



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

**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO
AGRÍCOLA Y GANADERO EN DOS TRIBUTARIOS DE
LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAÑAR**

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

AUTOR: MATHEUS SEBASTIAN PADRÓN ORDOÑEZ

DIRECTOR: DR. SERGIO FERNANDO IGLESIAS ABAD, Ph.D

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

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

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO
AGRÍCOLA Y GANADERO EN DOS TRIBUTARIOS DE LA
CUENCA ALTA DEL RÍO CAÑAR**

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

AUTOR: MATHEUS SEBASTIAN PADRÓN ORDOÑEZ

DIRECTOR: DR. SERGIO FERNANDO IGLESIAS ABAD, Ph.D

CUENCA - ECUADOR

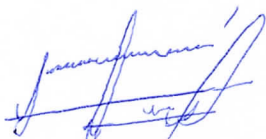
2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Matheus Sebastián Padrón Ordoñez portador de la cédula de ciudadanía N° 0302355102. Declaro ser el autor de la obra: "Diagnóstico de la calidad del agua para uso agrícola y ganadero en dos tributarios de la cuenca alta del río Cañar", 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, 15 de diciembre de 2023



F:
Matheus Sebastián Padrón Ordoñez
0302355102

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Matheus Sebastián Padrón Ordoñez, bajo mi supervisión.



Dr. Sergio Iglesias Abad, Ph.D.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este logro primeramente a Dios y a la Virgen, ya que nada de esto sería posible sin su ayuda, sé que me han escuchado cuando más lo he necesitado y estarán acompañándome sin soltarme, ya que sus tiempos son perfectos. A mi familia, ya que son las personas que más amo en mi vida y siempre han estado ahí, sin importar el momento ni el lugar, dejando muchas cosas a un lado, con tal de verme cumplir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios y la Virgen por la salud y sabiduría, cuidándome todos los días, dándome fuerzas para cumplir con cada objetivo que me he propuesto y de igual manera superando los obstáculos que se me han presentado, permitiéndome culminar la etapa más bonita de mi vida.

En especial, quiero agradecer a mis padres Pablo y Maguita, por apoyarme con sus consejos, motivándome cada día a seguir adelante y siempre creyendo en mí, enseñándome a nunca rendirme y siempre velar por el bien de todas las personas, convirtiéndome en la persona que soy ahora.

A mis hermanos Juan Manuel, Pablo, mi cuñada Daniela y mi sobrina Daniela Emilia, por darme alegría en todo momento, enseñándome a que unidos, sin importar el resultado, todo vale la pena.

A mi abuelita Maga y tía Bertha, siendo las personas que me dan todo su amor cada vez que llegaba a casa, sin importar el cómo me sentía siempre tenían una sonrisa para para alegrarme y por las oraciones de cada noche.

Quiero dar el agradecimiento más profundo a mi director de tesis, el Dr. Sergio Iglesias por compartirme sus conocimientos, esperando que de lo mejor de mí para que el trabajo de titulación este a la altura de mi querida Universidad Católica de Cuenca.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería Ambiental y a la Ing. Fabiola Uday encargada del laboratorio de Ingeniería Sanitaria del CITT, quienes han sido pilar fundamental en mi crecimiento estudiantil, por la paciencia al momento de enseñar, permitiéndome así obtener bases sólidas para desarrollarme como profesional.

A mis compañeros, con quienes he compartido aula desde mi primer día de clases, convirtiéndose en grande amigos y colegas, que estoy seguro que se desempeñarán de la mejor manera.

Finamente quiero agradecer a mis amigos de la representación estudiantil, quienes han estado siempre ayudándome y apoyándome en los proyectos que han ido en beneficio de la comunidad estudiantil.

RESUMEN

En el presente estudio se realizó un diagnóstico de las microcuencas del río Silante y San Pedro, incluidas sus características morfométricas con información georreferenciada. Además, se enfoca en un análisis de las propiedades físico-químicas y microbiológicas del agua de uso agropecuario, de igual manera se aplicaron encuestas a pobladores que realizan diferentes actividades dentro de la zona de estudio, dando a conocer el estado actual de las microcuencas. Además, mediante la aplicación del ICA-NSF de los Estados Unidos, se determinó la calidad del agua. En consecuencia, del proceso de identificación y evaluación de las características morfométricas, se pudo observar que la microcuenca del río Silante se encuentra en una fase de juventud y con un gran potencial erosivo, mientras que la microcuenca del río San Pedro se halla en una fase de madurez y en un estado de equilibrio, ambas microcuencas presentan problemas como: basura, desagüe de hogares y residuos de la agricultura y ganadería, la calidad del agua en la zona de estudio tuvo como resultado promedio un valor de 53,29, que en el índice ICA-NSF representan una agua de mediana calidad, apto para el riego y con un previo tratamiento de potabilización se puede usar como agua potable.

Palabras clave: microcuencas, calidad del agua, ICA-NSF, caracterización, residuos, cultivos.

ABSTRACT

In this study, the Silante and San Pedro Rivers micro-watersheds were diagnosed, including their morphometric characteristics with geo-referenced information. In addition, it focuses on analyzing the physicochemical and microbiological properties of water for agricultural use. Likewise, surveys were applied to residents performing different activities within the study area, revealing the current state of the micro-watersheds. Additionally, the water quality was determined through the application of the United States ICA-NSF. Consequently, from the process of identification and evaluation of the morphometric characteristics, it was observed that the Silante River micro-watershed is in a youthful stage with significant erosive potential, while the San Pedro River micro-watershed is in a mature stage and a state of equilibrium; both micro-watersheds present problems such as garbage, household drainage, and waste from agriculture and livestock. The water quality in the study area had an average value of 53.29, which in The ICA-NSF index represents the medium quality water suitable for irrigation, and with prior potabilization, treatment can be used as drinking water.

Keywords: micro-watersheds, water quality, ICA-NSF, characterization, waste, crops

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS	XIV
LISTA DE ANEXOS	XVI
CAPÍTULO I	- 17 -
1. INTRODUCCIÓN	- 17 -
1.1 OBJETIVOS	- 19 -
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	- 19 -
1.1.2 <i>Objetivo Específicos</i>	- 19 -
CAPÍTULO II	- 20 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 20 -
2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA	- 20 -
2.1.1 <i>Subcuenca</i>	- 20 -
2.1.1.1 <i>Subcuenca alta del río Cañar (SARC)</i>	- 20 -
2.1.2 <i>Microcuenca</i>	- 20 -
2.1.2.1 <i>Microcuenca del río Silante</i>	- 20 -
2.1.2.2 <i>Microcuenca del río San Pedro</i>	- 21 -
2.1.3 <i>Cuenca alta</i>	- 22 -
2.1.4 <i>Cuenca media</i>	- 22 -
2.1.5 <i>Cuenca baja</i>	- 22 -
2.1.6 <i>Divisoria de aguas</i>	- 23 -
2.1.7 <i>Morfometría de una cuenca hidrográfica</i>	- 23 -
2.2 Ríos	- 23 -
2.2.1 <i>Afluentes</i>	- 23 -
2.2.2 <i>Efluentes</i>	- 24 -
2.2.3 <i>Descripción del río Cañar</i>	- 24 -
2.3 AGUA	- 25 -

2.3.1	Calidad del agua	- 25 -
2.3.1.1.	Calidad del agua para riego	- 26 -
2.3.2	Calidad de agua para la ganadería	- 26 -
2.3.3	ICA-NSF	- 26 -
2.3.4	Parámetros de calidad de agua	- 26 -
2.3.4.1.	Parámetros físico-químicos	- 27 -
2.3.4.2.	Parámetros biológicos	- 29 -
2.3.5	Contaminación del agua	- 29 -
2.3.5.1.	Contaminación del agua en ríos	- 30 -
2.4	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	- 30 -
2.4.1	Georreferenciación	- 31 -
2.4.2	Software en SIG's	- 31 -
2.4.3	ArcGIS	- 31 -
2.5	ACTIVIDADES ANTRÓPICAS	- 31 -
2.5.1	Usuarios de una cuenca	- 32 -
2.5.2	Agricultura	- 32 -
2.5.2.1.	Agricultura en el Ecuador	- 32 -
2.5.3	Ganadería	- 34 -
2.5.3.1.	Ganadería en el Ecuador	- 34 -
2.6	DESCRIPCIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DE LAS PARROQUIAS	- 35 -
2.6.1	Descripción de la Parroquia Ingapirca	- 35 -
2.6.2	Descripción de la Parroquia Honorato Vásquez	- 36 -
2.7	NORMATIVAS AMBIENTALES APLICABLES	- 36 -
2.8	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	- 37 -
2.8.1	Encuestas	- 37 -
2.8.2	Recolección de información secundaria	- 38 -
CAPÍTULO III		- 39 -
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	- 39 -
3.1	DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	- 39 -
3.2	METODOLOGÍA	- 41 -
3.2.1	Delimitación, codificación y ubicación del área de estudio	- 41 -
3.2.2	Caracterización morfométrica de la microcuenca	- 41 -
3.2.3	Parámetros de relieve	- 42 -
3.2.4	Parámetros hídricos	- 43 -
3.3	ANÁLISIS AMBIENTAL	- 45 -
3.3.1	Isoyetas	- 45 -
3.3.2	Isotermas	- 45 -
3.3.3	Zonas climáticas	- 45 -
3.3.4	Geología	- 45 -

3.3.5 Tipos de suelo	- 45 -
3.3.6 Pendientes del suelo	- 45 -
3.3.7 Uso actual del suelo	- 46 -
3.3.8 Uso Potencial del suelo	- 46 -
3.3.9 Erosión del suelo	- 47 -
3.3.10 Conflictos del uso de suelo	- 47 -
3.4 FASE DE CAMPO	- 47 -
3.4.1 Recorrido de campo	- 47 -
3.5 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA ESTABLECER LA CALIDAD DEL AGUA	- 47 -
3.6 CÁLCULO DEL ICA	- 48 -
3.6.1 Temperatura	- 49 -
3.6.2 Turbiedad	- 49 -
3.6.3 pH	- 50 -
3.6.4 Fosfatos	- 50 -
3.6.5 Nitratos	- 51 -
3.6.6 Sólidos disueltos totales	- 51 -
3.6.7 Oxígeno disuelto	- 52 -
3.6.8 Coliformes fecales	- 53 -
3.7 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO	- 54 -
CAPÍTULO IV	- 56 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 56 -
4.1 DIAGNÓSTICO DE LAS MICROCUENCAS SILANTE Y SAN PEDRO	- 56 -
4.1.1 Ubicación geográfica respecto a la división político-administrativa	- 56 -
4.2 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SILANTE	- 57 -
4.2.1 Parámetros de forma	- 57 -
4.2.2 Relieve	- 57 -
4.2.3 Parámetros hidrológicos	- 59 -
4.2.4 Mapa de isoyetas	- 62 -
4.2.5 Mapa de isotermas	- 65 -
4.2.6 Mapa de zonas climáticas	- 68 -
4.2.7 Mapa de geología	- 71 -
4.2.8 Mapa de tipos de suelos	- 74 -
4.2.9 Mapa de pendientes	- 76 -
4.2.10 Mapa de Cobertura vegetal	- 80 -
4.2.11 Mapa de tipo de uso de suelo	- 82 -
4.2.12 Mapa de uso potencial del suelo	- 85 -
4.2.13 Mapa de erosión del suelo	- 88 -
4.2.14 Mapa de conflicto de uso de suelo	- 91 -
4.3 CALIDAD DEL AGUA DE LAS MICROCUENCAS SILANTE Y SAN PEDRO	- 95 -

4.4	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE AGUA CON LA NORMATIVA AMBIENTAL	- 98 -
4.5	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA ICA-NSF	- 102 -
4.5.1	<i>Valores promedio ICA-NSF</i>	- 103 -
4.6	USO DEL AGUA Y PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS POBLADORES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAÑAR	- 105 -
4.7	PLAN DE MEDIDAS CORRECTIVAS	- 116 -
	CAPÍTULO V	- 120 -
5.	CONCLUSIONES	- 120 -
	CAPÍTULO VI	- 121 -
6.	RECOMENDACIONES	- 121 -
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 122 -
	ANEXOS	- 128 -

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 21 -
<i>Figura 2. Mapa de ubicación de la microcuenca del río San Pedro</i> _____	- 22 -
<i>Figura 3. Mapa de la cuenca del río Cañar</i> _____	- 25 -
<i>Figura 4. Mapa de la Parroquia Ingapirca</i> _____	- 35 -
<i>Figura 5. Mapa de la Parroquia Honorato Vásquez</i> _____	- 36 -
<i>Figura 6. Mapa de ubicación de la cuenca ala del río Cañar</i> _____	- 39 -
<i>Figura 7. Mapa de ubicación de la zona de estudio</i> _____	- 40 -
<i>Figura 8. Curvas hipsométricas adimensional del ciclo de erosión (según Strahler)</i> _____	- 42 -
<i>Figura 9. Estimación de la calidad de agua en función de la variación de la temperatura</i> _____	- 49 -
<i>Figura 10. Estimación de la calidad de agua en función de la turbiedad</i> _____	- 50 -
<i>Figura 11. Estimación de la calidad del agua en función de su pH</i> _____	- 50 -
<i>Figura 12. Estimación de la calidad de agua en función de los fosfatos</i> _____	- 51 -
<i>Figura 13. Estimación de la calidad de agua en función de los nitratos</i> _____	- 51 -
<i>Figura 14. Estimación de la calidad de agua en función de los sólidos totales</i> _____	- 52 -
<i>Figura 15. Estimación de la calidad de agua en función del % de saturación</i> _____	- 53 -
<i>Figura 16. Valoración de la calidad de agua en función de la DB05</i> _____	- 53 -
<i>Figura 17. Estimación de la calidad de agua en función de los coliformes fecales</i> _____	- 54 -
<i>Figura 18. Clasificación de la calidad de agua según Brown</i> _____	- 54 -
<i>Figura 19. Mapa de ubicación político-administrativa de la microcuenca Silante y San Pedro</i>	- 56 -
<i>Figura 20. Curva hipsométrica de la cuenca del río Silante</i> _____	- 58 -
<i>Figura 21. Curva hipsométrica de la cuenca del río San Pedro</i> _____	- 59 -
<i>Figura 22. Mapa de orden de ríos de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 60 -
<i>Figura 23. Mapa de orden de ríos de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 61 -
<i>Figura 24. Mapa de orden de ríos de la microcuenca del río Silante y San Pedro</i> _____	- 62 -
<i>Figura 25. Mapa de precipitación de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 63 -
<i>Figura 26. Mapa de precipitación de la microcuenca del río San Pedro</i> _____	- 64 -
<i>Figura 27. Mapa de la precipitación de la microcuenca del río Silante y San Pedro</i> _____	- 65 -
<i>Figura 28. Mapa de temperatura de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 66 -
<i>Figura 29. Mapa de temperaturas de la microcuenca del río San Pedro</i> _____	- 67 -
<i>Figura 30. Mapa de temperaturas de las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro</i> _____	- 68 -
<i>Figura 31. Mapa de las zonas climáticas de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 69 -
<i>Figura 32. Mapa de zonas climáticas de microcuenca del río San Pedro</i> _____	- 70 -
<i>Figura 33. Mapas de las zonas climáticas de las microcuencas del río Silante y San Pedro</i>	- 71 -
<i>Figura 34. Mapa de geología de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 72 -
<i>Figura 35. Mapa de geología de las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro</i> _____	- 73 -
<i>Figura 36. Mapa de tipos de suelo de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 75 -
<i>Figura 37. Mapa de tipos de suelo de la microcuenca del río San Pedro</i> _____	- 76 -
<i>Figura 38. Mapa de pendientes de la microcuenca del río Silante</i> _____	- 77 -
<i>Figura 39. Mapa de pendientes de la microcuenca del río San Pedro</i> _____	- 78 -

Figura 40. Mapa de pendientes de las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro	_____	- 79 -
Figura 41. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Silante	_____	- 80 -
Figura 42. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río San Pedro	_____	- 81 -
Figura 43. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Silante y San Pedro	_____	- 82 -
Figura 44. Mapa de tipo de usos de suelo de la microcuenca río Silante	_____	- 83 -
Figura 45. Mapa de tipo de usos de suelo de la microcuenca del río San Pedro	_____	- 84 -
Figura 46. Mapa de capacidad de uso de suelo de la microcuenca del río Silante	_____	- 86 -
Figura 47. Mapa de capacidad de uso de suelo de la microcuenca del río San Pedro	_____	- 87 -
Figura 48. Capacidad de uso de suelo de las microcuencas del río Silante y San Pedro	__	- 88 -
Figura 49. Mapa de susceptibilidad de erosión del suelo de la microcuenca del río Silante		- 89 -
Figura 50. Susceptibilidad de erosión del suelo de la microcuenca del río San Pedro	_____	- 90 -
Figura 51. Susceptibilidad de erosión del suelo en las microcuencas Silante y San Pedro		- 91 -
Figura 52. Mapa de conflictos de uso de suelo de la microcuenca del río Silante	_____	- 92 -
Figura 53. Mapa de conflictos de uso de suelo de la microcuenca del río San Pedro	_____	- 93 -
Figura 54. Conflictos de uso de suelo de las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro		- 94 -
Figura 55. Monitoreo de sólidos disueltos totales	_____	- 98 -
Figura 56. Monitoreo de Fosfatos	_____	- 98 -
Figura 57. Monitoreo de Nitratos	_____	- 99 -
Figura 58. Monitoreo de Turbiedad	_____	- 99 -
Figura 59. Monitoreo de DBO5	_____	- 100 -
Figura 60. Monitoreo de Temperatura	_____	- 100 -
Figura 61. Monitoreo de pH	_____	- 101 -
Figura 62. Monitoreo de Oxígeno Disuelto	_____	- 101 -
Figura 63. Monitoreo de coliformes fecales	_____	- 102 -
Figura 64. Valor promedio de muestreo 1	_____	- 103 -
Figura 65. Valor promedio de muestreo 2	_____	- 103 -
Figura 66. Valor promedio de muestreo 3	_____	- 104 -
Figura 67. Valor promedio de la calidad del agua en los puntos de muestreo	_____	- 104 -
Figura 68. Pregunta 3	_____	- 105 -
Figura 69. Pregunta 4	_____	- 106 -
Figura 70. Pregunta 5	_____	- 106 -
Figura 71. Pregunta 6	_____	- 107 -
Figura 72. Pregunta 7	_____	- 108 -
Figura 73. Pregunta 8	_____	- 108 -
Figura 74. Pregunta 9	_____	- 109 -
Figura 75. Pregunta 10	_____	- 110 -
Figura 76. Pregunta 11	_____	- 110 -
Figura 77. Pregunta 12	_____	- 111 -
Figura 78. Pregunta 13	_____	- 112 -
Figura 79. Pregunta 14	_____	- 112 -

<i>Figura 80. Pregunta 15</i>	<hr/>	- 113 -
<i>Figura 81. Pregunta 16</i>	<hr/>	- 114 -
<i>Figura 82. Pregunta 17</i>	<hr/>	- 114 -
<i>Figura 83. Pregunta 18</i>	<hr/>	- 115 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Productos que se cultivan por comunidad	- 33 -
Tabla 2. Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo	- 40 -
Tabla 3. Rangos aproximados del factor de forma de una cuenca hidrográfica	- 41 -
Tabla 4. Valores de Compacidad	- 42 -
Tabla 5. Interpretación de densidad de drenaje	- 43 -
Tabla 6. Clases de tiempos de concentración	- 44 -
Tabla 7. Clases de pendiente del cauce	- 45 -
Tabla 8. Criterio de clasificación de pendientes según la FAO	- 45 -
Tabla 9. Factores de ponderación ICA-NSF	- 49 -
Tabla 10. Saturación del oxígeno en función de su altura y temperatura	- 52 -
Tabla 11. Metodologías y técnicas utilizadas por los laboratorios para el análisis	- 55 -
Tabla 12. Valores de parámetros de forma de la cuenca del río Silante	- 57 -
Tabla 13. Valores de parámetros de forma de la cuenca del río San Pedro	- 57 -
Tabla 14. Valores de parámetros de relieve de la cuenca del río Silante	- 58 -
Tabla 15. Valores de parámetros de relieve de la cuenca del río San Pedro	- 58 -
Tabla 16. Parámetros de la red hidrográfica del río Silante	- 60 -
Tabla 17. Parámetros de la red hidrográfica del río San Pedro	- 61 -
Tabla 18. Formaciones geológicas % de áreas de la microcuenca del río Silante	- 72 -
Tabla 19. Formaciones geológicas % de áreas de la microcuenca del río San Pedro	- 74 -
Tabla 20. Tipos de suelo de la cuenca del río Silante	- 75 -
Tabla 21. Tipos de suelo de la cuenca del río San Pedro	- 76 -
Tabla 22. Pendientes de la cuenca del río Silante	- 77 -
Tabla 23. Pendientes de la cuenca del río San Pedro	- 78 -
Tabla 24. Cobertura vegetal del río Silante	- 80 -
Tabla 25. Cobertura Vegetal del río San Pedro	- 81 -
Tabla 26. Tipos de uso de suelo de la cuenca del río Silante	- 83 -
Tabla 27. Capacidad de uso de suelo de la cuenca del río Silante	- 86 -
Tabla 28. Capacidad de uso de suelo de la cuenca del río San Pedro	- 87 -
Tabla 29. Susceptibilidad de erosión de suelo del río Silante	- 89 -
Tabla 30. Susceptibilidad de erosión de suelo del río San Pedro	- 90 -
Tabla 31. Conflictos de uso de suelo del río Silante	- 92 -
Tabla 32. Conflictos de uso de suelo del río San Pedro	- 93 -
Tabla 33. Resultado de análisis de muestra 1	- 95 -
Tabla 34. Resultado de análisis de muestra 2	- 96 -
Tabla 35. Resultado de análisis de muestra 3	- 96 -
Tabla 36. Resultados ICA-NSF por día	- 102 -
Tabla 37. Resultados Pregunta 3	- 105 -
Tabla 38. Resultados Pregunta 4	- 105 -
Tabla 39. Resultados Pregunta 5	- 106 -

<i>Tabla 40. Resultados Pregunta 6</i>	- 107 -
<i>Tabla 41. Resultados Pregunta 7</i>	- 107 -
<i>Tabla 42. Resultados Pregunta 8</i>	- 108 -
<i>Tabla 43. Resultados Pregunta 9</i>	- 109 -
<i>Tabla 44. Resultados Pregunta 10</i>	- 109 -
<i>Tabla 45. Resultados Pregunta 11</i>	- 110 -
<i>Tabla 46. Resultados Pregunta 12</i>	- 111 -
<i>Tabla 47. Resultados Pregunta 13</i>	- 111 -
<i>Tabla 48. Resultados Pregunta 14</i>	- 112 -
<i>Tabla 49. Resultados Pregunta 15</i>	- 113 -
<i>Tabla 50. Resultados Pregunta 16</i>	- 113 -
<i>Tabla 51. Resultados Pregunta 17</i>	- 114 -
<i>Tabla 52. Resultados Pregunta 18</i>	- 115 -
<i>Tabla 53. Principales problemas dentro del área de estudio</i>	- 115 -
<i>Tabla 54. Medidas correctivas propuestas con mas aceptación entre la poblacion</i>	- 116 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Resultados ICA-NSF en cada uno de los puntos de muestreo por día _____	- 128 -
Anexo 2: Modelo de encuestas realizada _____	- 135 -
Anexo 3: Recolección de muestras de agua _____	- 139 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores riesgos para la salubridad y transmisión de enfermedades es la contaminación del agua por microbios, debido a que provoca la disentería, la fiebre tifoidea y la diarrea. Aproximadamente 2000 millones de personas no tienen acceso al recurso vital que es el agua y se espera que empeore debido al cambio climático y la sobrepoblación. En los países subdesarrollados, los establecimientos de salud únicamente tienen servicios básicos relacionados al agua el 50%; servicios básicos de saneamiento 37%, y servicios básicos de gestión de residuos únicamente el 30% (OMS, 2022).

