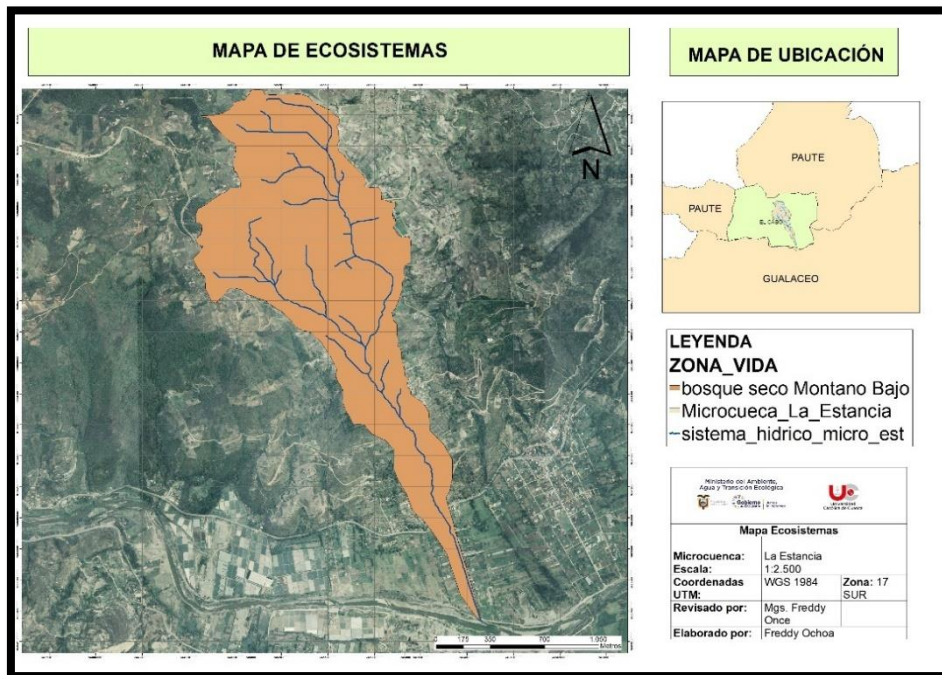


Figura 22: Mapa de Ecosistemas.

### b. Cobertura vegetal del suelo.

En la figura 23 puede observar que hay cambios significativos en la distribución de la cobertura del suelo en la microcuenca La Estancia.

Un 0,3% de la superficie son centros poblados, ocupando una extensión de 0,534 hectáreas, representan asentamientos dentro de la microcuenca. Los cultivos ocupan un 12,4 % con una extensión de 25,43 hectáreas, esta área indica la presencia de tierras agrícolas. Un 85,2 % del área se clasifica como mosaico alude la existencia de una variedad de vegetación distribuidas irregularmente en la superficie del suelo donde se forman parches, y este patrón puede ser resultado de diferentes factores como la variabilidad del suelo, topografía, la interacción entre diferentes especies vegetales. Un 0,2 % de la superficie está cubierta por pastos con una extensión de 0,5 hectáreas. En cuanto al suelo descubierto, representa el 1% del área con una extensión de 2,77 hectáreas. Y 1% de vegetación leñosa con una extensión 1,06 hectáreas, indica la presencia de vegetación arbustiva en la microcuenca (Arteaga, 2011).

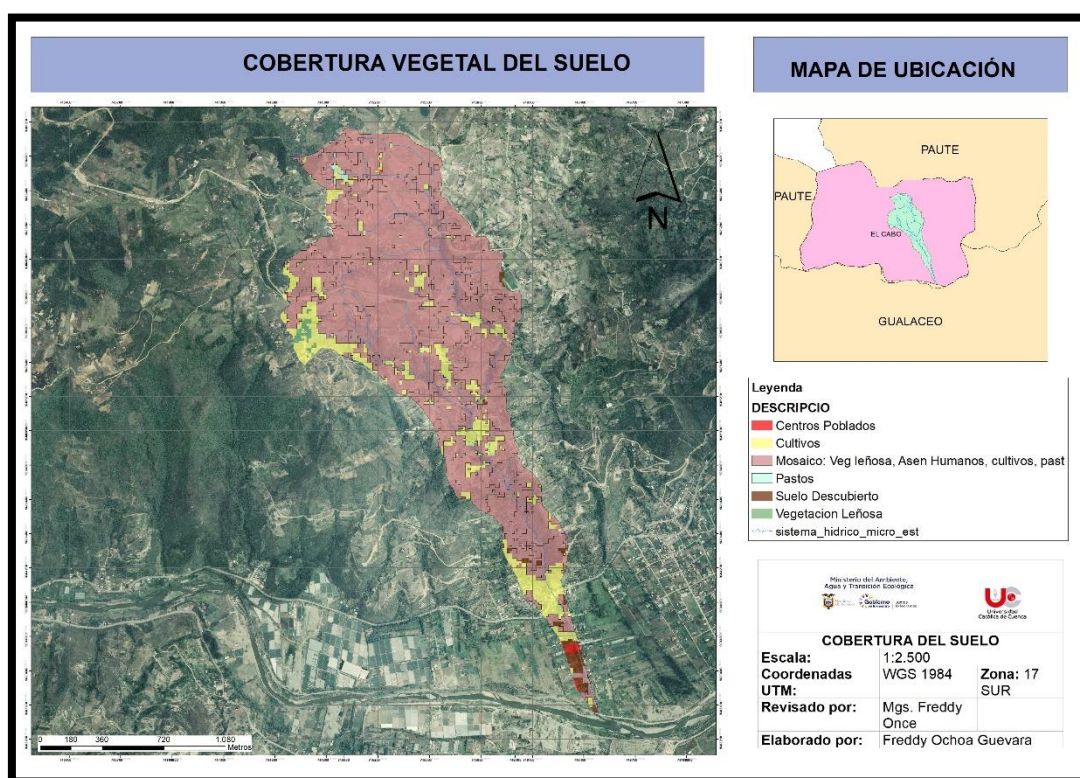


Figura 23: Cobertura vegetal del suelo.

### 4.1.4 Clima.

#### a. Temperatura.

La microcuenca tiene un rango de temperatura mínima de 13 °C y superior de 20 °C, la distribución de rango de temperatura varía de manera inversamente proporcional a la altitud en toda la microcuenca, lo que crea diferentes estratos térmicos relacionados con los pisos bioclimáticos (Donoso, 2002).

#### 4.1.5 Uso del suelo.

##### a. Cultivo de pendientes.

En la figura 24, se vieron cambios notables en la distribución de pendientes y los cultivos de la microcuenca La Estancia. Un 4,8% de la superficie corresponde a pendiente mayor a 50% ocupando una extensión de 9,76 hectáreas, estas áreas presentan condiciones desfavorables del terreno, como la erosión y riesgo de deslizamientos. Y un 8,5% de la superficie está dedicada a cultivos en pendiente menor a 50% con una extensión de 17,25 hectáreas con escenarios más favorables para su desarrollo, el acceso y la maquinaria agrícola se ven menos limitada, lo que facilita las labores agrícolas y reduce el riesgo de erosión del suelo y deslizamientos, permite una mejor distribución de agua y nutrientes, promoviendo un crecimiento más saludable de los cultivos (Pacheco & Sellers, 2008).

##### b. Centros poblados.

Los centros poblados que se ubican internamente en la microcuenca son Bellavista y Rumihurco figura 24, estos lugares tienen un impacto significativo en el desarrollo de la microcuenca, por un lado, las actividades humanas llevadas a cabo pueden tener efectos perjudiciales en la calidad de agua y los ecosistemas acuáticos de la microcuenca, por otro lado, estos dos centros poblados son los principales proveedores de servicios y actividades económicas en la zona, brindando acceso a recursos y oportunidades a la población local (Instituto Geográfico Militar, 2010).

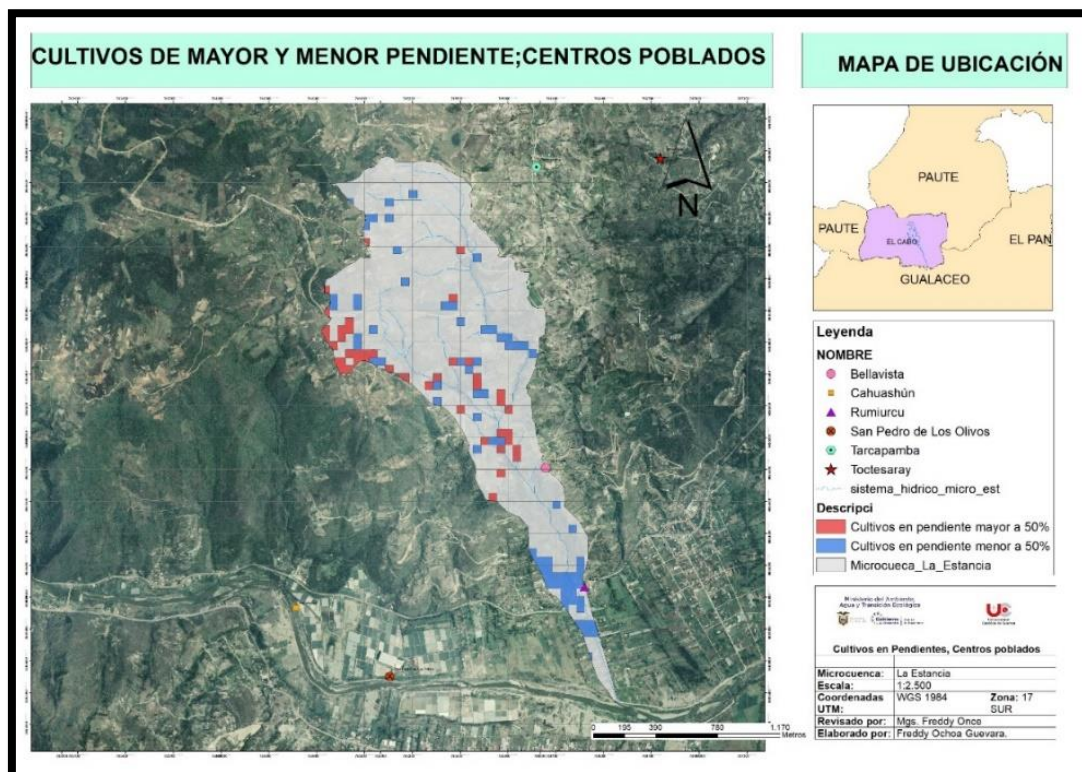


Figura 24: Cultivos de mayor y menor pendiente, centros poblados.

## 4.2 Características morfométricas

### 4.2.1 Parámetros generales.

Estos resultados se basan en las fórmulas y análisis de datos y la colección de información específica de la microcuenca La Estancia.

En la tabla 10 se presentan datos de los parámetros generales de la microcuenca el área de la microcuenca La Estancia es de 2,014  $Km^2$ , esta información proporciona una medida cuantitativa del tamaño geográfico de la microcuenca, lo cual es relevante para comprender su alcance y extensión.

El perímetro es de 9,59 km, que es una medida cuantitativa que representa la longitud total de la línea que establece los límites la microcuenca. La longitud axial de la microcuenca es de 4 kilómetros, que representa la distancia medida a lo largo del eje central principal. La longitud del río principal es de 4,24706 km, que representa la extensión total del río principal que atraviesa la microcuenca. El ancho es de 0,51 km. La altura máxima de la microcuenca es de 2995 msnm y la altura mínima es de 2215 msnm y la media de las dos es de 2605 msnm. El desnivel altitudinal es de 780 msnm.

Al comparar la microcuenca La Estancia con la microcuenca de San Francisco en el cantón Gualaceo (Zhica, 2020) es más grande, tiene una forma alargada y un relieve pronunciado, lo que influye en su comportamiento hídrico y su función como drenaje natural para área extensa. En contraste, la microcuenca La Estancia es más pequeña, tiene una forma más simple y un relieve menos pronunciado, lo que implica un comportamiento más controlado, ambas microcuencas son valiosas desde el punto de vista ambiental, la gestión adecuada de estas áreas es esencial en la preservación de la calidad de agua y el equilibrio ecológico.

**Tabla 10:** Parámetros generales, de la microcuenca La Estancia.

Parámetros generales	Unidad de medida	Resultados
Área total de la microcuenca	$Km^2$	2,0414
Perímetro de la microcuenca	Km	9,59
Longitud axial de la microcuenca	Km	4,00
Longitud del río principal	km	4,24706
Ancho promedio de la cuenca	km	0,51
Altura máxima	msnm	2995
Altura mínima	msnm	2215
Altura, media de la microcuenca	msnm	2605
Desnivel altitudinal	msnm	780

#### 4.2.2 Parámetros de forma.

En la tabla 11 se presentan los resultados de los parámetros de forma de la microcuenca, el coeficiente de compacidad o Gravelius de la microcuenca La Estancia es de 1,879, se identifica en la tabla 1 que es de clase 4, donde la forma de la microcuenca es alargada. El factor de Horton es de 0,13 por tanto es muy alargada, tiene una menor susceptibilidad a las crecientes en cotejo con una microcuenca de igual área, pero con un factor de forma superior. El índice de alargamiento de la microcuenca La Estancia es de 7,84, que es altamente alargado como se identifica en la tabla 3, un valor alto en el índice de alargamiento sugiere que la microcuenca tiene una mayor longitud que su ancho, lo que indica una forma alargada en lugar de una forma más circular o redonda. La relación de elongación es de 0,379 que sería menor a 1 lo que significa que tiene una forma alargada, mientras que un valor cercano a 1 sugiere una forma más cercana a círculo.

Los parámetros de forma de la microcuenca señalan su inclinación hacia la conservación, su menor vulnerabilidad ante crecientes, su configuración alargada en comparación con otras microcuencas

en el área de Paute, estas características tienen relevancia en la proyección y administración de los recursos hídricos y medioambientales de la microcuenca, así como en la implementación de acciones de conservación y protección de los ecosistemas presentes en ella.

Con respecto a la microcuenca del río San Francisco del cantón Gualaceo con la microcuenca La Estancia tienen una forma alargada, lo que puede afectar su comportamiento hídrico y relación con el medio ambiente, ambas microcuencas muestran valores altos de índice de alargamiento y coeficiente de compacidad, lo que indica que tienen mayor longitud que su ancho, esto influye en el flujo del agua, formación de cursos de aguas y la disponibilidad del recurso hídrico.

**Tabla 11:** Parámetros de forma de la microcuenca La Estancia.

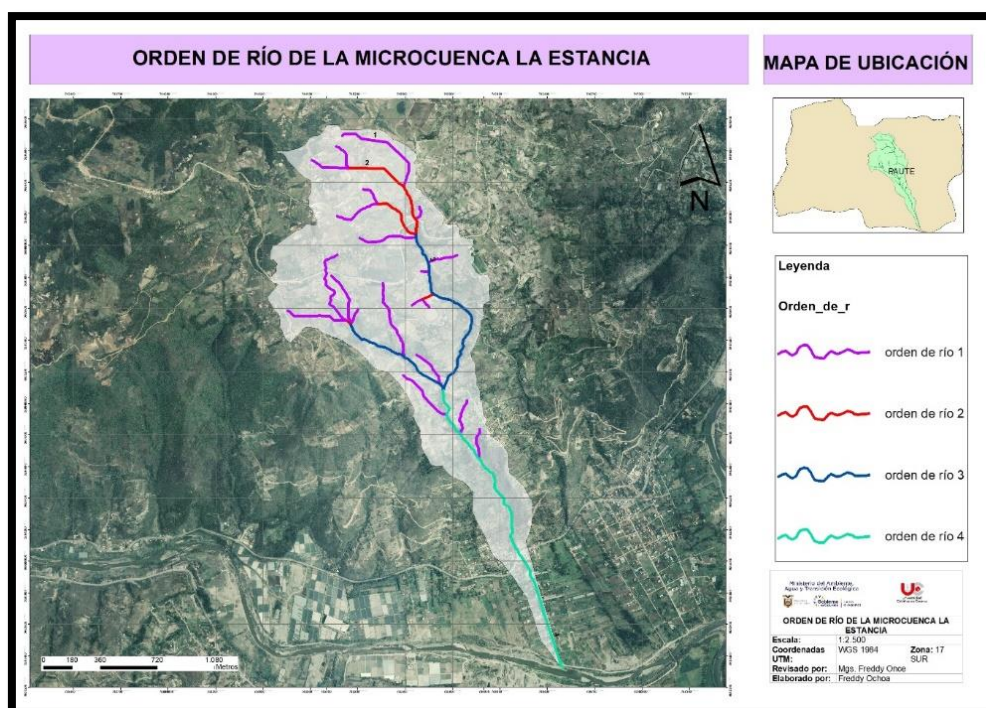
<b>Parámetros de forma</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>
Coefficiente de compacidad o Gravelius	Adimensional	1,879
Factor de Horton	Adimensional	0,13
Índice de alargamiento	Adimensional	7,84
Relación de elongación	Adimensional	0,379

#### **4.2.3 Parámetros de relieve.**

En la tabla 12 se presentan los resultados: relieve de la microcuenca, el coeficiente de masividad de la microcuenca la Estancia fue 0, indicando que el relieve es muy montañoso, ver tabla 4, parámetros de relieve. Con la densidad de drenaje de 9,797, ver tabla 5, tiene alta tendencia a la escorrentía y erosión, lo que puede atribuirse a la presencia de un relieve montañoso que dificulta el transporte y a la acumulación de sedimentos. Además, se observó una alta densidad de drenaje, lo que indica una mayor propensión a la erosión y a la escorrentía. La pendiente media del cauce es de 183 %, por tanto, la tipología del terreno es muy escarpada, como se muestra en la tabla 6, lo que puede resultar en una mayor erosión y transporte de sedimentos a lo largo del cauce, lo que requieren medidas apropiadas para controlar la erosión y mitigar los impactos negativos asociados. La orden de red hídrica es de cuarta orden como se ve en la figura 25, lo que implica la presencia de cursos de agua principales formados por la confluencia de arroyos de tercer orden. De orden uno con 5,5 km, el de orden dos 1,7 km, de orden tres 1,9 km, de orden cuatro 2 km, esta estructura jerarquía indica un sistema fluvial desarrollado con arroyos de distintas longitudes y tamaños, lo que ayuda comprender la configuración, el funcionamiento de la red fluvial, identificar los cursos de agua principales, su relación con los afluentes y su identificación.

Se distingue por presentar un relieve montañoso, una fuerte tendencia hacia la erosión del suelo y el aumento de escorrentía y una estructura jerárquica en su red fluvial, estas características enfatizan la importancia de aplicar medidas adecuadas para conservar el agua y gestionar el suelo, con el propósito de reducir los efectos negativos asociados al relieve y asegurar un manejo sustentable de los recursos hídricos (Zhica, 2020).

Al comparar con la microcuenca del río San Francisco de Gualaceo y la microcuenca La Estancia presentan diferencias significativas en su pendiente media del cauce principal y coeficiente de masividad, la microcuenca de San Francisco tiene una pendiente empinada y un terreno montañoso, mientras que la microcuenca La Estancia muestra una pendiente mucho más pronunciada y un terreno escarpado, estas diferencias influyen en su comportamiento hídrico y erosión del terreno, ambas microcuencas tienen alta densidad de drenaje, indicando mayor tendencia a la erosión y escorrentía.



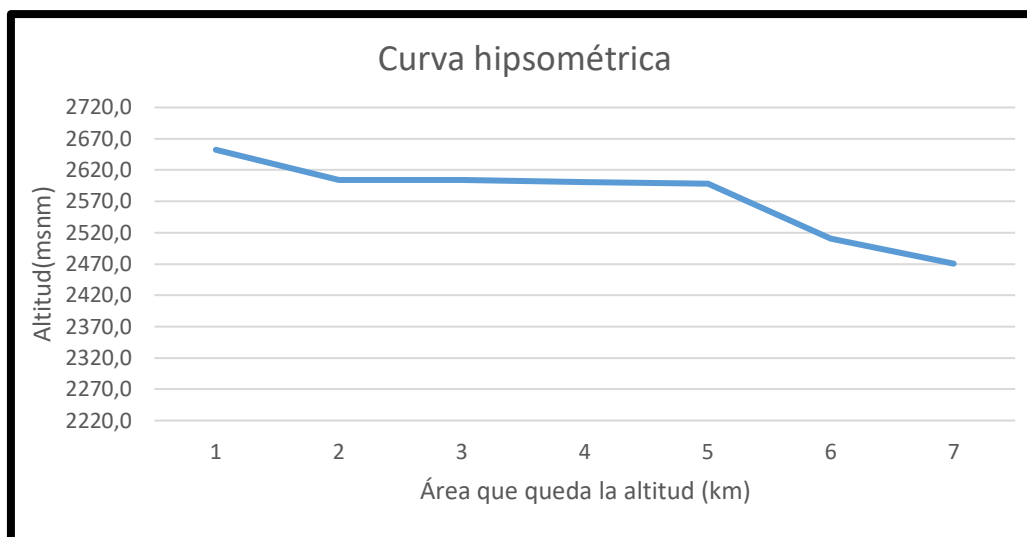
**Figura 25:** Orden de red hídrica.

**Tabla 12:** Parámetros de relieve de la microcuenca La Estancia.

Parámetros de relieve	Unidad de medida	Resultado
Coefficiente de Masividad	Km	0
Densidad de drenaje	Km	9,797
Pendiente media del cauce	%	183,656
Orden de red hídrica	Adimensional	4 orden

La curva hipsométrica de la microcuenca La Estancia es curva B, ver figura 1. Esta curva indica que la microcuenca está en un estado de equilibrio y en una fase de madurez.

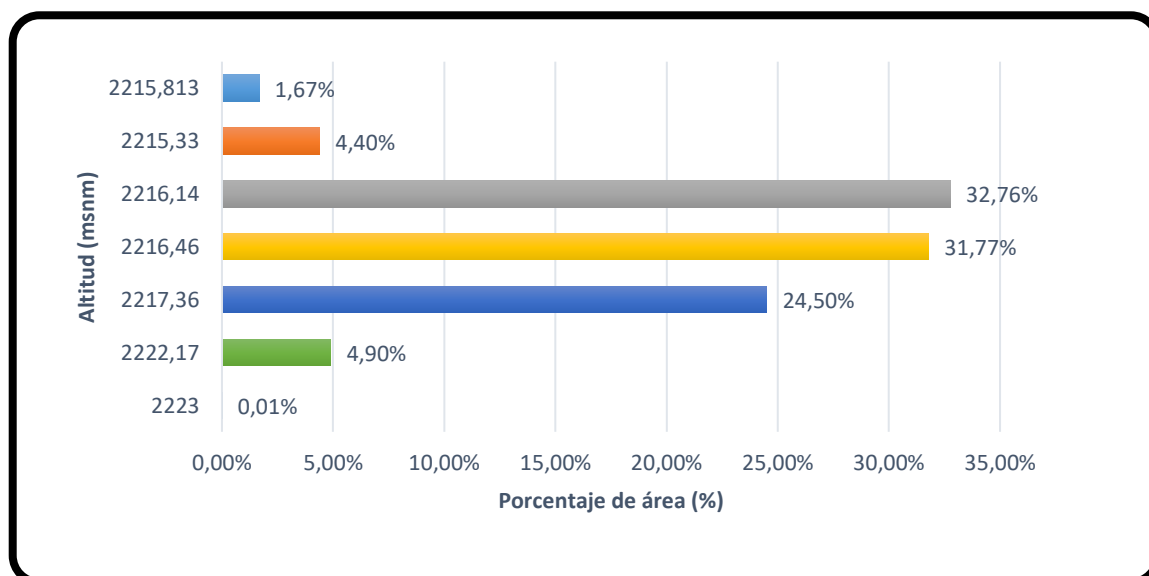
Tiene la forma suave y convexa, ver figura 26, refleja una distribución altitudinal equilibrada en la microcuenca lo que ha experimentado procesos de erosión y desarrollo a lo largo del tiempo. Estos resultados son relevantes para comprender la evolución, condición vigente de la microcuenca y la conservación en el área de estudio.



**Figura 26:** Curva hipsométrica.

Para el polígono de frecuencias de altitudes se generó y se identificó patrones y tendencias en la distribución altitudinal, como la concentración en rangos específicos o una distribución uniforme, ver figura 27.

Se aprecia un porcentaje de área de altitud superior de 2216 a 2217 msnm con un 32,76 % y 31,77% respectivamente, luego encontramos con un 24,50 % en el rango de altitud de 2217 msnm, con un 4,90 % en un rango de altitud de 2222 msnm, con 4,4% en el rango de altitud de 2215 msnm, con un 1,67% en un rango de altitud de 2215 msnm y por último con 0,001 % en el rango de altitud de 223 msnm, ver anexo 14.



**Figura 27:** Polígono de frecuencias.

### 4.3 Características socioeconómicas de la microcuenca

#### 4.3.1 Aspectos demográficos.

##### a. Edad de la población

Los resultados obtenidos, ver figura 28, reflejan la proporción de edades dentro de la población encuestada en la microcuenca, se observa una distribución equitativa en los grupos de edad de 15 a 35 años, mientras se registra una disminución gradual en los grupos de mayor de edad, estos datos son elementales para entender la estructura demográfica de la población en estudio y podrían tener implicaciones significativas en la planificación y desarrollo.

Al comparar estos datos con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PDOT (Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia El Cabo, 2014) con la microcuenca La Estancia que está dentro de su territorio, se sugiere que el mayor porcentaje de edad de la población se encuentra un grupo de edad joven entre 15 y 35 años.

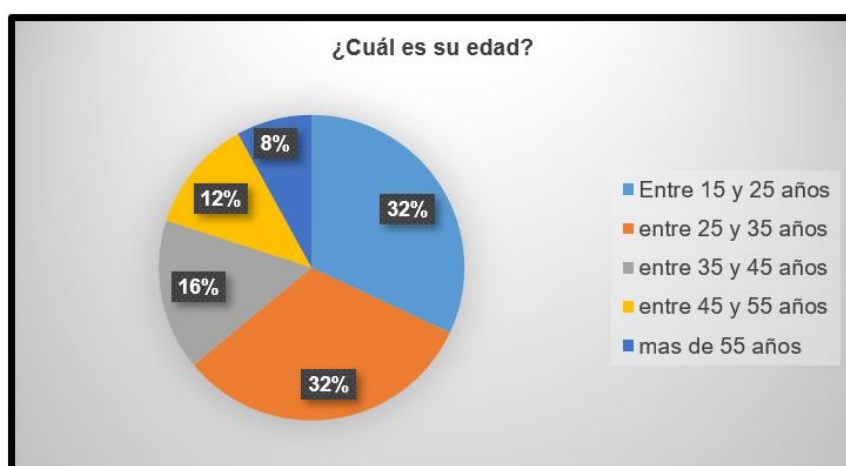


Figura 28: Distribución de edades de la población de la microcuenca.