En Ecuador, se encuentra una extensa red hidrográfica que tiene su origen principalmente en la cordillera de los Andes, y sus afluentes desembocan tanto en el río Amazonas como en el Océano Pacífico. En la actualidad, la mayoría de estos ríos experimentan notables impactos causados por la actividad humana, derivados del aumento de la población, la liberación de desechos, la producción de agua potable, el riego, las actividades artesanales y ganaderas, así como el cultivo intensivo de la tierra para satisfacer las demandas de los consumidores y el progreso industrial (Simbaña et al., 2019).

En la mayoría de parroquias rurales del cantón Cañar, se realizan actividades agropecuarias como su base de economía principal, lo que lleva a que diariamente se aproveche este recurso. En la parroquia de Ingapirca, la agricultura y la ganadería han sido las actividades tradicionales que históricamente han servido como las principales fuentes de ingresos y medios de supervivencia para los residentes. Estas actividades representan aproximadamente el 75,06% de la población que está económicamente activa en la zona., mientras que en la parroquia Honorato Vásquez representa el 70,38% de ingresos y subsistencia de las personas trabajadoras (GAD Parroquial Honorato Vásquez, 2015; GAD Parroquial Ingapirca, 2015).

La subcuenca del Río Cañar se encuentra en la parte occidental de los Andes ecuatorianos y desemboca directamente en el Océano Pacífico a través del Golfo de Guayaquil y el canal de Jambelí. Su origen está en el nudo del Azuay, situado en los páramos de Quinaloma (con una altitud de 4200 metros sobre el nivel del mar en Huayrapungo). Esta cuenca recibe siete afluentes principales en su lado izquierdo (Vendeleche, Shan Shan, Chacapatra, Raura, Chacayacu, Toray y Corazón) y cuatro en su lado derecho (San Pedro, Silante, San Antonio y Capulí). La sección más inclinada se ubica en la parte inferior de la unión con el río San Antonio, presentando una pendiente que fluctúa entre el 5% y el 8%. (GAD Provincial del Cañar, 2015).

El estudio se centra en las microcuencas del río Silante y San Pedro, que son microcuencas pequeñas, que abastecen a varias comunidades rurales que su actividad económica se basa en su mayoría en la agricultura y ganadería. Según el PDOT de la Parroquia Rural Ingapirca (2015), La microcuenca experimenta una contaminación de sus fuentes de agua debido a la presencia de

lixiviados, residuos animales y sustancias químicas provenientes de las prácticas agrícolas. Además, se ha observado una disminución en la disponibilidad hídrica debido a la deforestación y a la expansión de actividades productivas. Esto ha llevado a que, durante la temporada de verano, solo el 30% de los canales de riego estén operativos. Por otro lado, en la parroquia Honorato Vásquez el 56% de las comunidades carece de un sistema de riego y en su lugar, obtienen agua de fuentes cercanas de manera individual, mientras que el restante 44% dispone de un sistema de riego. La cuestión del riego se caracteriza por su complejidad, abarcando aspectos ambientales, productivos, institucionales y comunitarios (GAD Parroquial Honorato Vásquez, 2015).

Durante la última década, los Sistemas de Información Geográfica han adquirido una importancia crucial como herramientas de trabajo en la planificación urbana y la gestión de recursos. Hoy en día, se aplican extensamente en la planificación del uso del suelo, la administración de servicios, el modelado de ecosistemas, la evaluación y planificación del paisaje, el marketing, el análisis de impacto visual, la gestión de infraestructuras, la asignación de impuestos, el análisis de propiedades inmobiliarias, la gestión ambiental, la gestión de riesgos, y diversas otras aplicaciones (Gutiérrez & Gould, 1994).

El agua es un nutriente vital para la existencia, ya que la mayoría de los organismos vivos están compuestos principalmente por este componente. Estas proporciones pueden cambiar debido a factores como la edad, el estado fisiológico, el período de lactancia y la acumulación de grasa. La investigación sobre la calidad del agua se encarga de supervisar la contaminación derivada de actividades humanas o animales, garantizando así que el agua sea apropiada para su uso previsto, ya sea para el consumo humano, la utilización en la agricultura, el riego o simplemente como fuente de agua para animales (Gleason, 2014).

Es importante tener en cuenta que, debido a la zona de estudio, existen varios animales cerca de las vertientes, es por este motivo que los animales durante el proceso de ordeño necesitan una cantidad considerable de agua de calidad, en proporción a su peso corporal, ya que el agua constituye el 87% de la composición final de la leche producida. Las vacas lecheras de alta producción son particularmente sensibles a las variaciones en la salinidad del agua (Bavera et al., 2001)a. El ganado bovino puede adaptarse a ingerir distintas fuentes de agua; no obstante, cambios en la calidad debido a concentraciones excesivas de sales o elementos químicos pueden resultar en una disminución de la producción y afectar la salud del ganado, ocasionando pérdidas económicas para el productor (Fernández et al., 2010).

Simultáneamente, la agricultura de riego requiere un aprovisionamiento adecuado de agua que cumpla con ciertas características químicas, físicas y biológicas, especialmente las dos primeras. Por lo tanto, es esencial tener en cuenta que algunos componentes del agua pueden actuar como señales de problemas en su calidad cuando se utiliza de forma prolongada (Castellón et al., 2020).

En la agricultura de regadío, la calidad del agua emerge como un factor crucial para lograr rendimientos agrícolas óptimos. Su relevancia se incrementa debido a la limitación de los recursos hídricos, el aumento de la contaminación en embalses y ríos, así como la explotación excesiva de

las aguas subterráneas. La utilización de agua de baja calidad puede provocar complicaciones en el suelo y los cultivos, como problemas de salinidad, reducción en la tasa de infiltración, toxicidad específica para los cultivos, entre otros (Bonet & Ricardo, 2013).

La prioridad del Estado debería centrarse en la búsqueda e implementación de alternativas técnicas, socioeconómicas, ambientales y legales para resolver los problemas generados por el deterioro y uso inadecuado de los recursos hidrográficos. Garantizar el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, como lo dice la Constitución de la República del Ecuador (2008), el artículo 14: "Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*."

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en la cuenca alta del río Cañar, especialmente destinada a la agricultura y ganadería en las microcuencas del río Silante y San Pedro. Se llevó a cabo un análisis morfométrico de la cuenca, así como la evaluación de parámetros físico-químicos y biológicos de este recurso. El propósito es establecer un índice de calidad del agua que permita diagnosticar el estado del agua del río y proponer medidas de mitigación.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Realizar el análisis ambiental en las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro afluentes del río Cañar, enfatizando en la evaluación del recurso agua para el uso agrícola y ganadero durante el segundo semestre del año 2023.

1.1.2 Objetivo Específicos

- Diagnosticar las condiciones ambientales de la cuenca alta del río Cañar, mediante información georreferenciada a partir del análisis morfométrico de los ríos afluentes Silante y San Pedro
- Evaluar las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua de uso agropecuario mediante el análisis del laboratorio
- Plantear un plan de medidas correctivas para la optimización y mejoramiento del agua para uso agropecuario

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cuenca Hidrográfica

Según Rodríguez (2006) la cuenca fluvial forma un curso principal de agua que es proveniente de la precipitación y se lo denomina como un área natural. La cuenca hidrográfica es la región natural que está constituida por la unión de los sistemas de cursos de agua determinados por la topografía. Las partes más elevadas del área que rodean un río y se establecen de forma natural hacen referencia a las fronteras de la cuenca o divisoria de aguas (Ramakrishna, 1997). Se puede definir a un sistema hidrográfico (o hidrológico) como el conjunto de aguas de un río principal, desde donde comienza hasta su desembocadura, sus tributarios, lagos afluentes, y los acuíferos que receptan de ellos o les dan agua" (Querol, 2003).

2.1.1 Subcuenca

Una subcuenca se define como la región que canaliza su flujo directamente hacia el curso principal de su propia cuenca hidrográfica. Uniendo varias subcuencas puede dar lugar a la formación de una cuenca hidrográfica más grande (Gracia et al., 2005).

2.1.1.1. Subcuenca alta del río Cañar (SARC)

La condición en la subcuenca alta del río Cañar (SARC) se presenta como un desafío considerable. Los páramos desempeñan un papel crucial al proporcionar agua para el consumo de la población en las regiones más bajas, especialmente para el riego y las necesidades de las comunidades en los cantones El Tambo y Cañar. La situación crítica se origina por la falta de conservación y gestión eficiente de las áreas naturales protegidas, ya que estas zonas, responsables de producir y regular el suministro de agua, están amenazadas por actividades y prácticas incompatibles. Esto incluye la conversión de pastizales en áreas con aptitud para la agricultura, la práctica de la agricultura en zonas adecuadas para la reforestación, y la reforestación en áreas destinadas a la protección. Como resultado, se estima que la erosión del suelo alcanza aproximadamente 200 toneladas por hectárea al año (Figuroa & Pichizaca, 2003).

2.1.2 Microcuenca

Una microcuenca se define como el territorio que dirige su flujo de manera directa hacia el afluente principal de una subcuenca. Combinando varias microcuencas puede dar origen a la formación de una subcuenca (Gracia et al., 2005).

2.1.2.1. Microcuenca del río Silante

El origen del Sitante se encuentra en los afluentes del Azuay conocidos como Huairapungo y Paredones. A aproximadamente una legua al norte, el Molobog se encuentra con el Silante, y juntos

toman el nombre de Cañar o Hatun-Cañar, manteniendo esta denominación hasta más adelante de Gualleturo. La cuenca hidrográfica de la pequeña hoya de Cañar es simple y de corta extensión. Si consideramos el Silante como el inicio del río Cañar, podemos afirmar que este río mantiene una dirección general de este a oeste en todo su recorrido hasta llegar a las llanuras de Naranjal (Wolf, 1892). La microcuenca del río Silante va desde los 2920 m.s.n.m hasta los 4440 m.s.n.m. Dentro de esta microcuenca podemos encontrar alrededor de 13 poblados como lo es Achupilla, Picota, Chapiurco, San José, El Rodeo, Sisid, Gulag Cucho, Tabla Rumi, Huasipamba, Tagshana, Huertas, Talle Pudùn, Ingapirca. Parte de la cuenca se encuentra en el cantón el Tambo, pero su mayor extensión de territorio está ubicado a la parroquia Ingapirca (IGM, 2023).

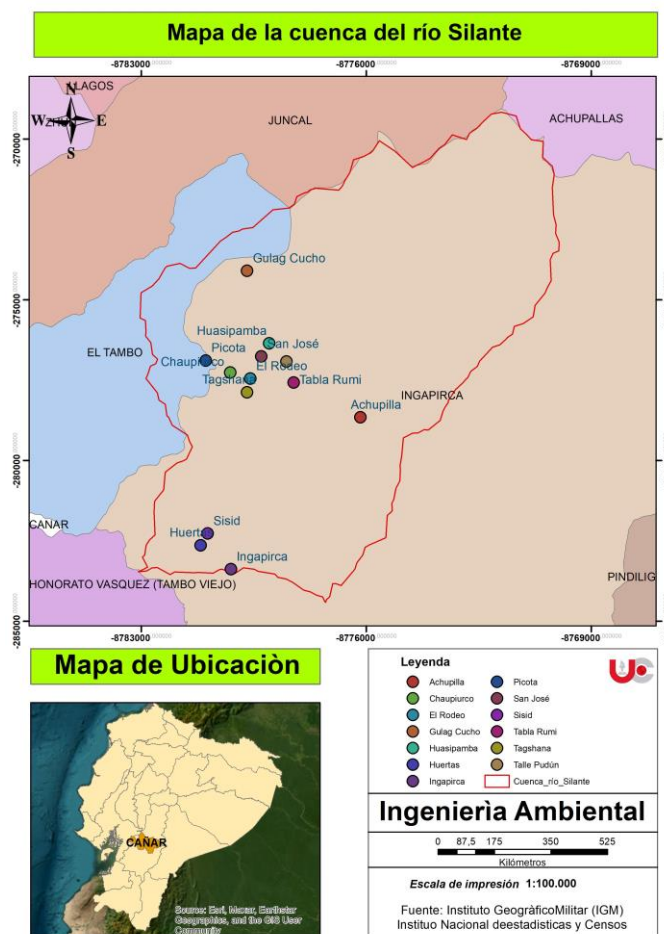


Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Silante

2.1.2.2. Microcuenca del río San Pedro

La microcuenca de río San Pedro se encuentra ocupando menor parte de las parroquias de Achupallas, Biblian y Guapan, pero la mayoría de su territorio se encuentra en las parroquias de Honorato Vásquez e Ingapirca, dentro de la microcuenca podemos encontrar 6 poblados como lo son Guachapala, Molobog Grande, San Pedro, San Pedro Chico, Patosamana y Totoras, las elevaciones varían entre los 2920 y 4240 m.s.n.m. (IGM, 2023).

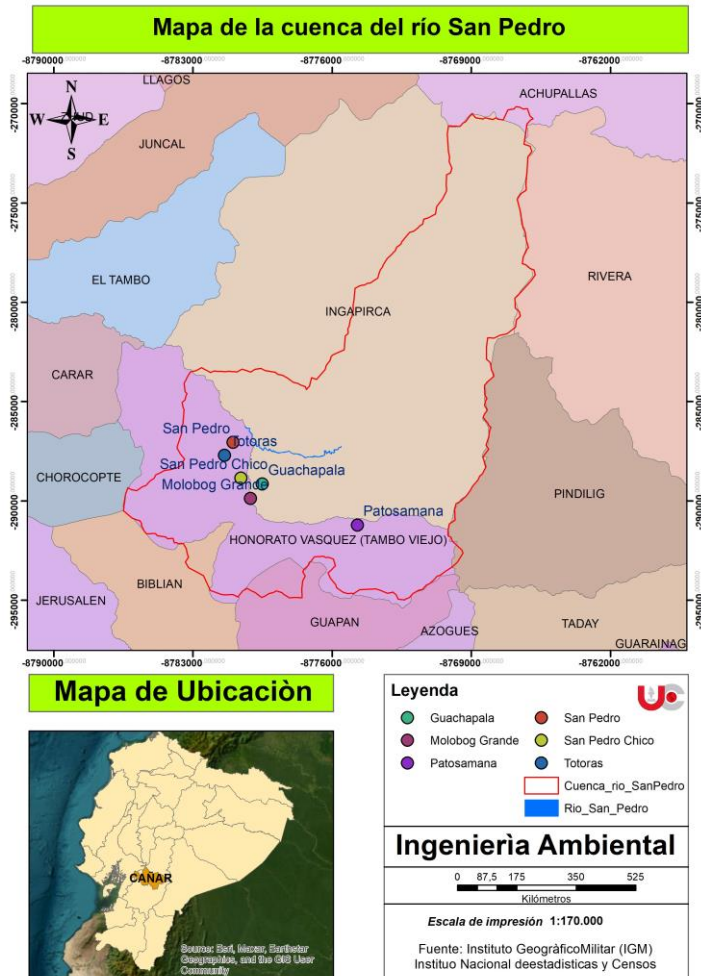


Figura 2. Mapa de ubicación de la microcuenca del río San Pedro

2.1.3 Cuenca alta

Como su nombre indica, se trata de las regiones elevadas donde por lo general nacen los ríos y presentan pendientes muy pronunciadas. Esta zona alta suele corresponder a áreas de páramo, Marcadas por una frontera conceptual denominada línea divisoria de aguas. Entre las varias particularidades de esta área es la escasa o prácticamente nula acción humana, debido a que se considera extremadamente vulnerable (Zumbado & Mesén, 2018).

2.1.4 Cuenca media

En esta zona, las actividades productivas son mayormente compartidas, y es aquí donde se experimenta una presión significativa en la parte más elevada de la cuenca. Esta área actúa como una región de cambio entre las acciones en la parte superior de la cuenca y los impactos observados en la parte inferior de la misma. (Guachamín et al., 2015).

2.1.5 Cuenca baja

La parte inferior de la cuenca hidrográfica, que generalmente corresponde a las áreas con pendientes descendentes en muchas cuencas hidrográficas, es donde se hacen evidentes los

efectos, tanto positivos como negativos, de las actividades llevadas a cabo en la sección superior de la cuenca (Guachamín et al., 2015).

2.1.6 Divisoria de aguas

Se describe como la línea ficticia que marca el límite entre las cuencas hidrográficas contiguas, situándose en la cima más elevada de las montañas, siendo el límite natural en el cual, al ocurrir precipitación, las aguas superficiales fluyen en direcciones separadas hacia diferentes vertientes (Araque et al., 2019).

2.1.7 Morfometría de una cuenca hidrográfica

La morfometría, también conocida como geomorfometría, implica la evaluación numérica de las características de la superficie de la tierra en una cuenca hidrográfica (Quesada & Barrantes, 2017). El análisis morfométrico proporciona información sobre las propiedades físicas de una cuenca al examinar las peculiaridades de su topografía, relieve y sistemas fluviales, lo que permite realizar comparaciones con otras cuencas. Además, este enfoque contribuye a una mejor comprensión de cómo se desarrolla el comportamiento hidrológico de la cuenca, revelando su complejidad (Gaspari et al., 2013).

2.2 Ríos

Los ríos desempeñan un papel esencial en el funcionamiento de las cuencas hidrográficas al posibilitar la existencia de seres vivos a través del transporte y circulación cíclica del agua. Estos cuerpos de agua tienen un valor ecológico y ambiental significativo, ya que ejercen influencia sobre otros ecosistemas y proveen beneficios importantes para los humanos, tanto en términos de consumo directo como para la irrigación y los usos en los sectores agrícola e industrial (Mendoza et al., 2014). La mayoría de las ciudades más antiguas en el mundo han crecido y prosperado en proximidad a ríos, los cuales facilitan el transporte de bienes y personas, respaldan actividades como la pesca y la agricultura, y ofrecen beneficios en términos recreativos, turísticos, culturales y para la salud mental (ONU, 2023).

2.2.1 Afluentes

Según Araque et al (2019) Los ríos secundarios que desembocan en el curso principal de una cuenca hidrográfica son conocidos como afluentes y uno de los problemas más frecuentes es la contaminación del agua, especialmente causada por actividades agrícolas y ganaderas. Los ríos pueden ser clasificados según su presencia en distintas épocas del año:

- Los ríos perennes son aquellos que mantienen agua a lo largo de todo el año y son alimentados por aguas subterráneas durante las épocas de sequía.
- Los ríos intermitentes debido a que surgen durante las estaciones lluviosas.
- Los efímeros son respuestas inmediatas a períodos de precipitación, formándose debido al escurrimiento superficial.

2.2.2 Efluentes

La contraparte de un afluente es un efluente o distributario, que representa una derivación (ya sea natural o creada) que se separa del curso principal de un río más grande hacia otro de menor tamaño. Los efluentes naturales se localizan principalmente en los deltas fluviales. En contraste, son más frecuentes los efluentes de "origen artificial", es decir, desviaciones, acequias o canales empleados con propósitos de riego o suministro de agua en zonas relativamente alejadas del río principal (Ordóñez, 2011).

2.2.3 Descripción del río Cañar

Según El GAD Provincial del Cañar (2015) la subcuenca del Río Cañar está ubicada en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes en Ecuador y fluye directamente hacia el Océano Pacífico a través del Golfo de Guayaquil y el canal de Jambelí. Su origen se encuentra en el nudo del Azuay, situado en los páramos de Quinaloma a una altitud de 4200 metros sobre el nivel del mar, específicamente en Huayrapungo. A lo largo de su recorrido, recibe siete afluentes principales en su margen izquierda (Vendeleche, Shan Shan, Chacapatra, Raura, Chacayacu, Toray y Corazón) y cuatro en su margen derecha (San Pedro, Silante, San Antonio y Capulí). El tramo más empinado se encuentra aguas abajo de su confluencia con el río San Antonio, con pendientes del cauce que varían entre el 5% y el 8%.

La subcuenca del Río Cañar se divide en tres zonas según su altitud: alta, media y baja. La subcuenca alta abarca altitudes entre 4500 y 2600 metros sobre el nivel del mar, caracterizándose por una topografía suave que consiste en amplios valles donde el río fluye lentamente en meandros, con una pendiente que varía entre el 1,5% y el 2%. La subcuenca media se extiende desde los 2600 hasta los 200 metros sobre el nivel del mar. La subcuenca baja se encuentra por debajo de los 200 metros sobre el nivel del mar y presenta una topografía plana que es propensa a inundaciones, con una pendiente menor al 1%. El río se origina en las altas montañas de la cordillera de los Andes como un torrente rápido y tumultuoso, lo que provoca la erosión de su lecho y el arrastre consiguiente de materiales pétreos. Estos sedimentos se depositan en las zonas bajas de la costa a medida que el río fluye, lo que reduce la sección hidráulica del río. En casos de lluvias extraordinarias, esto puede llevar a desbordamientos del río (GAD Provincial del Cañar, 2015).



Figura 3. Mapa de la cuenca del río Cañar

2.3 Agua

El 70% de superficie terrestre aproximadamente está cubierta por agua y se encuentra en diversas formas como ríos, mares, lagos; en la atmósfera y en la tierra. Aparte de ser el elemento vital, también ayuda a regular el clima del planeta y su potente acción da forma al paisaje terrestre. Debido a sus propiedades únicas, el agua es un elemento esencial para conservar la vida de todos los seres vivos. Dentro de los límites de temperatura y presión en la tierra el líquido vital se puede encontrar en tres fases, sólida, líquida y gaseosa (Fernández, 2012).

2.3.1 Calidad del agua

La calidad del agua se refiere a las propiedades químicas, físicas y biológicas que presenta. Su importancia radica en su valor ecológico fundamental para la preservación de la salud y el desarrollo económico. Para determinar si el agua es adecuada para su uso, se comparan sus características con estándares establecidos que garantizan su utilización de forma adecuada (Villena, 2018).

2.3.1.1. Calidad del agua para riego

La idoneidad del agua para la irrigación agrícola se refleja en su capacidad para ser absorbida eficientemente por las plantas, lo que favorece un crecimiento adecuado y garantiza rendimientos óptimos sin causar daños al suelo. La presencia de sales en el agua puede ser la principal causa del deterioro de su calidad para fines agrícolas, ya que el riego con agua salina puede disminuir la absorción de agua por parte de las plantas (Chacha, 2021).

2.3.2 Calidad de agua para la ganadería

La provisión de agua, tanto en términos de cantidad como calidad, es un requisito esencial en todas las etapas de la producción agropecuaria. El suministro de agua indispensable para el ganado, en particular el ganado bovino, es difícil de precisar debido a la influencia de factores individuales y condiciones ambientales que causan fluctuaciones diarias o estacionales. La evaluación de las características físicas y químicas del agua es de gran importancia para la eficiencia de la producción, ya que, en el caso de los rumiantes, especialmente las vacas y toros, la ingesta de agua guarda una relación directa con el consumo de materia seca. Así que, un animal que tenga un acceso limitado al agua, que encuentre el agua poco apetecible o que tenga agua de baja calidad puede experimentar estrés, lo que resultará en una disminución en la producción de carne o leche (Raspo & Tassone, 2019).

2.3.3 ICA-NSF

El ICA-NSF es un índice público ya que ignora tanto el tipo de uso que se le dará al agua, como el o los métodos utilizados para determinar las características físico químicas y biológicas. Presenta además una cualificación general del estado del agua y resulta un instrumento que permite identificar el deterioro o mejora de la calidad en un cuerpo de agua, a este ICA se le considera el más válido y difundido en varios estudios internacionales (Aguirre et al., 2016). Este índice analiza la calidad del agua en general y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no (Hernández, 2016).

2.3.4 Parámetros de calidad de agua

La importancia de utilizar metodologías innovadoras que consideren más de dos parámetros en la evaluación de la pureza del agua está en aumento. Los Indicadores de calidad del agua agrupan diversos parámetros, principalmente de naturaleza fisicoquímica y, en ocasiones, microbiológica, para simplificar la información en una expresión sencilla. Estos índices, conocidos como Índices de Calidad del Agua (ICA) e Índices de Contaminación del Agua (ICO), permiten evaluar y cuantificar la condición del agua de manera más eficiente (Samboni et al., 2007).

2.3.4.1. Parámetros físico-químicos

Los parámetros fisicoquímicos proporcionan una amplia información sobre las propiedades químicas y físicas del agua, y tienen un impacto significativo en la vida acuática. Por otro lado, los métodos biológicos ofrecen información valiosa, pero no identifican específicamente los contaminantes responsables. Debido a esto, muchos investigadores recomiendan utilizar tanto los enfoques fisicoquímicos como los biológicos en la evaluación del recurso hídrico, ya que ambos aportan perspectivas complementarias y permiten obtener una imagen más completa de la calidad del agua y su potencial contaminante (Orozco et al., 2002).

a. Temperatura

La temperatura es una propiedad física que se ve primordialmente afectada por la radiación solar que incide sobre el agua. Juega un papel directo en procesos como la fotosíntesis, el desarrollo o la productividad de las plantas, así como en el crecimiento de organismos, entre otros. Además, influye en la solubilidad de gases y minerales, así como en la concentración de oxígeno disuelto y carbono de calcio en el agua. Su medición se lleva a cabo in situ mediante termometría con el objetivo de obtener resultados precisos, y se expresa en grados centígrados (°C) (Clavijo & Granja, 2016).

La temperatura influye en la condición del agua suministrada, ya que afecta a los procesos físicos, químicos y biológicos relacionados con el transporte del agua potable. Las altas temperaturas pueden dar lugar a la aparición de patógenos peligrosos en las fuentes de agua dulce, lo que representa un riesgo para la salud humana al hacer que el agua sea insegura para el consumo (UNICEF, 2023).

b. Turbiedad

La turbidez del agua es un indicador de la presencia de sustancias coloidales, minerales u orgánicas en su contenido. Así que, tiene la capacidad de servir como señal ante posibles niveles de impureza en el agua (Miljojkovic et al., 2019). Además, altos niveles de turbidez pueden actuar como una protección para los microorganismos, evitando los efectos de la desinfección, fomentando el crecimiento bacteriano y aumentando la necesidad de cloro. En consecuencia, la existencia de turbidez en el agua implica un peligro microbiológico para la salud de las personas. (Martínez et al., 2020). La turbidez ha sido ampliamente utilizada como un indicador de calidad del agua, tanto en las fuentes de suministro como en los procesos de potabilización y distribución. Además, se ha establecido una asociación entre la turbidez y el riesgo potencial de contaminación microbiológica en el agua destinada al consumo humano (Montoya et al., 2011).

c. pH

El nivel de pH resulta esencial al evaluar la pureza del agua. Las aguas con un pH excesivamente ácido tienen la capacidad de disolver metales utilizados en las tuberías (como plomo, cobre y zinc), los cuales pueden tener efectos adversos en la salud si son ingeridos. El rango aceptable de pH

para el agua potable varía entre 6,5 y 8,5, siendo estos valores considerados como una guía de referencia (Jiménez, 2001). Según Marín (2003) en el contexto de las aguas destinadas al consumo humano, los extremos en los niveles de pH pueden provocar irritación en las membranas mucosas, afectar a los órganos internos y, en casos extremos, dar lugar a procesos ulcerativos.

Concentraciones elevadas de alcalinidad, expresadas a través del pH, pueden ocasionar la pérdida de la estructura estabilizadora de los suelos y cultivos. Esta situación es principalmente causada por la dispersión y expansión de las partículas de arcilla que son sensibles a este fenómeno, lo que resulta en una disminución de la capacidad de los suelos para retener y transmitir el agua de manera eficiente. Además, cuando un pH elevado entra en contacto con las raíces de las plantas, puede ralentizar el proceso de crecimiento vegetal, lo que, a su vez, afecta el funcionamiento fisiológico general de las plantas, ya que puede llevar a la solubilización de elementos tóxicos como el aluminio (Tartabull & Betancourt, 2016).

d. Fosfatos

El ion fosfato (PO_4^-) se origina a partir del fósforo inorgánico presente en minerales y desempeña un papel fundamental en el ciclo ambiental de este elemento. Los fosfatos pueden existir en solución, ya sea en forma de partículas, fragmentos sueltos o en organismos acuáticos. Las precipitaciones pueden llevar consigo diversas cantidades de fosfatos, los cuales se filtran desde suelos agrícolas hacia cuerpos de agua cercanos (Sánchez et al., 2007).

e. Nitratos

El ion nitrato representa la forma estable desde el punto de vista termodinámico del nitrógeno cuando se combina en entornos acuáticos y terrestres con presencia de oxígeno. Esto implica que existe una tendencia general de todos los materiales que contienen nitrógeno a convertirse en nitratos cuando se encuentran en estos medios. En el proceso de meteorización, las rocas ígneas que contienen pequeñas cantidades de nitrógeno pueden contribuir a la presencia de nitratos en las aguas naturales. Todos los compuestos de nitrato son altamente solubles en agua, por lo tanto, cualquier nitrato que se forme durante este proceso se disolverá en la solución acuosa (Pacheco & Cabrera, 2003).

f. Oxígeno disuelto

La existencia de oxígeno disuelto resulta fundamental para la supervivencia de la mayoría de los seres vivos que habitan en entornos acuáticos. El oxígeno se obtiene mediante el intercambio con la atmósfera y a través de la fotosíntesis realizada por plantas acuáticas y algas. Tanto los productores, consumidores como los descomponedores utilizan el oxígeno durante el proceso de respiración. Es común que los niveles de oxígeno en el agua varíen a lo largo del día y de las estaciones. La concentración de oxígeno se mide en partes por millón (ppm) o en miligramos por litro (mg/l), y esto se puede realizar mediante el uso de un oxímetro o tomando una muestra de agua para su posterior análisis (Sánchez et al., 2007).

g. Sólidos disueltos totales

La cuantificación de sólidos disueltos totales se refiere específicamente a la medición de la cantidad total de residuos sólidos filtrables, que incluyen sales y residuos orgánicos, a través de una membrana con poros de 2 µm o más pequeños. La presencia de sólidos disueltos puede tener efectos negativos en la calidad de un cuerpo de agua o en un efluente de diversas maneras. El agua destinada al consumo humano que contiene una concentración elevada de sólidos disueltos suele tener un sabor desagradable y puede provocar una respuesta fisiológica adversa en los consumidores (Pérez & Rodríguez, 2008).

h. DBO 5

Sánchez et al (2007) la demanda bioquímica de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno consumido durante la descomposición bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aeróbicos. Es una forma indirecta de medir la concentración de materia orgánica e inorgánica que puede ser degradada o transformada biológicamente. Esta medida se emplea para evaluar el nivel de contaminación en las aguas

2.3.4.2. Parámetros biológicos

Los microorganismos que se emplean como señales de la calidad del agua son bacterias reconocidas como coliformes, las cuales son patógenos transmitidos principalmente a través de la vía fecal-oral. Algunas especies dentro de este grupo abarcan *Escherichia coli* y otras. Estos organismos tienden a localizarse en la capa superficial del agua o en los sedimentos del lecho acuático (Bautista et al., 2013).

i. Coliformes fecales

Son una concentración más reducida de microorganismos coliformes, tienen la capacidad de resistir elevadas temperaturas de 44-45°C. Su origen es natural, encontrándose comúnmente en los intestinos de organismos vivos y, por ende, se localizan en la materia fecal. Principalmente representados por *E. coli*, se observa una presencia casi insignificante de tipos como *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. Estos mencionados constituyen grupos de coliformes que son capaces de soportar condiciones de calor o están asociados con materia fecal, generalmente presentes en el entorno ambiental y solo en situaciones específicas forman parte de la microbiota (Holguin, 2019).

2.3.5 Contaminación del agua

La problemática de la contaminación del agua es un hecho que se enfrenta en la actualidad, afectando no solo a países industrializados o menos desarrollados, sino que impacta en todos los sectores de cada población. La contaminación del agua abarca cualquier alteración química, física o biológica en la calidad del agua, generando efectos perjudiciales para cualquier organismo que consuma ese recurso. La contaminación hídrica se define como la acción de introducir sustancias en el agua, provocando cambios en su calidad y composición química (Guadarrama et al., 2016).

2.3.5.1. Contaminación del agua en ríos

La importancia de la polución del agua radica en su efecto directo en la salud humana, de igual modo en la de la flora, la fauna y el ecosistema en general. Se hace imprescindible la implementación de políticas públicas por parte de los gobiernos sectoriales para asegurar el cuidado y la preservación de la calidad de este entorno, considerándolo como un patrimonio fundamental de la humanidad (Baquerizo et al., 2019). Durante los últimos cinco años, el 20% de las cuencas fluviales ha experimentado cambios en los niveles de agua superficial que se han desviado de su distribución natural. Aproximadamente tres de cuatro ríos en América del Sur, África y Asia experimentan una contaminación patógena severa, la cual puede dar lugar a enfermedades. Esta situación se vincula con la liberación de aguas residuales no tratadas, la escorrentía de pesticidas agrícolas y la contaminación industrial (ONU, 2023).

a. Contaminación del agua en Ingapirca

La contaminación del agua en la parroquia de Ingapirca se origina por la presencia de ganado en las áreas de vertientes. De manera similar, Se debe a la existencia de sustancias lixiviadas, acumulación de desechos, excretas de seres vivos, lavado de prendas y vehículos, así como a los productos químicos liberados por las actividades agrícolas. Específicamente, en el río Silante, se observa una disminución en el volumen de agua debido a la deforestación y las prácticas expansivas de las actividades productivas. Durante la temporada de verano, la operación de los canales de riego se ve afectada, funcionando solo al 30% (GAD Parroquial Ingapirca, 2015).

a. Contaminación del agua en Honorato Vásquez

En el territorio de la parroquia, se observa contaminación de las fuentes de agua como resultado de las actividades agropecuarias, debido al uso excesivo de abono de pollo, excretas de ganado y la aplicación de plaguicidas en los cultivos. Asimismo, la contaminación del agua se intensifica por la descarga directa de aguas residuales en riachuelos y quebradas. La infiltración de agua hacia el subsuelo debido a prácticas inadecuadas de riego y la filtración de agua proveniente de embalses construidos en suelos han contribuido a la ocurrencia de deslizamientos. (GAD Parroquial Honorato Vásquez, 2015).

2.4 Sistema de información geográfica (SIG)

Un SIG se refiere a un conjunto de herramientas que integran y conectan varios elementos, como software, hardware, procesos y usuarios, con el fin de capturar, almacenar, manipular, analizar y visualizar información en todas sus formas. Los sistemas de información geográfica son considerados como uno de los campos más innovadores y dinámicos de aplicación informática, y tienen un impacto significativo en la sociedad (Mayorga et al., 2022).

2.4.1 Georreferenciación

La información utilizada cotidianamente está georreferenciada, lo que significa que se le asigna una posición geográfica que permite su ubicación. La georreferenciación se refiere a cualquier método que pueda vincular un elemento (como un punto, una línea o un polígono) con su ubicación en un Sistema de Información Geográfica (SIG) (Rodríguez et al., 2020).

2.4.2 Software en SIG's

El software desempeña un papel crucial en la gestión de la información, pero su importancia es magnífica en la comprensión del funcionamiento del subsistema natural para lograr una gestión eficiente de la información y de los mapas relacionados con ArcGIS (Sosa & Martínez, 2009). Entre los programas de software más utilizados se encuentran aplicaciones como QGIS, la Librería R, GvSig, ArcGIS, API de Google, AutoCAD y otros. Los primeros paquetes de software fueron desarrollados por el Harvard Laboratory en Estados Unidos, como SYMAP en 1964 y GRID en 1969, así como por la Experimental Cartography Unit en el Reino Unido (Rodríguez et al., 2020).

2.4.3 ArcGIS

ArcGIS constituye un sistema integral que posibilita la recolección, organización, gestión, análisis, intercambio y distribución de información geográfica. Reconocido como la plataforma global para el desarrollo y empleo de sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS se emplea a nivel mundial, permitiendo que el conocimiento geográfico beneficie a sectores gubernamentales, empresariales, científicos, educativos y mediáticos. ArcGIS facilita la publicación de información geográfica, garantizando su accesibilidad para cualquier usuario. Sus facultades abarcan la generación, compartición y utilización de mapas inteligentes, la recopilación de datos geográficos, la creación y gestión de bases de datos geográficas, la resolución de problemas mediante análisis espacial, el desarrollo de aplicaciones basadas en mapas, y la difusión e intercambio de información a través de la geografía y la visualización (Casanova & Zuaznabar, 2017).

2.5 Actividades antrópicas

Cuando consideramos las actividades humanas, es esencial comprender lo que está detrás de ellas. Al hablar de actividades antrópicas, nos referimos a todas las acciones realizadas por los seres humanos que tienen un impacto en el medio ambiente en el que se llevan a cabo, sin hacer distinciones. Por lo tanto, es fundamental desentrañar estos aspectos al reflexionar sobre las actividades antrópicas (Roldán, 2021). La influencia de la acción humana en el medio ambiente es inherentemente variada, y debe ser comprendida como una combinación de diversas actividades relacionadas con la producción y la ocupación humana. Es importante tener en cuenta que los seres humanos han llevado a cabo sus actividades en todos los ámbitos y a lo largo de su desarrollo histórico (Cutipa-Luque et al., 2020).

2.5.1 Usuarios de una cuenca

Una propiedad fundamental de las cuencas es la presencia de una estrecha conexión e interdependencia entre los sistemas físicos y biológicos, junto con el sistema socioeconómico compuesto por aquellos que hacen uso de las cuencas, ya sean residentes locales o actores externos involucrados en ellas (Dourojeanni et al., 2002).

2.5.2 Agricultura

La Agricultura tuvo su origen en el período neolítico, lo que llevó al desarrollo de importantes civilizaciones antiguas. La introducción del arado pesado permitió una labranza más profunda de los suelos, mientras que la rotación de cultivos mejoró la explotación de tierras fértiles. Además, se implementaron sistemas de riego mejorados y se aprovecharon las laderas mediante el uso de terrazas para el cultivo. La Agricultura y la ciencia han estado estrechamente vinculadas al progreso de la humanidad, y esta conexión es esencial para un futuro de desarrollo y equidad (Leiva, 2014).

2.5.2.1. Agricultura en el Ecuador

En Ecuador, el ámbito de la agricultura representa el 8% de la producción anual total del país, es decir, del Producto Interno Bruto (PIB). Los agricultores desempeñan un papel fundamental para la población, ya que son proveedores esenciales de alimentos de alta calidad que contribuyen a una dieta saludable. Además, su labor abarca la producción de bienes destinados a la exportación, lo que a su vez aporta divisas significativas a la economía ecuatoriana. Los agricultores desempeñan un papel importante al generar empleo, especialmente en las zonas rurales, contribuyendo de esta manera a la reducción de la pobreza en esas áreas. El sector agrícola ha generado más de 2,2 millones de puestos de trabajo (MAGAP, 2023a).

a. Agricultura en Ingapirca

En la parroquia, se destinan aproximadamente 1405.07 hectáreas, lo que representa un 5,09% del área total, a aquellas zonas que poseen condiciones propicias para llevar a cabo actividades productivas relacionadas con la agricultura. Dadas las características del clima frío de alta montaña en la parroquia, estas áreas pueden enfrentar limitaciones en su uso debido a factores como el clima frío, con posibilidad de heladas, pendientes moderadas que conllevan un riesgo variable de erosión (tanto en vertientes internas como externas) y déficit de agua. La producción agrícola en la parroquia se orienta principalmente hacia el autoconsumo. Los cultivos se cosechan y consumen en su etapa tierna, o los granos se almacenan en seco para ser utilizados como semillas o para el consumo posterior en forma de granos o la elaboración de harinas. Además, parte de la producción se comercializa localmente en la feria que se encuentra en la cabecera parroquial (GAD Parroquial Ingapirca, 2023a).