##### b. Sexo.

Los datos obtenidos indican que el 48% de los encuestados son hombres, mientras que el 52% son mujeres, estos datos indican una proporción relativamente de género en la población de la microcuenca estudiada ver figura 29. Al comparar estos datos (Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia El Cabo, 2014) con la microcuenca La Estancia que está dentro de su territorio, sugiere que en ambos casos hay una mayor parte de población femenina.

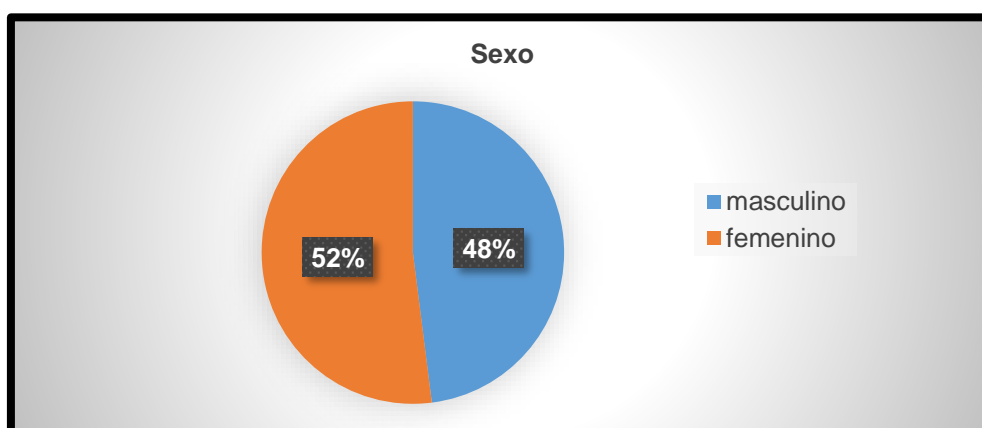


Figura 29: Proporción de sexos de la microcuenca.

### c. Nivel educativo.

Las derivaciones de la encuesta indican que el 38% de los encuestados tienen educación superior, seguido por un 32% con educación secundaria, un 22% con educación primaria y un 8% que no cuentan con ningún nivel educativo formal ver figura 30.

Al comparar estos datos con el PDOT (Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia El Cabo, 2014) con la microcuenca La Estancia que está dentro de su territorio, sugiere que no tiene relación, esto se debe a que los números de las encuestas no son lo suficiente para contemplar la realidad del nivel educativo de la parroquia del Cabo.

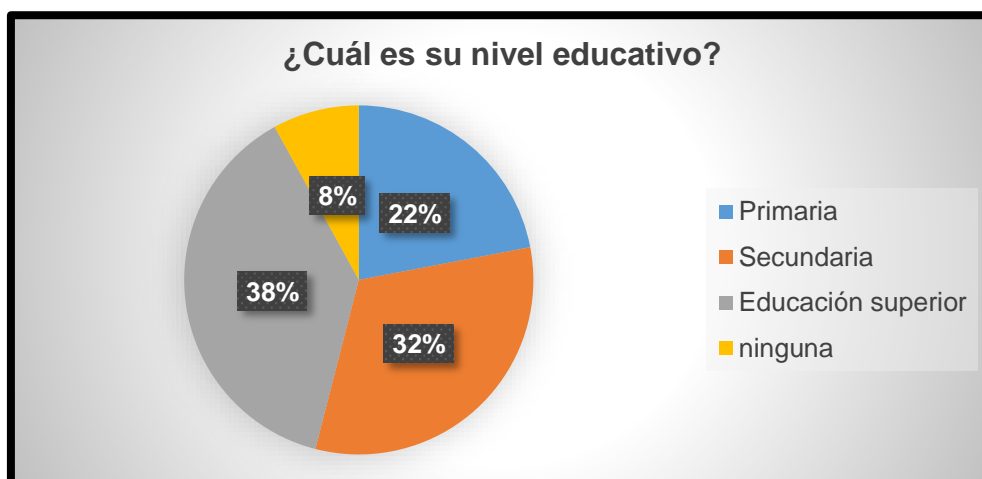


Figura 30: Nivel educativo de los habitantes de la microcuenca.

### d. Ocupación.

Los resultados de la encuesta, ver figura 31, señalan que el 34% de los encuestados se identifican como trabajadores independientes, el 24% estudiantes, el 18% empleados del sector privado, el 12% no trabajan y el 10% empleados públicos, estos datos reflejan la diversidad de ocupaciones presentes en la microcuenca.

Al comparar estos datos con el PDOT de la parroquia El Cabo (Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia El Cabo, 2014) con la microcuenca La Estancia que está dentro de su territorio, sugiere los datos disponibles en la ocupación de los habitantes para ambos casos los habitantes trabajan independientemente.

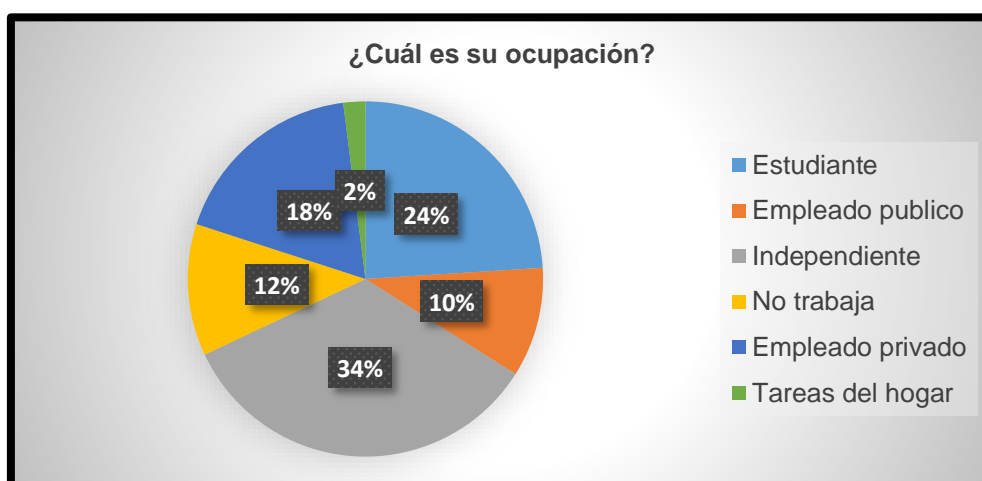


Figura 31: Ocupación de los habitantes de la microcuenca.

#### 4.3.2 Aspectos económicos.

##### a. Fuentes de ingreso.

Según los resultados de la encuesta, ver figura 32, se identificaron diversas fuentes de ingreso, la agricultura ocupa el puesto principal como generadora de ingresos, representando el 32% de los encuestados, seguida de la ganadería con un 18%. El turismo y ecoturismo juegan un papel importante, contribuyendo con el 20% de los ingresos, mientras que el comercio local y los servicios básicos representan el 24%, las remesas constituyen un 6% de las fuentes de ingreso.

Al comparar estos datos con el PDOT (Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia El Cabo, 2014) con la microcuenca La Estancia que está dentro de su territorio, sugiere un porcentaje mayor en fuentes de ingreso de la parroquia es el comercio y en la microcuenca es la agricultura.

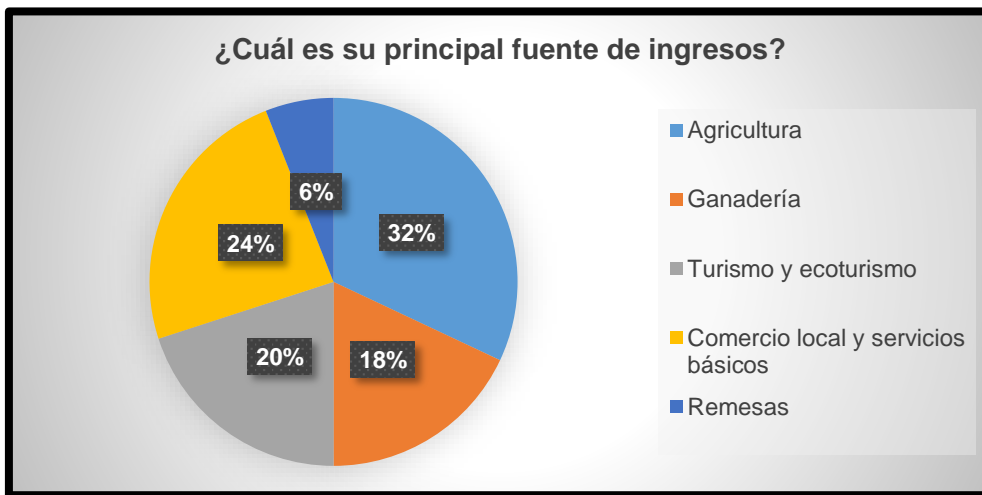


Figura 32: Fuentes de ingreso de los habitantes de la microcuenca.

##### b. Pérdida económica debido a eventos climáticos extremos.

Según los datos recopilados, el 47% de los participantes no ha experimentado pérdidas económicas debido a eventos climáticos extremos, pero, el 22% informó haber sufrido pérdidas sequías, mientras que el 18% menciona las lluvias intensas como motivo de pérdidas económicas, las inundaciones representaron el 5% de los casos de pérdida, seguidas por las heladas con un 4%, no se registraron pérdidas atribuidas a vientos fuertes ni granizadas en los resultados obtenidos, ver figura 33.

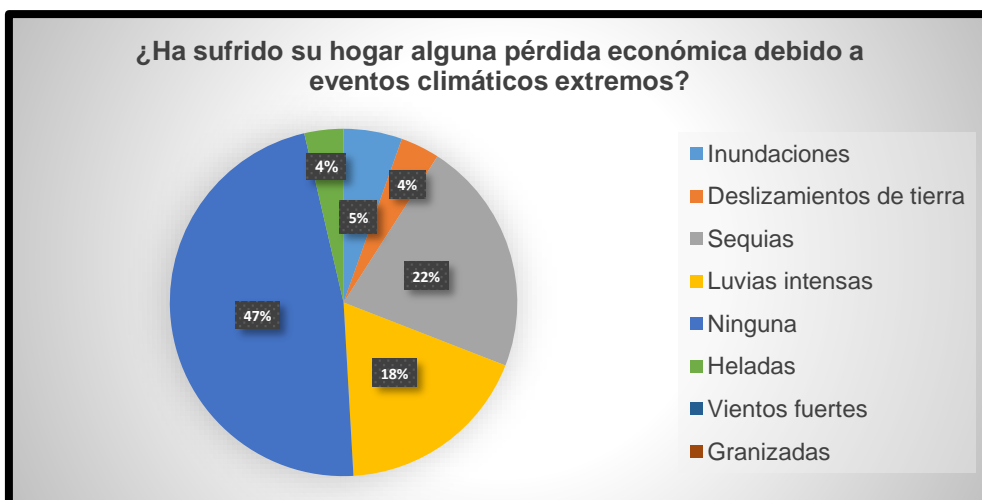
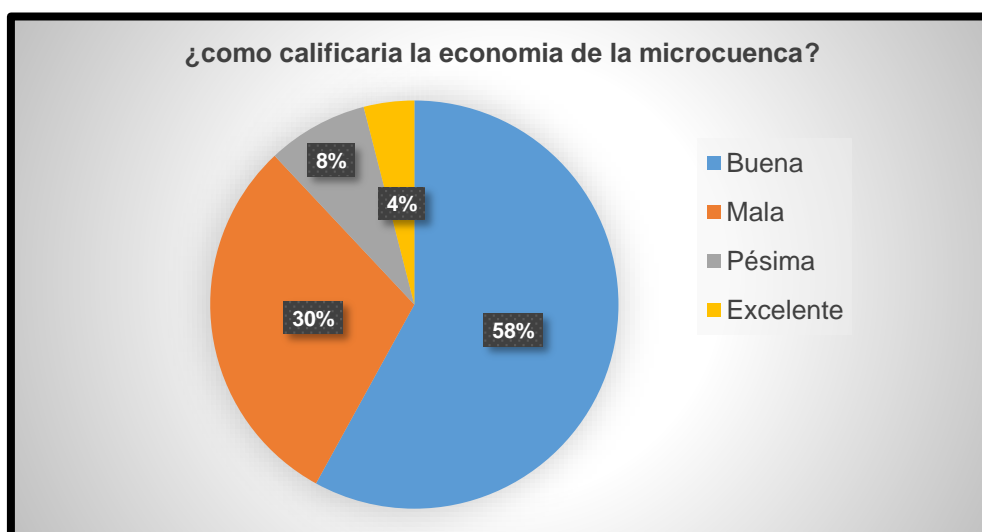


Figura 33: Pérdidas económicas debido a eventos climáticos extremos.

**c. Percepción de la economía de los habitantes de la microcuencia.**

Según la evaluación económica realizada en la microcuencia, el 58% de los participantes la calificó como buena, por otro lado, el 30% opinó que la situación económica es mala, y el 8% la considero pésima, solo el 4% de los encuestados la califico de excelente, ver figura 34.



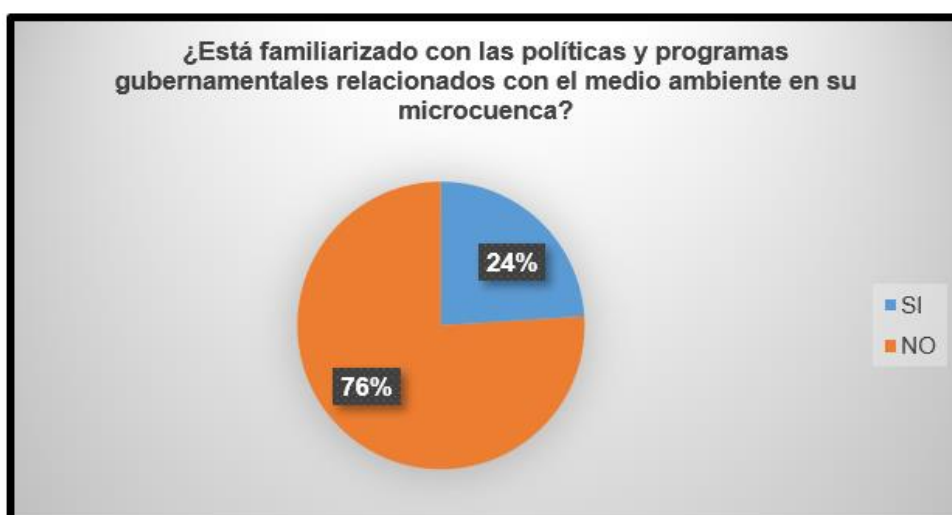
**Figura 34: Percepción de la economía de los habitantes de la microcuencia.**

Es esencial tener en cuenta la presencia de una población joven y dinámica, la igualdad de género, la diversidad de conocimientos y habilidades, así como la variedad de ocupaciones, para asegurar un desarrollo completo, equitativo y sostenible en la microcuencia.

**4.3.3 Aspectos políticos.**

**a. Conocimientos de política y programas gubernamentales relacionados en el medio ambiente de la microcuencia.**

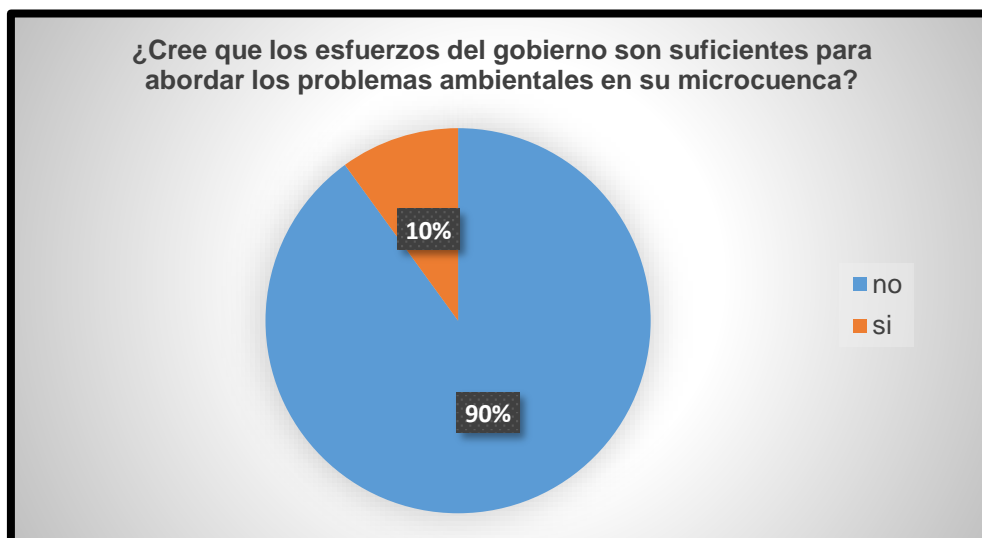
El 76% de los participantes de la encuesta no sabe que programas ni políticas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente en la microcuencia, en contraste, el 24% señalo tener algún nivel de familiaridad con este tema, ver figura 35.



**Figura 35: Conocimientos de política y programas gubernamentales relacionados en el medio ambiente de la microcuencia.**

**b. Esfuerzos del gobierno para abordar los problemas ambientales de la microcuenca.**

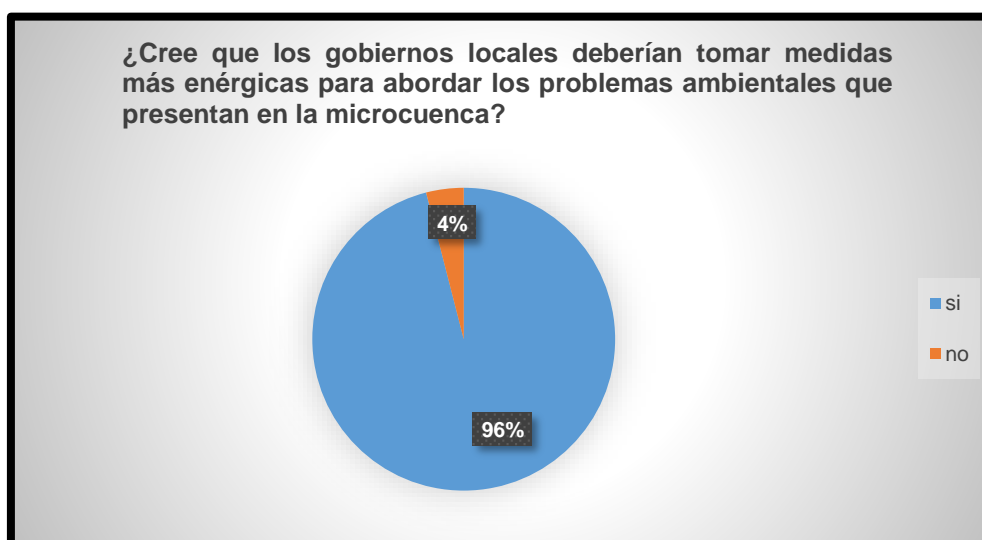
El 90% de los participantes de la encuesta expresaron que los esfuerzos del gobierno no son adecuados para abordar los problemas ambientales en la microcuenca, mientras que el 10% restante considera que sí lo son, ver figura 36.



**Figura 36:** Esfuerzos del gobierno para abordar problemas ambientales de la microcuenca.

**c. El gobierno local y los problemas ambientales presentes en la microcuenca.**

El 98% de los participantes de la encuesta está de acuerdo en que el gobierno local debe tomar medidas más enérgicas para solucionar los problemas ambientales en la microcuenca, mientras que solo el 2% no comparte esta opinión, ver figura 37.

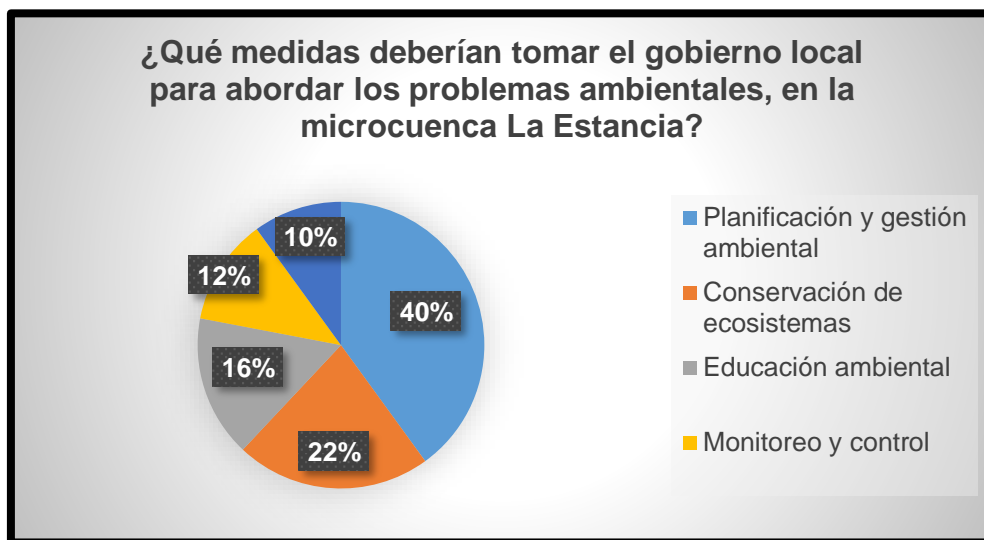


**Figura 37:** El gobierno local y los problemas ambientales presentes en la microcuenca.

El 40% de los encuestados sugirió que se deben enfocar en la planificación y gestión ambiental, lo que implica establecer estrategias y políticas para asegurar el uso sostenible de los recursos naturales. Un 22% de los participantes resalto la relevancia de preservar los ecosistemas presentes en la microcuenca, buscando proteger y preservar estas áreas naturales. La educación ambiental fue mencionada por el 16% de los encuestados, destacando la necesidad de promover programas educativos que fomenten la conciencia ambiental y el progreso de prácticas sostenibles. El 12% de

los participantes enfatizó la importancia del monitoreo y control, proponiendo establecer mecanismos de seguimiento y reglamentación para asegurar el cumplimiento de las políticas ambientales. Un 10% de los encuestados destacó la participación comunitaria como una medida clave, promoviendo la cooperación entre la comunidad y el gobierno al tomar decisiones relacionadas con la gestión ambiental, ver figura 38.

Los resultados obtenidos en esta microcuenca ofrecen valiosas lecciones para otras microcuencas, es fundamental adoptar medidas más eficaces en la gestión ambiental, fortalecimiento del conocimiento, conciencia ambiental, planificación integral, conservación de los ecosistemas, educación ambiental y fomentar la participación comunitaria. Estos elementos deben considerarse en el desenvolvimiento y actuación de políticas y programas para abordar los retos ambientales en la microcuenca, buscando una gestión ambiental más efectiva.



**Figura 38:** Medidas para abordar problemas ambientales de la microcuenca por parte del gobierno local.

#### 4.3.4 Aspectos sociales.

##### a. Compromiso con el cuidado del medio ambiente de la microcuenca.

Los resultados de la encuesta muestran diferentes niveles de compromiso de la comunidad la preservación del medio ambiente de la microcuenca. Se observa que el 34% de los encuestados se siente comprometido, demostrando su interés y disposición para cuidar el entorno natural. Además, un 26% se considera muy comprometido, mostrando un nivel más alto de dedicación en esta causa.

Por otro lado, el 20% muestra un bajo compromiso, lo que sugiere la necesidad de promover una mayor conciencia ambiental en este grupo. Un 16% se sitúa en un nivel moderado de compromiso, demostrando una actitud equilibrada en su participación en el cuidado ambiental. Por último, un 4% de los encuestados señala no estar implicado con el interés del medio ambiente en la microcuenca, ver figura 39.

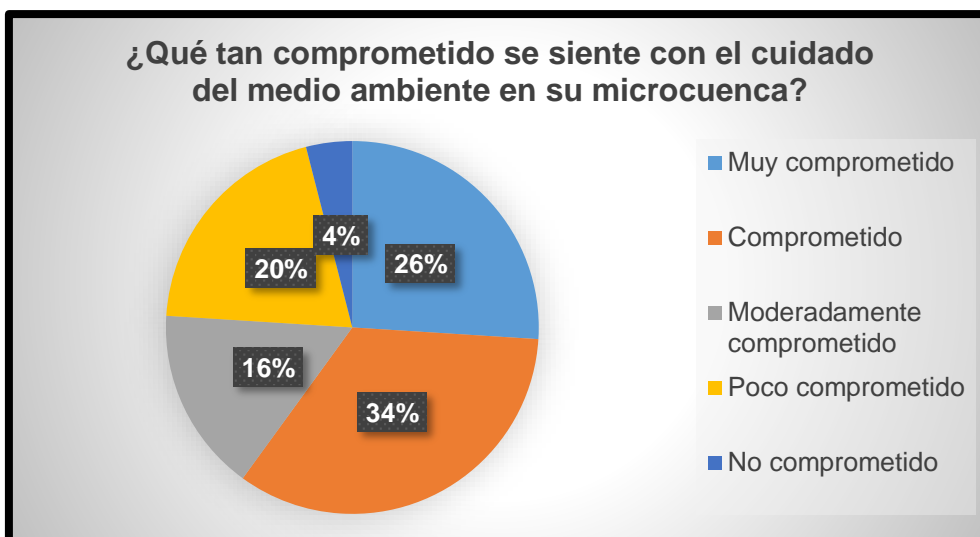


Figura 39: Compromiso con el cuidado del medio ambiente de la microcuenca.

**b. Comunidad informada sobre problemas ambientales en la microcuenca**

El 92% de la comunidad encuestada se considera informada de los problemas ambientales de la microcuenca, indica que la mayoría posee conocimiento y comprensión de los desafíos ambientales. El 8% de los encuestados manifestó no sentirse informado sobre estos problemas, ver figura 40.