A continuación, en la tabla 1, se pueden observar la variedad de productos que se cultivan en cada una de las comunidades de la parroquia, siendo la papa el principal producto de cosecha.

Tabla 1. Productos que se cultivan por comunidad

Comunidades	Productos que cultivan
Centro Parroquial	Haba, papa, zanahoria, arveja y cebada, trigo y hortalizas
Pucará	Haba, papa, melloco, arveja, oca y maíz
Chorroloma	Papa, arveja y maíz
Jesús del Gran Poder	Haba, papa, melloco y maíz
Chuguín Grande	Haba, papa melloco, cebada y maíz
San José de Culebrillas	Haba, papa, melloco, oca y cebolla
San Carlos de Cojontambo	Papa, melloco y oca
Silante Bajo	Haba, papa y maíz
Amanta Bayopungo	Cebada y haba
El Cisne	Papa, melloco y oca
Huayrapungo Mazanqui	Papa, melloco, haba y oca
Cebadas	Papa, melloco y oca
Turchi Cochapamba	Papa, melloco y oca
Vendeleche	Papa, cebada, melloco, haba y maíz
Lirio Pamba	Papa, melloco y haba
Silante Alto	Melloco y papa
San Juan Bosco	Papa, arveja y cebada
ATU de la Virgen	Haba, papa, melloco, cebada y trigo
El Colegio	Haba, papa, zanahoria, arveja y cebada
Chuguin Chico	Papa, cebada, melloco, trigo, zanahoria y cebolla
Sisid	Papa, arveja, haba, cebada, melloco, maíz, trigo y oca
Rumiloma	Papa
Castillo	Haba, papa, zanahoria, arveja y cebada
Llactaguayco	Papa, melloco, haba y oca

Fuente: (GAD Parroquial Ingapirca, 2023a)

b. Agricultura en Honorato Vásquez

Las prácticas empleadas en la agricultura incluyen la asociatividad de cultivos como maíz, fréjol, achogcha, zapallo o zambo, así como la rotación de cultivos, alternando entre habas, papa, maíz y alverja en períodos sucesivos. En casos de terrenos agrícolas más reducidos, se utiliza la siembra por rayas, abordando cultivos como oca, mashua, melloco y haba. La actividad agrícola está principalmente orientada al autoconsumo familiar, con una percepción de líderes y lideresas de las comunidades que señala una tendencia del 19%. Es importante destacar que la producción agrícola se destina mayormente al autoconsumo familiar, y la venta de productos agrícolas se realiza en

mercados locales en la provincia del Cañar y Azuay, considerando la cantidad de producto y la facilidad de transporte (GAD Parroquial Honorato Vásquez, 2023).

2.5.3 Ganadería

La actividad ganadera es la que emplea la mayor extensión de tierra, abarcando más de 3,900 millones de hectáreas, lo que equivale aproximadamente al 30% de la superficie terrestre. La intensidad de utilización de este recurso presenta considerables variaciones, alrededor de 500 millones se destinan a cultivos intensivos, 1,400 millones son pastizales con una productividad relativamente alta, y los restantes 2,000 millones de hectáreas son pastizales extensivos con una productividad relativamente baja (Pérez, 2008).

2.5.3.1. Ganadería en el Ecuador

En Ecuador, la ganadería representa una actividad económica de gran relevancia. Durante el período de 1985-2005, el sector agropecuario contribuyó en promedio con un 13% a la economía del país. En 2008, la participación del sector agropecuario en el Producto Interno Bruto (PIB) se situó en un 10,7%, lo que lo ubicó como el segundo sector más importante después de la industria petrolera. No obstante, la producción ganadera continúa siendo altamente insostenible en ciertas provincias, lo que plantea tres amenazas principales tanto a nivel local como global: i) pérdida de suelo y riesgo de desertificación; ii) aumento de la contaminación y de las emisiones de gases de efecto invernadero; y iii) expansión de la frontera ganadera (MAGAP, 2023b).

a. Ganadería en Ingapirca

En la parroquia de Ingapirca, las familias se dedican principalmente a la crianza de ganado lechero, dando preferencia a razas como Holstein criolla y/o Jersey. En promedio, las familias de las comunidades con menos extensión de tierra tienen entre 3 y 4 vacas lecheras. Cuando la cantidad de pasto resulta insuficiente, optan por adquirirlo. En contraste, las familias con mayor extensión de tierra suelen contar con alrededor de 30 cabezas de ganado destinado a la agricultura. En aquellas comunidades que disponen de áreas de páramo, también crían ganado bravo para eventos de corridas de toros. Aunque el ganado vacuno es la prioridad para estas familias, complementan sus actividades con la cría de cerdos, ovejas, aves y cuyes. Estos animales no solo se utilizan para consumo interno, sino también para la venta. Sin embargo, se ha observado una disminución en la cría de ovejas (GAD Parroquial Ingapirca, 2015).

b. Ganadería en Honorato Vásquez

En las áreas de altitud alta, media y baja, las familias suelen tener un promedio de 3 a 5 vacas especializadas en la producción de leche, así como entre 6 y 10 cabezas de ganado. La preferencia recae en razas como Holstein Criolla y/o Jersey. Sin embargo, en las comunidades de mayor altitud, el número de cabezas de ganado es mayor, oscilando entre 2 y 15 vacas. La práctica de la ganadería extensiva, que implica el pastoreo fuera de corrales con la debida atención, puede generar conflictos con las áreas designadas para la protección ambiental (GAD Parroquial Honorato Vásquez, 2015).

2.6 Descripción político-administrativa de las parroquias

2.6.1 Descripción de la Parroquia Ingapirca

La Parroquia Rural de Ingapirca se localiza al este del cantón Cañar, en la región austral del sur de Ecuador. Cubre una superficie de 27710.6 hectáreas, lo que representa el 14,58% del área del cantón, el 6,73% de la provincia y el 0,11% del territorio nacional. Sus coordenadas geográficas varían entre 733010 de latitud oeste, 9732429 de longitud norte, 751521 de latitud este y 9710321 de longitud sur. Esta parroquia se encuentra a unos 14 kilómetros al noreste del centro urbano del cantón Cañar y se caracteriza por su altimetría que oscila entre los 2,880 y los 4,440 metros sobre el nivel del mar, situándose en una zona de clima frío. Ingapirca tiene fronteras al norte con la Parroquia Juncal del Cantón Cañar y la Parroquia Achupallas del Cantón Alausí, ubicada en la Provincia de Chimborazo. Limita al sur con la Parroquia Honorato Vásquez del Cantón Cañar. Hacia el este, comparte límites con las Parroquias Rivera y Pindilig del Cantón Azogues. En el oeste, limita con la Parroquia Honorato Vásquez del Cantón Cañar, el Cantón El Tambo y la Parroquia Juncal del Cantón Cañar. Es relevante destacar que el 75,06% de la población económicamente activa se dedica a actividades en los sectores de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (GAD Parroquial Ingapirca, 2015).



Figura 4. Mapa de la Parroquia Ingapirca

2.6.2 Descripción de la Parroquia Honorato Vásquez

La Parroquia Honorato Vásquez está conformada por una Cabecera Parroquial con una superficie aproximada de 390,49 hectáreas, 13 comunidades que abarcan una extensión de 6203,01 hectáreas y un área comunal que se extiende a lo largo de 2.604,40 hectáreas. En total, la superficie territorial de esta parroquia es de 9.455,38 hectáreas. Es relevante destacar que el 59,31% de la población económicamente activa de la parroquia se involucra en labores agrícolas, ganaderas, forestales y pesqueras. Las fronteras de la parroquia Honorato Vásquez se describen a continuación: al norte, colinda con las parroquias de El Tambo, Ingapirca y Cañar; al sur, limita con las parroquias de Biblián en el Cantón Biblián y Guapán en Azogues. Hacia el este, limita con las parroquias de Ingapirca en Cañar, Pindilig y Taday en Azogues. Finalmente, en el oeste, sus límites son compartidos con las parroquias de Ingapirca en Cañar, Pindilig y Taday en Azogues (GAD Parroquial Honorato Vásquez, 2015).

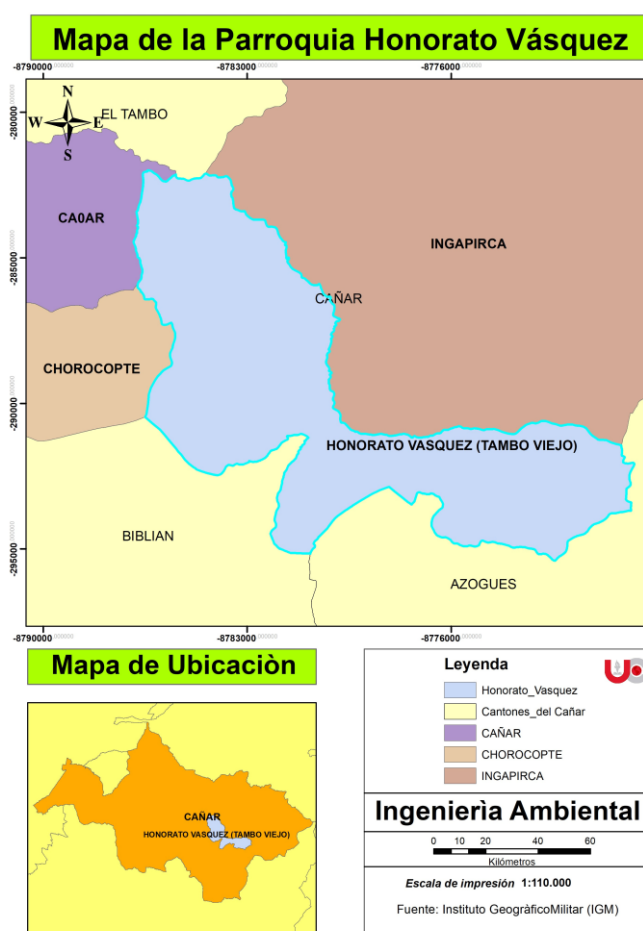


Figura 5. Mapa de la Parroquia Honorato Vásquez

2.7 Normativas ambientales aplicables

Normativa	Referencia Legal
	Título II - Capítulo Segundo

	Sección Primera: Agua y Alimentación - Art.- 12
	Sección Segunda: Ambiente Sano - Art.- 14
	Título II - Capítulo Séptimo: Derechos de la Naturaleza Art.- 71, 72 y 74
Constitución de la República del Ecuador Registro Oficial N.º 449 20 de octubre del 2008	Título VI - Capítulo Primero: Principios generales Art.- 276
	Título VI - Capítulo Tercero: Soberanía Alimentaria Art.- 281, 282 y 284
	Título VII - Capítulo Segundo Sección Primera: Naturaleza y Ambiente - Art.- 396 y 397 Sección Sexta: Agua - Art.- 411 – 412
	Libro VI - Anexo I: 5.1.2. criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces y en aguas marinas y de estuarios - Tabla 2 5.1.3. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego - Tabla 3 y 4
Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE	
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2226:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO.	
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS.	
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2176:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TECNICAS DE MUESTREO.	

2.8 Técnica de recolección de datos

2.8.1 Encuestas

La encuesta se configura como una técnica para recopilar datos, representando una modalidad específica y práctica dentro de un método de investigación. Se sitúa dentro de los diseños de investigación empírica no experimentales, característicos de la estrategia cuantitativa. Esto se debe

a que posibilita la estructuración y cuantificación de los datos recolectados, permitiendo la generalización de los resultados a toda la población objeto de estudio (Kuznik et al., 2010).

En la actualidad, se están utilizando encuestas en estudios que abordan diversas problemáticas dentro del contexto urbano. No obstante, su implementación en áreas rurales es limitada debido a diversos obstáculos durante la aplicación, como el idioma, el analfabetismo y la idiosincrasia, entre otros. En casos donde se enfrenta este tipo de limitaciones al llevar a cabo encuestas, existe la posibilidad de que la información se desvíe y distorsione, alejándose de la realidad. Estas restricciones contribuyen a la disparidad entre la realidad y los resultados obtenidos en una investigación específica (Montes, 2000).

2.8.2 Recolección de información secundaria

Consiste en la información previamente recopilada, incluyendo datos, hechos y cifras, para la investigación o proyecto personal de alguien, así como el estudio o informe creado a partir de esta recopilación. Otros investigadores pueden utilizar esta información para avanzar en sus propios proyectos, evitando así costos de tiempo y dinero. Las ventajas de emplear información secundaria incluyen la rapidez y menor costo en comparación con la recopilación de datos primarios. También supone un ahorro de esfuerzo para el investigador, ya que solo necesita adaptar la información secundaria existente a su estudio específico. Existe cierta información que solo está disponible como datos secundarios, siendo imposible para el investigador recopilar ciertos conjuntos de datos que ya existen (Urquiza, 2018).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Delimitación de la zona de estudio

Las subcuencas del río Silante y San Pedro conforman la cuenca del río Cañar, donde la subcuenca río Silante cuenta con una altura máxima de 4440 msnm y con una extensión territorial de 117,4 km² con un perímetro total de 50,97 km, mientras que la subcuenca del río San Pedro posee una altura máxima de 4240 msnm, con una extensión territorial de 238,98 km² y perímetro total de 89,06 km. Al pertenecer a la cuenca del río Cañar, sus aguas desembocan en el río naranjal, para luego dirigirse al océano pacífico, formando parte así de los veinte y cuatro sistemas hidrográficos que conforman esta vertiente.

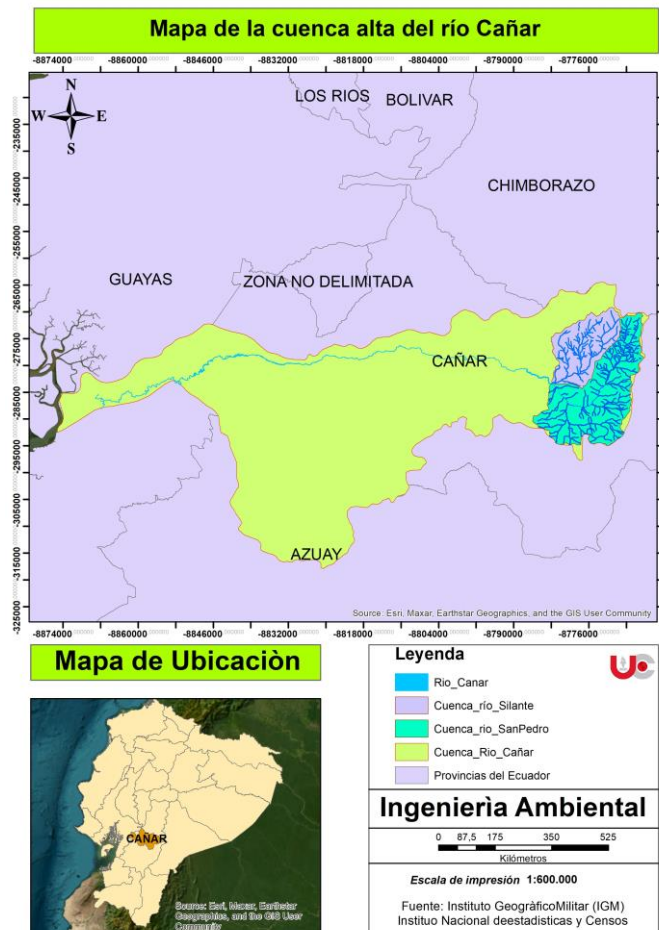


Figura 6. Mapa de ubicación de la cuenca alta del río Cañar

Los puntos de muestreo para establecer la calidad del agua fueron tomados en dos tributarios de la cuenca alta del río Cañar: río San Pedro y el río Silante que de igual forma pertenecen a la provincia del Cañar, además se analizaron dos puntos aguas abajo, una vez que ya se ha formado el río Cañar. Las alturas varían desde los 2780 metros de altitud hasta los 3130 metros de altitud.

El área de investigación está ubicada en las zonas rurales., es por ello que la actividad agropecuaria y ganadera predominan, siendo estos la principal forma de economía.

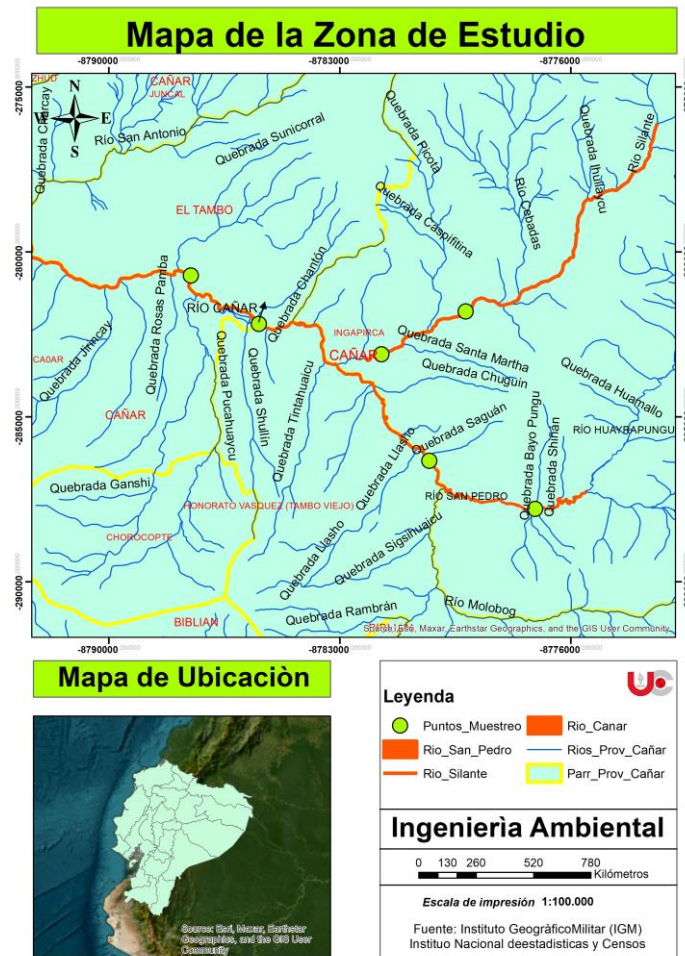


Figura 7. Mapa de ubicación de la zona de estudio

En la siguiente tabla se encuentran las coordenadas de los puntos de muestreo:

Tabla 2. Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo

Puntos	Coordenada UTM WGS 84-17S		Altura (m s.n.m)
	X	S	
Punto 1. Río Cañar (La Posta)	729148,20	9721127,60	2780
Punto 2. Río Cañar (Coyoctor)	731247,00	9719618,80	2840
Punto 3. Río Silante	734891,90	9718783,30	2970
Punto 4. Río Silante	737492,00	9721482,90	3130
Punto 5. Río San Pedro	736308,00	9715554,90	3010

Punto 6. Rio San Pedro	739590,19	9714136,10	3072
-------------------------------	-----------	------------	------

3.2 Metodología

3.2.1 Delimitación, codificación y ubicación del área de estudio

En este ítem se utilizó la cartografía base del Instituto Geográfico Militar (IGM) y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) para un posterior tratamiento con el ArcGIS 10.8.2 mediante el uso de sus herramientas, en especial "Watershade". De igual manera la ubicación geográfica fue realizada con el uso del IGM e INEC mediante el uso de ArcGIS 10.8.2.

3.2.2 Caracterización morfométrica de la microcuenca

Para el parámetro de forma se utilizó ArcGIS con la herramienta "Calculate Geometry". Se aplicaron dos ecuaciones para calcular el factor de forma (Ff) y compacidad (Kc).

A continuación, se describen las dos ecuaciones:

Ecuación 1. Índice de Horton

$$Ff = \frac{A}{La^2} \quad (1)$$

Ff= Factor de forma

A= área de la microcuenca

La= Longitud axial de la microcuenca

Tabla 3. Rangos aproximados del factor de forma de una cuenca hidrográfica

Rangos aproximados del factor de forma	
Factor de forma (Valores aproximados)	Factor de la microcuenca
< 0,22	Muy alargada
0,22 a 0,30	Alargada
0,30 a 0,37	Ligeramente alargada
0,37 a 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 a 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 a 0,80	Ensanchada
0,80 a 1,20	Muy ensanchada
> 1,2	Rodeando el desagüe

Fuente: (Córdova, 2016)

Ecuación 2. Coeficiente de Gravelius

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Kc= coeficiente de compacidad

P= área de la microcuenca

A= perímetro de la microcuenca

Tabla 4. Valores de Compacidad

Valores de Compacidad	
Rangos de Kc	Clases de Compacidad
1	Redonda
1,25	Oval Redonda
1,25 – 1,50	De oval redonda a oval alargada
1,50 – 1,75	De oval oblonga a alargada a alargada

Fuente: (Bravo, 2019)

3.2.3 Parámetros de relieve

Para el parámetro de relieve, se empleó el software de Arcarcgis 10.8.2, con el raster y el shape de la cuenca, mediante las herramientas de Surface (Slope), Funcional Surface (Interpolate Shape) y Zonal Statistics as Table se pudo encontrar las pendientes medias de la microcuenca del río Silante y San Pedro, para obtener un modelo digital de elevación y así clasificar para graficar mediante el software Excel. Una vez que se cuenta con la gráfica se compara con el criterio de Strahler (1952), donde la curva A, hace referencia a una cuenca con alto potencial erosivo; la curva intermedia B, es característica de una cuenca en equilibrio; y la curva inferior C, es de una cuenca sedimentaria.

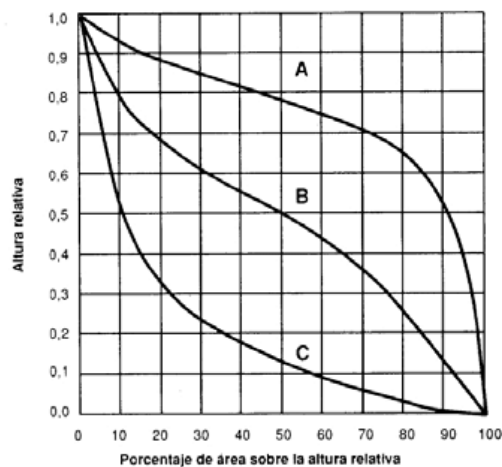


Figura 8. Curvas hipsométricas adimensional del ciclo de erosión (según Strahler)

Fuente: (Gaspari et al., 2013)

De manera similar, este modelo señala la etapa en la que se halla el río, siendo la curva A representativa de un río joven, la curva B de un río maduro y, finalmente, la curva C indica que el río está en su fase de vejez (Gaspari et al., 2013).

La altura media de la cuenca se calculó mediante el software ArcGis 10.8.2 y el Raster de la microcuenca la herramienta Reclassify con 6 intervalos, con la herramienta, Raster to polygon y Dissolve para agrupar todos los gridcodem aplicando un mapa de pendientes e interpolación para obtener el valor y compararlo con la clasificación de López Cadenas de Llano (1998) considerándose “muy plano a un relieve menor del 0,5 %; plano a 0,5 a 1 %, de 1 a 3 % suave; de 3 a 12 % presenta lomadas; 12 a 20 % relieve accidentado; 20 a 50% muy fuerte; escarpado cuando se distribuye entre 50 y 75 %, y mayor al 75 % se corresponde a un relieve muy escarpado” (Gaspari et al., 2013, p. 54).

3.2.4 Parámetros hídricos

En relación con los parámetros de la red hidrográfica, se empleó ArcGIS 10.8.2 junto con la herramienta hydrology. Con esta, generamos la acumulación, dirección de flujo y orden de la red hídrica de la microcuenca. Posteriormente, mediante la herramienta interpolate lineal, obtuvimos el perfil longitudinal del río principal, que muestra las altitudes desde el origen de la microcuenca hasta su desembocadura.

Para calcular la densidad de drenaje, aplicamos la ecuación de Horton, la cual se presenta a continuación:

Ecuación 3. Densidad de drenaje según Horton

$$Dd = \frac{Ln}{A} \quad (3)$$

Donde:

Dd= densidad de drenaje

Ln= área de la subcuenca

A= Longitud de todos los cursos de agua

La cual indica que se encuentra mayores escurrimientos, mientras más alta es la densidad

Tabla 5. Interpretación de densidad de drenaje

Valores	Interpretación	Interpretación Ambiental
< 1,5	Baja	Baja la esorrentía y aumenta la infiltración
1,5 – 2,5	Medio	Tendencia media de esorrentía
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendencia a fluir a las inundaciones

>3	Muy Alta	Alta tendencia a la escorrentía y a la erosión
----	----------	--

Fuente: (Cerignoni & Rodrigues, 2015)

Para calcular el tiempo de concentración en la red fluvial de la cuenca, se utiliza la ecuación que se muestra a continuación:

Ecuación 4. Tiempo de concentración

$$T_c = \frac{(4\sqrt{S} + 1,5L)}{(0,8\sqrt{H})} \quad (4)$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración en horas

S= Área de la cuenca (km²)

L=Longitud del cauce principal (km)

H= Elevación media de la cuenca

Una vez que se adquiere el parámetro, posibilita el cálculo del tiempo que requiere una gota de lluvia para llegar desde la región más distante de la cuenca hasta la sección de salida.

Tabla 6. Clases de tiempos de concentración

Rangos de Tc	Clases
40 <	Rápido
40-80	Moderada
> 80	Lento

Fuente: (Zhicay, 2020)

Para calcular la pendiente media del cauce, se determina a partir de la inclinación presente en la microcuenca en relación con su cauce principal y su longitud (Gaspari et al., 2013).

Ecuación 5. Pendiente media del cauce

$$P_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100 \quad (5)$$

Donde:

Hmax= Altura máxima

Hmin= Altura mínima

L= Longitud del cauce principal (m)

Tabla 7. Clases de pendiente del cauce

Rangos de Pendiente	Clases
< 10	Suave
10-30	Moderada
> 30	Fuerte

Fuente: (Zhicay, 2020)

3.3 Análisis Ambiental

3.3.1 Isoyetas

El mapa de precipitación se realizó con los datos mensuales que se encuentran en el anuario meteorológico de la página principal del (INAMHI, 2023), para luego procesar los datos utilizando el software Excel y cargar las estaciones meteorológicas que se encuentran cerca de la zona de estudio estudiado, una vez cargadas los puntos de las estaciones meteorológicas se utilizan las herramientas de reclassify, dissolve y kiging que se encuentra en interpolación.

3.3.2 Isotermas

Con la cartografía de isothermas que nos descargamos del (SNI, 2023), se procede a realizar el mapa de isothermas de la cuenca de los 2 dos afluentes de la cuenca alta del río Cañar.

3.3.3 Zonas climáticas

Se empleó el software ArcGIS 10.8.2 para crear el mapa de zonas climáticas, utilizando los mapas de isoyetas e isothermas. La identificación de diversas zonas climáticas se llevó a cabo siguiendo el criterio de clasificación propuesto por Pourrut (1987).

3.3.4 Geología

Para identificar las formaciones geológicas, tanto de la microcuenca del río Silante como del río San Pedro, se puede localizar el shape en la página de (SIGTIERRAS, 2023), que con la ayuda de ArcGis se puede realizar el mapa correspondiente a la zona de estudio.

3.3.5 Tipos de suelo

Los tipos de suelos en la zona de investigación fueron identificados mediante la utilización de la cobertura digital proporcionada por el proyecto de SIGTIERRAS (2023)

3.3.6 Pendientes del suelo

Para confeccionar el mapa de pendientes, se empleó el modelo digital de elevación y se categorizó según los parámetros establecidos por la FAO (2009)

Tabla 8. Criterio de clasificación de pendientes según la FAO

Rango (%)	Descripción
0 - 0,2	Plano
0,2 - 0,5	Nivel
0,5 – 1	Cercano al nivel
1 – 2	Muy ligeramente inclinado
2 – 5	Ligeramente inclinado
5 – 10	Inclinado
10 – 15	Fuertemente inclinado
15 – 30	Moderadamente escarpado
30 – 60	Escarpado
> 60	Muy escarpado

Fuente: FAO (2009)

3.3.7 Uso actual del suelo

Para el uso del suelo y cobertura vegetal se utilizó el archivo de metadatos de cobertura de la provincia del Cañar, generado por SIGTIERRAS en el año 2006 en formato shape, logrando así determinar los cultivos con mayor presencia en la zona de estudio, así como el área total que cubren cada uno de estos.

3.3.8 Uso Potencial del suelo

En cuanto al uso potencial del suelo, se utilizó la capa de capacidad de uso de suelo que se encuentra en el archivo del (SNI, 2023).

Según el estudio de SENPLADES (2012) las clases de suelo de este sistema se detallarán a continuación:

- Tierras adecuadas para cultivos y otros
- Clase I: Sin Limitaciones
- Clase II: Limitaciones muy ligeras
- Clase III: Limitaciones ligeras
- Clase IV: Limitaciones moderadas
- Clase V: Limitaciones fuertes muy fuertes
- Clase VI: Limitaciones muy fuertes – Tierras aptas para aprovechamiento forestal
- Clase VII: Limitaciones muy fuertes – Tierras de protección
- Clase VIII: Limitaciones severas – Tierras de conservación

3.3.9 Erosión del suelo

Para elaborar el mapa de erosión del suelo, se empleó el software ArcGIS 10.8.2 junto con shapes suministrados por el SENPLADES y el GAD Municipal. Esta metodología permitió la identificación de las áreas en riesgo de erosión en la zona de estudio.

3.3.10 Conflictos del uso de suelo

En relación con los conflictos en el uso del suelo, se utilizó la cartografía proporcionada por el SIN (2023) en formato shape, que representa los conflictos de uso del suelo a nivel de la región sierra. Con la ayuda del software ArcGIS 10.8.2, se elaboró el correspondiente mapa de la zona.

3.4 Fase de Campo

3.4.1 Recorrido de campo

Se realizaron recorridos en campo, con el objetivo de determinar a través de la observación directa la condición actual de la zona de investigación, para establecer así, los puntos idóneos para el muestreo. Además, se realizaron un total de 30 encuestas, 10 en río Silante, 10 en el río San Pedro y 10 aguas abajo, específicamente los sectores de Coyector y la Posta. Cabe mencionar que las encuestas se realizaron de manera presencial.

3.5 Recolección de muestras para establecer la calidad del agua

El programa de muestreo de calidad de agua del río Cañar se basa en las recomendaciones y pautas emitidas por las siguientes normas INEN: (Instituto Ecuatoriano De Normalización, 2013c, 2013a, 2013b)

Mediante esta norma se puede establecer guías donde se puede observar diferentes técnicas de muestreo para obtener datos que sirvan para los análisis de calidad del agua, para su caracterización. Existen varias recomendaciones de seguridad para evitar la inhalación de gases tóxicos e ingestión de materiales tóxicos por la boca o piel. Las recomendaciones son considerar las condiciones atmosféricas, dado el caso se debe asistir en conjunto con personal capacitado y si es posible desde puentes o vías de acceso en buenas condiciones. Además, en situaciones individuales de muestreo en ríos y vertientes, se recomienda que los puntos de muestreo tengan cambios marcados en la calidad del agua. Es importante tener la información, sobre el periodo de tiempo durante el cual la calidad del agua puede variar. Se debe considerar ciclos semanales (Instituto Ecuatoriano De Normalización, 2013c).

Esta norma es importante debido que establece diferentes técnicas y precauciones para conservar y transportar las muestras de agua, tomando en cuenta los análisis biológicos. Se recomienda tomar en cuenta que el método de almacenaje, debe ser compatible con las técnicas analíticas que serán usadas. Se sabe que es imposible dar reglas absolutas para la conservación, por lo que se deben considerar las distintas recomendaciones. Es importante tener en cuenta que el recipiente no contenga materiales pesados, contaminación por lixiviados orgánicos. Los frascos deben ser

resistentes a temperaturas, no ser frágiles, facilidad de sellado y apertura, potencia para reuso y limpieza (Instituto Ecuatoriano De Normalización, 2013a).

Es necesario llenar completamente los frascos y cerrarlos herméticamente para evitar la presencia de aire. Las muestras deben ser almacenadas a temperaturas más bajas que las registradas al momento de la recolección. Durante el transporte, los frascos deben estar protegidos de la luz y en un ambiente fresco. Todos los envases deben estar correctamente marcados, de manera que no haya confusiones. Para el DBO, Fosfatos, Nitratos, Sólidos Disueltos Totales y Turbiedad se deben mantener las muestras protegidas de la luz, y si se conserva a temperaturas entre 1°C a 5°C las muestras pueden durar 24 horas, mientras si se conserva a -20°C pueden durar un mes (Instituto Ecuatoriano De Normalización, 2013a).

Mediante esta norma, se establece guías para obtener los datos que necesitan, en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, contaminadas y residuales para su interpretación. La muestra representa la calidad del agua, solo en el lugar y tiempo donde haya sido tomada y se debe prevenir al máximo la contaminación de la muestra con agentes externos, incluyendo guantes y nuestros dedos (Instituto Ecuatoriano De Normalización, 2013b).

Los recipientes deben ser escogidos con cautela para evitar que afecten al tipo de contaminante que deseamos analizar. Dado que es crucial considerar los posibles efectos del aire u otros gases, ya que estos pueden alterar el parámetro que se analiza, se recomienda ingresar la botella al cuerpo de agua, retirar la tapa, esperar a que se llene y tapanla. Para el análisis microbiológico, se recomienda las botellas de vidrio (Instituto Ecuatoriano De Normalización, 2013b).

3.6 Cálculo del ICA

Se utiliza el índice desarrollado por la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos (ICA-NSF), dado su amplio uso en diversos estudios a nivel global.

Este modelo de NSF analiza nueve parámetros con el fin de evaluar el nivel de contaminación del recurso hídrico y proporcionar una evaluación práctica de la mejora o deterioro de la calidad del cuerpo de agua.

Ecuación 6. Determinación del índice ICA-NSF

$$ICA_a = \sum_{i=1}^n liWi \quad (6)$$

En donde:

ICAa: Índice de calidad aditivo

I: Cada uno de los parámetros de calidad elegidos

Li: Subíndice del parámetro i

Wi: Pesos relativos asignados a cada parámetro

Tabla 9. Factores de ponderación ICA-NSF

Parámetro	Wi
pH	0,12
Oxígeno disuelto %	0,17
Variación Temperatura	0,10
Sólidos disueltos totales	0,08
Turbiedad	0,08
Fosfatos	0,10
Nitratos	0,10
DBO5	0,10
Coliformes fecales	0,15

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

3.6.1 Temperatura

Para determinar la temperatura, se calcula la diferencia entre la temperatura de la muestra y la temperatura ambiental registrada. Si esta diferencia es mayor a 15°C, entonces el valor (Ii) es establecido como 5. En caso de que la diferencia sea menor a 15°C, se busca el valor correspondiente en la figura 9 a través de interpolación, y el resultado se multiplica por su peso (Wi) (Carrillo & Urgilés, 2016).

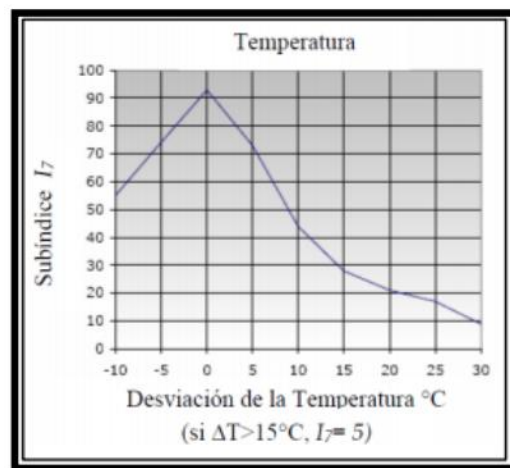


Figura 9. Estimación de la calidad de agua en función de la variación de la temperatura

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

3.6.2 Turbiedad

Si la turbidez es superior a 100 NTU, el subíndice (Ii) se establece en 5; de lo contrario, el valor se determina mediante interpolación en la figura 10 y luego se multiplica por su peso (Wi) (Carrillo & Urgilés, 2016).

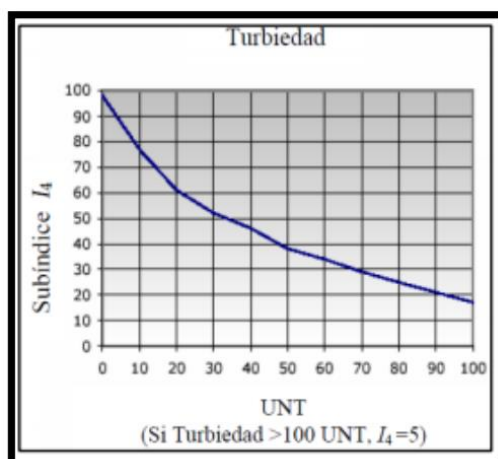


Figura 10. Estimación de la calidad de agua en función de la turbiedad

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

3.6.3 pH

Si el valor de pH es menor a 2 o mayor a 12, el subíndice correspondiente (I_i) se fija en 0; de lo contrario, el valor del subíndice (I_i) se determina a través de interpolación en la figura 11. Este resultado se multiplica posteriormente por su peso (W_i) (Carrillo & Urgilés, 2016).

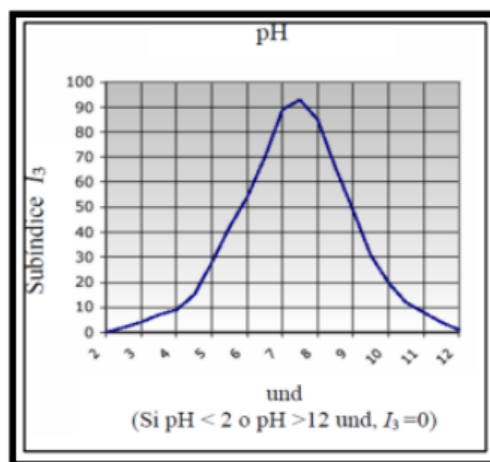


Figura 11. Estimación de la calidad del agua en función de su pH

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

3.6.4 Fosfatos

Si la concentración de fosfatos supera los 10 mg/l, el subíndice correspondiente (I_i) se fija en 2. En caso contrario, cuando el valor es menor a 10 mg/l, se determina mediante interpolación en la figura 12, y este valor obtenido se multiplica por su peso (W_i) (Carrillo & Urgilés, 2016).

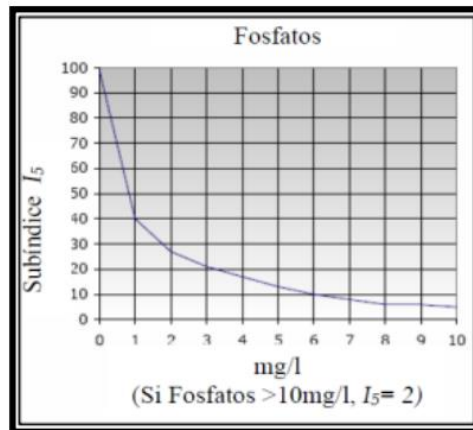


Figura 12. Estimación de la calidad de agua en función de los fوسفatos

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

3.6.5 Nitratos

En caso de que la concentración de nitratos, obtenida mediante análisis, exceda los 100 mg/l, el subíndice correspondiente (I₆) se establece en 1. De lo contrario, el valor se determina mediante interpolación en la figura 13, y el resultado obtenido se multiplica por su peso (W_i) (Carrillo & Urgilés, 2016).

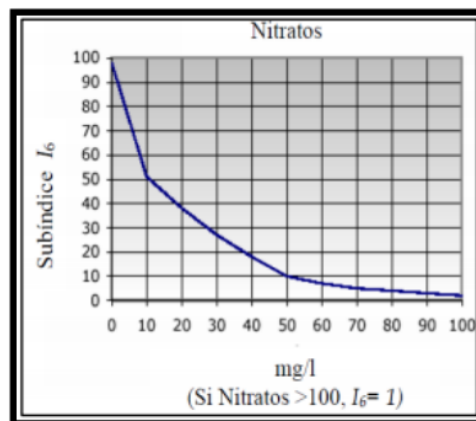


Figura 13. Estimación de la calidad de agua en función de los nitratos

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

3.6.6 Sólidos disueltos totales

En cuanto a los sólidos disueltos totales, si la concentración obtenida supera los 500 mg/l, el subíndice correspondiente (I₇) se establece en 20. Si el valor es inferior, se realiza una interpolación en la figura 14 para determinar su valor y luego se multiplica por su peso (W_i) (Carrillo & Urgilés, 2016).

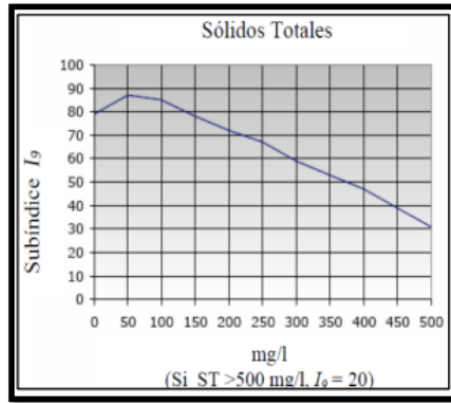


Figura 14. Estimación de la calidad de agua en función de los sólidos totales

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

3.6.7 Oxígeno disuelto

En relación al oxígeno disuelto, como paso inicial se determina su porcentaje de saturación, el cual está vinculado a la altitud y temperatura del lugar, y esta información se puede extraer de la tabla siguiente:

Tabla 10. Saturación del oxígeno en función de su altura y temperatura

Valores de oxígeno disuelto saturado en función de la altura y temperatura											
		Temperatura °C									
Altura (m)	6	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
1900	10,34	9,8	9,31	8,86	8,44	8,06	7,7	7,38	7,07	6,79	6,52
2000	10,21	9,68	9,2	8,75	8,34	7,96	7,61	7,28	6,98	6,70	6,44
2100	10,08	9,56	9,08	8,64	8,23	7,86	7,51	7,19	6,89	6,61	6,35
2200	9,95	9,44	8,97	8,53	8,13	7,76	7,41	7,10	6,80	6,53	6,27
2300	9,83	9,32	8,85	8,42	8,02	7,66	7,32	7,01	6,72	6,44	6,19
2400	9,70	9,20	8,74	8,32	7,92	7,56	7,23	6,92	6,63	6,36	6,11
2500	9,58	9,09	8,63	8,21	7,82	7,47	7,13	6,83	6,54	6,28	6,03
2600	9,46	8,97	8,52	8,11	7,72	7,37	7,04	6,74	6,46	6,20	5,95
2700	9,34	8,86	8,42	8,00	7,63	7,28	6,95	6,66	6,38	6,12	5,88
2800	9,23	8,75	8,31	7,90	7,53	7,18	6,87	6,57	6,30	6,04	5,80
2900	9,11	8,64	8,20	7,80	7,43	7,09	6,78	6,49	6,22	5,96	5,72
3000	9,00	8,53	8,10	7,71	7,34	7,00	6,69	6,4	6,14	5,89	5,65
3100	8,88	8,42	8,00	7,61	7,25	6,91	6,61	6,32	6,06	5,81	5,58
3200	8,76	8,31	7,90	7,51	7,16	6,82	6,53	6,24	5,98	5,73	5,51

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

Si el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en la muestra supera el 140%, el subíndice correspondiente (I₉) se establece en 50. En caso de que sea inferior al 140%, se determina mediante

interpolación en la figura 15, y el resultado final se obtiene multiplicándolo por su peso (W_i). (Carrillo & Urgilés, 2016).