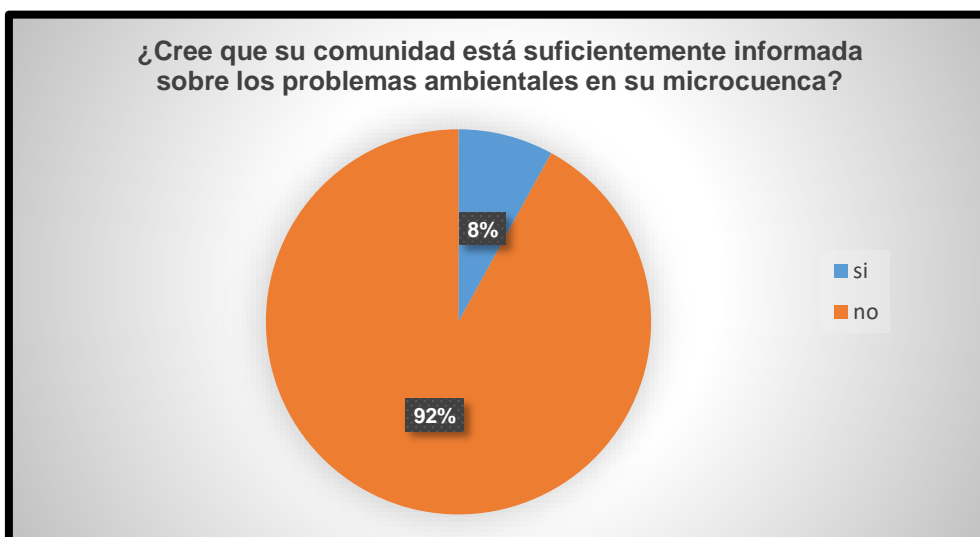


Figura 40: Comunidad informada sobre problemas ambientales en la microcuenca.

**c. Participación en proyectos relacionados con el medio ambiente**

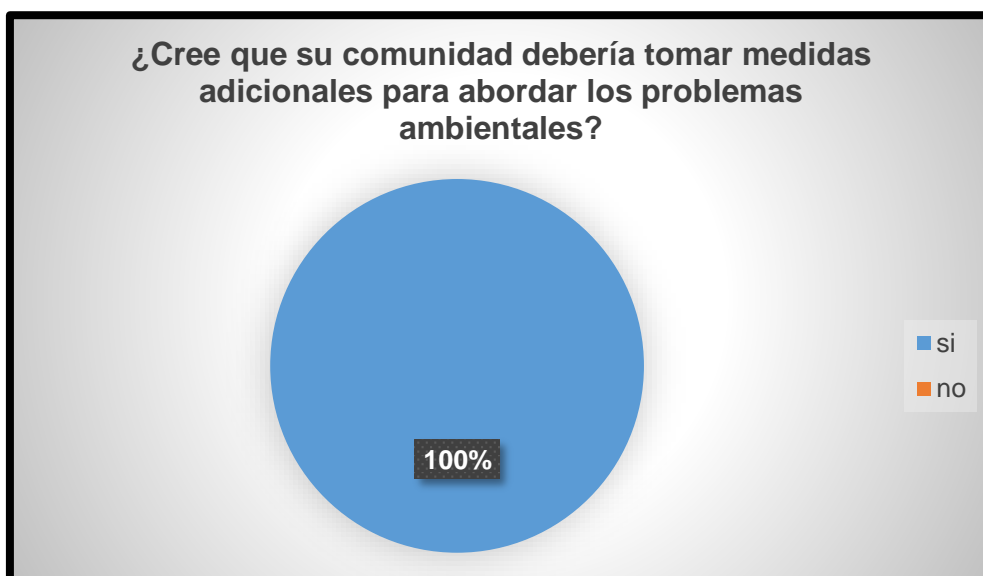
El 20% de los encuestados participa en proyectos ambientales en la microcuenca, lo que indica un nivel significativo de compromiso de la comunidad, pero, el 80% de los encuestados no participa en este tipo de proyectos, ver figura 41.



**Figura 41:** Participación en proyectos relacionados con el medio ambiente.

**d. Comunidad en la toma de medidas para abordar problemas ambientales.**

La comunidad muestra una participación de 100% en la admisión de medidas para afrontar los problemas ambientales en la microcuenca, indica un compromiso y responsabilidad por parte de los encuestados hacia la protección del medio ambiente, ver figura 42.



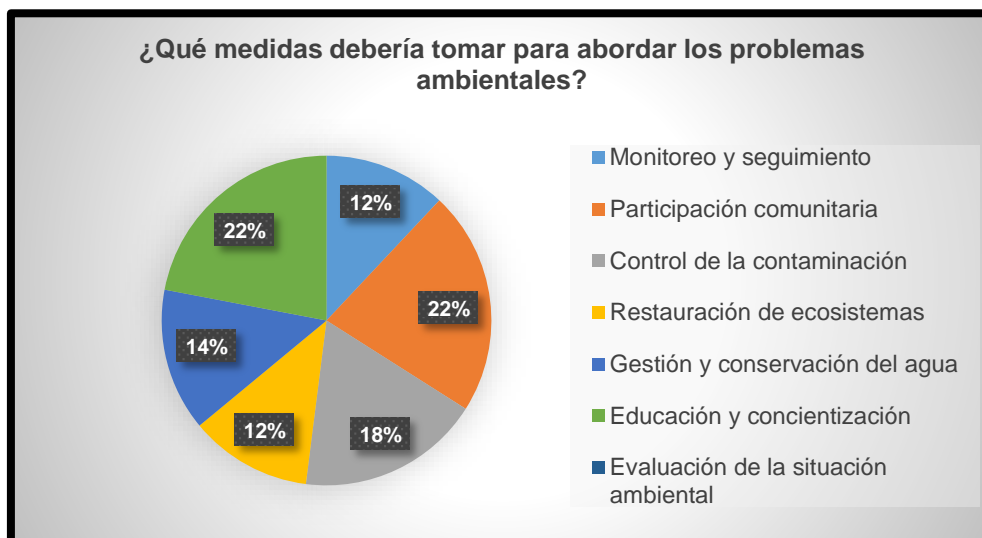
**Figura 42:** Comunidad en la toma de medidas para abordar problemas ambientales.

**e. Medidas para abordar problemas ambientales**

La comunidad de la microcuenca propone diferentes medidas para enfrentar los desafíos ambientales, el 22% destaca la importancia de educar y concientizar a la población sobre estos problemas, mientras que otro 22 enfatiza en la participación comunitaria como una vía para involucrar a todos en la protección del medio ambiente.

En cuanto a medidas concretas, el 18% considera crucial controlar la contaminación, y el 14% resalta la gestión y conservación del agua como prioridad. El 12% destaca la importancia de realizar

monitoreos y seguimiento ambiental, y el mismo porcentaje señala la restauración de ecosistemas como medida necesaria, ver figura 43.



**Figura 43:** Medidas para abordar problemas ambientales.

Es importante fomentar la sensibilización, participación, conciencia ambiental en las microcuencas. La difusión de información, participación comunitaria y la adaptación de estrategias a las circunstancias locales son aspectos esenciales para abordar desafíos ambientales de manera efectiva.

#### **4.3.5 Aspecto ambiental**

##### **a. Problemas ambientales más relevantes de la microcuenca**

El problema ambiental más significativo identificado por la comunidad de la microcuenca es la contaminación del agua, mencionado por el 50 % de los encuestados, esto indica una gran preocupación por la calidad de agua en la zona. En segundo lugar, se encuentra la deforestación, mencionada por el 16% de los participantes, esto demuestra que la pérdida de áreas forestales es considerada un problema ambiental relevante que requiere atención ver anexo 15.

La contaminación del aire también es mencionada por el 16% de los encuestados, lo que destaca la preocupación por la calidad del aire y sus impactos en la salud y medio ambiente. La pérdida de biodiversidad es mencionada por el 10% de los encuestados, lo que demuestra la eficacia de conservar y proteger la diversidad de especies de la zona. Por último, la erosión del suelo es mencionada por el 8% de los participantes, evidenciando la preocupación por la degradación del suelo, ver anexo 16, y su impacto en la vegetación y la vida silvestre, ver figura 44. Estos resultados subrayan los problemas ambientales más destacados en la microcuenca, proporcionando información valiosa para la planificación y aplicación de medidas de conservación y protección ambiental.

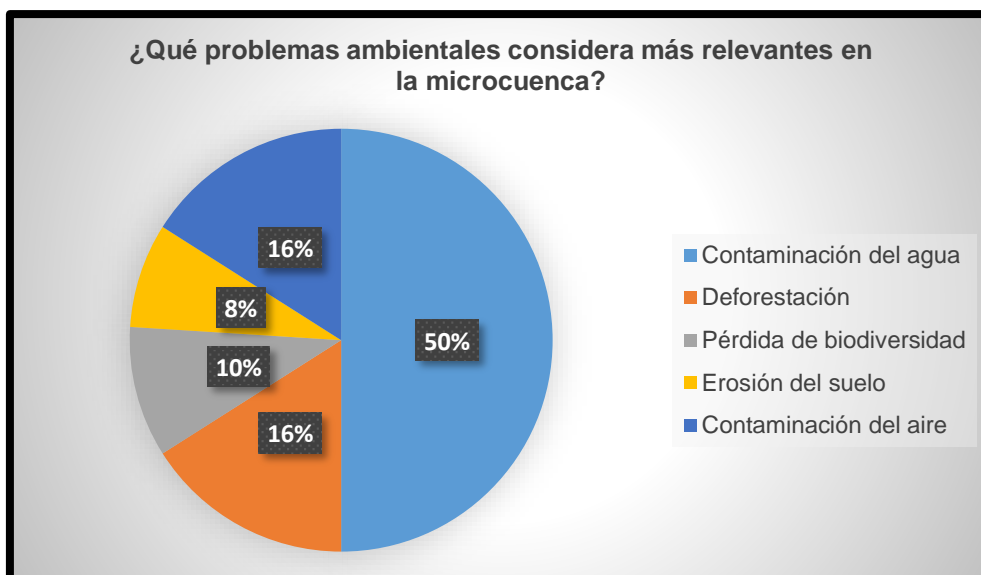


Figura 44: Problemas ambientales más relevantes de la microcuenca.

**b. Medidas para mejorar la calidad del agua de la microcuenca**

La comunidad ha identificado varias medidas para optimizar la calidad de agua en la microcuenca el 41% de los encuestados considera fundamental controlar la contaminación agrícola e industrial, implementando regulaciones y prácticas que reduzcan los impactos negativos en el agua. Un 30,6% destaca la necesidad de establecer un sistema de tratamiento de aguas residuales. El resguardo de las fuentes de agua es mencionado por el 20,4 de los participantes enfocándose en la preservación de ecosistemas acuáticos, además, un 8,2% sugiere generar el uso eficiente del agua, concientizando sobre su valor y adoptando prácticas que minimicen el desperdicio, ver figura 45.

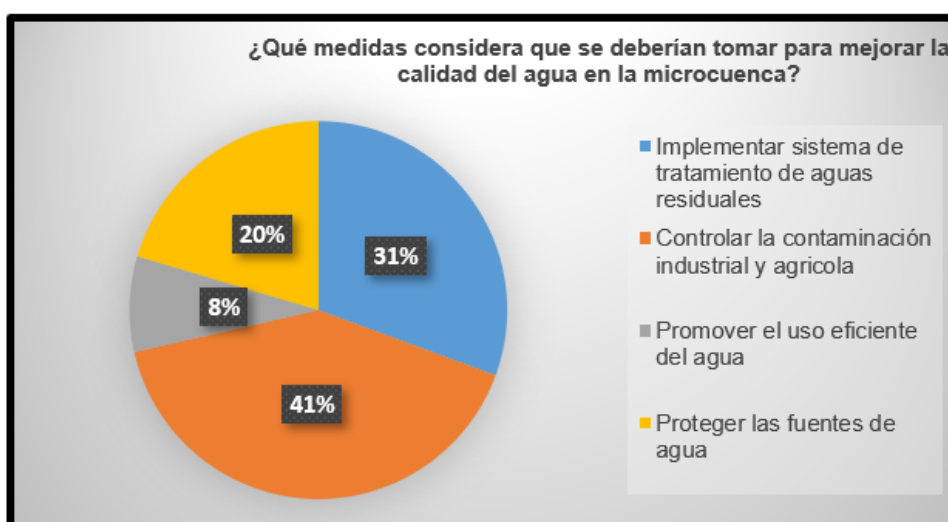


Figura 45: Medidas para mejorar la calidad del agua de la microcuenca.

**c. Actividades humanas que causan impactos negativos en el medio ambiente de la microcuenca**

La comunidad considera que la deforestación es la actividad humana con mayor impacto negativo en el medio ambiente de la microcuenca, según el 47% de los encuestados. El 29% de los participantes identifica la agricultura intensiva genera un impacto negativo al uso excesivo de agroquímicos, ver anexo 17, erosión del suelo y la contaminación del agua. En cuanto la ganadería,

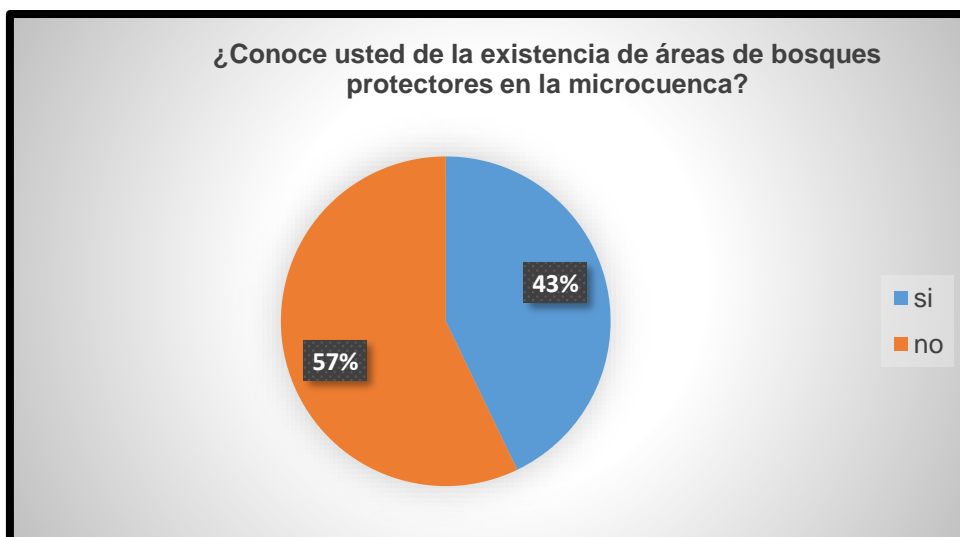
el 16% de los encuestados menciona su impacto negativo como la expansión de pastizales. El turismo es mencionado por el 8% de los participantes como una actividad que contribuye al deterioro ambiental de la microcuenca como la generación de residuos, aumento de demanda de infraestructuras turísticas, ver figura 46.



**Figura 46:** Actividades humanas que causan impactos negativos en el medio ambiente de la microcuenca.

**d. Existencia de áreas de bosques protectores en la microcuenca**

El 43% de los participantes está familiarizado con la presencia de áreas de bosques protectores en la microcuenca, mientras que el 57% restante no tiene conocimiento sobre su existencia, ver figura 47.



**Figura 47:** Existencia de áreas de bosques protectores en la microcuenca.

Estos hallazgos pueden proporcionar una fundamentación para el avance de estrategias ambientales en otras microcuencas promoviendo la conservación, sostenibilidad, y el bienestar de las comunidades locales, centrándonos en la conservación del agua, la prevención de la deforestación, disminución de la contaminación y la promoción de prácticas sostenibles. Estos resultados pueden orientar en la planificación de estrategias ambientales en otras comunidades que enfrentan desafíos iguales.

#### 4.4 Evaluación de la calidad ecológica del río

##### 4.4.1 Calidad hidro morfológico.

###### a. Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera de la parte alta, media, baja.

Estos resultados proporcionan información sobre el estado de la vegetación de ribera, en la parte alta se obtuvo una puntuación de 3 puntos por matorrales y arbustos, en la parte media 1 punto por las plantaciones, y en la parte baja con 0 puntos por tierra baldía, ver figuras 48, 49, 50. Estos hallazgos son fundamentales para el proceso de toma de resoluciones y la aplicación de acciones de conservación y restauración.



*Figura 48: Parte alta vegetación ribera.*



*Figura 49: Parte media vegetación ribera*



*Figura 50: Parte baja vegetación ribera*

**b. Naturalidad de canal fluvial de la parte alta, media, baja.**

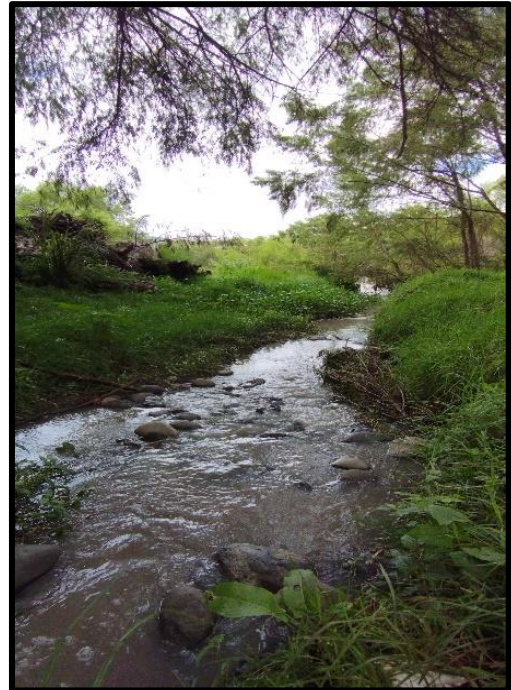
Se analizó la presencia de vegetación ribereña, la forma de canal y cualquier alteración causada por actividades humanas, en la parte alta encontramos un río natural, que su cauce no se ha modificado, su puntuación asignada es de 5 puntos, en la parte media y baja encontramos plantaciones y bebederos para animales lo que indica el grado de natural fluvial es moderado lo que su puntuación asignada es de 3 puntos, ver figuras 51, 52, 53.



**Figura 51:** Parte alta, naturalidad del canal fluvial.



**Figura 52:** Parte media, naturalidad del canal fluvial.



**Figura 53:** Parte baja, naturalidad del canal fluvial.

**c. Composición del sustrato de la parte alta, media, baja.**

En la parte alta se identificó sustratos como: arena, arcilla, piedras, grava y cantos, lo que la puntuación asignada es de 5 puntos, en la parte media se identificó piedras, cantos, arena con una puntuación de 3. En la parte baja se identificó grava, arena, canto, piedra con una puntuación de 4 puntos, ver figuras 54, 55, 56.



**Figura 54:** Parte alta, composición del sustrato.



**Figura 55:** Parte media, composición del sustrato



**Figura 56:** Parte baja, composición del sustrato.

**d. Régimen de velocidad y profundidad del río de la parte alta, media, baja.**

Este resultado permite en determinar los niveles de velocidad y profundidad del río, en la parte alta tenemos niveles de rápido-somero, rápido-profundo, lento-somero, que la puntuación asignada es de 3 puntos, en la parte media tenemos rápido-somero y lento-somero que la puntuación asignada es de 2 puntos, y en la parte baja tenemos rápido somero que el valor sería de 1 punto ver figuras 57, 58, 59.



**Figura 57: Parte alta, velocidad del río.**



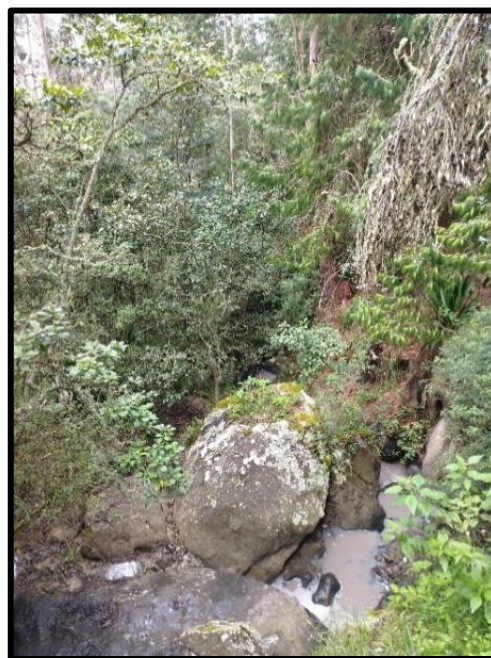
**Figura 58: Parte media, velocidad del río.**



**Figura 59: Parte baja, velocidad del río**

**e. Elementos de heterogeneidad de la parte alta, media, baja.**

Proporcionan información sobre la diversidad y distribución en la parte alta, media hay presencia de hojarasca, troncos, raíces sumergidas, vegetación acuática sumergida que la puntuación asignada es de 5 puntos, en la parte baja se puede observar hojarasca, vegetación acuática, troncos y ramas que se asigna el valor de 3 puntos, ver figuras 60, 61, 62.



**Figura 60:** Elementos de heterogeneidad, en la parte alta.



**Figura 61:** Elementos de heterogeneidad, en la parte media.



**Figura 62:** Elementos de heterogeneidad, en la parte baja.

En la tabla 13 se observa que en la parte alta se obtuvo una puntuación de 33 puntos, lo cual indica una calidad hidro morfológico excelente, en la parte media de la microcuenca tiene una puntuación de 22 donde la calidad hidro morfológico es moderada y en la parte baja tiene una puntuación de

13 donde la calidad hidro morfológico es mala. Estos resultados reflejan niveles de calidad en los aspectos hidro morfológico evaluados, lo cual puede ser útil para identificar áreas de orientación en la gestión y conservación de los recursos hídricos.

Es esencial tomar en cuenta estos aspectos al analizar y gestionar otras microcuencas, ya que contribuyen a evaluar la salud del ecosistema fluvial y a identificar posibles desafíos o áreas que requieran mejoras. Además, brindan información crucial para progresar y efectuar estrategias de conservación y restauración en microcuencas similares.

**Tabla 13:** Calidad hidro morfológica de la microcuenca.


<b>Calidad Hidro morfológico</b>	<b>Parte alta</b>	<b>Parte media</b>	<b>Parte baja</b>
Elementos de heterogeneidad	5	5	3
Régimen de velocidad y profundidad del río	3	2	1
Composición del sustrato	5	3	4
Presencia de basuras y escombros	2	2	0
Continuidad de la vegetación de ribera a lo largo del río	5	3	1
Naturalidad del canal fluvial	5	3	3
Estructura y naturalidad de vegetación de ribera	3	1	0
Conectividad de la vegetación de ribera con distintos elementos de paisaje	5	3	1
Total	33	22	13


Para mejorar la calidad hidro morfológica en la microcuenca, se deberá restaurar ecosistemas ribereños mediante la reintroducción de especies nativas, controlar la erosión con prácticas de conservación, manejar adecuadamente los caudales, restaurar humedales, establecer un monitoreo continuo, fomentar la participación comunitaria y la educación ambiental.

#### 4.4.2 Calidad biológica macroinvertebrados de la microcuenca parte alta, media, baja.

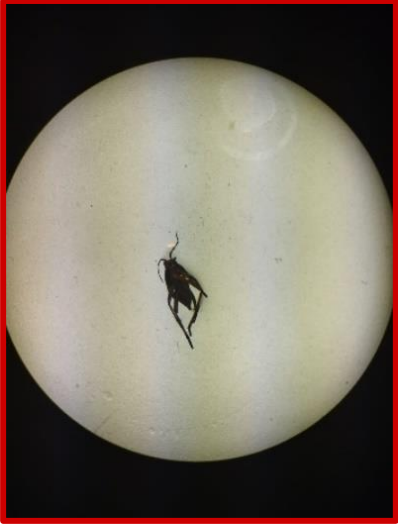
##### a. Parte alta


Los macroinvertebrados son utilizados como indicadores biológicos para evaluar la calidad óptima del agua, en la parte alta de la microcuenca La Estancia encontramos los siguientes macroinvertebrados.

FAMILIA: <i>Oligoneurida</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	10	
 <p><b>Figura 63:</b> Macroinvertebrado <i>Oligoneurida</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			<p>Tienen un cuerpo fuerte, miden de 10 a 25 mm de longitud, tiene una doble hilera de pelos en el interior de sus patas delanteras, por lo general se encuentran en hábitats como fondos arenosos, sustratos pedregosos, troncos, ver figura 63.</p>

FAMILIA: <i>Hydrobiosidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	8	
 <p><b>Figura 64:</b> Macroinvertebrado <i>Hydrobiosidae</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			<p>Tienen un tamaño que oscila de 10 a 12 mm, las patas iniciales son fuertes y no edifican refugios para resguardarse, se encuentran en aguas frías y en movimiento con buena oxidación, ver figura 64. Se considera señales de la presencia de aguas oligotróficas, ríos con bajos niveles de nutrientes.</p>


FAMILIA: <i>Hyalellidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
Malacostraca	Amphipoda	6	
			<p>Se distingue por contar un telson completamente desarrollado en la última parte antes de la cola, Dos apéndices en cada fragmento del tórax, el tamaño varía entre 2,5 y 20 mm, ver figura 65.</p>
<p><b>Figura 65:</b> Macroinvertebrado <i>Hyalellidae</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			


FAMILIA: <i>Velidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Hemiptera</i>	5	
			<p>Son insectos muy pequeños, con dimensiones que oscilan entre 1 y 10 mm, tiene un cuerpo cubierto de finos pelos, y destacan por su cabeza que es ancha y sus ojos grandes, ver figura 66.</p>
<p><b>Figura 66:</b> Macroinvertebrado <i>Velidae</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			

FAMILIA: <i>Aeshnidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Odonata</i>	6	
			<p>Son insectos que tienen una estructura corporal robusta y destacan por sus grandes ojos, su cabeza es plana y amplia, presenta antenas finas en forma de cerdas, se encuentran donde existe mayor cantidad de vegetación, ver figura 67.</p>
<p><b>Figura 67:</b> Macroinvertebrado <i>Aeshnidae</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			

FAMILIA: <i>Leptohyphidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	7	
			<p>Es exclusivo de América su tamaño varía entre 2 a 10 mm, su tórax es resistente y patas cortas, carecen branquias operculadas que es una cubierta encima de las branquias que brindan protección, ver figura 68.</p>
<p><b>Figura 68:</b> Macroinvertebrado <i>Leptohyphidae</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			

FAMILIA: <i>Elmidae</i> (ADULTO)			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
Insecta	Coleóptera	5	
			<p>La familia <i>Elmidae</i> abarca alrededor 55 géneros diferentes, miden entre 1 a 10 mm, se distinguen por sus antenas que son grandes y por sus patas con cinco segmentos, se encuentran en aguas rápidas y poco profundas, ver figura 69. Ocasionalmente los adultos pueden salir y se adhieren troncos, hojas y grava, también son organismos recolectores.</p>
<p><b>Figura 69:</b> Macroinvertebrado <i>Elmidae</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			


FAMILIA: <i>Hydroptilidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
Insecta	Trichoptera	6	
			<p>Miden de 2 a 4 mm de longitud, en su abdomen, carecen de branquias, se construyen casas portátiles en formas de saco utilizando granos de arena finos o material vegetal, viven en aguas de corriente de baja velocidad, son indicadores de aguas oligotróficas con bajos niveles de nutrientes, ver figura 70.</p>
<p><b>Figura 70:</b> Macroinvertebrado <i>Hydroptilidae</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			

FAMILIA: <i>Psephenidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Coleóptera</i>	5	
			Las larvas de estos microorganismos tienen forma redondeada u ovalada y presentan un cuerpo aplanado con branquias traqueales, ver figura 71.
<p><b>Figura 71:</b> Macroinvertebrado <i>Psephenidae</i>, parte alta de la microcuenca.</p>			


El puntaje del ABI en la parte alta de la microcuenca es de 58, según la tabla 7, Puntaje ABI (Índice biológico andino) la calidad de agua es buena y es de color verde, esto puede atribuirse a la presencia de vegetación saludable que retiene nutrientes y sedimentos, mejorando así la calidad del agua, además la escasa actividades humanas y fuentes de contaminación.