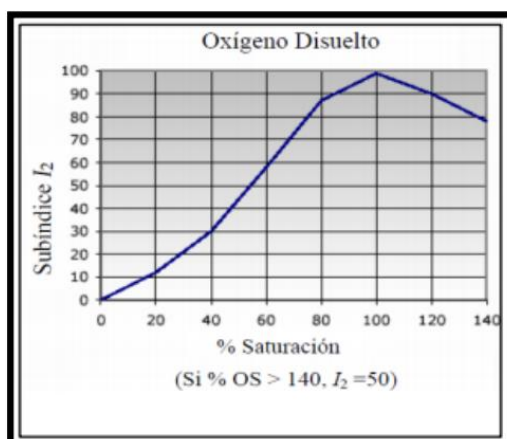


Figura 15. Estimación de la calidad de agua en función del % de saturación

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

Si la DBO5 es mayor a 30 mg/l, el subíndice correspondiente (I_1) se fija en 2. En caso de que sea menor a los 30 mg/l, se determina el subíndice (I_1) mediante interpolación en la figura 16. El valor obtenido se multiplica por su peso (W_i) para obtener el resultado final. Los parámetros y sus respectivos pesos son: pH (0,12), Oxígeno disuelto % (0,17), Variación de Temperatura (0,10), Sólidos disueltos totales (0,08), Turbiedad (0,08), Fosfatos (0,10), Nitratos (0,10), DBO5 (0,10), Coliformes fecales (0,15). (Carrillo & Urgilés, 2016).

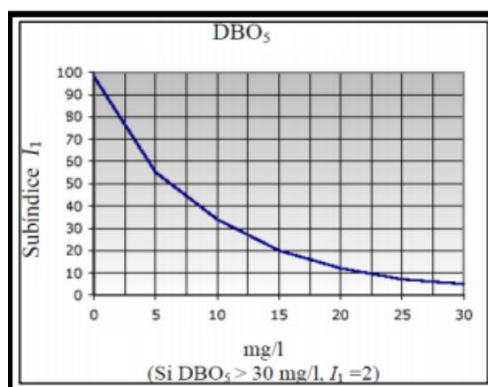


Figura 16. Valoración de la calidad de agua en función de la DBO⁵

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

3.6.8 Coliformes fecales

Si la concentración de coliformes fecales es superior a 10 NMP/100 ml, el subíndice correspondiente se establece en 2. En caso de que sea menor a 10 NMP/100 ml, se determina el subíndice mediante interpolación en la figura 17. El valor obtenido se multiplica por su peso (W_i) para obtener el resultado final (Carrillo & Urgilés, 2016).

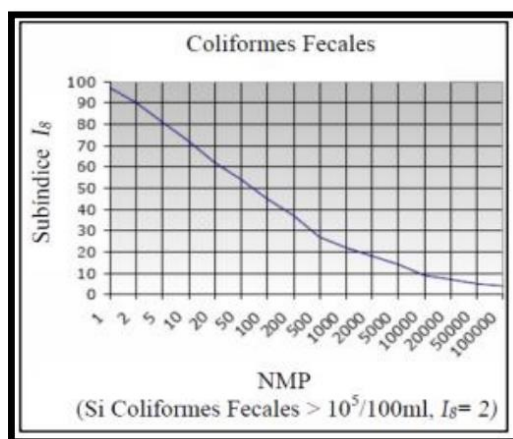


Figura 17. Estimación de la calidad de agua en función de los coliformes fecales

Fuente: (Carrillo & Urgilés, 2016)

Utilizando los resultados obtenidos de los parámetros específicos asignados a cada subíndice, se aplica la ecuación 5 para calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA) en cada punto de muestreo. La clasificación de la calidad del agua se determina según los rangos establecidos y este proceso se realiza utilizando la figura 18 que se presenta a continuación.

Valor de índice de calidad	Clasificación	Escala de color
91-100	Excelente calidad	
71-90	Buena calidad	
51-70	Mediana calidad	
26-50	Mala calidad	
0-25	Muy mala calidad	

Figura 18. Clasificación de la calidad de agua según Brown

Fuente: (Brown, 1970)

3.7 Técnicas de análisis de laboratorio

Las muestras fueron tomadas en 6 puntos durante tres fechas diferentes, que son cada 15 días, posterior a la toma de muestras fueron llevadas en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Unidad Académica de Ingeniería industria y Construcción que se encuentra en el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica de la Universidad Católica de Cuenca (CIITT).

Tabla 11. Metodologías y técnicas utilizadas por los laboratorios para el análisis

Metodología referencial CIITT, Universidad Católica de Cuenca		
Parámetro	Metodología	Técnica
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	CIITT-PE-A010 Estándar Methods, 5210 D	Respirometría
Coliformes Fecales	CIITT-PI-A015 Estándar Methods, Ed.23.2017.9223 B	Fermentación en tubos
Fosfatos	CIITT-PE-A019 Estándar Methods, 4500-P-E	Espectofotometría, UV-Vis
Sólidos Disueltos Totales	APHA 2540 C Standard methods, 2540-C	Gravimetría
pH		Electrometría in situ
Oxígeno Disuelto		Electrometría in situ
Temperatura		Electrometría in situ
Turbiedad	Standard Methods 2130	Nefelometría
Nitratos	Standard Methods 4500-NO3	Espectofotometría, UV-Vis

Fuente: (American Public Health Association et al., 2023)

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagnóstico de las microcuencas Silante y San Pedro

4.1.1 Ubicación geográfica respecto a la división político-administrativa

Las subcuencas de los ríos Silante y San Pedro se encuentran ocupando gran parte de los cantones Cañar y el Tambo, que pertenece a la provincia del Cañar, donde que la subcuenca del río Silante se encuentra ocupando las parroquias Ingapirca, Juncal y el Tambo, mientras que la subcuenca del río San Pedro, abarca en gran parte parroquia como Ingapirca y Cañar.

La subcuenca del río Silante limita al norte con el cantón Cañar y Alausí, al sur y este con el cantón Cañar y al oeste con el cantón El Tambo. La subcuenca del río San Pedro, limita al Norte con el cantón Alausí, al sur con el cantón Biblián, al este con el cantón Azogues y al Oeste con el cantón Cañar y El Tambo.

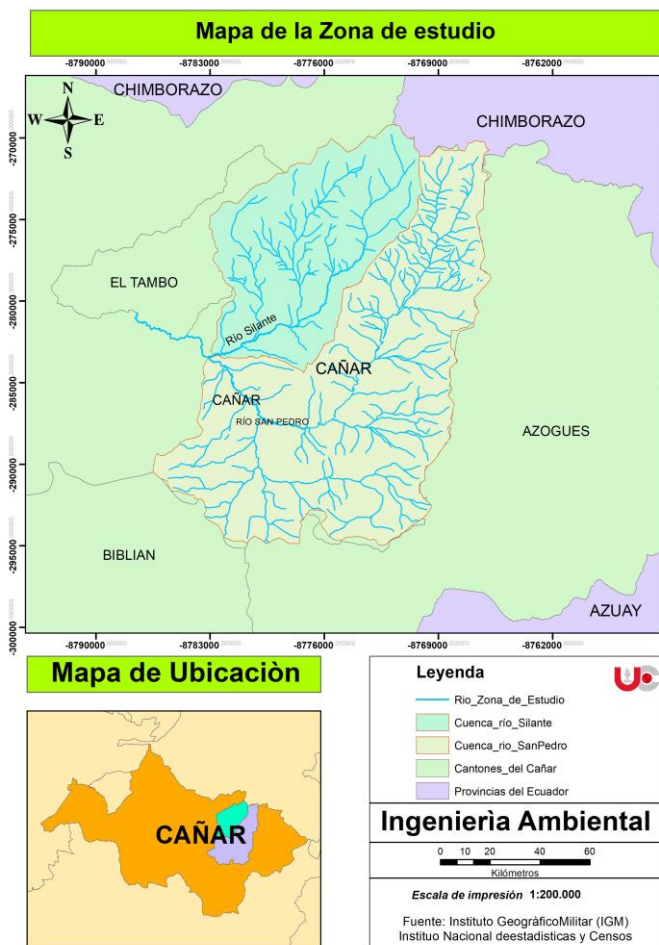


Figura 19. Mapa de ubicación político-administrativa de la microcuenca Silante y San Pedro

4.2 Caracterización morfométrica de la subcuenca del río Silante

4.2.1 Parámetros de forma

La microcuenca del río Silante cuenta con un área de 117 km^2 y un perímetro de 50,97 km, debido a factor de forma, se puede decir que la subcuenca es de forma ligeramente alargada donde se puede deducir que las crecidas se situarán en una categoría moderada, considerando su intensidad (Valero, 2022). El coeficiente de compacidad determina a la subcuenca como una forma de oval redonda a oval alargada, por lo que se podría decir de acuerdo a Villón (2002) que disminuyen las posibilidades de experimentar crecidas o la acumulación de grandes cantidades de agua.

Tabla 12. Valores de parámetros de forma de la cuenca del río Silante

Área	117,4
Perímetro	50,97
Longitud de la microcuenca	18,34
Coeficiente de compacidad (Gravelius)	1,33
Factor de forma (Horton)	0,35

La microcuenca del río San Pedro posee un área de $238,98 \text{ km}^2$ y un perímetro de 89.06 km, en base al factor de forma, la subcuenca es alargada y el coeficiente de compacidad determina a la subcuenca con una forma de oval oblonga a alargada a alargada, que según Verdugo (2017) tiene una forma alargada en relación con su anchura, lo que significa que fluye hacia una sola vertiente. Desde una perspectiva ambiental, cuando se enfrenta a fuertes lluvias, muestra una baja propensión a inundaciones. Por lo tanto, la microcuenca tiende a ser un área propicia para la conservación o protección medioambiental.

Tabla 13. Valores de parámetros de forma de la cuenca del río San Pedro

Área (km^2)	238,98
Perímetro (km)	89,06
Longitud de la microcuenca	28,96
Coeficiente de compacidad (Gravelius)	1,62
Factor de forma (Horton)	0,28

4.2.2 Relieve

La microcuenca del río Silante se encuentra situada entre los 2920 y 4440 m s.n.m, posee una pendiente media de 24,15%, considerada como un relieve muy fuerte, lo cual Zhicay (2020) considera favorable para la escorrentía superficial, debido a que las aguas de escorrentía, tienen un menor tiempo de concentración.

Tabla 14. Valores de parámetros de relieve de la cuenca del río Silante

Parámetro	Valor	Unidad
Pendiente media de la cuenca	24,15	%
Altura media de la cuenca	3713,02	m s.n.m

Una vez que los datos en Excel se encuentran procesados y luego de una comparación con el modelo propuesto Strahler, se establece que la microcuenca del río Silante representa a una fase de juventud, donde se puede decir según Llamas (1993) que predomina la generación de sedimentos y el origen de las vertientes, siendo rasgos distintivos de una microcuenca con un gran potencial erosivo.

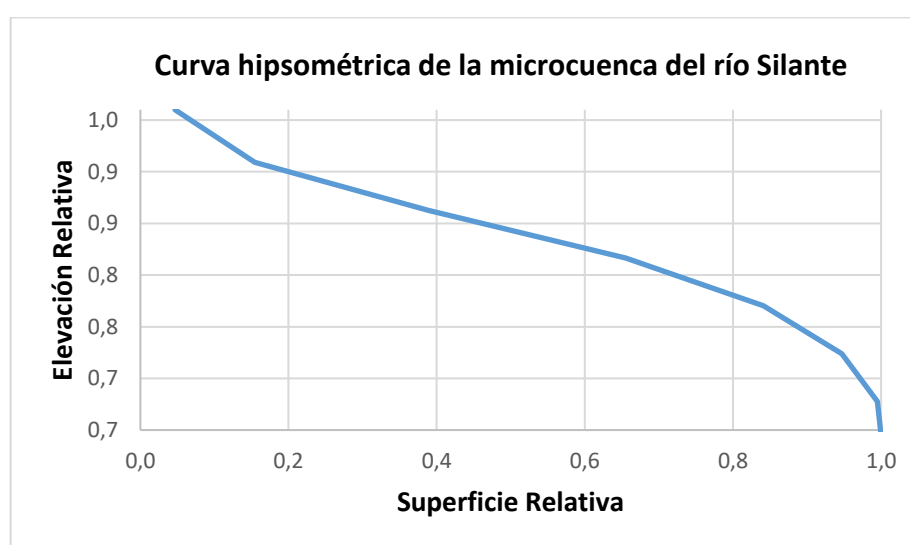


Figura 20. Curva hipsométrica de la cuenca del río Silante

La microcuenca del río San Pedro, se encuentra situada entre los 2920 y 4240 m s.n.m, posee una pendiente media de 28,75%, Zhicay (2020) considerada como un relieve muy fuerte al igual que la microcuenca del río Silante, por lo que favorece la escorrentía superficial.

Tabla 15. Valores de parámetros de relieve de la cuenca del río San Pedro

Parámetro	Valor	Unidad
Pendiente media de la cuenca	28,75	%
Altura media de la cuenca	3392,79	m s.n.m

Los hallazgos ponen en manifiesto que la microcuenca del río San Pedro, se encuentra en estado de equilibrio y representa a una fase de madurez son microcuencas que suelen considerarse con un potencial erosivo bajo, lo que implica que se trata de un entorno donde se da el transporte de sedimentos y agua, manifestando características propias de una cuenca en equilibrio. (Llamas, 1993).

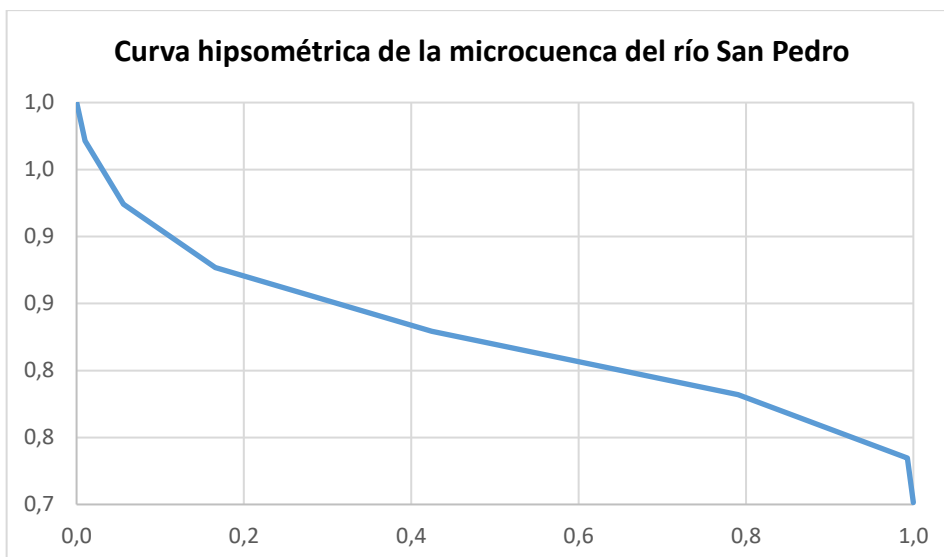


Figura 21. Curva hipsométrica de la cuenca del río San Pedro

4.2.3 Parámetros hidrológicos

La microcuenca del río Silante está compuesto por 15 corrientes de agua, con un cauce de orden 5, como se puede evidenciar en la figura 22. La densidad de drenaje tiene un valor de $0,46 \text{ km/km}^2$, indicando que cuando baja la escorrentía sube la infiltración, acotando a esto Vanegas (2016) señala que un área con un sistema de drenaje deficiente tiene escaso escurrimiento. La microcuenca posee un tiempo de concentración de 1,9 h, que se le conoce como lento, esto debido que está vinculado con la longitud del curso de agua y la pendiente de la cuenca, ya que a medida que la longitud del curso de agua sea mayor en comparación con la pendiente, el tiempo de concentración será mayor (Centeno, 2015). La pendiente media del cauce moderada de 12,51%, que según Juela (2011) indicar ser un cauce accidentado medio.

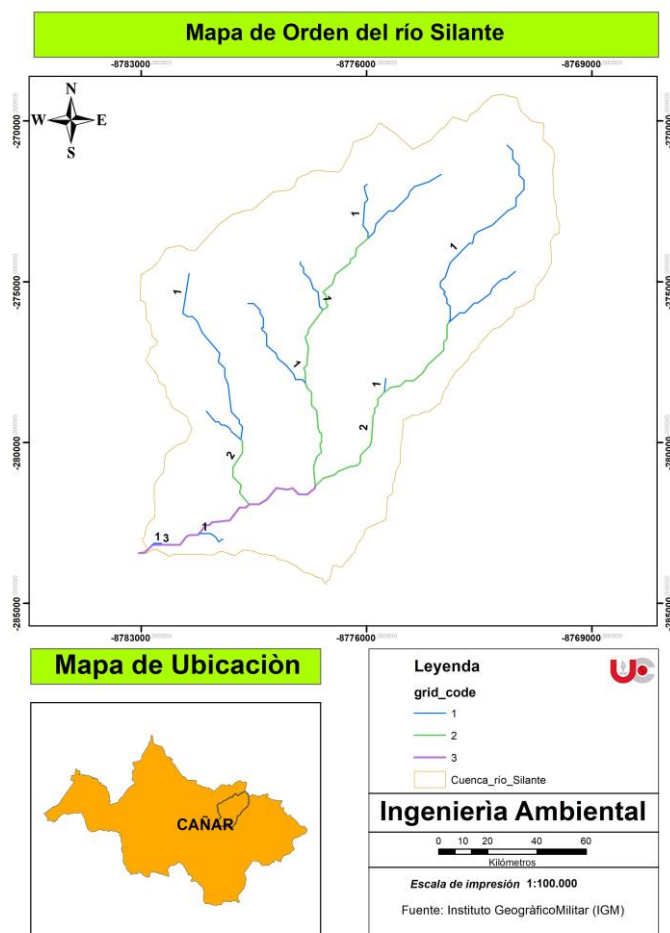


Figura 22. Mapa de orden de ríos de la microcuenca del río Silante

A continuación, en la tabla 16 se puede observar los parámetros de la red hidrográfica obtenidos en el programa ArcGIS 10.8.2

Tabla 16. Parámetros de la red hidrográfica del río Silante

Parámetro	Valor
Jerarquización fluvial	3
Tiempo de concentración	1,9 h
Densidad de drenaje	0,46 km/km ²
Pendiente media del cauce	12,51%

La microcuenca del río Silante está compuesto por 25 corrientes de agua, con un cauce de orden 4, como se puede evidenciar en la figura 23. La densidad de drenaje indica un valor de 0,42 km/km², donde Vanegas (2016) manifiesta que es frecuente observar niveles bajos de densidad de drenaje en áreas donde la resistencia a la erosión es elevada o en suelos altamente permeables que cuentan con una vegetación densa, además la microcuenca presenta su correspondiente tiempo de concentración de 2,8 h, siendo una microcuenca de flujo lento y propensa a inundaciones. La pendiente media del cauce es de 12,16%, siendo este un cauce accidentado (Juela, 2011).