**b. Parte media de la microcuenca**


Encontramos los siguientes macroinvertebrados.


FAMILIA: <i>Velidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Hemiptera</i>	5	
			Son insectos muy pequeños, con dimensiones que oscilan entre 1 y 10 mm, gozan un cuerpo cubierto de finos pelos, y destacan por su cabeza que es ancha y sus ojos grandes, ver figura 72.
<p><b>Figura 72:</b> Macroinvertebrado <i>Velidae</i>, parte media de la microcuenca.</p>			

FAMILIA: <i>Aeshnidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Odonata</i>	6	
			<p>Son insectos que tienen una estructura corporal robusta y destacan por sus grandes ojos, su cabeza es plana y amplia, presenta antenas finas en forma de cerdas, se encuentran donde existe mayor cantidad de vegetación, ver figura 73.</p>
<p><b>Figura 73:</b> Macroinvertebrado <i>Aeshnidae</i>, parte media de la microcuenca.</p>			

FAMILIA: <i>Simulidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Díptera</i>	5	
			<p>Estos macroinvertebrados tienen un tamaño que varía entre 3 y 15 mm, tiene una cabeza dura con una estructura en forma de abanico que filtra material orgánico, presenta manchas oscuras en la parte superior de su cuerpo, ver figura 74. Prefieren habitar en aguas rápidas y suelen adherirse a trocos y rocas. Se consideran indicadores de aguas oligotróficas, aguas con niveles bajos de nutrientes.</p>
<p><b>Figura 74:</b> Macroinvertebrado <i>Simulidae</i>, parte media de la microcuenca.</p>			

FAMILIA: <i>Gomphidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Odonata</i>	8	
 <p><b>Figura 75:</b> Macroinvertebrado Gomphidae, parte media de la microcuenca.</p>			<p>Las larvas de estos macroinvertebrados son grandes, varían entre 30 y 45 mm, y tienen un cuerpo fuerte y resistente, sus antenas constan de cuatro segmentos y suelen ser anchas en comparación con otras especies, ver figura 75. Se hallan enterradas en los lechos de los ríos.</p>

FAMILIA: <i>Scirtidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Coleóptera</i>	5	
 <p><b>Figura 76:</b> Macroinvertebrado Scirtidae, parte media de la microcuenca.</p>			<p>Las larvas de esta familia son acuáticas, a diferencia de los adultos que habitan en la tierra, tienen el cuerpo plano y alargado, carecen antenas largas, ver figura 76. El tamaño oscila entre 5 y 15 mm aproximadamente.</p>


FAMILIA: <i>Hyaellidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
Malacostraca	Amphipoda	6	
			<p>Se distingue por presentar un telson completo, en su último segmento antes de la cola, así como dos apéndices en cada segmento del tórax, el tamaño varía entre 2,5 y 20 mm, ver Figura 77.</p>
<p><b>Figura 77:</b> Macroinvertebrado <i>Hyaellidae</i>, parte media de la microcuenca.</p>			


El puntaje del ABI en la parte media de la microcuenca es de 35, según se indica en la tabla 7, puntaje ABI (Índice biológico andino) lo que evidencia una calidad de agua regular, para abordar esta situación, se propone la implementación de estrategias para preservar y gestionar de manera sostenible, estas estrategias podrían incluir la reforestación de áreas degradadas, creación de áreas de protección cercanas a las fuentes de agua e involucrar a la comunidad con programas de educación ambiental de conservación y protección de ecosistemas acuáticos.


### c. Parte baja de la microcuenca

En la parte baja de la microcuenca La Estancia encontramos los siguientes macroinvertebrados

FAMILIA: <i>Physidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
Gasterópoda	Basommatophora	3	
			<p>Los miembros de esta familia presentan una concha ovalada en forma de espiral, que es lisa y tiene un brillo similar al vidrio, destaca especialmente la punta pronunciada de la concha, ver figura 78.</p> <p>Se adhieren a las rocas y se encuentran en la vegetación de las orillas.</p>
<p><b>Figura 78:</b> Macroinvertebrado <i>Physidae</i>, parte baja de la microcuenca.</p>			

Clase	Phylum	Puntaje ABI	Descripción
<i>Oligochaeta</i>	Annelida	1	
			<p>Tienen forma cilíndrica que presenta segmentos parecidos a anillos.</p> <p>Algunas especies tienen preferencia por vivir en sedimentos blandos mientras otras se adhieren a la vegetación acuática, ver figura 79.</p> <p>Cierto grupo de estas lombrices son especialmente abundantes en áreas con altos niveles de contaminación orgánica.</p>
<p><b>Figura 79:</b> Macroinvertebrado Annelida, parte baja de la microcuencia.</p>			

FAMILIA: <i>Syrphidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	3	
			<p>Exhiben una amplia diversidad de formas, algunas se parecen a un gusano con una cola delgada y alargada, mientras otras presentan estructuras parecidas a patas.</p> <p>Pueden vivir en ambientes contaminados, ver figura 80.</p>
<p><b>Figura 80:</b> Macroinvertebrado <i>Syrphidae</i>, parte baja de la microcuencia.</p>			

FAMILIA: <i>Planorbidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Gasterópoda</i>	<i>Basommatophora</i>	3	
			<p>Este macroinvertebrado se especifica por tener una concha en forma de espiral plana. Prefieren habitar en la vegetación que rodea las orillas del agua, ver figura 81.</p>
<p><b>Figura 81:</b> Macroinvertebrado <i>Planorbidae</i>, parte baja de la microcuenca.</p>			

FAMILIA: <i>Aeshnidae</i>			
Clase	Orden	Puntaje ABI	Descripción
<i>Insecta</i>	<i>Odonata</i>	6	
			<p>Son insectos que tienen una estructura corporal robusta y destacan por sus grandes ojos, su cabeza es plana y amplia, presenta antenas finas en forma de cerdas, se encuentran donde existe mayor cantidad de vegetación, ver figura 82.</p>
<p><b>Figura 82:</b> Macroinvertebrado <i>Aeshnidae</i>, parte baja de la microcuenca.</p>			

El puntaje del ABI en la parte baja de la microcuenca es de 16 lo que indica en la tabla 7, puntaje ABI (Índice biológico andino) la calidad de agua es mala.

Es fundamentalmente implementar acciones dirigidas a optimizar la calidad del agua en la parte baja de la microcuenca, considerando las causas subyacentes de la mala calidad y promoviendo practicas sostenibles en toda la microcuenca puede servir como referencia para otras microcuencas que enfrentan desafíos similares en términos de calidad de agua. El análisis ABI e identificación de áreas con diferentes calidades del agua son favorables para la organización y esquema de estrategias específicas de conservación y restauración de los recursos hídricos

#### 4.4.3 Composición de la calidad biológica e hidro morfológicos para la obtención calidad ecológica.

Los resultados de la calidad hidro morfológica y la calidad biológica de los tres puntos de monitoreo parte alta, media, baja, se observa lo siguiente:

En la parte alta, la calidad hidro morfológica fue evaluada con una puntuación de 33, indica excelente calidad. La calidad biológica mostró un buen estado, representado de color verde. La calidad ecológica en esta área se mantiene en un nivel bueno

En la parte media, la calidad hidro morfológica obtuvo una puntuación de 22, lo que sugiere una condición moderada. La calidad biológica fue calificada como regular mostrando un color amarillo en la evaluación, en consecuencia, la calidad ecológica en esta zona también se mantiene en un nivel moderado.

En la parte baja, la situación es preocupante, la calidad hidro morfológica obtuvo una puntuación de 13, revelando una mala condición en esta área. La calidad biológica, evaluada mediante el puntaje ABI, indicó que el agua presenta una calidad mala, representada por el color naranja, desafortunadamente, la calidad ecológica en la parte baja es catalogada como mala.

Estos hallazgos se aprecian en la figura 83, los resultados la alertan sobre la necesidad de tomar acciones para mejorar la calidad ambiental en la parte media y baja, con especial atención en la preservación y restablecimiento de los ecosistemas de ribera.

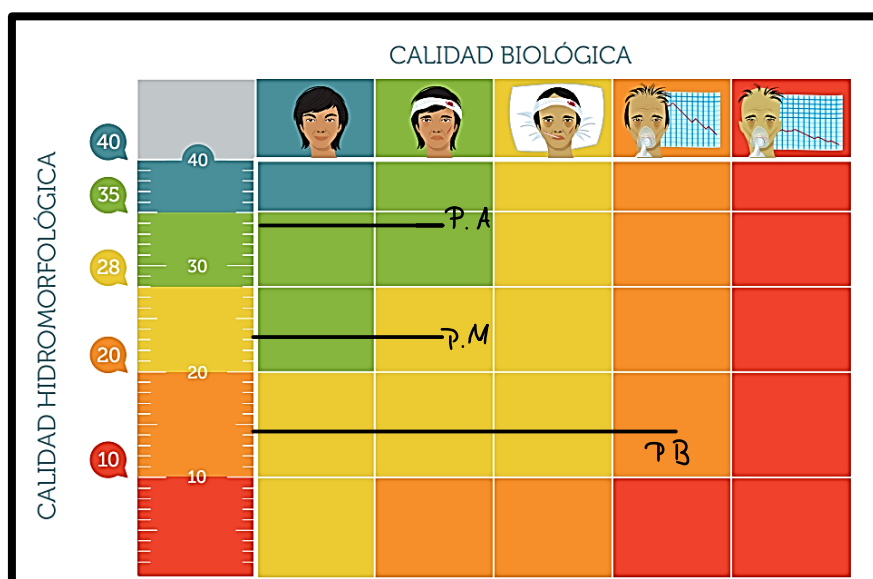


Figura 83: Interpolación calidad ecológica zona alta, intermedia, baja de la microcuenca.

#### 4.5 Parámetros de calidad hídrica, físico, químicos, biológicos con la metodología de Brown (ICA).

##### 4.5.1 Datos obtenidos en el lugar de muestreo y laboratorio en época de lluvia y seca del río La Estancia.

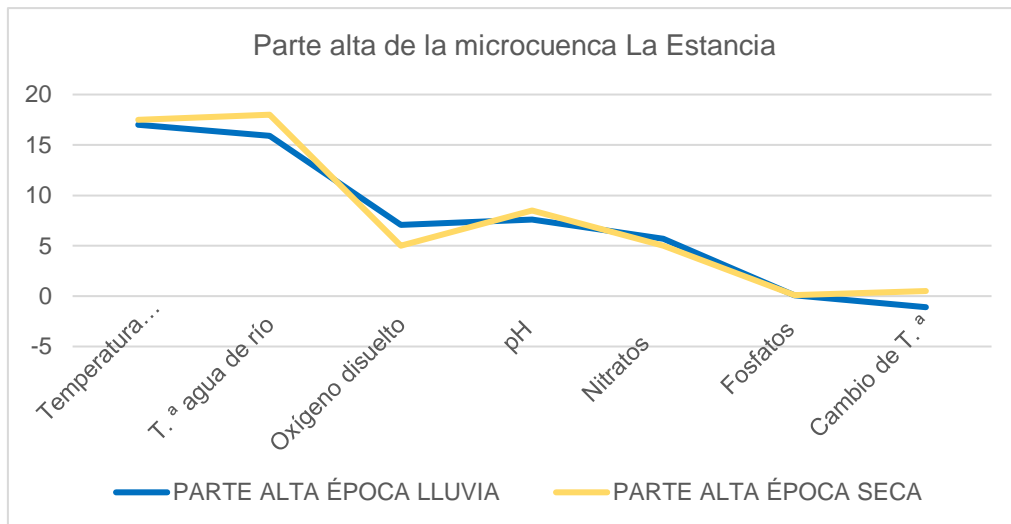
###### a. Parte alta de la microcuenca en época de lluvia y época seca.

Tabla 14: Resultados de la parte alta en época de lluvia y seca.

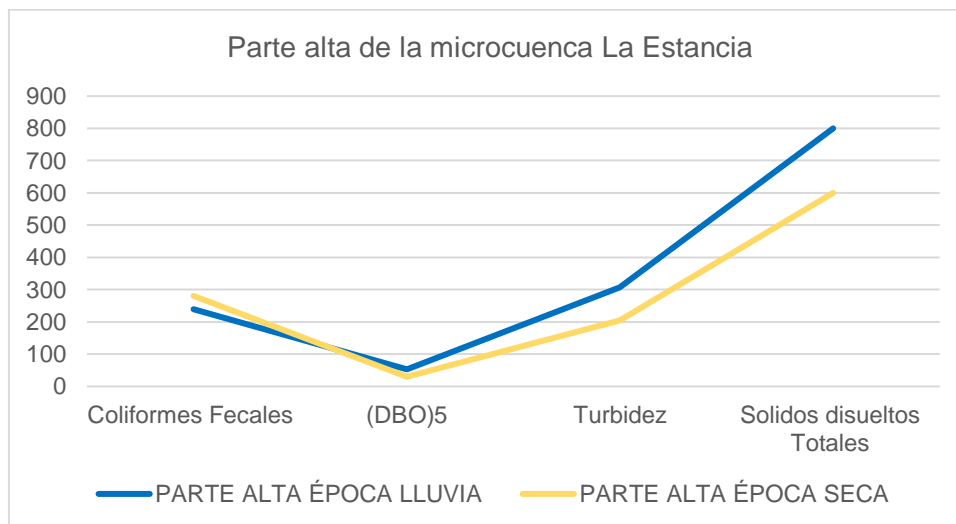
Parámetros	Unidades	Época lluvia	Época seca
Coliformes Fecales	NMP	240	280
pH	pH	7,58	8,5
<i>DBO<sub>5</sub></i>	mg/L	53	30
Nitratos	mg/L	5,7	5
Fosfatos	mg/L	0,1	0,1
Temperatura del agua	°C.	15,9	18
Temperatura ambiente	°C	17	17,5
Cambio de temperatura	°C	-1,1	0,5
Turbidez	FAU	307	205
Sólidos disueltos Totales	mg/L	800	600
Oxígeno disuelto	mg/L	7,06	5

Se registraron en la tabla 14 se observa que, en época de lluvia, ver anexo 18, los coliformes fecales es de 240 NMP (número más probable), lo cual no excede el límite permitido es de 1000 NMP. El potencial de hidrógeno presento valores de rango considerado óptimo de 7,58, indicando un equilibrio adecuado de acidez y alcalinidad de agua. El *DBO<sub>5</sub>* se obtuvo 53 mg/l este valor es una cantidad elevada de sustancias orgánicas, su existencia puede tener repercusiones desfavorables en la calidad de agua y organismos acuáticos. Los nitratos y fosfatos con un valor de 5,7 y 0,1 respectivamente indican que están dentro de la normativa y no afectan a la calidad hídrica. La temperatura del agua es de 15.9 °C. La turbidez salió 307 FAU (unidades de absorbancia de formazina) este valor indica una concentración elevada de partículas suspendidas en el agua, lo que afecta su transparencia y claridad. Los sólidos disueltos totales son de 800 mg/l sobrepasa los límites permisibles con respecto a la normativa que indica que no debe superar los 500 mg/l, altas concentraciones disueltas presentes en el agua como sales y minerales afectan la calidad del agua y el consumo humano. El oxígeno disuelto es de 7,06 mg/l donde indica que la calidad de agua es apropiada y está dentro de los límites determinados (Libro IX del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente., 2015)

En época seca, ver anexo 19, se registra una alta agrupación de coliformes fecales es de 280 NMP, lo cual excede el límite permitido, el pH del agua es de 8,5, indicando que es alcalina, se observa una concentración moderada de *DBO<sub>5</sub>*, con un valor de 30 mg/l, lo que implica la presencia de una total moderada de materia orgánica en el agua, los niveles de nitratos y fosfatos se hallan dentro de los límites aceptables, con concentraciones de 5 mg/l y 0,1 mg/l, correspondientemente, la temperatura del agua es de 18°C, lo cual está cerca de la temperatura ambiente de 17,5 °C, la turbidez registrada es de 205 FA, indicando una concentración moderada de partículas suspendidas en el agua, los sólidos disueltos totales presentan un valor de 600 mg/l, prevaleciendo el límite válido de 500 mg/l, el nivel de oxígeno disuelto es de 5 mg/l, que está dentro de los límites aceptables, ver tabla 14; anexo 20 que indica el cuadro de resumen de los monitoreos.



**Figura 84:** Comparación en época de lluvia y seca e la parte alta de la microcuenca.



**Figura 85:** Comparación en época de lluvia y seca e la parte alta de la microcuenca.

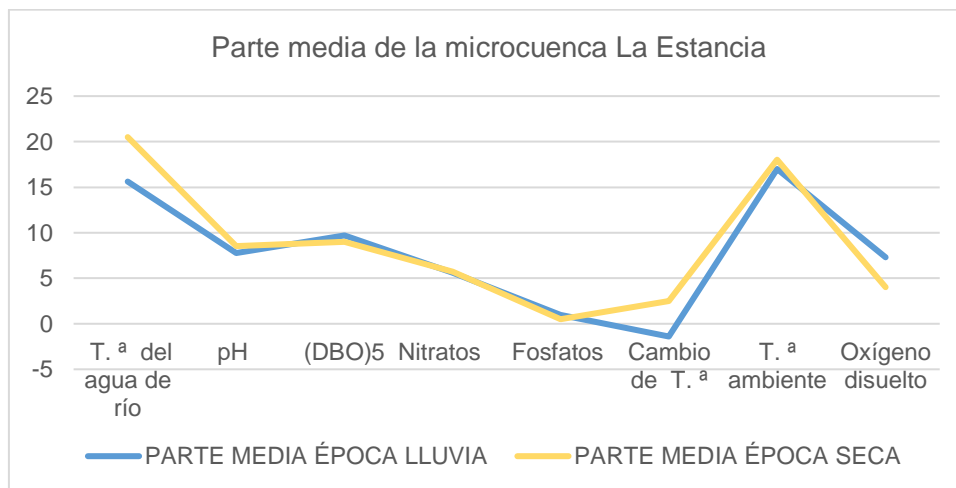
**b. Parte media de la microcuenca.**

**Tabla 15:** Resultados de la zona intermedia de la microcuenca en época de lluvia y seca.

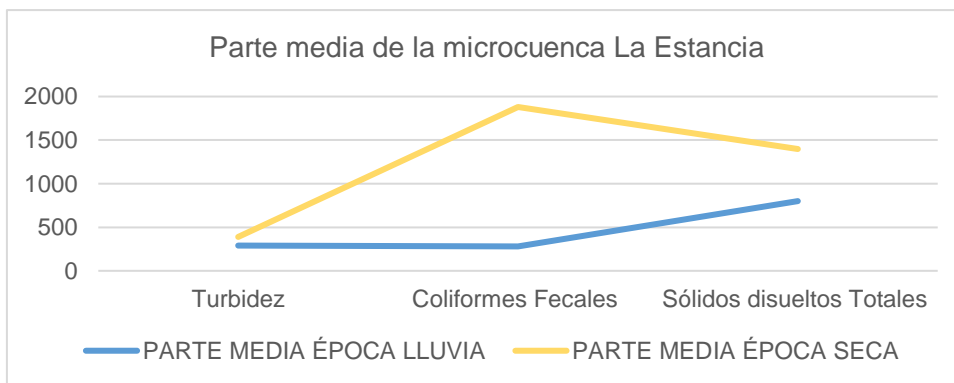
Parámetros	Unidades	Época lluvia	Época seca
Coliformes fecales	NMP	280	1600
pH	pH	7,76	8,5
<i>DBO</i> <sub>5</sub>	mg/L	9,7	9
Nitratos	mg/L	5,6	5,7
Fosfatos	mg/L	1	15
Temperatura del agua	°C	15,6	17,5
Temperatura ambiente	°C	17	17
Cambio de temperatura	°C	-1,4	2,5
Turbidez	FAU	289	100
Sólidos disueltos Totales	mg/L	800	600
Oxígeno disuelto	mg/L	7,27	4

En la tabla 15 se revelan los datos en época de lluvia los coliformes fecales no sobrepasan los límites permisibles con 280 NMP (número más probable) de acuerdo con (Libro IX del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente., 2015). El pH está en rango normal de 7,76. El  $DBO_5$  con un valor de 9,7 mg/L donde indica que la calidad hídrica es aceptable. Los nitratos con un valor de 5,6 indican que están dentro de la normativa y no afectan a la calidad hídrica. Un nivel de fosfatos de 1 mg/L indica la existencia de fertilizantes agrícolas, el uso de detergentes y vertidos de aguas residuales. La temperatura del agua es de 15,6 °C. La turbidez salió 289 FAU (unidades de absorbancia de formazina) este valor indica que el agua evaluada presenta un nivel de claridad moderadamente bajo, esto revela la aparición de sedimentos, materia orgánica y contaminantes en el agua. Los sólidos disueltos totales, con un valor de 800 mg/L, indicando una concentración elevada de sólidos disueltos, puede ser resultado de diversas fuentes, como la erosión del suelo, actividades agrícolas y contaminantes. El oxígeno disuelto es de 7,27 mg/l donde indica que la calidad de agua es apropiada y está dentro de los límites establecidos.

En época seca como se ve en la tabla 15, la concentración de coliformes fecales es de 280 NMP, lo cual excede el límite permitido, el pH del agua es de 8,5 indicando que es alcalina, se observa en los análisis una concentración moderada de  $DBO_5$ , con un valor de 30 mg/l, lo que implica la presencia de una cantidad moderada de materia orgánica en el agua, los niveles de nitratos y fosfatos se localizan dentro de los límites aceptables, con concentraciones de 5 mg/l y 0,1 mg/l, respectivamente, la temperatura del agua es de 18°C, la turbidez registrada es de 205 FAU, indicando una concentración moderada de partículas suspendidas en el agua, los sólidos disueltos totales presentan un valor de 600 mg/l, prevaleciendo el límite aceptable de 500 mg/l, el nivel de oxígeno disuelto es de 5 mg/l, que está dentro de los límites aceptables.



**Figura 86:** Comparación en época de lluvia y seca e la parte media de la microcuenca.



**Figura 87:** Comparación en época de lluvia y seca e la parte media de la microcuenca.

**c. Parte baja de la microcuenca.**

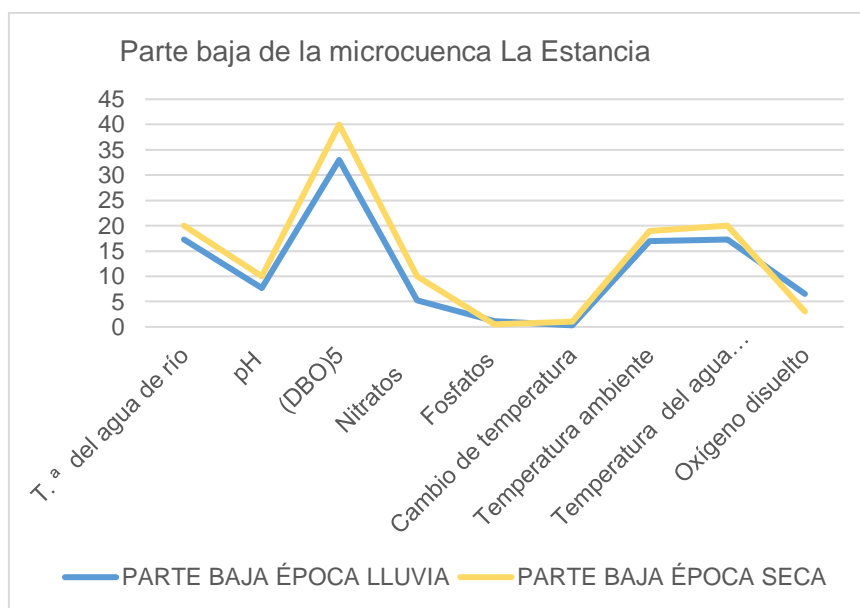
**Tabla 16:** Resultados de la parte baja de la microcuenca en época de lluvia y seca.