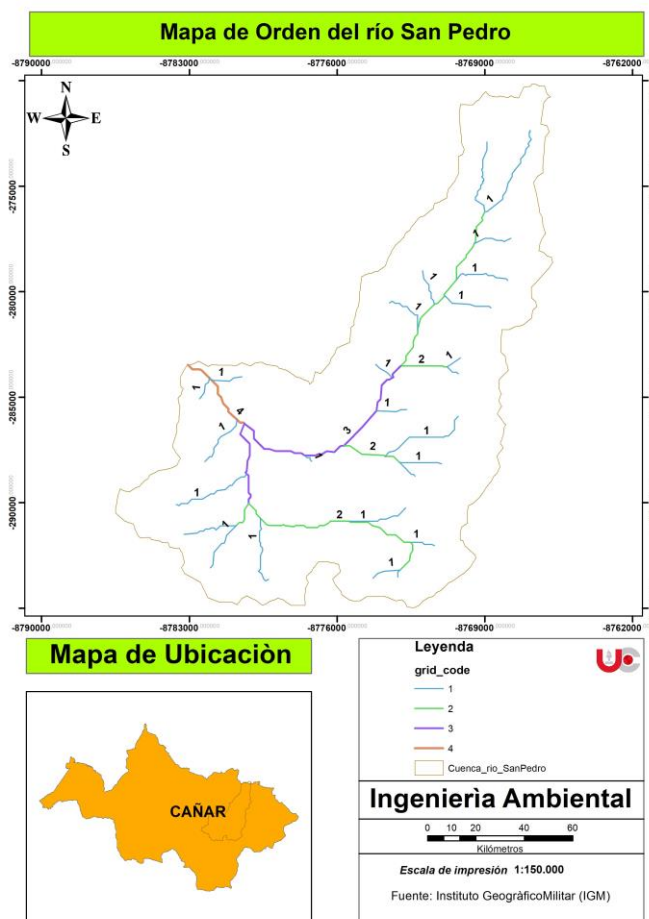


Figura 23. Mapa de orden de ríos de la microcuenca del río Silante

A continuación, en la tabla 17 se puede observar los parámetros de la red hidrográfica de la microcuenca del río Silante obtenidos en el programa Arcgis 10.8.2.

Tabla 17. Parámetros de la red hidrográfica del río San Pedro

Parámetro	Valor
Jerarquización fluvial	4
Tiempo de concentración	2,8 h
Densidad de drenaje	0,42 km/km ²
Pendiente media del cauce	12,16%

En el mapa de la figura 24, se puede analizar que la microcuenca posee un valor con una jerarquización fluvial de 4, mientras que del río Silante es de 3, además el río San Pedro, cuenca con un número mayor de corrientes de agua.

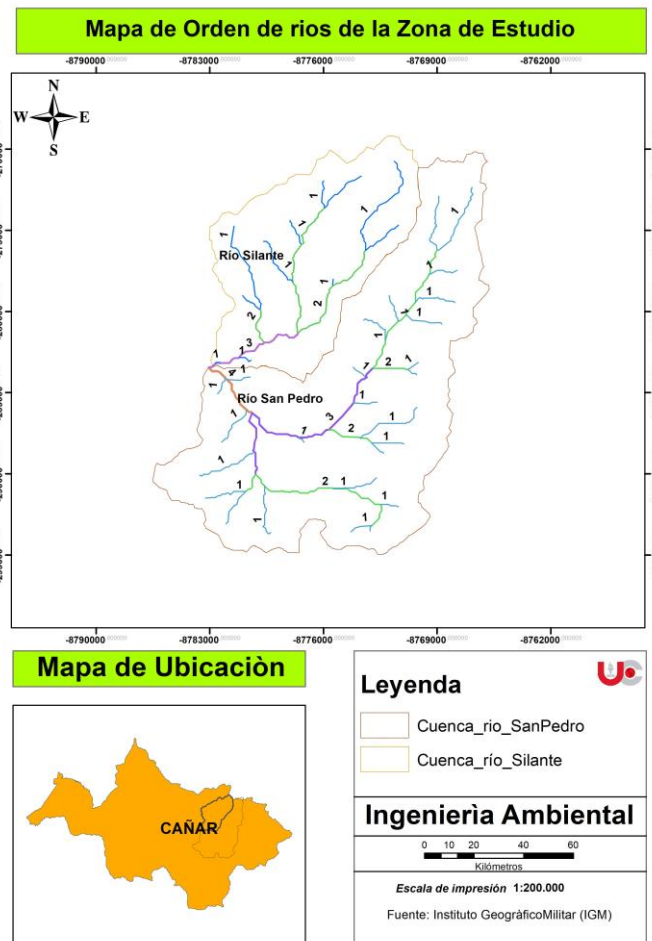


Figura 24. Mapa de orden de ríos de la microcuenca del río Silante y San Pedro

4.2.4 Mapa de isoyetas

La microcuenca del río Silante tiene una precipitación media anual de 645,83 mm, siendo este un valor alto, con lluvias excesivas, con un rango de precipitaciones que va de 457,27 mm como mínimo y 776,03 mm como máximo, en la figura 25 se puede observar los diferentes índices.

Para una mayor precisión se utiliza los anuarios meteorológicos con la mayor cantidad de estaciones que se encuentran cerca de la zona de estudio, en el caso de las microcuencas del río Silante y San Pedro, se utilizaron los datos de Cañar, Ingapirca, Compud y Suscalpamba.

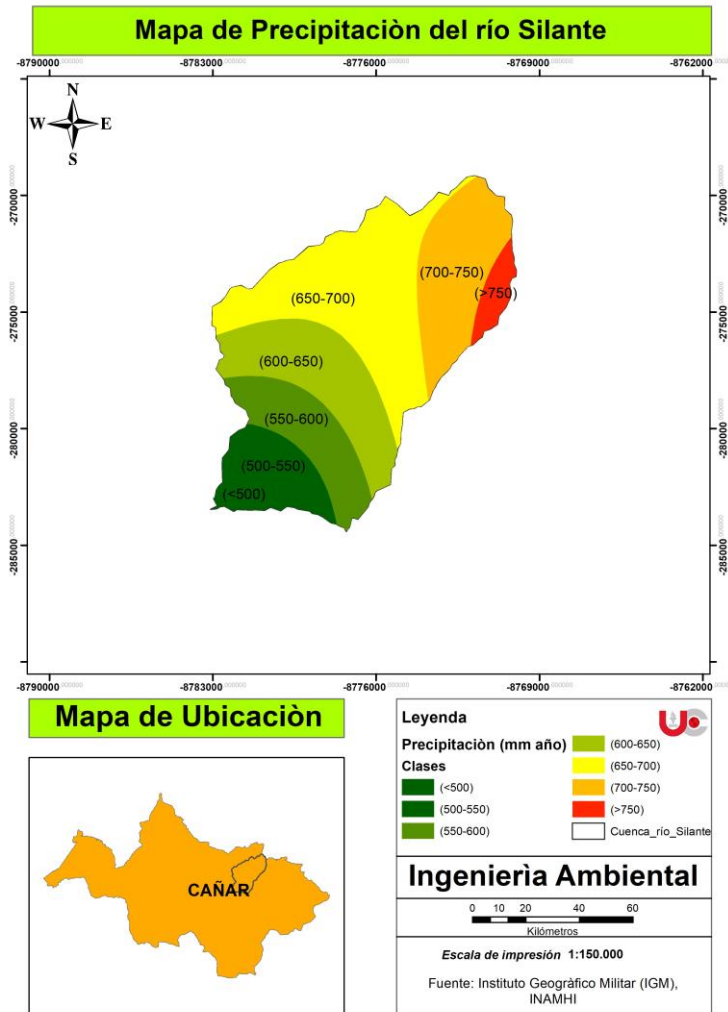


Figura 25. Mapa de precipitación de la microcuenca del río Silante

La microcuenca del río San Pedro tiene una precipitación media anual de 762,83 mm, con un rango de precipitaciones que va de 457,27 mm como mínimo y 950,12 mm como máximo, en la figura 26 se puede observar los diferentes índices,

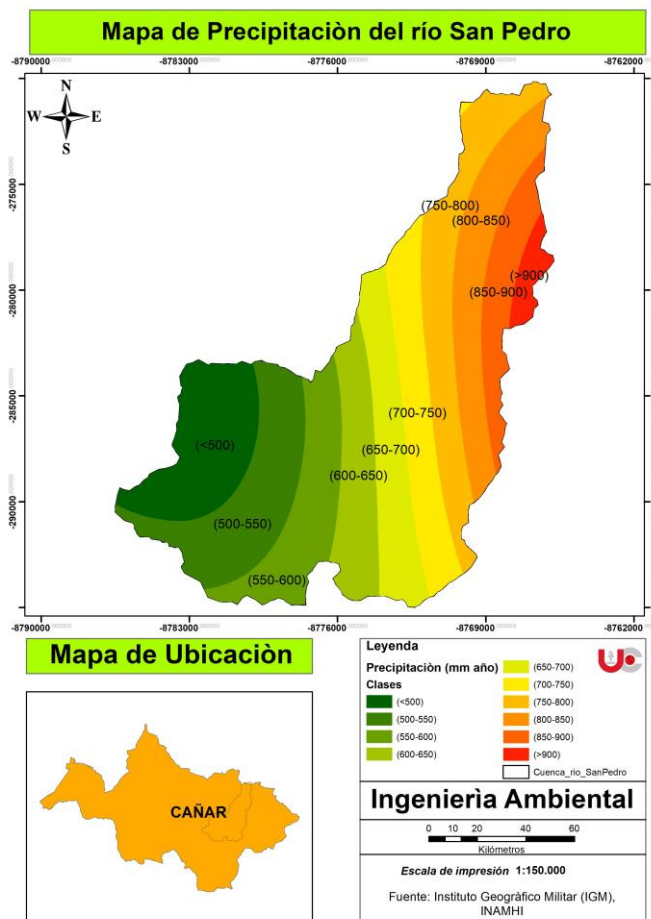


Figura 26. Mapa de precipitación de la microcuenca del río San Pedro

La microcuenca del río Silante y San Pedro presentan igual tendencia en cuanto a la parte más baja, esto nos quiere decir que es menor la precipitación y mientras alto es, sube la precipitación, pero la microcuenca del río San Pedro posee una precipitación más alta con 762 mm, en comparación con la del río Silante 645,83 mm, las precipitaciones coinciden con los datos que se presentan en el PDOT de los GAD's de Ingapirca y Honorato Vásquez (2015), donde se menciona que ambas microcuencas tienen un periodo seco entre los meses de julio y octubre.

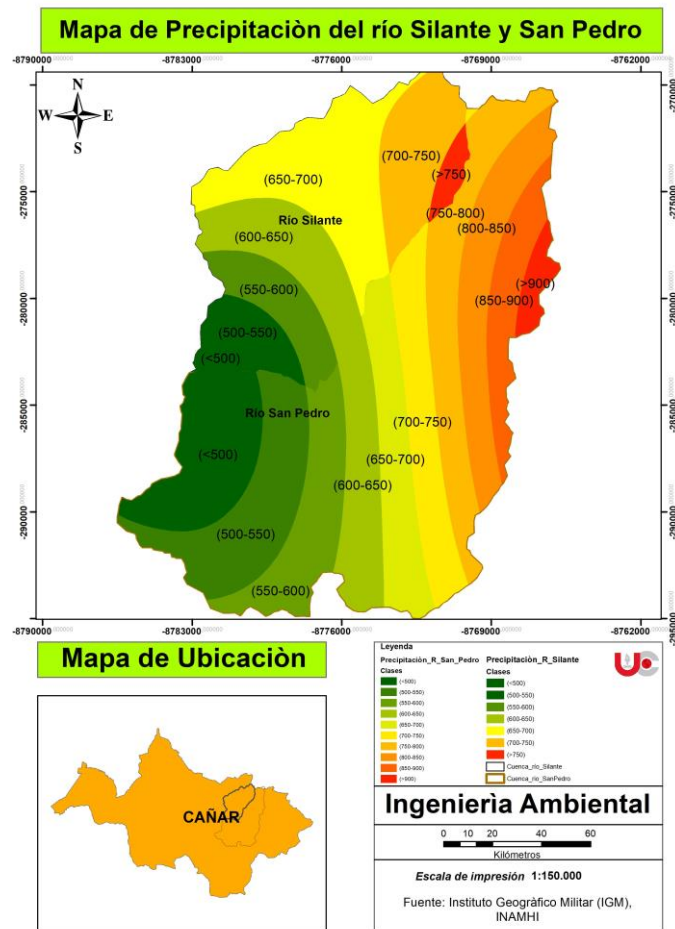


Figura 27. Mapa de la precipitación de la microcuenca del río Silante y San Pedro

4.2.5 Mapa de isotermas

De acuerdo con el mapa de isotermas de la microcuenca del río Silante, que claramente se puede observar en la figura 28, la zona con menor temperatura se encuentra en la parte alta de la microcuenca, con rangos que van desde los 4 a 6 °C, mientras que el lugar con mayor temperatura se puede observar en la parte inferior de la microcuenca, con un rango entre 10 a 12 °C, la temperatura que predomina dentro del territorio estudiado, tiene valores de 8 a 10 °C, demostrando que la zona estudiada por lo general en todo el año posee temperaturas frías.

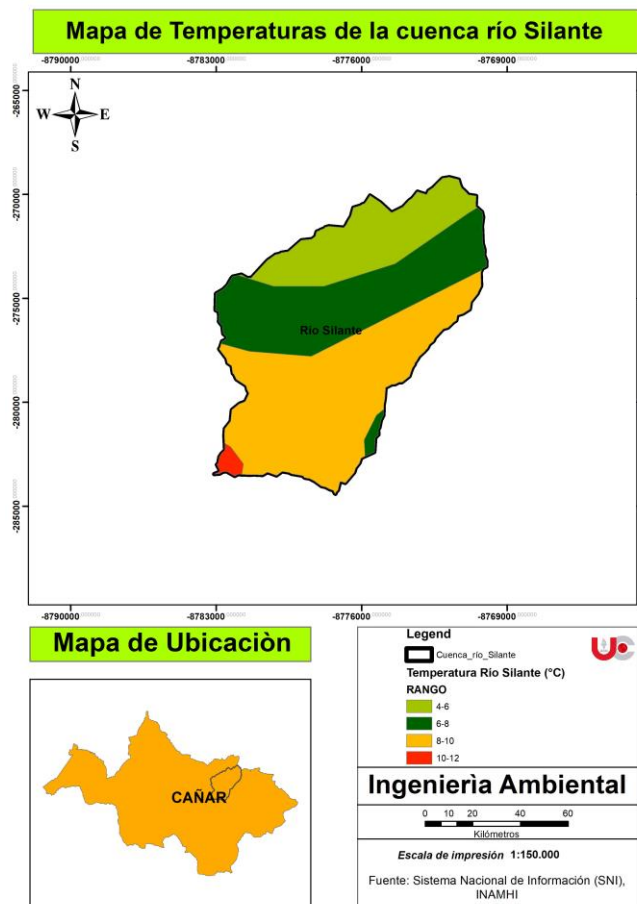


Figura 28. Mapa de temperatura de la microcuenca del río Silante

En gran parte del territorio de la microcuenca del río San Pedro, según se puede evidenciar en la figura 29, la temperatura que predomina va entre rangos de 8 a 10 °C, mientras que la temperatura más alta se encuentra en zona oeste de la microcuenca con rangos que van desde los 10 °C, hasta los 12 °C y la temperatura más baja podemos localizarla en la zona central, alta media de la microcuenca, con temperaturas entre los 6 a 8 °C.

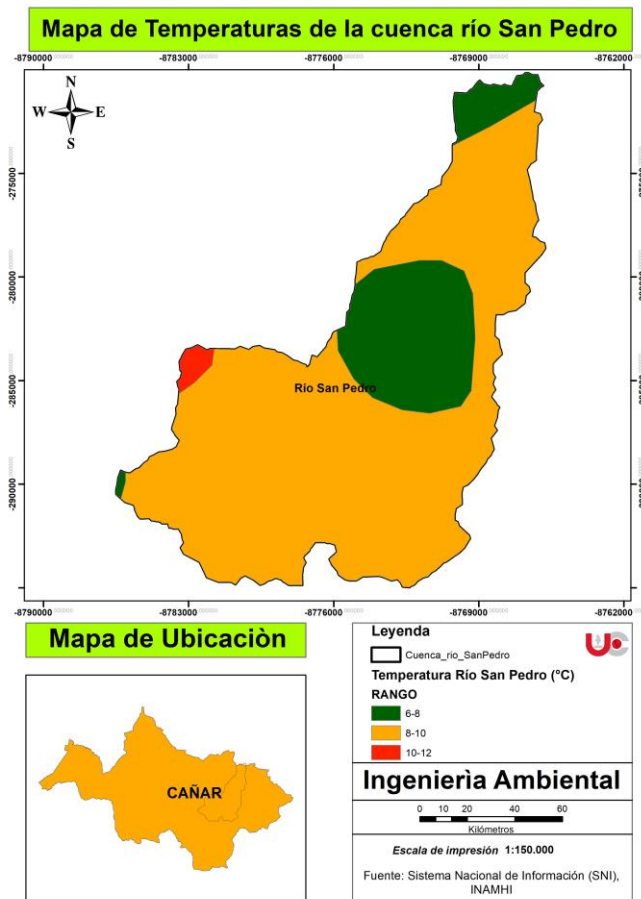


Figura 29. Mapa de temperaturas de la microcuenca del río San Pedro

En la zona de estudio, según la figura 30, las temperaturas que van entre los 4 y 12 °C, la temperatura más baja se puede localizarla en las zonas altas de la microcuenca del río Silante, por estar ubicada en una zona montañosa, en ambas microcuencas tanto en la del río Silante como en la del río San Pedro las temperaturas que predominan tienen un rango de 8 a 10 °C. Según Calle (2007) la zona de estudio se sitúa en lo que se conoce como “El corazón de los andes”, donde el clima es muy variable, por la mañana puede haber sol y por la tarde una lluvia intensa, menciona también que las temperaturas varían entre los 6 y 12 °C, lo cual genera un clima bastante frío, húmedo y saludable debido a su entorno y sistema ecológico, especialmente caracterizado por copiosas lluvias, especialmente en el mes de marzo.

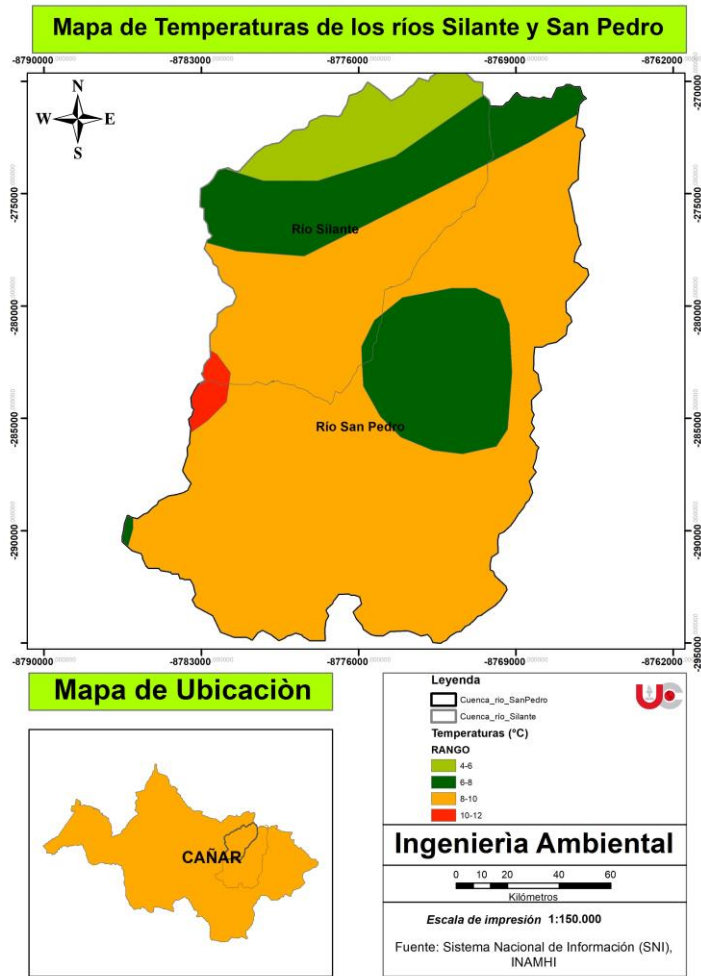


Figura 30. Mapa de temperaturas de las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro

4.2.6 Mapa de zonas climáticas

En la microcuenca del río Silante se pueden identificar a dos tipos de climas, siendo el más predominante el clima de tipo Ecuatorial de alta montaña, esto debido a que la microcuenca se encuentra en una zona montañosa, mientras que el clima se identifica en la zona más alta, donde se caracteriza por tener temperaturas frías y rígidas durante la mayoría del año.