Parámetros	Unidades	Época lluvia	Época seca
Coliformes Fecales	NMP	>1600	>1600
pH	pH	7,63	10
DBO <sub>5</sub>	mg/L	33	40
Nitratos	mg/L	5,3	10
Fosfatos	mg/L	1,12	2
Temperatura del agua	°C.	17,3	19
Temperatura ambiente	°C	17	18
Cambio de temperatura	°C	0,3	1
Turbidez	FAU	343	90
Sólidos disueltos Totales	mg/L	1400	900
Oxígeno disuelto	mg/L	6,5	3

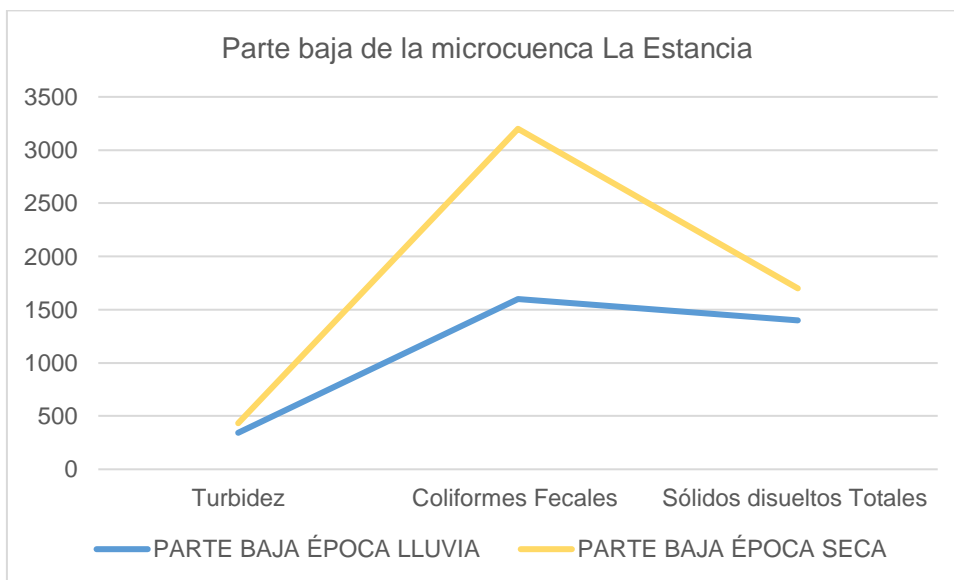
En la tabla 16 en época de lluvia, se presentan los resultados del valor de coliformes fecales es mayor a 1600 NMP, lo que indica una concentración elevada de coliformes fecales en el agua, lo que implica la existencia de contaminación fecal y un potencial riesgo para la salud. El pH es de 7,63, sugiere que el agua es ligeramente alcalina, pero aún está dentro de los límites tolerables para la vida acuática. El  $DBO_5$  con un valor de 33 mg/L sugiere una carga moderada de materia orgánica de agua, lo que puede tener implicaciones para la salud de los ecosistemas acuáticos. Los nitratos con un valor de 5,3 indican que están dentro de la normativa y no afectan a la calidad hídrica. Los fosfatos con un valor de 1,12 mg/L indica la presencia de fertilizantes agrícolas, el uso de detergentes. La temperatura del agua es de 17,3 °C. El valor de turbidez de 343 FAU indica que el agua presenta alta turbidez, lo cual puede tener consecuencias negativas para el ecosistema acuático, limita la luz solar y afecta la fotosíntesis de las plantas. Los sólidos disueltos totales, con un valor de, 1400 mg/L, indican una concentración elevada de sustancias diluidas en el agua, lo que implica significativamente la calidad del recurso hídrico y organismos acuáticos. El oxígeno disuelto es de 6,5 mg/l donde indica que la calidad de agua es apropiada y está dentro de los límites establecidos.

Los resultados en época seca, revelan una alta contaminación de coliformes fecales superiores a 1600 NMP, el pH es elevado y alcalino con un valor de 10 y se observa en los análisis una carga significativa de materia orgánica de 40 mg/l, los niveles de nitratos y fosfatos se mantienen dentro

de los límites aceptables, con una concentración de 10 mg/l y 2 mg/l respectivamente, la turbidez indica una concentración moderada de partículas suspendidas con un valor de 90 FAU, sin embargo, los sólidos disueltos superan el límite permitido, el nivel de oxígeno disuelto se encuentra en el extremo inferior de los valores aceptables con 3 mg/l.



**Figura 88:** Comparación en época de lluvia y seca e la parte baja de la microcuenca.



**Figura 89:** Comparación en época de lluvia y seca e la parte baja de la microcuenca.

#### 4.5.2 Cálculos para la valoración del ICA propuesta por Brown en época de lluvia y seca en la parte alta, media y baja de la microcuenca.






##### a. Parte alta.

En anexo 21,22 se presentan los datos del índice de calidad ambiental, en la parte alta en época de lluvia y seca respectivamente, los valores son los resultados de las mediciones del multiparamétrico y del laboratorio el Subi son los resultados de las interpolaciones de los gráficos de cada parámetro, el  $w_i$  es el peso relativo de la tabla 8, de cada uno de los parámetros, el  $sub \cdot w_i$  es la multiplicación de los resultados de las interpolaciones o subíndices con el peso relativo esto se utiliza la ecuación

12 y el índice de calidad ponderado, el  $\text{Subi}^{\wedge} \text{wi}$  es el índice de calidad de agua geométrico que es el subíndice de cada parámetro elevado a la potencia de su peso relativo ver ecuación 13.

Para establecer el índice de calidad ponderado ICA\_a se utiliza la ecuación 12, y para calcular el índice de calidad de agua geométrico ICA\_m se utiliza la ecuación 13. En la tabla 17 se exhiben los resultados, donde, se determinó el índice de calidad de agua propuesta por Brown para el cálculo de índice de calidad ponderado en la parte alta de la microcuenca en época de lluvia es de 57,96 donde se indica en la tabla 9 clasificación de ICA es regular lo que significa está poco contaminada; para el Índice de Calidad de Agua Geométrico es de 31,96 lo que indica la calidad de agua es mala y está contaminada. En época seca en la parte alta de la microcuenca en época seca índice de calidad de agua geométrico ICA\_m es de 50,67 donde se indica en la tabla 9 clasificación de ICA es malo lo que significa que está contaminada; para el índice de calidad de agua geométrico es de 26,30 lo que indica la calidad de agua es mala.

**Tabla 17:** Resultados de calidad ponderada y geométrico parte alta de la microcuenca.

época	ICA_a	calidad	Calidad	color	valor
lluvia	57,96	regular	Excelente		91 a 100
seca	50,67	mala	Buena		71 a 90
			Regular		51 a 70
lluvia	ICA_m 31,96	mala	Mala		26 a 50
seca	26,30	mala	Pésima		0 a 25

Fuente: (Méndez & Sigcha, 2023).

Al comparar el Índice Biótico Andino (ABI) con el Índice de Calidad de Agua encontramos que hay una variabilidad con respecto a la calidad del agua, la primera indica buen estado del agua con una puntuación de 53 en época de lluvia, sin embargo, el otra la califica como regular con 57,96 en época de lluvia y en la parte alta de la microcuenca

### Parte media










En el anexo 23,24 se enseñan los datos del índice de calidad ambiental de la zona intermedia de la microcuenca en época de lluvia y seca respectivamente, los valores son los resultados de las mediciones del multiparamétrico y del laboratorio el Subi son los resultados de las interpolaciones de los gráficos de cada parámetro, el  $w_i$  es el peso relativo de la tabla 8 de cada uno de los parámetros, el  $\text{sub}^*w_i$  es la multiplicación de los resultados de las interpolaciones o subíndices con el peso relativo esto se utiliza la ecuación 12 que es el índice de calidad ponderado, el  $\text{Subi}^{\wedge} w_i$ , y el índice de calidad de agua geométrico que es el subíndice de cada parámetro elevado a la potencia de su peso relativo se utiliza la ecuación 13.

En la tabla 18 se presentan los datos, donde, se determinó el índice de calidad de agua propuesta por Brown para el cálculo de índice de calidad ponderado en la parte media de la microcuenca en época de lluvia es de 55,84 donde se indica en la tabla 9, clasificación de ICA es regular lo que significa está poco contaminada; para el índice de calidad de agua geométrico es de 38,25 lo que indica que la calidad de agua es mala y está contaminada.

En época seca la parte media de la microcuenca el índice de calidad de agua geométrico ICA\_m es de 43,78 donde se indica en la tabla 9 clasificación de ICA es regular lo que significa que está contaminada; para el índice de calidad de agua geométrico es de 34,67 lo que indica la calidad de agua es mala.

Al comparar el ABI con el ICA en la parte media de la microcuenca encontramos que la primera la calidad de agua es regular con una puntuación de 35 y el ICA con una puntuación de 53, 84 que la cataloga como regular, es decir tienen similitudes los dos índices de calidad de agua.

**Tabla 18:** Resultados de calidad ponderada y geométrico parte media de la microcuenca.

Época	ICA_a	calidad del agua	Calidad	color	valor
lluvia	55,84	 regular	Excelente		91 a 100
seca	43,78	 mala	Buena		71 a 90
	ICA_m	calidad del agua	Regular		51 a 70
lluvia	39,1	 mala	Mala		26 a 50
seca	34,67	 mala	Pésima		0 a 25

Fuente:(Méndez & Sigcha, 2023).










### Parte baja

En el anexo 25, 26 se presentan los datos del índice de calidad ambiental en época de lluvia y seca de la zona baja de la microcuenca, los valores son los resultados de las mediciones del multiparamétrico y del laboratorio, el Subi son los resultados de las interpolaciones de los gráficos de cada parámetro, el wi es el peso relativo de la tabla 8 de cada uno de los parámetros, el sub\*wi es la multiplicación de los resultados de las interpolaciones o subíndices con el peso relativo esto se utiliza la ecuación 12, que es el índice de calidad ponderado, el  $\text{Subi}^{\text{wi}}$ , y el índice de calidad de agua geométrico que es el subíndice de cada parámetro elevado a la potencia de su peso relativo se utiliza la ecuación 13.

En la tabla 19 se demuestran los resultados, donde, el índice de calidad de agua propuesta por Brown para el cálculo de índice de calidad ponderado en la parte baja de la microcuenca en época de lluvia es de 48,45 donde se indica en la tabla 9 clasificación de ICA (índice de calidad de agua) es mala lo que significa que está contaminada; para el índice de calidad de agua geométrico es de 26,07 lo que indica la calidad de agua es mala y está contaminada.

En época seca en la parte baja de la microcuenca el índice de calidad de agua geométrico ICA\_m es de 30 donde se indica en la tabla 9 clasificación de ICA es mala lo que significa que está contaminada; para el índice de calidad de agua geométrico es de 19 lo que indica la calidad de agua está altamente contaminada.

**Tabla 19:** Resultados de calidad ponderada y geométrico parte baja de la microcuenca.

Época	ICA_a	calidad	Calidad	color	valor
lluvia	48,455	 mala	Excelente		91 a 100
seca	30	 mala	Buena		71 a 90
	ICA_m	calidad	Regular		51 a 70
lluvia	26,07545443	 mala	Mala		26 a 50
seca	19,903931	 pésima	Pésima		0 a 25

Fuente:(Méndez & Sigcha, 2023).

Al comparar los dos índices de calidad de agua en la parte baja de la microcuenca, encontramos que el Abi con una puntuación de 16 lo que indica la calidad de agua es mala, con respecto al ICA lo califica también de mala, es decir ambos índices de calidad de agua expresan lo mismo.

## 4.6 Análisis de calidad del agua del sistema de riego

### 4.6.1 Muestreo para conductividad eléctrica.

#### a. Época lluviosa.

En el caso del reservorio, ver anexo 28, la conductividad eléctrica registrada fue de 1253 mS/cm en abril, mientras que en mayo no se detectó ninguna conductividad. Para el ramal derecho, la conductividad eléctrica fue de 0,848 mS/cm en abril y en mayo aumento a 0,365. En el ramal central, se obtuvo una conductividad eléctrica de 1,275mS/cm y disminuyo ligeramente a 0,362mS/cm en mayo. En el ramal izquierdo, se registró una conductividad eléctrica de 1,269 mS/cm en abril y de 0,353mS/ en mayo, ver figura 90.

Al analizar la conductividad eléctrica en temporada de lluvia y su conformidad con la normativa ecuatoriana de calidad ambiental decretada en el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, se comparó que en el mes de abril la conductividad eléctrica se encuentra en un grado de restricción ligero moderado y en el mes de mayo no tiene grado de restricción

#### b. Época seca.

En el reservorio se registró una conductividad eléctrica de 7,57 mS/cm en junio y 7,54 mS/cm en julio. El ramal derecho los valores de conductividad eléctrica fueron de 7,49 mS/cm en junio y 8,07 mS/cm en julio. En el ramal central se obtuvieron valores de conductividad eléctrica de 7,46 mS/cm en junio y 7,89 mS/cm en julio. El ramal izquierdo en junio se registró una conductividad eléctrica de 4,69 mS/cm, mientras que en julio fue de 7,83 mS/cm, ver figura 90.

Al analizar la conductividad eléctrica en temporada seca y su conformidad con la normativa ecuatoriana de calidad ambiental decretada en el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, se determinó en los meses de junio y julio se encuentran en un grado de restricción severo.

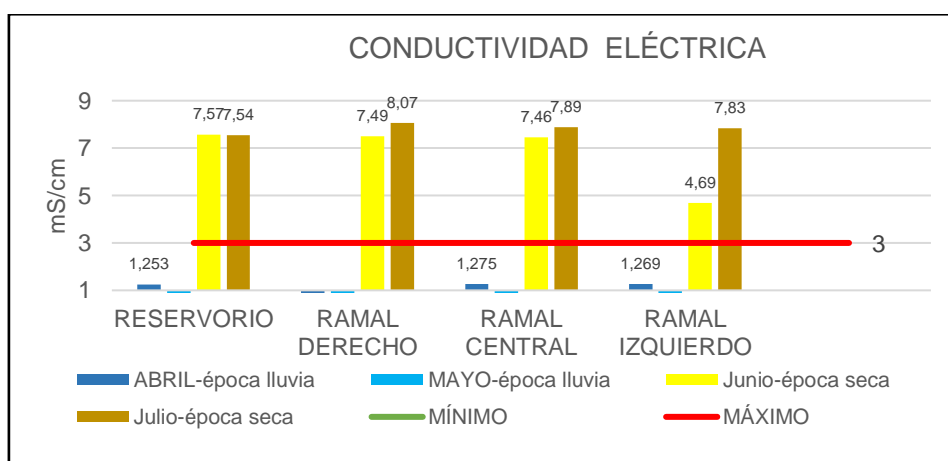


Figura 90: Muestreo para conductividad eléctrica, época de lluvia y seca.

#### 4.6.2 Muestreo para coliformes fecales.

##### a. Época lluvía.

Durante los monitoreos de abril y mayo, se obtuvieron resultados de coliformes fecales, en el reservorio se registró una concentración mayor a 1600 NMP de coliformes fecales en ambos meses. En el ramal derecho, ver anexo 29, se observó una disminución de 540 NMP coliformes fecales en abril a 1600 NMP en mayo. El ramal central mostro una concentración de 920 NMP coliformes fecales en abril y 1600 NMP en mayo. Por último, en el ramal izquierdo se detectaron 1600 NMP de coliformes fecales en ambos meses, ver figura 91. Según los criterios establecidos por la norma de calidad ambiental, en la tabla 3 del acuerdo ministerial 097-A de 2015 del MAE, se comparó que dos monitoreos superan el límite permisible que son el reservorio y el ramal izquierdo y dos puntos de muestreo ramal derecho e izquierdo están dentro de la normativa y en el mes de mayo todos los muestres superan el límite permisible.

##### b. Época seca.

Durante la época seca, se realizaron mediciones de coliformes fecales en junio y julio en diferentes puntos de monitoreo. Los resultados evidenciaron que tanto en el reservorio, ramal, derecho, ramal izquierdo se observó una concentración inicial de 920 NMP de coliformes fecales en junio, que aumento a 1600 NMP de coliformes fecales en julio, ver figura 91. Con los criterios por la norma de calidad ambiental, especificos en la tabla 3 del acuerdo ministerial 097-A de 2015 del MAE se comparó que en junio supera los límites permisibles o excepción del ramal izquierdo de junio con 920 NMP de coliformes fecales que está dentro de la normativa y en julio que todos los muestreos sobrepasan a la normativa.

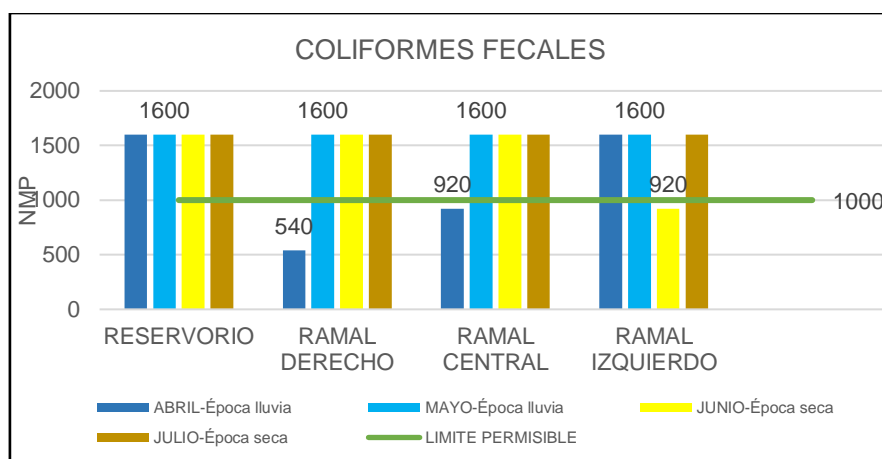


Figura 91: Muestreo de coliformes fecales, épocas de lluvía y seca.

#### 4.6.3 Muestreo para DQO

##### a. Época de lluvía.

Los resultados revelaron que en abril los valores de demanda química de oxígeno están en un rango normal, lo que indica que la carga orgánica es mínima, en mayo bajaron y en el ramal central, ver anexo 30 nos dio un valor de cero indicando que no hay carga orgánica significativa en el agua en sustancias que consumen oxígeno durante su oxidación, ver figura 92.

Al comparar estos resultados con los límites señalados por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental decretada en el acuerdo ministerial 097-A, 2015, indica una carga orgánica moderada y que están dentro de los parámetros aceptables para riego agrícola.

### b. Época seca.

En época seca en el reservorio se registró una DQO de 5 mg/l en junio y 0 mg/l en julio. En el ramal derecho no se detectó presencia de DQO en ambos meses. En el ramal central la DQO fue de 13 mg/l en junio y se redujo a 8 mg/l en julio. El ramal izquierdo no se observó presencia de DQO en ninguno de los dos meses, ver figura 92. Al comparar estos resultados con los límites determinados por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental decretada en el acuerdo ministerial 097-A, 2015, no debe sobrepasar los 40 mg/L y que están dentro de los parámetros aceptables para riego agrícola.

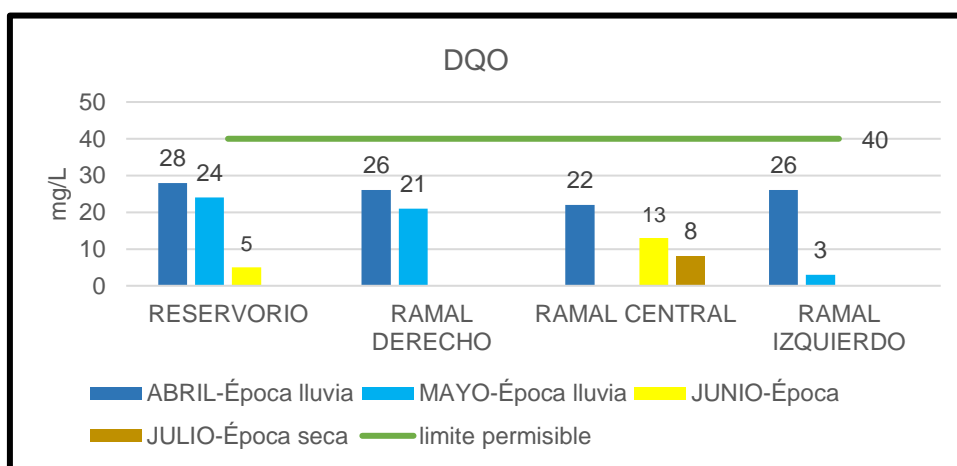


Figura 92: Muestreo para DQO en época de lluvia y seca.

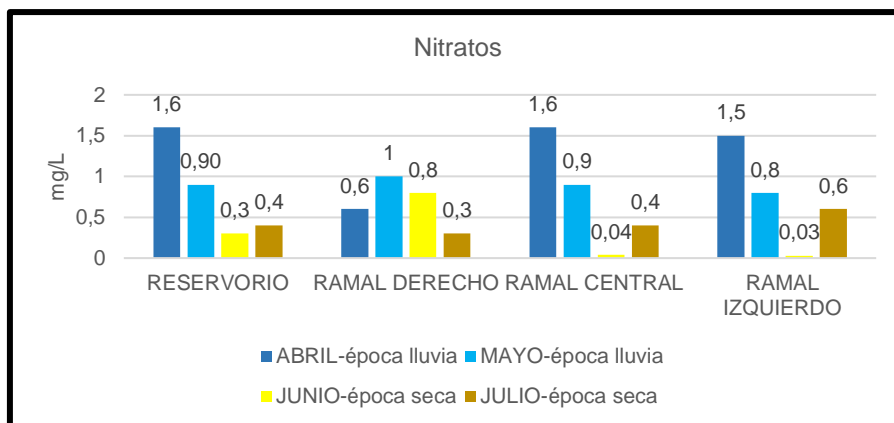
#### 4.6.4 Muestreo de nitratos.

##### a. Época de lluvia.

En abril y mayo el contenido de nitrato en muestras de agua oscilan entre 0,6 a 1,6 mg/L en los cuatro puntos de muestreo: reservorio, ramal derecho, izquierdo, central, ver figura 93, estos se cotejaron con los límites señalados por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental, del acuerdo ministerial 097-A, 2015, donde esta dentro de los límites permitidos, se considera que el agua cumplen con los estándares de calidad ambiental, indicando niveles aceptables de nitrato sin constituir un riesgo representativo para la salud humana y el medio ambiente.

##### b. Época seca.

En junio se registró una concentración de nitratos de 0,3 mg/L, mientras que en julio aumento ligeramente a 0,4 mg/L. El ramal derecho en junio, se encontró una concentración de nitratos de 0,8 mg/L y en julio disminuyo a 0,3mg/L. En el ramal central en junio, se observó una concentración de nitratos de 0,04 mg/L, y en julio aumento a 0,4 mg/L. Ramal izquierdo, ver anexo 31, en junio, se registró una concentración de nitratos de 0,03 mg/L, y en julio se incrementó a 0,6 mg/L, ver figura 93. Con los parámetros establecidos por la norma de calidad ambiental, del acuerdo ministerial 097-A, 2015 del MAE, según la tabla 5 de la norma que establece los criterios de calidad de aguas para uso agrícola y pecuario, los datos encontrados están dentro de límites permitidos.



**Figura 93:** Muestreo para nitratos en época de lluvia y seca.

En la época de lluvia, los niveles de nitrato están dentro de los límites permitidos, que indica una buena calidad de agua, pero en la época seca, aunque están dentro de los límites, hubo variaciones, es importante considerar que los límites permisibles puedan cambiar en el futuro en especial en tiempo de cultivos.

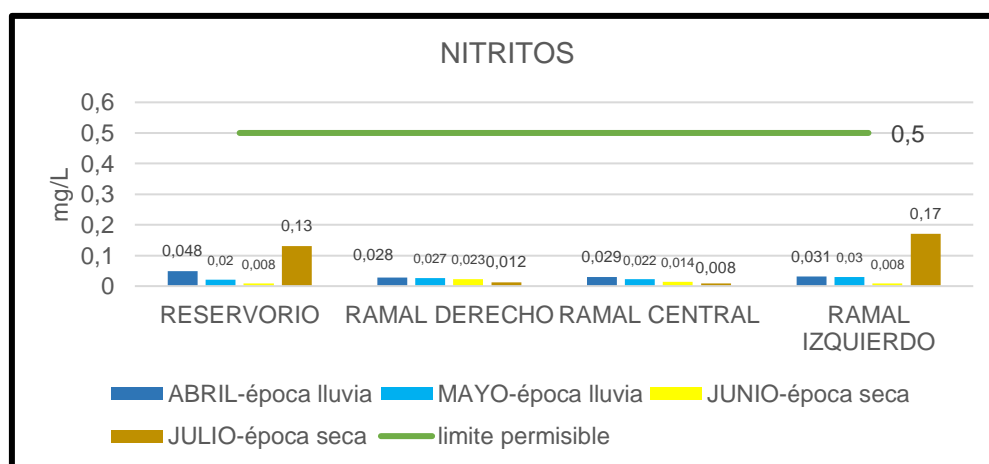
#### 4.6.5 Muestreo de nitritos.

##### a. Época de lluvia.

Al analizar los nitritos temporada de lluvia y su conformidad con la normativa ecuatoriana de calidad ambiental decretada en el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Los resultados obtenidos revelaron que en abril y mayo están dentro de los límites propuestos en el acuerdo ministerial, ver figura 94, se considera que el agua empleada en el sistema de riego cumple con los estándares requeridos para la calidad ambiental en cuanto a nitrito.

##### b. Época seca.

En el reservorio, se registró una concentración de 0,008 mg/L en junio y 0,14 en julio. En el ramal derecho, los valores fueron de 0,023 mg/L en junio y 0,012 mg/L en julio. El ramal central mostro concentraciones de 0,014 mg/L en junio y 0,008 mg/L en julio. Por último, en el ramal izquierdo se detectaron concentraciones de 0,008 mg/L en junio y 0,17 mg/L en julio ver figura 94. La norma de calidad ambiental del acuerdo ministerial 097-A, 2015, emitido por el MAE, esta norma incluye la tabla 3 que establece los criterios de calidad de agua para riego agrícola, los resultados revelaron en la época seca, están dentro de los límites establecidos.



**Figura 94:** Muestreo para nitritos en época de lluvia y seca.

#### 4.6.6 Muestreo de oxígeno disuelto.

##### a. Época lluviosa.

Para el oxígeno disuelto observamos que abril y mayo, cada uno de los puntos de muestreo excede los límites permitidos según la Normativa Ecuatoriana de Calidad Ambiental decretada en el acuerdo ministerial 097-A, 2015, que es de 3 mg/L, ver figura 95. Los límites máximos de oxígeno disueltos en el agua no suelen estar definidos, niveles altos indican saturación de oxígeno y no suelen ser perjudiciales para los organismos acuáticos; sin embargo, en situaciones excepcionales pueden causar estrés a organismos acuáticos.

##### b. Época seca.

Durante la estación seca en los meses de junio y julio, se observa que los niveles de oxígeno disuelto en el agua superan los límites señalados por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental en el acuerdo ministerial 097-A, 2015, en la tabla 3 criterio de calidad permitido para las aguas utilizadas en actividades agrícolas. En el reservorio 6,9 mg/L en junio y 6,61 mg/L en julio. En el ramal derecho 9,36 mg/L en junio y 6,62 mg/L en julio. En el ramal central es de 8,26 mg/L en junio y 6,4 mg/L en julio. En el ramal izquierdo 5,96 mg/L en junio y 6,16 mg/L en julio, ver figura 95. Lo cual todos los datos obtenidos superan el límite permitido según la normativa de calidad ambiental en el acuerdo ministerial 097-A, 2015.

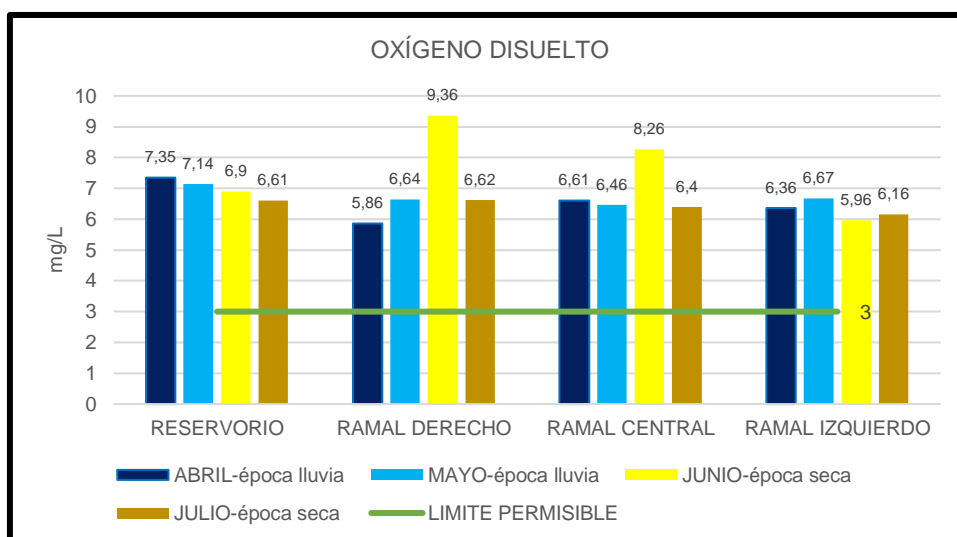


Figura 95: Muestreo para oxígeno disuelto en época de lluvia y seca.

Para mejorar la calidad del agua en el sistema de riego, propongo un monitoreo más detallado y continuo de los niveles de oxígeno disuelto durante el año, es fundamental identificar y abordar las posibles fuentes de contaminación que están afectando estos niveles de agua, sería esencial implementar prácticas de conservación y manejo sostenible.

#### 4.6.7 Muestras pH.

##### a. Época lluviosa.

Los resultados de pH durante la época de lluvia fueron comparados con los límites establecidos por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental del acuerdo ministerial 097-A del 2015, donde los valores de abril y mayo en todos los 4 puntos de monitoreo están dentro de los límites permitidos establecidos por la normativa, ver figura 96.

### b. Época seca.

Los resultados de pH fueron de 9,2 en junio y 9,29 en julio. En el ramal derecho, EL pH fue de 10,07 en junio y 9,92 en Julio. En el ramal central, el pH fue de 9,42 en junio y 9,91 en julio. En el ramal izquierdo, el pH fue de 9,38 en junio y 10,05 en julio, ver figura 96. Lo cual todos los datos sobrepasan el límite permisible según la normativa.

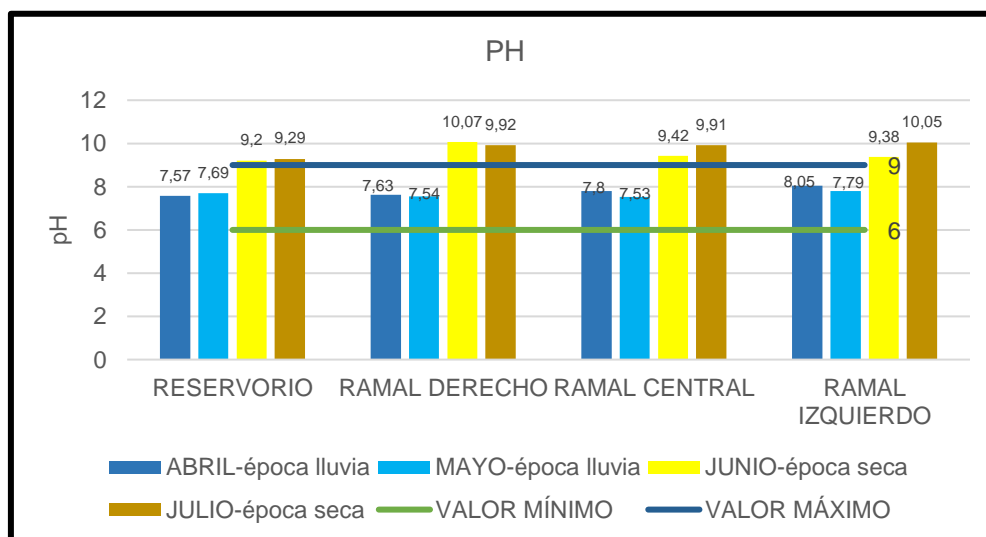


Figura 96: Muestreo para pH en época de lluvia y seca.

Para abordar esta situación, se propone implementar medidas que permitan controlar y regular el pH del agua durante la época seca, una estrategia efectiva sería usar técnicas de corrección de pH, como la aplicación de agentes neutralizadores que se realizarán en los reservorios, para mantenerlos dentro de los límites permitidos por la normativa ambiental, propongo realizar muestreos y monitoreos más frecuentes durante la época seca, así garantizaremos una mejor calidad de recurso hídrico.

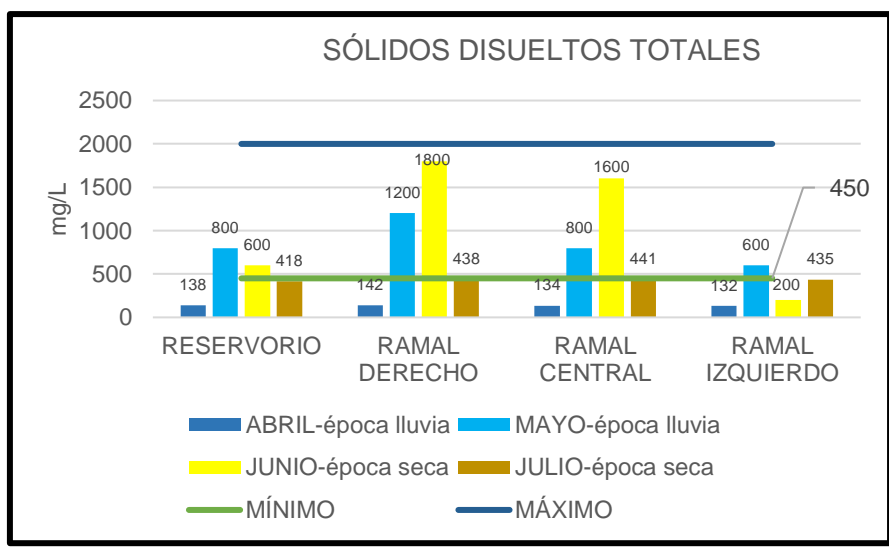
#### 4.6.8 Muestreo de sólidos disueltos totales.

##### a. Época de lluvia.

Se obtuvieron los datos y se cotejaron con los límites permitidos por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental, del acuerdo ministerial 097-A del 2015. Donde se ve que en abril tiene baja conglomeración de sólidos disueltos totales en los 4 puntos de monitoreo, ver figura 97. En mayo se fijan los límites permitidos para usar el agua del sistema de riego, lo cual si cumple con los estándares ambientales establecidos por las autoridades competentes en Ecuador.

##### b. Época seca.

En el reservorio, se registraron concentraciones de 600 mg/L en junio y 418 mg/L en junio. En el ramal derecho, los valores fueron de 1800 mg/L en junio y 438 mg/L en julio. En el ramal central se obtuvieron mediciones de 1600 mg/L en junio y 441 mg/L en julio. En el ramal izquierdo, se sondearon valores de 200 mg/L en junio y 435 mg/L en julio, ver figura 97. La normativa ecuatoriana de calidad ambiental, del acuerdo ministerial 097-A del 2015, en la tabla 4 parámetros de calidad para sistemas de riego, donde se comparó en junio el reservorio, ramal derecho y central el grado de restricción es ligero moderado, dentro de la normativa y del ramal izquierdo no tiene ningún grado de restricción, en julio los datos no tienen ningún grado de restricción.



**Figura 97:** Muestreo para sólidos disueltos totales en época de lluvia y seca.

Durante la época de lluvia, los niveles de sólidos disueltos totales en el sistema de riego cumplen los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental del Ecuador, sin embargo, en época seca los niveles de sólidos disueltos experimentan un aumento, lo que puede deberse a factores como menor disponibilidad de agua y las prácticas agrícolas intensivas, para mejorar esta situación, se propone la implementación de medidas en las captaciones, como filtros y sistemas de purificación del agua para reducir los sólidos disueltos, además, resulta fundamental fomentar la adopción responsable de fertilizantes y técnicas agrícolas que minimicen la erosión y la lixiviación de nutrientes. Estas acciones contribuirán a asegurar la calidad del agua en el sistema de riego.

#### 4.6.9 Muestreo de sulfatos.

##### a. Época lluvia

Los datos obtenidos fueron cotejados con los límites permitidos por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental, donde se determinó que las cuatro muestras de abril y mayo están dentro de los límites permisibles, ver figura 98 y si cumplen con los estándares establecidos por las autoridades del Ecuador.

##### b. Época seca

En el reservorio, se registraron concentraciones de 240 mg/L en junio y 245 mg/L en julio. En el ramal derecho, los valores fueron de 237 mg/L en junio y 240 mg/L en julio. En el ramal central, se obtuvieron mediciones de 224 mg/L en junio y 227 mg/L en julio. En el ramal izquierdo, se sondearon valores de 200 mg/L en junio y 205 mg/L en julio, ver figura 98.

La normativa ecuatoriana de calidad ambiental decretada en el acuerdo ministerial 097-A, 2015 presentada en la tabla 3 criterios para calidad de agua para riego es de 250 mg/L, lo cual se coteja con los datos obtenidos y se identifica que están dentro de la normativa.

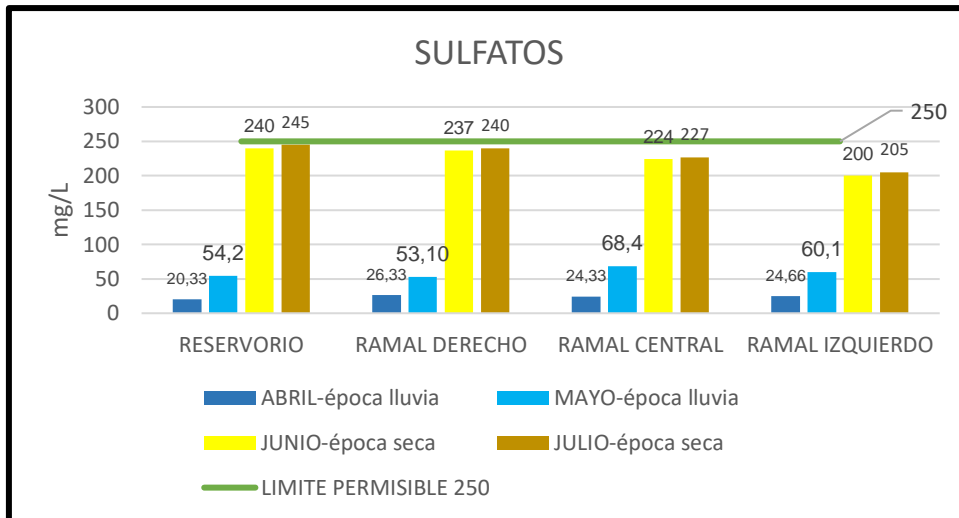


Figura 98: Muestreo para sulfatos en época de lluvia y seca.

#### 4.6.10 Muestreo de temperatura.

##### a. Época lluviosa.

En los resultados, se presentan valores específicos de temperatura registrado en el sistema de riego, donde oscila en el mes de abril y mayo, temperaturas de 15,8 y 20 grados centígrados en los puntos de monitoreo, que son el reservorio, ramal derecho, ramal izquierdo y ramal central, ver figura 99, donde se compara con los límites permitidos por la normativa ecuatoriana ambiental lo cual establece que está dentro de los estándares ambientales para el sistema de riego.

##### b. Época seca.

En el reservorio, se registraron temperaturas de 15 °C en junio y 22,8 °C en julio. En el ramal derecho, los valores fueron de 18°C en junio y 22 °C en julio. En el ramal central, se obtuvieron mediciones de 20,3°C en junio y 21°C en julio. En el ramal izquierdo, se registraron temperaturas de 18,1 °C en junio y 20,7°C en julio, ver figura 99. Los datos obtenidos fueron cotejados con los límites permitidos por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental, donde se determinó que los datos están dentro de la normativa ecuatoriana. El resumen de los monitoreos está en el anexo 32.

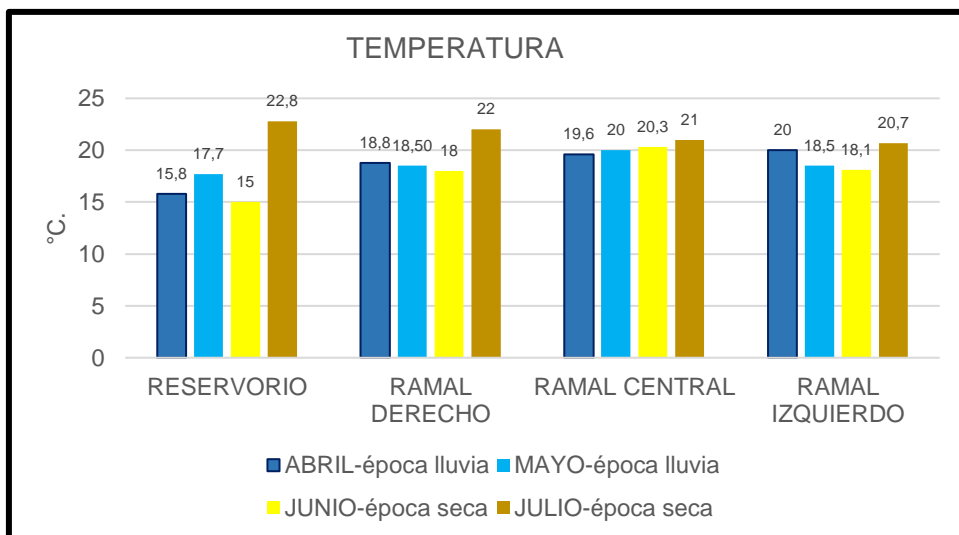


Figura 99: Muestreo para temperatura en época de lluvia y seca.

## 4.7 Propuesta del plan de manejo ambiental

### 4.7.1 Planificación participativa.

#### a. Plan de prevención y mitigación de impactos (PPM)

Plan de Prevención y mitigación de impactos										
Lugar de aplicación:	Parcelas, Captaciones. Operador	Responsable:	sistemas de riego, directiva.	Aspecto	Impacto	Medidas planteadas	Ejecución de normas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo
Descarga de desechos contaminantes al río	Contaminación del agua de la microcuenca y sistema de riego.	Plan de monitoreo para supervisar y regular la descarga de contaminantes en la microcuenca. Brindar capacitación sobre el manejo inadecuado de fertilizantes, abonos y otros productos contaminantes para prevenir su impacto negativo en el sistema hídrico	Implementar las medidas requeridas para llevar a cabo la gestión requerida en la elaboración del plan de monitoreo. La junta de riego se encargará de coordinar capacitaciones en el uso adecuado de fertilizantes orgánicos que minimicen el impacto en los recursos hídricos.	Plan de monitoreo formulado.	de	Denuncias emitidas y Fotografías	6 meses	Cantidad de participantes en las sesiones de capacitación	Fotografías, registro de asistencia ver anexo 33	3 meses
Restauración y conservación de la diversidad biológica	Ecosistemas degradados.	Siembra de especies nativas, la protección de áreas de regeneración natural y la aplicación de prácticas de manejo sostenible del suelo.	Presencia de personal capacitado, disponibilidad de recursos apropiados y la participación activa de expertos y la comunidad local.	Asignación de recursos, Participación de expertos, Involucramiento de la comunidad local.	de	Presupuestos y registros financieros, Curriculum y experiencia profesional, Actas de reuniones	2 años			

**b. Plan De Seguridad Y Salud Ocupacional (PSS).**

<b>Plan de seguridad y salud ocupacional</b>						
<b>Lugar de aplicación:</b>	Espacio físico definido en la junta de riego Rumihurco.					
<b>Responsable:</b>	Presidente del sistema de riego.					
<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>	<b>Medidas planteadas</b>	<b>Ejecución de normas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Plazo</b>
Seguridad y Salud Ocupacional	Accidente o incidentes que están expuestos el personal durante la operación de la microcuenca	Las directivas del sistema de riego de Rumihurco y Bellavista deberán generar reglamentos internos de seguridad, salud ocupacional, protocolos de emergencia.	Los presidentes de las juntas deberán asignar a los responsables para preparar las normas que serán parte del reglamento interno de cada sistema de riego.	Reglamento interno de seguridad formulado y aprobado de cada uno de los sistemas de riego	Crear una matriz que permita identificar los riesgos laborales.	3 meses.
	En caso de accidente laboral, debe informar inmediatamente a la Dirección del Seguro Social Campesino.	Es importante notificar de forma oportuna a la Dirección de Riesgos del IESS cuando se produzca un accidente. Esto se realiza utilizando los modelos de informes establecidos por el Instituto.	El número de reporte de accidentes se asigna de forma única a cada incidente registrado para su posterior seguimiento y referencia.	Número de reporte de accidentes.	Reporte de accidentes.	Inmediato.

**c. Plan de comunicación y capacitación (PCC).**

Plan de comunicación y capacitación PCC.						
Lugar de aplicación:	Junta de riego Rumihurco					
Responsable:	Integrantes de la junta de riego Rumihurco y técnicos					
Aspecto	Impacto	Medidas planteadas	Ejecución de normas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo
Sensibilización y participación comunitaria con la protección del medio ambiente.	Participación activa de la colectividad en la toma de decisiones y acciones afines con el manejo ambiental.	Establecer espacios de diálogo y participación comunitaria para involucrar a la población en la toma de resoluciones y la consumación de acciones ambientales. Esto puede incluir la creación de comités ambientales, grupos de trabajo o programas de voluntariado ambiental.	Crear los materiales educativos necesarios, como folletos, guías o videos, que se utilizarán durante las actividades de comunicación y capacitación. Estos materiales deben ser claros, concisos y adaptados al público objetivo.	Cambio de actitudes y comportamientos: Evaluar si las actividades han generado una transformación positiva en las actitudes y comportamientos de los participantes hacia el medio ambiente, mediante encuestas, observación directa o testimonios.	Mantener registros de todas las actividades realizadas, incluyendo materiales educativos utilizados, informes de capacitaciones, testimonios de participantes y fotografías.	4 meses
Fomento de métodos y enfoques que permitan un manejo sostenible dentro del área de influencia.	Realización de entrenamientos para supervisar la contaminación del agua, aire y suelo.	Programas de formación en sostenibilidad ambiental que abarquen aspectos como el manejo adecuado de la microcuenca, técnicas de plantación y propuestas para mejorar las riberas del sistema hídrico.	Iniciativa de la dirección para llevar a cabo capacitaciones en sostenibilidad ambiental, manejo adecuado de la microcuenca, técnicas de plantación y mejoramiento de las riberas del sistema hídrico	Cantidad de personas que participan en las sesiones de formación.	Cantidad de personas que participan en las sesiones de formación.	12 meses

**d. Plan de relaciones comunitarias (PRC)**

Plan de relaciones comunitarias						
<b>Lugar de aplicación:</b> Junta de Rumihurco						
<b>Responsable:</b> Integrantes Junta de Rumihurco y técnicos.						
<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>	<b>Medidas planteadas</b>	<b>Ejecución de normas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Plazo</b>
Protección y conservación de los recursos hídricos	Calidad del agua	Establecer planta de vermifiltro de aguas residuales. Se utiliza tecnologías adecuadas, como sistemas de filtración, sedimentación y desinfección, para garantizar la eliminación de contaminantes y la obtención de agua tratada de calidad.	Factores como la disponibilidad de recursos, la escala de operación, la eficiencia de eliminación de contaminantes.	Disponibilidad de recursos asignados, capacidad de tratamiento en relación al número de usuarios, eficiencia de eliminación de contaminantes, cumplimiento de los estándares de calidad del agua, viabilidad económica en términos de costos de inversión, operativos y de mantenimiento	Documentación de estudios de investigación, informes técnicos, consultas a expertos, estudios de factibilidad e informes de seguimiento.	12 meses
	Protección de fuentes de agua	Se proponen medidas como la delimitación y conservación de áreas de recarga, la restricción de actividades contaminantes, la educación y concientización y el monitoreo y valoración de la calidad del agua	Estudios hidrológicos y la implementación de prácticas de conservación. Se establecen normativas e inspecciones periódicas. Programas educativos, talleres y campañas. El monitoreo, valoración de la calidad del agua se llevan a cabo mediante análisis y evaluaciones periódicas, delimitación de áreas de conservación.	Número de estudios hidrológicos realizados, la superficie de áreas de recarga delimitadas, el cumplimiento de normativas ambientales, el número de inspecciones realizadas, la participación y satisfacción de los participantes en programas educativos, el número de comités formados y su nivel de participación activa	El nivel de conocimiento y cambio de comportamiento de la comunidad, el número de comités formados y su nivel de participación activa, la frecuencia y cobertura.	10 meses
Introducción de sustancias químicas y contaminantes en el medio ambiente	Contaminación agrícola	Brindar capacitación y asistencia técnica a los agricultores en buenas prácticas agrícolas, como el uso adecuado de fertilizantes y pesticidas, la gestión eficiente del agua y la conservación del suelo.	Programa de capacitación adaptado a las necesidades identificadas. Debe abordar temas como el uso adecuado de fertilizantes y pesticidas, la gestión eficiente del agua y la preservación del suelo. Métodos de capacitación, como talleres, demostraciones prácticas.	Número de agricultores capacitados, el nivel de conocimiento adquirido, la adopción de prácticas recomendadas, la mejora en la productividad, los cambios en el uso de insumos agrícolas y el análisis de la satisfacción de los involucrados.	Registro de asistencia de los agricultores, evaluaciones de conocimiento antes y después de la capacitación, visitas de seguimiento para comprobar la adopción de las prácticas recomendadas, mediciones de la productividad agrícola, el registro de cambios en el uso de insumos agrícolas y encuestas de satisfacción de los participantes	12 meses

e. **Plan de contingencias PDC.**

<b>Plan de contingencias PDC</b>						
<b>Lugar de aplicación:</b>	Infraestructura hidráulica del sistema de riego.					
<b>Responsable:</b>	Presidente de la junta de riego.					
<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>	<b>Medidas planteadas</b>	<b>Ejecución de normas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Plazo</b>
Riesgos naturales	Lluvias intensas	Establecer prácticas de conservación del suelo, como la construcción de terrazas y la siembra de cultivos de cobertura, para disminuir la erosión y optimizar la infiltración del agua	Diseño y la construcción de terrazas, la siembra de cultivos de cobertura y el mantenimiento regular.	Número de terrazas construidas, superficie de cultivos de cobertura	Registro de construcción de terrazas, Registro de construcción de terrazas	12 meses
	Sequias	Uso de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia.	Diseño de sistemas como techos recolectores, canaletas y tanques de almacenamiento que recolectar y almacena en el agua de lluvia.	Capacidad de recolección, eficiencia de almacenamiento,	Registro de instalación, Inspección visual	6 meses a 12 meses
Amenazas a la integridad de la infraestructura del sistema de riego	Posibles daños a la infraestructura del sistema incluyen la aparición de fisuras, desbordamientos, deslizamientos de tierra, hundimientos y la destrucción de la caja del canal.	Elaborar una lista detallada del equipo y material requerido para brindar una respuesta rápida a las emergencias que puedan surgir.	Se debe realizar por parte de la Junta un Plan de contingencias el cual evite que existan filtraciones o daños a la tubería, canal, dicho plan tiene que ser socializado a todas las personas que son parte del sistema de Riego.	Desarrollo y aprobación de un plan de contingencias.	Fotografías, comprobantes de compra, registros de mantenimiento e informes.	1 mes

#### 4.7.2 Planificación para la implementación y seguimiento.

##### a. Plan de monitoreo y seguimiento PMS.

Planificación para la implementación y seguimiento						
Lugar de aplicación:	Espacio físico definido en el área de la microcuenca.					
Responsable:	Técnico responsable en la ejecución de las medidas del plan de manejo ambiental.					
Aspecto	Impacto	Medidas planteadas	Ejecución de normas	Indicadores	Medio de verificación	Plazo
Monitoreo y control.	Propuesta para la ejecución del PMA	Nombrar a un individuo encargado de supervisar la ejecución del Plan de Manejo, quien deberá tener un conocimiento completo de su contenido, los plazos establecidos, informar a la presidencia del Sistema de Riego sobre el progreso o cualquier problema que surja, y estar familiarizado en detalle con el rendimiento del PMA.	Es necesario proporcionar formación a todos los miembros del personal con respecto al Plan de Manejo Ambiental vigente para garantizar su correcta gestión y seguimiento	Plan de manejo formulado y aprobado	de y Informes, registros, fotografías	3 meses
Generación de Desechos, descargas líquidas.	Afectación de la Calidad del agua	Hacer evaluaciones periódicas de los componentes, especialmente del recurso hídrico, para analizar continuamente su estado y condiciones.	Emplear a un profesional especializado en la toma de muestras y el análisis de recursos, como suelos y agua, para garantizar la obtención de datos precisos y la realización de análisis adecuados.	Normativa nacional en cuanto a parámetros fisicoquímicos.	Informe del análisis del agua.	2 meses

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

Se realizó una evaluación exhaustiva, se observó que la microcuenca La Estancia en el cantón Paute, está experimentando diversas presiones ambientales significativas como la deforestación, agricultura intensiva y la contaminación del sistema fluvial. Estas presiones han tenido un impacto dañino considerable en la calidad del agua y en el estado general del ecosistema de la microcuenca.

El sistema de riego Rumihurco presento niveles preocupantes de contaminación, con la presencia de coliformes fecales mayores a 1000 NMP, conductividad eléctrica en época seca son mayores a 3 MmS/cm, oxígeno disuelto son mayores a 3 mg/L y el pH en época seca son mayores a 9 potencial de hidrogeno, estos como principales contaminantes, y son una amenaza para la salud humana, biodiversidad acuática y ecosistemas ribereños.

Como resultado de esta evaluación se implementó una propuesta de plan de manejo ambiental para la microcuenca La Estancia, este plan incluyó medidas para conservar y restaurar recursos naturales, promover prácticas sostenibles, controlar contaminación, participación de la colectividad en la gestión del agua y las riquezas naturales. El tiempo que propongo para llevar a cabo la implementación del plan de manejo ambiental en la microcuenca La Estancia puede variar según la complejidad y el alcance de medidas que se incluyan, estimaría que la ejecución del plan de manejo ambiental se podría extenderse de 2 a 3 años para obtener resultados significativos y sostenibles. Las instituciones que estarían directamente involucradas sería el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cabo, Junta de Riego de Rumihurco y Bellavista, Instituciones educativas del Cabo. Un costo aproximado para la ejecución del plan de manejo ambiental implicaría un valor aproximado de 140. 000 dólares, esta cifra fue estimada considerando estudios y diagnósticos ambientales, diseño y elaboración del plan de manejo, implementación de medidas y acciones, monitoreo y evaluación, lo que puede variar en función de la extensión y complejidad del proyecto.

Se diagnosticó ambientalmente la microcuenca La Estancia, basado en los resultados de la calidad hidro morfológica, proporcionó información relevante para la identificación de áreas que requieren atención y medidas de conservación. Estos efectos resaltan la importancia de implementar acciones para el mejoramiento de ribera, promover la continuidad y conexión a lo largo del río, reducir la presencia de escombros y optimizar el flujo y la profundidad del agua, en las zona alta, media, baja de la microcuenca La Estancia.

Los resultados conseguidos subrayan la jerarquía de fomentar la cooperación activa de la comunidad y optimizar la calidad de vida en la microcuenca. La información que se recopiló permitió unificar áreas particulares que requieren atención y medidas de conservación, y sienta las bases para el progreso de programas y políticas que promuevan la preservación de los recursos naturales y fomenten un desarrollo sostenible.

Es esencial reconocer el papel de la comunidad local, en la toma de decisiones afines con la gestión ambiental. La participación activa de la colectividad en la implementación de acciones concretas y el desarrollo de prácticas sostenibles como las juntas de riego de Rumiurco y Bellavista son aspectos claves para alcanzar una armonía adecuada entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente.

La conductividad eléctrica, se evaluaron niveles de salinidad del agua, indicadores importantes de su calidad. Los resultados revelaron la necesidad de implementar medidas y supervisión continua

para regular y preservar la conductividad eléctrica dentro de los límites establecidos por la normativa ecuatoriana vigente.

En cuanto a los coliformes fecales, se examinaron para determinar la contaminación microbiológica en el agua de riego. Los valores conseguidos se compararon con los límites permisibles constituidos por la normativa, lo que permite implementar medidas de control y manejo de agua en el futuro para garantizar su calidad y minimizar los riesgos sanitarios.

El oxígeno disuelto y el pH del agua se evaluaron como parámetros importantes para la calidad del recurso hídrico. Los resultados indicaron la importancia de mantener niveles óptimos de oxígeno disuelto y ajustar el pH durante diferentes épocas del año, especialmente en la época seca, para cumplir con los estándares implantados por la normativa y asegurar la idoneidad del agua para el sistema riego.

El propósito del plan de manejo ambiental es fomentar prácticas de gestión ambiental sostenible, preservar la diversidad biológica y asegurar el uso responsable de los recursos naturales para los beneficios actuales como futuras. También se promueve el desarrollo socioeconómico equilibrado en la microcuenca, es crucial el compromiso y la participación de la colectividad y la colaboración entre las partes interesadas como instituciones y autoridades locales.

El plan de comunicación y capacitación es fundamental para la involucración de la comunidad del sistema de riego Rumihurco en el manejo ambiental de la microcuenca La Estancia. Mediante la participación de la comunidad, se puede generar conciencia acerca de la importancia de preservar este valioso recurso hídrico y el implemento de propuestas concretas para su conservación.

La planificación y ejecución adecuada del plan de manejo ambiental, con la participación de la comunidad del sistema de riego Rumihurco, favorecerá a la conservación y manejo sostenible de la microcuenca La Estancia. Este enfoque integrado y participativo permitirá promover una gestión responsable del medio ambiente y asegurar el resguardo a largo plazo de los recursos naturales en favor de todos los habitantes. Se espera que las instituciones como el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica y el Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cabo se involucren desde sus competencias.

## CAPÍTULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

En lo ambiental se recomienda implementar medidas de mejoramiento en la ribera, continuidad del río, reducción de escombros, optimización del flujo y la profundidad del agua de la microcuenca La Estancia. En lo social se recomienda fomentar la participación de la comunidad y mejorar la eficacia de vida en la microcuenca, con la información recopilada en áreas que quiere atención y conservación, que sirve de base para desarrollar programas y políticas que fomenten la preservación de los recursos naturales y la promoción del crecimiento sostenible.

Es crucial reconocer el papel que desempeña la comunidad local en la toma de decisiones vinculadas con la gestión ambiental. La participación de la colectividad en la implementación de acciones concretas y la promoción de prácticas sostenibles son elemento clave para lograr un equilibrio adecuado con el crecimiento económico y el amparo de medio ambiente, esto permitirá alcanzar un desarrollo sostenible a largo plazo.

Es recomendable implementar un monitoreo constante de la conductividad eléctrica del agua y tomar medidas periódicas para regularla y mantenerla dentro de los límites determinados por la normativa. Esto garantizará la calidad de agua en el sistema de riego y permitirá controlar los niveles de salinidad de manera efectiva.

Se sugiere la adopción de medidas de control y gestión del agua para asegurar su calidad y minimizar los riesgos para la salud, en lo que concierne a los coliformes fecales. Esto implica implementar protocolos de tratamiento y desinfección adecuados, así como realizar análisis regulares para verificar los niveles de contaminación microbiológica cumplan con los estándares permitidos en la normativa.

Es importante mantener niveles óptimos de oxígeno disuelto y ajustar el pH del agua, en la época seca, para asegurar su idoneidad en el riego, se recomienda implementar prácticas de aireación y control de PH, siguiendo los requisitos señalados por la normativa, para preservar la calidad de agua y mantener un equilibrio ambiental adecuado en el sistema de riego.

Para lograr un desarrollo socioeconómico equilibrado en la microcuenca, es fundamental contar con la participación y el compromiso de la colectividad, así como fomentar la colaboración de instituciones y autoridades locales. Esto permitirá promover prácticas de gestión sostenible y un uso responsable de los recursos naturales.

El plan de comunicación y capacitación ha demostrado ser una estrategia exitosa para involucrar a la comunidad del sistema de riego Rumihurco en la conservación de la microcuenca La Estancia. A través de la sensibilización y la intervención de la comunidad, es recomendable instaurar conciencia sobre el valor de mantener el recurso hídrico y la implementación de acciones concretas para su conservación.

La adecuada planificación y ejecución del plan de manejo ambiental, con la participación activa de la comunidad del sistema de riego Rumihurco, favorecerá a la conservación y al manejo sostenible de la microcuenca La Estancia. Este enfoque integrado y participativo promoverá una gestión responsable del medio ambiente y garantizará la protección a largo plazo del aprovechamiento de los recursos naturales en favor de toda la población de la microcuenca. Continuar implementando medidas y acciones alineadas con este enfoque será fundamentalmente para asegurar la preservación de la microcuenca y el bienestar de la comunidad.

Recomiendo enfocar la tesis en la apropiación de la propuesta de manejo ambiental de la microcuenca por parte de las Juntas de Riego de Rumihurco y Bellavista, y promover su activa participación en el cumplimiento de las medidas propuestas. Se sugiere utilizar una estrategia de comunicación efectiva, capacitaciones y participación activa para lograr el compromiso serán miembros de la Juntas. El monitoreo constante y el reconocimiento del esfuerzo serán fundamentales para asegurar el éxito del plan de manejo ambiental.

EL plan para la microcuenca La Estancia propone medidas ambientales y sociales, mejoramiento de las riberas, involucramiento de la comunidad y monitorear la calidad del agua son cruciales. El enfoque participativo promueve un desarrollo equilibrado y responsable. La comunicación, capacitación y compromiso de las juntas de Riego son esenciales para el éxito del plan y la preservación a largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64. <https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Agencia de Regulación y Control del Agua del Ecuador. (2022). *REGULACIÓN Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022*. 1-17. [www.regulacionagua.gob.ec](http://www.regulacionagua.gob.ec)
- Aguirre, N. (2007). Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas. *Universidad Nacional de Loja, Agosto*, 117. [https://agrequima.com.gt/site/wp-content/uploads/2016/12/Manual\\_de\\_Instructores-01.pdf](https://agrequima.com.gt/site/wp-content/uploads/2016/12/Manual_de_Instructores-01.pdf)
- Álvarez, L. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuático como indicadores de la calidad del agua. *Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt*, 05, 263. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- Arcos, E. (2019). *Estudio de la erosión hídrica superficial en la cuenca vertiente del río torrente en el Valle de Ica (granada) con rusle 1.06c y propuesta de medidas correctoras*. 114.
- Arteaga, F. S. (2011). *Ingeniería y Territorio*.
- Asenjo, J., & McNeil, J. (2019). *Calidad del Agua en las Américas Riesgos y Oportunidades Calidad del Agua en las Américas Riesgos y Oportunidades* (G. Roldán, J. Tundisi, B. Jiménez, K. Vammen, H. Vaux, E. González, & M. Doria (eds.)).
- Ayala, A. (2010). Sistema de Análisis por Inyección Secuencial para el Monitoreo Automatizado de Nitrito, Nitrato y Sulfato en Aguas. *Sistema de Análisis por Inyección Secuencial para el Monitoreo Automatizado de Nitrito, Nitrato y Sulfato en Aguas*. [https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/362/1/Tesis\\_Alejandro\\_Ayala\\_Quezada.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/362/1/Tesis_Alejandro_Ayala_Quezada.pdf)
- Azario, R., Metzler, C., María, G., & Marcó, L. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72-82. [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c\\_Hig.Sanid\\_.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- Báez, C. (2018). *Análisis Geomorfológico Y Tectónico Para La Determinación De Los Factores Condicionantes En La Producción De Sedimentos De La Subcuenca Hidrográfica Del Río Salado (Cuenca Hidrográfica Del Río Coca)*. 165. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19058?mode=full>
- Barrenechea, A. (2009). Aspectos fisicoquímicos de la calidad de agua. *International Angiology*, 28(4), 303-310.
- Barreto, P. (2010). Protocolo de monitoreo de agua. *Revista Mexicana De Ingenieros Químicos*, 22(5), 40. [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/2011-PROTOCOLO-ANAPeru.pdf%5Cnhttp://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/13504/1/ArangoMendozaJulianAndres2014.pdf%5Cnhttp://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd54](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/2011-PROTOCOLO-ANAPeru.pdf%5Cnhttp://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/13504/1/ArangoMendozaJulianAndres2014.pdf%5Cnhttp://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd54)
- Barrio, F., & Amo, E. (2014). *Proyecto: Cartografía Temática de Ecuador, Escala 1:25.000 Temática: Coberturas, Usos del Suelo y Sistemas Productivos*. 1-41.
- Bassi, L. (2007). *Guía metodológica para el manejo participativo de microcuencas* (serviprensa (ed.)). <https://www.fao.org/3/aq435s/aq435s.pdf#:~:text=Guía metodológica para el manejo participativo de microcuencas,parte de la naturaleza y no sus dominadores.>

- Blas, G. (2019). "Remoción de fosfatos en aguas residuales Domésticas con carbón activado de endocarpio de aceituna modificado con nanopartículas de hierro(III)". *Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Ingeniería Ambiental.*, 1-126. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/806>
- Brieva, C. (2018). Caracterización de cuencas Pnagua – pe 1133022 "caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológicas en cuencas. *Programa Nacional Agua - Pnagua & Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, 1, 161. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion\\_de\\_cuencas\\_0.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion_de_cuencas_0.pdf)
- Caicedo, S., & Pérez, M. (2021). *Formulación de un índice de calidad del agua ( ICA) a partir de parámetros fisicoquímicos . Estudio de caso : río Bogotá de parámetros fisicoquímicos .* 1-90.
- Cañibano, A., Sastre, V., & Rodolfo, A. (2016). Área Y Perímetro Para La Caracterización De Formas. En *Suma* (Vol. 83, pp. 25-32).
- Carbone, M., Píccolo, M., & Perillo, M. (2003). *Caracterización climática de la cuenca del arroyo Claromecó , Argentina.* 38, 41-60.
- Cardona, B. (2016). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. *Manual de Manejo de Cuencas, Módulo I.* [http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/manual\\_manejo\\_de\\_cuencas\\_modulo\\_1%5B1%5D.pdf](http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/manual_manejo_de_cuencas_modulo_1%5B1%5D.pdf)
- Carrera, C., & Fierro, K. (2018). Macroinvertebrados Acuáticos. En *Ecociencia* (Vol. 2). <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- Carvalho, P., & Delgado, J. (2013). *Estudio Hidrológico-Hidráulico del puente sobre el río Jadan, parroquia jadan, canton gualaceo, provincia del azuay.* 1-85. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4370/1/tesis.pdf>
- Castrillón, Y. (2014). *Estrategias para el control de inundaciones en la zona urbana de la cuenca del río Meléndez.* 85.
- Castro, B. (2017). Obtención De Una Cuenca Hidrográfica Mediante El Uso De Un Software Comercial "Arcgis Y El Uso De Un Software Libre "Saga". Caso De Estudio Municipio De Porcesito, Antioquia. *Africa's potential for the ecological intensification of agriculture*, 53(9), 1689-1699.
- Cerignoni, F., & Rodrigues, V. (2015). Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales Análisis morfométrico de la microcuenca «C» núcleo Cunha, São Paulo, Brasil. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For*, 41, 355-366.
- Chuqui, A., & Manzaba, R. (2021). Determinación De Calidad De Agua Por Bioindicadores (Macroinvertebrados) En El Río Machángara, Del Distrito Metropolitano De Quito (Dmq), 2021. En *Universidad técnica de cotopaxi* (Vol. 1). <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Clark, M., Serrano, F., Ordoñez, L., & Íñiguez, C. (2018). *Conservación y manejo de fuentes de agua.* (segunda ed).
- Cordero, I. (2013). *Evaluación de la gestión territorial de la cuenca del río Paute, estrategias y líneas de acción para superalvas.*
- Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca. (2012). *Guía metodológica para la delimitación de zonas de ronda en la jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca - car.* 30.
- Cruz, A., Melgarejo, E., Contreras, A., & González, M. (2012). *La Biodiversidad en Guanajuato.* [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67750262/Libro\\_Ecologia\\_Biodiversidad\\_de\\_Guanajuato\\_vol1-libre.pdf?1624668241=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLibro\\_Ecologia\\_Biodiversidad\\_de\\_Guanajuato.pdf&Expires](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67750262/Libro_Ecologia_Biodiversidad_de_Guanajuato_vol1-libre.pdf?1624668241=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLibro_Ecologia_Biodiversidad_de_Guanajuato.pdf&Expires)

s=1681256024&Signature=VeQZumixqJeZUE

- Donoso, M. (2002). «*la cuenca del rio paute: diagnostico y propuesta de manejo integral. politicas de desarrollo agropecuario*».
- Duchi, B. (2022). «*Microorganismos De Uso Agroindustrial Aislados Del Suelo De Un Bosque Primario De La Parroquia Pungala Cantón Riobamba*». <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17808/1/27T00553.pdf>
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y Técnicas en ecología fluvial*.
- Elosegui, A., & Díez, J. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial: La vegetación terrestre asociada a bosques de ribera*. 17. [https://www.fbbva.es/microsites/ecologia\\_fluvial/pdf/cap\\_17.pdf](https://www.fbbva.es/microsites/ecologia_fluvial/pdf/cap_17.pdf)
- Encalada, A., Rieradevall, M., Ríos, B., Garcia, N., & Prat, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (cera-s)*. 83. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- FAO. (2007). *Guía metodológica para el manejo participativo de microcuencas* Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia MARN Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 75. <http://www.fao.org.gt>
- García, J., Cedillo, J., José, P., & Balderas, M. (2012). Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el altiplano mexicano. El caso del Río San José en el Estado de México. *Papeles de Geografía*, 56, 63-73.
- García, S., Arguello, A., Parra, R., & Pincay, M. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal*, 4(2), 59-71. <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909>
- Garzón, D., & Rodri. (2012). *Diagnóstico biofísico y socioeconómico de la microcuenca del río los Cedros, corregimiento de chiribío, municipio de Sotará*.
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senistierra, G., Denegri, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2013). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Augmdomus*, 4(0), 143-158.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia El Cabo. (2014). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia el Cabo, perteneciente al cantón Paute, provincia del Azuay*. 305. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1768070320001\\_PDOT\\_Parroquia\\_Guayllabamba\\_2015\\_Final\\_15-05-2015\\_11-06-19.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768070320001_PDOT_Parroquia_Guayllabamba_2015_Final_15-05-2015_11-06-19.pdf)
- Gómez, E. (2009). «*Comparación de metodologías de Ordenación de Cuencas . Aplicación a la cuenca del río Barxeta* ». 144.
- Guanotásig, C. (2022). *Evaluación de fuentes puntuales de contaminación de la cuenca del río cutuchi en el sector la estación del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi*.
- Guerrero, P. (2022). *Diseño de la captación de agua para la junta de regantes del barrio Salazar Gómez en la quebrada la Retraída*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21202/1/CD10719.pdf>
- IDEAM. (2020). *SST: Sólidos Suspendidos Totales SDT: Sólidos Disueltos Totales*. <http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/35488871/M-S-LC-I018+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO+DETERMINACIÓN+SÓLIDOS+SUSPENDIDOS+TOTALES+v3.pdf/5bf936bf-ea6a-4ea7-95bf-c2534cf44dbf?version=1.0&previewFileIndex=>
- Iglesias, A., Estrela, T., & Gallart, F. (2007). *Impactos sobre los recursos hídricos*. 303-354. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3851/S1100930\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3851/S1100930_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- INEN. (2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.*
- Instituto Geográfico Militar. (2010). *Licencia General de Acceso y Uso Libre de la Información Geográfica: Base Nacional escala 1 : 50 000.*
- Jiménez, B., Torregrosa, M., & Armentia, L. (2010). *El agua en México: cauces y encauces.*
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., & Heydrich, M. (2015). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Ciencias Biológicas*, 44(Contaminación fecal), 24-34.
- León, M. (2014). "Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del río Congüime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ica brown) en la provincia de Zamora CHinchipe cantón Paquisha." 139. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2256/1/T-UCE-0012-296.pdf>
- Libro IX del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente., Libro VI, Anexo 5 184 (2015). <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf> [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)
- Machena, J. (2017). Generalidades de los sistemas de riego. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(1), 51-66.
- Magdaleno, F. (2013). Las riberas fluviales. *Ambiental*, 104(September 2013), 90-101. <https://www.researchgate.net/publication/256993717>
- Martínez, G. (2021). "Desarrollo sustentable y participación social, Estudio del caso: Cuenca Río Grande-Lagunas de Montebello". <http://148.222.11.200/jspui/bitstream/123456789/3798/1/PS1944> Geremías Martínez Santiago - GEREMIAS MARTINEZ SANTIAGO.pdf
- Méndez, L., & Sigcha, A. (2023). *Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la microcuenca de la quebrada Cumbiteo, parroquia Aloasí, cantón mejía, provincia de Pichincha.* 4(1), 88-100. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24419/1/TTS1194.pdf>
- Mera, J. (2012). *Evaluación multicriterio en sistemas de información geográfica aplicada a la cuenca del río Paute.*
- Ministerio del Ambiente. Agua y Transición Ecológica. (2022). Plan Nacional De Riego y Drenaje 2021-2026. *Maate*, 60. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/PLAN-NACIONAL-DE-RIEGO-Y-DRENAJE-2021-2026-PARA-PUBLICAR.pdf>
- Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador.* 77. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,\\_SANEAMIENTO\\_e\\_HIGIENE.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf)
- Molina, E., Garcíadiego, L., Ruíz, H., & Cañizares, M. de. P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(001), 88-92.
- Montoya, Y., & Montoya, B. (2009). Caracterización morfométrica de la microcuenca de la quebrada los andes, el Carmen de Viboral, Antioquia-Colombia. *Ingenierías Universidad de Medellín* CARACTERIZACIÓN, 8(15), 31-38.
- Morales, D., Vélez, F. de J., & Guerrero, B. (2019). Caracterización hidrogeológica y geomorfológica de la cuenca y embalse del parque natural la Nitrera. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 8(1), 73-99. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.71399>
- Moreno, C., & Vásques, Y. (2016). *Diseño de red de monitoreo de cantidad y calidad del agua en la*

microcuenca del río blanco del cantón Cayambe. 1-23.

- Moreno, M. (2010). *Percepciones y prácticas del manejo y uso del agua y su relación con la salud de los niños. Análisis de experiencias en familias con diferentes tipos de de abastecimiento de agua. Parte baja de la cuenca del río Lurín*. <http://67.192.84.248:8080/handle/10469/1716>
- Navarrete, L. (2018). *Corte Geológico Transversal Del Arco Alao En La Zona De Gualaceo, Provincia Azuay*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19595/1/CD-8993.pdf>
- Navarro, M. O. (2007). Determinación de escherichia coli y coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar Chromocult. *Ideam*, 3, 17. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Fi+ltración+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174#:~:text=La presencia de Escherichia coli,se considera como indicador universal.>
- Núñez, I., Gonzáles, É., & Barahona, A. (2003). *La Biodiversidad : historia y contexto de un concepto*.
- Odeplan. (2001). *PLANES*.
- Ollero, A., Daniel, B., Díaz, E., Mora, D., Sánchez, M., Acín, V., Echeverría, M., Granado, D., Askoa, I., Sánchez, L., & Sánchez, N. (2008). IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviale. *Limnetica*, 27(1), 171-188. <https://doi.org/10.23818/limn.27.14>
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedada Geológica de Lima*, 1, 1-44. [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf)
- Pacheco, D., & Sellers, C. (2008). "Actualización y depuración de la nueva cartografía existente para la cuenca del río Paute".
- Pacheco, T., Pomavilla, Q., Orellana, D., & Inga, D. (2017). *Generación del mapa de cobertura y uso del suelo de la provincia del Azuay*. 23-37.
- Pineda, P., & Barajas, M. (2018). *Formulación del plan de manejo ambiental de la microcuenca quebrada la Congay, municipio de Zetaquíra, departamento de Boyacá*. 114. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/21052/1/52022856.pdf>
- PNUD. (2006). Fin de la crisis de agua y saneamiento. *Informe Mundial de Desarrollo Humano 2006, titulado «Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial»*, 200.
- Puentes, R., & Velasco, M. (2009). *Importancia De Las Sociedades Cooperativas Como Medio Para Contribuir Al Desarrollo Económico, Social Y Medioambiental, De Forma Sostenible Y Responsable*. [www.ucm.es/info/revesco](http://www.ucm.es/info/revesco)
- Quesada, A., & Barrantes, G. (2017). Modelo morfométrico para determinar áreas susceptibles a procesos de ladera. *Investigaciones Geográficas*, 94, 12. doi: [dx.doi.org/10.15446/rcdg.v25n1.52590](https://doi.org/10.15446/rcdg.v25n1.52590)
- Ramírez, L. I., Durán, M. C., García, J. A., Montuy, R., & Oaxaca, M. (2008). Demanda química de oxígeno de muestras acuosas. En *Universidad Autónoma de Monterrey* (Vol. 1). [http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro DQO 2008.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro DQO 2008.pdf)
- Reyes, A., Ulices, F., & Carvajal, Y. (2014). *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas* (F. R. Potes (ed.)).
- Rodríguez, A., Silva, P., & Reyes, M. (2010). Determinación De Sulfato Por El Método Turbidimétrico En Aguas Y Aguas Residuales. Validación Del Método. *Revista Cubana de Química*, XXII(3), 39-44.
- Ruiz, D. (2017). *Método de estimación de sólidos suspendidos totales como indicador de la calidad del agua mediante Imágenes satelitales*. 45. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59720%0Ahttp://www.bdigital.unal.edu.co/57367/>

- Salinas, G. (2022). *Análisis De Calidad De Agua Y Plan De Manejo Para El Recurso Hídrico La Sabana Del Cantón Pasaje, Provincia De El Oro Del Año 2022*. [https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/12825/1/SALINAS DELGADO GENESIS MIRLET.pdf](https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/12825/1/SALINAS_DELGADO_GENESIS_MIRLET.pdf)
- Sánchez, A., García, R., & Palma, A. (2013). La Cuenca hidrográfica. En *Anales de Ingeniería* (Primera ed, Vol. 935). [http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca\\_hidrografica.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_hidrografica.pdf)
- Sellers, C., Buján, S., Corbelle, E., & Miranda, D. (2017). Morfología interpretativa de alta resolución usando datos LiDAR en la cuenca hidrográfica del río Paute en Ecuador. *Confibsig*, 399-412. <https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/87>
- SNET. (2018). Índice de calidad del agua general "ica". *American Journal of Physics*, 32(5), 1-14. <https://doi.org/10.1119/1.1970348>
- Solís, Y., Zúñiga, L., & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Tanaka, N., & Ahrens, A. (2012). Guía de Planificación Participativa. En *Paraguay Todos y Todas*. Paraguay. (Vol. 6). [www.who.int](http://www.who.int)
- Torres, V. (2014). *Aplicación de GIS para elaborar el modelo actual del Area de Influencia del Proyecto Estratégico Nacional Minero Fruta del Norte, Cantón Yantzaza*.
- UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. En *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Vásconez, L., & Durán, W. (2015). "Evaluación Ambiental De Lacuenca Del Río Gala Del Cantón Camilo Ponce Enríquez ". *Universidad Politécnica Salesiana*, 182. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8809/1/UPS-CT005022.pdf>
- Villavicencio, D., Vásquez, R., Muñoz, D., & Acosta, E. (2014). *Identificación de infraestructuras viales y educativas de la cuenca del Paute en riesgo mediante técnicas de análisis espacial*. 193-200.
- World Visión. (2004). Manual de manejo de cuencas. *San Salvador, SV*, 1, 107. [https://www.actswithscience.com/Descargas/manual de manejo de cuencas.pdf](https://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf)
- Zapatta, A., Ramos, A., Rodríguez, G., Valdivieso, S., Calero, J. J., Zapata, E., Acuña, J., Arteaga, M., Espinel, F., Galarza, J., Urresta, V., Cárdenas, E., Ocaña, J., Haro, G., & Argüello, A. (2019). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019-2027*. 159. [https://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/docs/8\\_plan\\_nacional\\_de\\_riego\\_y\\_drenaje.pdf](https://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/docs/8_plan_nacional_de_riego_y_drenaje.pdf)
- Zhica, J. (2020). *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo*. 120. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18364/1/UPS-CT008684.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1: Nivel de pendientes

---

PENDIENTES	PORCENTAJE	DESCRIPCIÓN
		Cualquier tipo de actividad agrícola
Pendientes muy suaves	0-5%	
Pendientes suaves	5-12%	Se lleva a cabo actividades de mecanización agrícola con ciertas restricciones, sin que estas dificulten el riego.
Pendientes medias	12-25%	La mecanización agrícola enfrenta restricciones más severas y se presentan dificultades para riego.
Pendiente media a fuerte	25-40%	El riego se enfrenta a desafíos grandes, ya que existen riesgos significativos de erosión hídrica.
Pendiente fuerte	40-70%	La mecanización agrícola se vuelve inviable debido a la creciente frecuencia de problemas de erosión y deslizamiento en el terreno.
Pendiente muy fuerte	70-100%	Las actividades agropecuarias no pueden realizarse de las condiciones desfavorables del terreno.

---

**Fuente:** (Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia El Cabo, 2014).

### **Aspectos demográficos**

**a) ¿Cuál es su edad?**

entre 15 y 25 años

entre 25 y 35 años

entre 35 y 45 años

entre 45 y 55 años

más de 55 años

**b) ¿Cuál es su género?**

Masculino

Femenino

**c) ¿Cuál es su nivel educativo?**

Primaria

Secundaria

Educación superior

Ninguna

**d) ¿Cuál es su ocupación?**

Empleado privado

Empleado público

No trabaja

Estudiante

### **Aspectos económicos**

**a) ¿Cuál es su principal fuente de ingresos?**

Agricultura

Ganadería

Turismo y Ecoturismo

**b) ¿Ha sufrido su hogar alguna pérdida económica debido a eventos climáticos extremos?**

Inundaciones

Deslizamientos de tierra

Sequías

Lluvias intensas

Granizadas

Heladas

Vientos fuertes

Ninguna

c) **¿Cómo calificaría la economía de la microcuenca?**

Excelente

Buena

Mala

Pésima

#### **Aspectos políticos**

a) **¿Está familiarizado con las políticas y programas gubernamentales relacionados con el medio ambiente en su microcuenca?**

Si

no

b) **¿Cree que los esfuerzos del gobierno son suficientes para abordar los problemas ambientales en su microcuenca?**

Si

no

c) **¿Cree que los gobiernos locales deberían tomar medidas más enérgicas para abordar los problemas ambientales que presentan en la microcuenca?**

si

no

d) **¿Qué medidas deberían tomar el gobierno local para abordar los problemas ambientales, en la microcuenca la Estancia?**

Educación ambiental

Planificación y gestión ambiental

Monitoreo y control

Conservación de ecosistemas

Participación comunitaria

#### **Aspectos sociales**

- a) **¿Qué tan comprometido se siente con el cuidado del medio ambiente en su microcuenca?**

Muy comprometido

Comprometido

Moderadamente comprometido

Poco comprometido

No comprometido

- b) **¿Cree que su comunidad está suficientemente informada sobre los problemas ambientales en su microcuenca?**

Si

no

- c) **¿Ha participado en algún proyecto o actividad relacionada con el medio ambiente en su microcuenca?**

Si

no

- d) **¿Cree que su comunidad debería tomar medidas adicionales para abordar los problemas ambientales?**

si

no

- e) **¿Qué medidas debería tomar para abordar los problemas ambientales?**

Monitoreo y seguimiento

Participación comunitaria

Control de la contaminación

Restauración de ecosistemas

Gestión y conservación del agua

Educación y concientización

Evaluación de la situación ambiental

#### **Aspecto Ambiental**

- a) **¿Qué problemas ambientales considera más relevantes en la microcuenca?**

Contaminación del agua

Deforestación

Pérdida de biodiversidad

Erosión del suelo

Contaminación del aire

Otra

- b) **¿Qué medidas considera que se deberían tomar para mejorar la calidad del agua en la microcuenca?**

Mejorar el tratamiento de aguas residuales

Controlar la contaminación industrial y agrícola

Promover el uso eficiente del agua

Proteger las fuentes de agua

- c) **¿Qué actividades humanas cree que están causando un mayor impacto negativo en el medio ambiente de la microcuenca?**

Agricultura

Ganadería

Industria

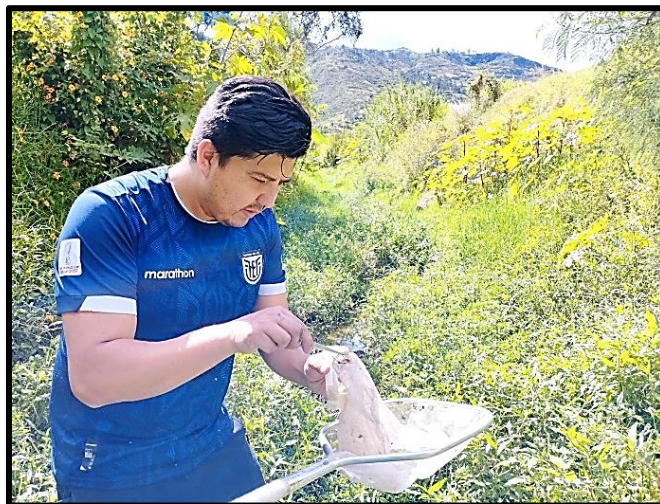
Turismo

- d) **¿Conoce usted de la existencia de áreas de bosques protectores en la microcuenca?**

Sí

no

### **Anexo 2: Encuesta.**



**Anexo 3: Recolecta los macroinvertebrados.**



**Anexo 4:** Laboratorio del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

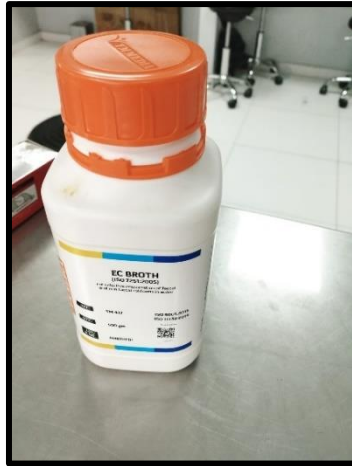


**Anexo 5:** Multiparamétrico de marca flexi HQ 30d.

**Anexo 6:** Nivel de oxígeno disuelto máximo correspondiente a la temperatura del agua.

Tem °C	Oxígeno disuelto mg/L	Tem °C	Oxígeno disuelto mg/L	Tem °C	Oxígeno disuelto mg/L	Tem °C	Oxígeno disuelto mg/L
1	14,19	12	10,76	23	8,56	34	7,05
2	13,81	13	10,52	24	8,4	35	6,93
3	13,44	14	10,29	25	8,24	36	6,82
4	13,09	15	10,07	26	8,09	37	6,71
5	12,75	16	9,85	27	7,95	38	6,61
6	12,43	17	9,65	28	7,81	39	6,51
7	12,12	18	9,45	29	7,67	40	6,41
8	11,83	19	9,26	30	7,54	41	6,31
9	11,55	20	9,07	31	7,41	42	6,22
10	11,27	21	8,9	32	7,28	43	6,13
11	11,01	22	8,72	33	7,16	44	6,04

Fuente:(SNET, 2018).



Anexo 7: Medio cultivo Ec BROTH

Anexo 8: Tabla de identificación de coliformes fecales.

Pos* 10;1;0,1	NMP	Pos* 10;1;0,1	MPN	Pos* 10;1;0,1	MPN	Pos* 10;1;0,1	MPN	Pos* 10;1;0,1	MPN	Pos* 10;1;0,1	MPN
000	<1.8	100	2	200	4.5	300	7.8	400	13	500	23
001	1.8	101	4	201	6.8	301	11	401	17	501	31
002	3.6	102	6	202	9.1	302	13	402	21	502	43
003	5.4	103	8	203	12	303	16	403	25	503	58
004	7.2	104	10	204	14	304	20	404	30	504	76
005	9	105	12	205	16	305	23	405	36	505	95
010	1.8	110	4	210	6.8	310	11	410	17	510	33
011	3.6	111	6.1	211	9.2	311	14	411	21	511	46
012	5.5	112	8.1	212	12	312	17	412	26	512	64
013	7.3	113	10	213	14	313	20	413	31	513	84
014	9.1	114	12	214	17	314	23	414	36	514	110
015	11	115	14	215	19	315	27	415	42	515	130
020	3.7	120	6.1	220	9.3	320	14	420	22	520	49
021	5.5	121	8.2	221	12	321	17	421	26	521	70
022	7.4	122	10	222	14	322	20	422	32	522	95
023	9.2	123	12	223	17	323	24	423	38	523	120
024	11	124	15	224	19	324	27	424	44	524	150
025	13	125	17	225	22	325	31	425	50	525	180
030	5.6	130	8.3	230	12	330	17	430	27	530	79
031	7.4	131	10	231	14	331	21	431	33	531	110
032	9.3	132	13	232	17	332	24	432	39	532	140
033	11	133	15	233	20	333	28	433	45	533	180
034	13	134	17	234	22	334	31	434	52	534	210
035	15	135	19	235	25	335	35	435	59	535	250
040	7.5	140	11	240	15	340	21	440	34	540	130
041	9.4	141	13	241	17	341	24	441	40	541	170
042	11	142	15	242	20	342	28	442	47	542	220
043	13	143	17	243	23	343	32	443	54	543	280
044	15	144	19	244	25	344	36	444	62	544	350
045	17	145	22	245	28	345	40	445	69	545	440
050	9.4	150	13	250	17	350	25	450	41	550	240
051	11	151	15	251	20	351	29	451	48	551	350
052	13	152	17	252	17	352	32	452	56	552	540
053	15	153	19	253	26	353	37	453	64	553	920
054	17	154	22	254	29	354	41	454	72	554	1600
055	19	155	24	255	32	355	45	455	81	555	>1600



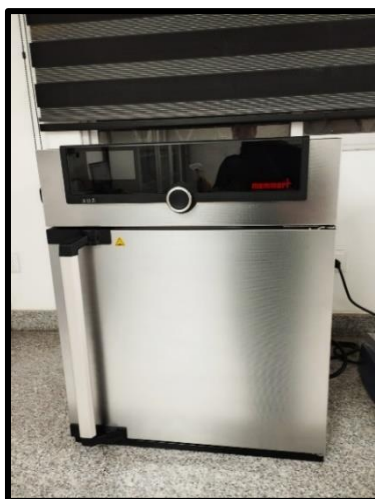
**Anexo 9:** Equipo de respiro métrico marca HACH BOADTrak II.



**Anexo 10:**Equipo de espectrofotetría HACH DR/1900



**Anexo 11:** Equipo de turbidímetro de marca HACH/2100Q



**Anexo 12: Estufa.**



**Anexo 13: Junta de riego Rumihurco**

**Anexo 14: Cuadro de áreas entre curvas de nivel**

CUADRO DE ÁREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL								
N.º	COTA (msnm)		Promedio "Ci"	Área (Km <sup>2</sup> )		Área que queda sobre la superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje de área entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.
	Mínima	Máxima		Área Parcial Km <sup>2</sup> "Ai"	Área Acumulada (Km <sup>2</sup> )			
1	2215,8	3089	2652,4	0,03425	0,03	2,05	1,67%	100,0
2	2215,3	2993	2604,2	0,09001	0,12	2,01	4,40%	98,3
3	2216,1	2993	2604,6	0,67071	0,79	1,92	32,76%	93,9
4	2216,4	2985,5	2601,0	0,6506	1,45	1,25	31,77%	61,2
5	2217,3	2978,9	2598,2	0,5016	1,95	0,60	24,50%	29,4
6	2222,1	2799,7	2510,9	0,10032	2,05	0,10	4,90%	4,9
7	2223	2718,1	2470,6	0,000165	2,05	0,00	0,01%	0,0
				<b>2,0477</b>			<b>100%</b>	



**Anexo 15:** Deforestación.



**Anexo 16:** Degradación del suelo.



**Anexo 17:** Uso excesivo de agroquímicos.



**Anexo 18: Época de lluvia**



**Anexo 19: Época seca**

**Anexo 20:** Cuadro de resumen de los monitoreos, parte alta, media, baja en época lluvia y seca en la microcuenca La Estancia.

PARTE ALTA			
PARÁMETROS	UNIDADES	ÉPOCA LLUVIA	ÉPOCA SECA
Coliformes Fecales	NMP	240	280
PH	pH	7,58	8,5
(DBO)5	mg/L	53	30
Nitratos	mg/L	5,7	5
fosfatos	mg/L	0,1	0,1
Cambio de temperatura	°C.	-1,1	0,5
Temperatura ambiente	°C.	17	17,5
Temperatura del agua de rio	°C.	15,9	18
turbidez	FAU	307	205
Solidos disueltos Totales	mg/L	800	600
Oxígeno disuelto	mg/L	7,06	5
PARTE MEDIA			

PARÁMETROS	UNIDADES	ÉPOCA LLUVIA	ÉPOCA SECA
Coliformes Fecales	NMP	280	1600
PH	pH	7,76	8,5
(DBO) <sub>5</sub>	mg/L	9,7	9
Nitratos	mg/L	5,6	5,7
fosfatos	mg/L	1	0,5
Cambio de temperatura	°C.	-1,4	2,5
Temperatura ambiente	°C.	17	18
Temperatura del agua de río	°C.	15,6	20,5
turbidez	FAU	289	100
Solidos disueltos Totales	mg/L	800	600
Oxígeno disuelto	mg/L	7,27	4
PARTE BAJA			
PARÁMETROS	UNIDADES	ÉPOCA LLUVIA	ÉPOCA SECA
Coliformes Fecales	NMP	>1600	>1600
PH Q	pH	7,63	10
(DBO) <sub>5</sub>	mg/L	33	40
Nitratos	mg/L	5,3	10
fosfatos	mg/L	1,12	0,5
Cambio de temperatura	°C.	0,3	1
Temperatura ambiente	°C.	17	19
Temperatura del agua de río	°C.	17,3	20
turbidez	FAU	343	90
Solidos disueltos Totales	mg/L	1400	300
Oxígeno disuelto	mg/L	6,5	3

**Anexo 21:** Cálculos del ICA(Índice de calidad ambiental) de la parte alta de la microcuenca época de lluvia

Parámetro	Época lluvia	Subi	wi	Subi*wi	Subi^wi
Coliformes Fecales	240	38	0,15	5,7	1,726
pH	7,58	90	0,12	10,8	1,716
<i>DBO<sub>5</sub></i>	53	2	0,1	0,2	1,072
Nitratos	5,7	96	0,1	9,6	1,578
Fosfatos	0,1	97	0,1	9,7	1,580
Cambio de temperatura	-1,1	84	0,1	8,4	1,557
Turbidez	307	5	0,08	0,4	1,137
Sólidos disueltos Totales	800	3	0,08	0,24	1,092
Oxígeno disuelto	7,06	76	0,17	12,92	2,088

**Anexo 22:** Cálculos del ICA(Índice de calidad ambiental) de la parte alta de la microcuenca época seca.

Parámetro	Época seca	Subi	wi	Subi*wi	Subi^wi
Coliformes Fecales	280	37	0,15	5,55	1,719
pH	8,5	74	0,12	8,88	1,676
DBO <sub>5</sub>	30	1	0,1	0,1	1,000

Nitratos	5	100	0,1	10	1,585
Fosfatos	0,1	97	0,1	9,7	1,580
Cambio de temperatura	0,5	90	0,1	9	1,568
Turbidez	205	5	0,08	0,4	1,137
Sólidos disueltos Totales	600	3	0,08	0,24	1,092
Oxígeno disuelto	5	40	0,17	6,8	1,872

**Anexo 23:** Cálculos del ICA (Índice de calidad ambiental) de la zona intermedia de la microcuenca época de lluvia.

Parámetro	Valores	Subi	wi	Subi*wi	Subi^wi
Coliformes Fecales	280	37	0,15	5,55	1,72
pH	7,76	91	0,12	10,92	1,72
DBO_5	9,7	28	0,1	2,8	1,40
Nitratos	5,6	95	0,1	9,5	1,58
Fosfatos	1	42	0,1	4,2	1,45
Cambio de temperatura	-1,4	81	0,1	8,1	1,55
Turbidez	289	5	0,08	0,4	1,14
Sólidos disueltos Totales	800	3	0,08	0,24	1,09
Oxígeno disuelto	7,27	79	0,17	13,43	2,10

**Anexo 24:** Cálculos del ICA (Índice de calidad ambiental) de la zona intermedia de la microcuenca época seca.

Parámetro	Valores	Subi	wi	Subi*wi	Subi^wi
Coliformes Fecales	1600	31	0,15	4,65	1,674
pH	8,5	72	0,12	8,64	1,671
DBO_5	9	38	0,1	3,8	1,439
Nitratos	5,7	96	0,1	9,6	1,578
Fosfatos	0,5	70	0,1	7	1,529
Cambio de temperatura	2,5	73	0,1	7,3	1,536
Turbidez	100	5	0,08	0,4	1,137
Sólidos disueltos Totales	600	3	0,08	0,24	1,092
Oxígeno disuelto	4	40	0,17	6,8	1,872

**Anexo 25:** Cálculos del ICA (Índice de calidad ambiental) de la parte baja de la microcuenca época de lluvia.

Parámetro	Valores	Subi	wi	Subi*wi	Subi^wi
Coliformes Fecales	1600	20	0,15	3	1,57
pH	7,63	92	0,12	11,04	1,72
DBO_5	33	2	0,1	0,2	1,07
Nitratos	5,3	93	0,1	9,3	1,57
Fosfatos	1,12	38	0,1	3,8	1,44
Cambio de temperatura	0,3	90	0,1	9	1,57
Turbidez	343	5	0,08	0,4	1,14
Sólidos disueltos Totales	1400	3	0,08	0,24	1,09
Oxígeno disuelto	6,5	67,5	0,17	11,475	2,05

**Anexo 26:** Cálculos del ICA (Índice de calidad ambiental) de la parte baja de la microcuenca época seca.

<b>Parámetro</b>	<b>valores</b>	<b>Subi</b>	<b>wi</b>	<b>Subi*wi</b>	<b>Subi^wi</b>
Coliformes Fecales	1600	20	0,15	3	1,567
pH	10	20	0,12	2,4	1,433
DBO_5	40	2	0,1	0,2	1,072
Nitratos	10	65	0,1	6,5	1,518
Fosfatos	0,5	80	0,1	8	1,550
Cambio de temperatura	1	80	0,1	8	1,550
Turbidez	90	20	0,08	1,6	1,271
Solidos disueltos Totales	900	3	0,08	0,24	1,092
Oxígeno disuelto	3	18	0,17	3,06	1,635

**Anexo 27:** Cálculos del ICA (Índice de calidad ambiental) de la parte baja de la microcuenca época seca.

<b>Parámetro</b>	<b>valores</b>	<b>Subi</b>	<b>wi</b>	<b>Subi*wi</b>	<b>Subi^wi</b>
Coliformes Fecales	1600	20	0,15	3	1,567
pH	10	20	0,12	2,4	1,433
DBO_5	40	2	0,1	0,2	1,072
Nitratos	10	65	0,1	6,5	1,518
Fosfatos	0,5	80	0,1	8	1,550
Cambio de temperatura	1	80	0,1	8	1,550
Turbidez	90	20	0,08	1,6	1,271
Solidos disueltos Totales	900	3	0,08	0,24	1,092
Oxígeno disuelto	3	18	0,17	3,06	1,635



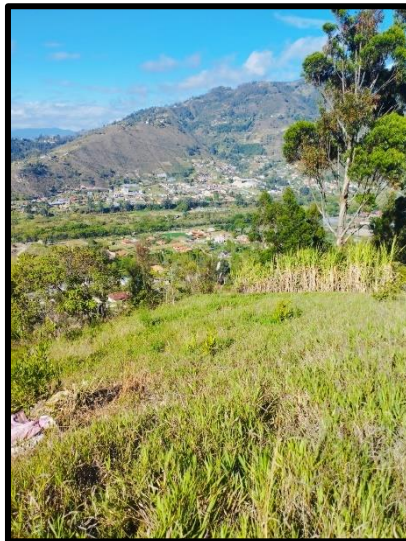
**Anexo 28:** Reservorio.



**Anexo 29: Ramal derecho**



**Anexo 30: Ramal central**



**Anexo 31: Ramal izquierdo**

**Anexo 32:** Cuadro de resumen de los monitoreos, en el sistema de riego

PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
<b>RESERVORIO</b>					
Conductividad eléctrica	mS/cm	1253	312	7,57	7,54
Coliformes Fecales	NMP	>1600	>1600	>1600	>1600
Demanda química de Oxígeno	mg/L	28	24	5	0
Nitratos	mg/L	1,6	0,9	0,3	0,4
Nitritos	mg/L	0,048	0,021	0,008	0,13
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,35	7,14	6,9	6,61
PH	pH	7,57	7,69	9,26	9,29
Solidos disueltos Totales	Mg/L	138	800	600	418
sulfatos	ppm	20,33	54,2	240	245
Temperatura	°C.	15,8	17,7	15	22,8
<b>RAMAL DERECHO</b>					
Conductividad eléctrica	mS/cm	1325	365	7,49	7,89
Coliformes Fecales	NMP	540	>1600	>1600	>1600
Demanda química de Oxígeno	mg/L	26	21	0	0
Nitratos	mg/L	0,6	1	0,8	0,3
Nitritos	mg/L	0,028	0,027	0,023	0,012
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,86	6,64	9,36	6,62
PH	pH	7,63	7,54	10,07	9,92
Solidos disueltos Totales	Mg/L	142	1200	1800	438
sulfatos	ppm	26,33	53,1	237	240
TEMPERATURA	°C.	18,8	18,5	18	22
<b>RAMAL CENTRAL</b>					
Conductividad eléctrica	mS/cm	1275	362	7,46	8,07
Coliformes Fecales	NMP	920	>1600	>1600	>1600
Demanda química de Oxígeno	mg/L	22	0	13	8
Nitratos	mg/L	1,6	0,9	0,4	0,4
Nitritos	mg/L	0,029	0,022	0,014	0,008
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,61	6,46	8,26	6,4
PH	pH	7,8	7,53	9,42	9,91
Solidos disueltos Totales	MG/L	134	800	1600	441
sulfatos	ppm	24,33	68,4	224	227
Temperatura	°C.	19,6	20	20,3	21
<b>RAMAL IZQUIERDO</b>					
Conductividad eléctrica	mS/cm	1269	353	4,69	7,83
Coliformes Fecales	NMP	>1600	1600	920	>1600
Demanda química de Oxígeno	mg/L	26	3	0	0
Nitratos	mg/L	1,5	0,8	0,3	0,6
Nitritos	mg/L	0,031	0,03	0,008	0,17
Oxígeno Disuelto	mg/L	6,36	6,67	5,96	6,16
PH	pH	8,05	7,79	9,38	10,05
Solidos disueltos Totales	mg/L	132	600	200	435
sulfatos	ppm	24,66	60,1	200	205
Temperatura	°C.	20	18,5	18,1	20,7

LISTA DE USUARIOS DE LA JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE RUMIHURCO (24/06/2023)		
Nro.	APELLIDOS Y NOMBRES	Firma de asistencia
1	Brito Brito Claudia del Rocío	<i>[Firma]</i>
2	Brito Brito María de los Angeles	<i>[Firma]</i>
3	Brito Guachún Eloy	<i>[Firma]</i>
4	Brito Once Ronaldo Israel	<i>[Firma]</i>
5	Brito Rocano Luis Eduardo	<i>[Firma]</i>
6	Brito Rocano María Isabel	<i>[Firma]</i>
7	Carchi Pérez Cándida Genoveva	<i>[Firma]</i>
8	Carchi Pérez Cándida Genoveva	<i>[Firma]</i>
9	Carchi Pérez María Victoria	<i>[Firma]</i>
10	Carchi Pérez María Victoria	<i>[Firma]</i>
11	Coronel Claudio	<i>[Firma]</i>
12	Gualán Contento Elvia Luzmila	<i>[Firma]</i>
13	Jarro Carchi Tania Anaís	<i>[Firma]</i>
14	Morocho Chilligallo María Natividad	<i>[Firma]</i>
15	Once Cárdenas Brigida Germania	<i>[Firma]</i>
16	Once Cárdenas Dianna Patricia	<i>[Firma]</i>
17	Once Cárdenas Eucebio Wenceslao	<i>[Firma]</i>
18	Once Cárdenas Freddy Alexander	<i>[Firma]</i>
19	Peñafiel Alvarez Manuel Froilán	<i>[Firma]</i>
20	Pérez Calderón Marcos Benito	<i>[Firma]</i>
21	Portoviejo Fabian	<i>[Firma]</i> 0962014005
22	Rocano Balbuca Martha Isabel	<i>[Firma]</i>
23	Rocano Orellana Luis Angel	<i>[Firma]</i>
24	Rocano Pérez María Carmelina	<i>[Firma]</i>
25	Rocano Pérez María Esperanza	<i>[Firma]</i>
26	Rocano Pérez María Margarita	<i>[Firma]</i>
27	Rocano Rocano José Eloy	<i>[Firma]</i>
28	Yanza Capa Freddy Ramiro	<i>[Firma]</i>
29	Yanza Guachún Daniel Salvador	<i>[Firma]</i>
30	Yanza Guachún Rosa Elvira	<i>[Firma]</i>
31	Zhicay Zhicay Ana Lucía	<i>[Firma]</i>
32	Zhicay Zhicay Fanny Fabiana	<i>[Firma]</i>

Anexo 33: Lista de usuarios de la junta de riego Rumihurco.

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Freddy Rolando Ochoa Guevara portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106554009. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Calidad del agua del sistema de riego Rumihurco y propuesta de un plan de manejo ambiental de la microcuenca la Estancia en el cantón Paute. de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 10 de agosto de 2023.



F: .....

Freddy Rolando Ochoa Guevara.

0106554009.