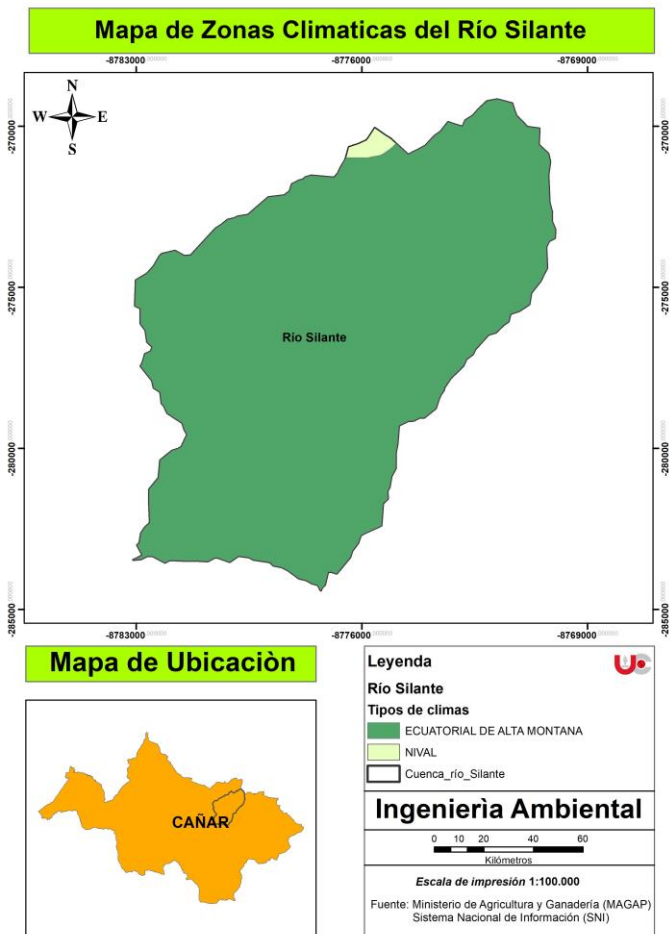


Figura 31. Mapa de las zonas climáticas de la microcuenca del río Silante

En la microcuenca del río San Pedro, como se puede evidenciar en la figura 32, se identifica un solo tipo de clima predominante en la zona de estudio que es el clima tipo Ecuatorial de Alta Montaña, debido a la altura de la microcuenca al encontrar en una zona con temperaturas altas y área montañosa.

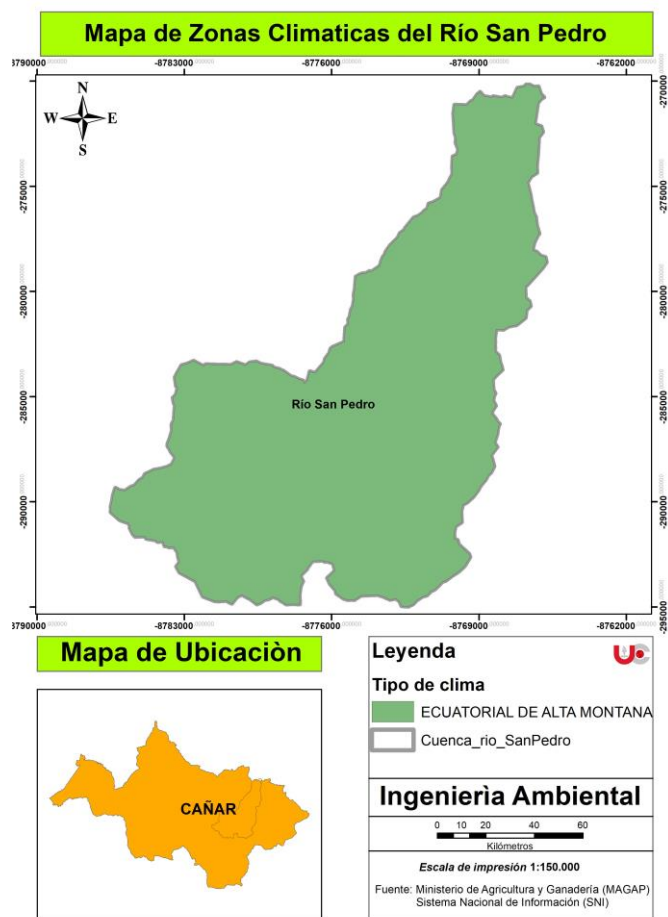


Figura 32. Mapa de zonas climáticas de microcuenca del río San Pedro

En la zona de estudio de la microcuenca del río Silante y San Pedro podemos evidenciar la existencia de solamente dos tipos de climas, tanto Ecuatorial de alta montaña, como nival, debido a que estas microcuencas se encuentran en una región montañosa, características de zonas frías. Ambas microcuencas cumplen con las condiciones que se presentan en el clima Ecuatorial de alta montaña que es estar situado a una altitud superior a los 3000 metros y su temperatura promedio debe estar condicionada por la altitud, oscilando alrededor de los 8°C (Lazo, 2016).

García (2014) menciona que la parroquia Ingapirca donde se encuentra la microcuenca del río Silante y gran parte de la microcuenca del río San Pedro, posee un clima Ecuatorial de alta montaña encontrarse la parroquia entre los 2977 y 4460 m.s.n.m.

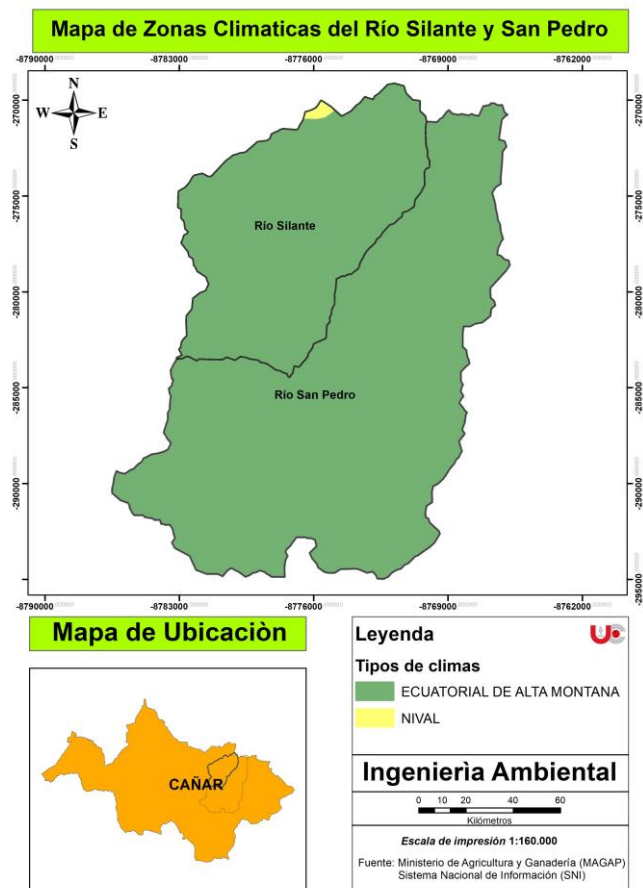


Figura 33. Mapas de las zonas climáticas de las microcuencas del río Silante y San Pedro

4.2.7 Mapa de geología

Tanto para las microcuencas del río Silante como del río San Pedro las formaciones que más territorio abarcan son de la era Mesozoica y Cenozoica (periodos Terciario, Cuaternario). Las formaciones geológicas que más abarcan el territorio de la microcuenca del río Silante es la formación Tarqui, con un 32,05% del territorio estudiado, seguido por la formación Ingapirca que abarca el 21,52% del espacio analizado y los depósitos glaciares que 16,05% de la microcuenca, las demás formaciones abarcan poco territorio. Según el GAD Parroquial de Ingapirca (2023b) en las comunidades Sisid y Silante Alto que son comunidades aledañas a la microcuenca del río Silante, coincide que la formación que predomina es la de Tarqui acompañada de la formación Ingapirca, que tiene gran presencia sobre en la comunidad de Silante Alto.

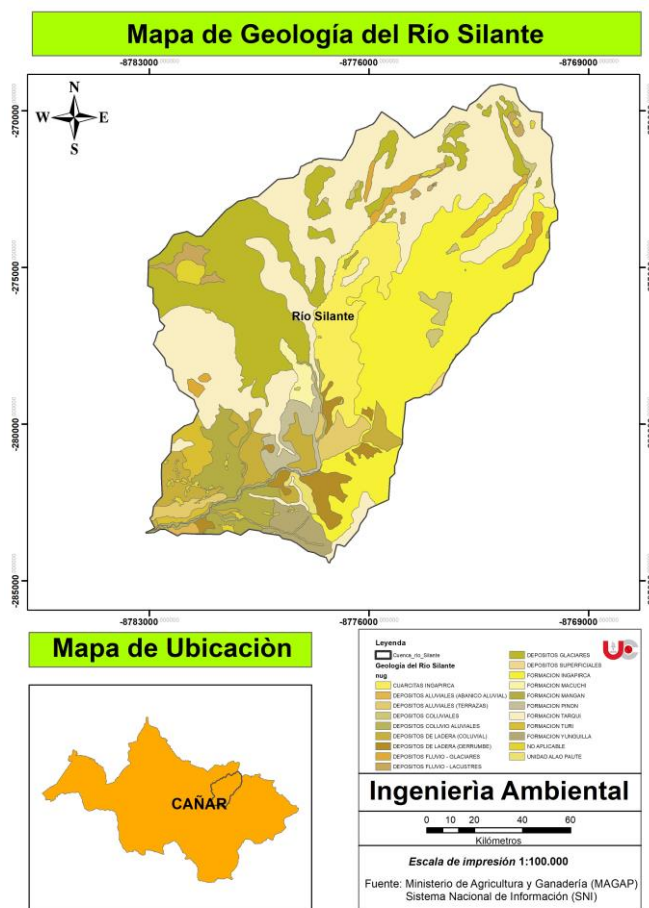


Figura 34. Mapa de geología de la microcuenca del río Silante

A continuación, según la tabla 18 y en base al procedimiento realizado que se detalla en el capítulo anterior, los resultados en cuanto en área y porcentaje de las formaciones geológicas presentes en la microcuenca del río Silante,

Tabla 18. Formaciones geológicas % de áreas de la microcuenca del río Silante

Formación	Área (km ²)	Porcentaje
CUARCITAS INGAPIRCA	7,66	6,60%
DEPOSITOS ALUVIALES (ABANICO ALUVIAL)	0,21	0,18%
DEPOSITOS ALUVIALES (TERRAZAS)	2,24	1,93%
DEPOSITOS COLUVIALES	1,20	1,04%
DEPOSITOS COLUVIO ALUVIALES	1,09	0,94%
DEPOSITOS DE LADERA (COLUVIAL)	5,18	4,47%
DEPOSITOS DE LADERA (DERRUMBE)	2,70	2,33%
DEPOSITOS FLUVIO – GLACIARES	2,06	1,78%
DEPOSITOS FLUVIO – LACUSTRES	1,21	1,04%
DEPOSITOS GLACIARES	18,62	16,05%
DEPOSITOS SUPERFICIALES	0,10	0,09%
FORMACION INGAPIRCA	24,98	21,52%
FORMACION MACUCHI	0,97	0,84%

FORMACION MANGAN	4,49	3,87%
FORMACION PINON	2,23	1,92%
FORMACION TARQUI	37,20	32,05%
FORMACION TURI	1,65	1,42%
FORMACION YUNGUILLA	1,81	1,56%
UNIDAD ALAO PAUTE	0,44	0,38%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

Para la microcuenca del río San Pedro se puede observar en la figura 35, que existen dos formaciones geológicas que abarcan la mayoría de su territorio total, siendo estas, la formación Yunguilla con un porcentaje del 48,11% y la formación Tarqui con el 13,90% de la microcuenca. El Gad Parroquial de Ingapirca (2023b) indica que las formación Yunguilla ocupa la mayoría del territorio de las comunidades Vendeleche, Huayrapungo Mazanqui, Amanta Bayopungo, Rumiloma y LLactahuayco, que son aledañas al río San Pedro y a pesar de mostrar una marcada fracturación, no han experimentado deslizamientos en la zona.

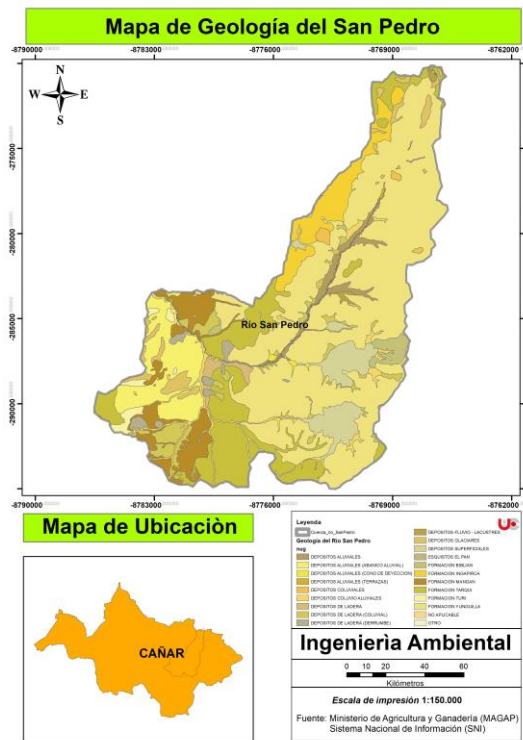


Figura 35. Mapa de geología de las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro

De igual manera, se puede observar en la tabla 19, los resultados de la microcuenca del río San Pedro, las formaciones geológicas en cuanto en área y porcentaje.

Tabla 19. Formaciones geológicas % de áreas de la microcuenca del río San Pedro

Formación	Área (km²)	Porcentaje
DEPOSITOS ALUVIALES	4,83	2,03%
DEPOSITOS ALUVIALES (ABANICO ALUVIAL)	16,58	6,96%
DEPOSITOS ALUVIALES (CONO DE DEYECCION)	0,53	0,22%
DEPOSITOS ALUVIALES (TERRAZAS)	0,16	0,07%
DEPOSITOS COLUVIALES	1,14	0,48%
DEPOSITOS COLUVIO ALUVIALES	5,30	2,23%
DEPOSITOS DE LADERA	1,77	0,74%
DEPOSITOS DE LADERA (COLUVIAL)	8,75	3,67%
DEPOSITOS DE LADERA (DERRUMBE)	2,34	0,98%
DEPOSITOS FLUVIO – LACUSTRES	0,67	0,28%
DEPOSITOS GLACIARES	5,05	2,12%
DEPOSITOS SUPERFICIALES	11,83	4,97%
ESQUISTOS EL PAN	0,06	0,03%
FORMACION BIBLIAN	3,14	1,32%
FORMACION INGAPIRCA	12,64	5,31%
FORMACION MANGAN	13,62	5,72%
FORMACION TARQUI	33,12	13,90%
FORMACION TURI	2,12	0,89%
FORMACION YUNGUILLA	114,61	48,11%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

4.2.8 Mapa de tipos de suelos

Dentro de la microcuenca del río Silante se puede encontrar 6 tipos de suelos, siendo los andisoles los que abarcan mayor parte del territorio, con un porcentaje del 77,95%, y un área de 90,46 km², seguido de los molisoles, con un porcentaje de 14,03% y un área de 16,28 km², mientras que el tipo de suelo que es más escaso en el territorio es el de entisoles, con un porcentaje de 0,25% y un área de 0,29%. Delgado & Zarate (2002) mencionan que en su mayoría, los suelos presentes en los páramos de las provincias de Azuay y Cañar son del tipo andisoles, los cuales se forman a partir de cenizas volcánicas, tanto antiguas como recientes, y se encuentran a altitudes superiores a los 3000 m.s.n.m.

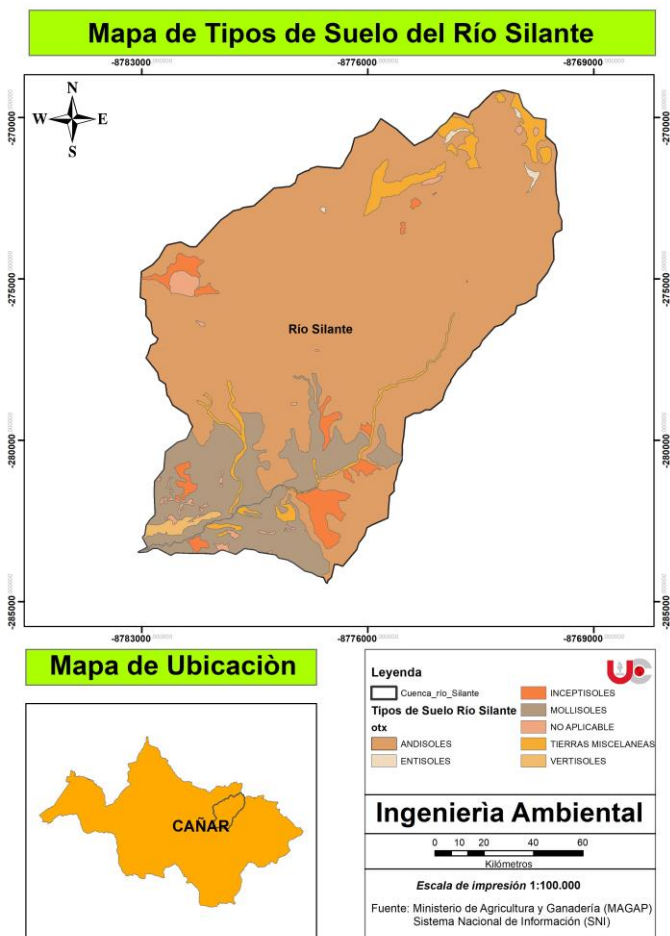


Figura 36. Mapa de tipos de suelo de la microcuenca del río Silante

Tabla 20. Tipos de suelo de la cuenca del río Silante

Tipo de Suelo	Área (km ²)	Porcentaje
ANDISOLES	90,46	77,95%
ENTISOLES	0,29	0,25%
INCEPTISOLES	3,67	3,16%
MOLLISOLES	16,28	14,03%
TIERRAS MISCELÁNEAS	4,68	4,04%
VERTISOLES	0,68	0,58%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

En la microcuenca del río Silante, existen 6 tipos de suelos, el andisol es predominante dentro del área de estudio, con un porcentaje del 62,49% y un área de 148,91 km², el tipo de suelo que, de igual manera, abarca gran parte es el molisol, con 22,71% del área total de la microcuenca con 54,13 km², al igual que microcuenca del río Silante, el entisol, es el más escaso en el territorio, con un porcentaje del 0,03% y un área de 0,08 km². Una característica destacada de andisol es la tonalidad oscura y la abundancia de materia orgánica en el horizonte superior, que excede los 20 cm de espesor. La cantidad considerable de materia orgánica se atribuye al clima frío y húmedo de

los páramos, lo que disminuye la actividad biológica y, como resultado, la mineralización de la materia orgánica. Esta situación ha posibilitado la acumulación significativa de esta sustancia dentro de la microcuenca del río San Pedro (Delgado & Zarate, 2002).

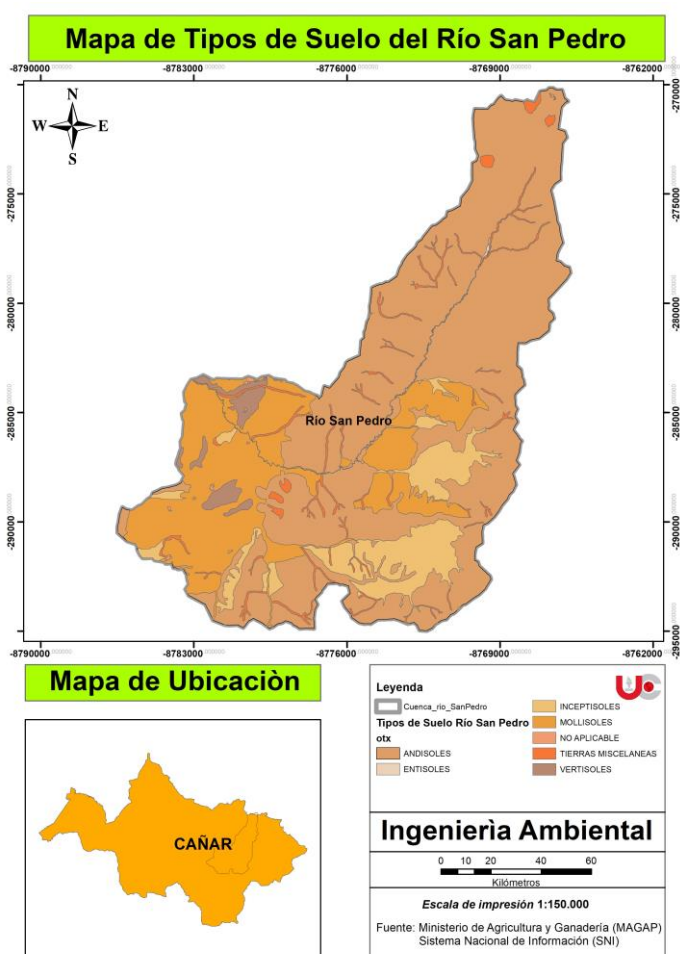


Figura 37. Mapa de tipos de suelo de la microcuenca del río San Pedro

Tabla 21. Tipos de suelo de la cuenca del río San Pedro

Tipo de suelo	Área (km ²)	Porcentaje
ANDISOLES	148,91	62,49%
ENTISOLES	0,08	0,03%
INCEPTISOLES	23,44	9,84%
MOLLISOLES	54,13	22,71%
TIERRAS MISCELANEAS	7,33	3,07%
VERTISOLES	4,43	1,86%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

4.2.9 Mapa de pendientes

En cuanto a la microcuenca del río San Pedro, al analizar los datos obtenidos en base a la clasificación que utiliza Semplades, se puede observar que, en gran parte del territorio estudiado, predomina las pendientes de media, con el 37,31%, acompañado de una pendiente media fuerte,

que abarca el 27,73% de la microcuenca. El porcentaje de pendientes que se encuentra con una pendiente plana y muy suave, es alrededor del 9%, siendo estas perfectas para cualquier actividad, tanto agrícola como ganadera, en cambio las pendientes fuertes, muy fuertes y escarpado, ocupan aproximadamente el 15% del territorio, afectando a las diversas actividades que pueden desarrollarse en la zona.

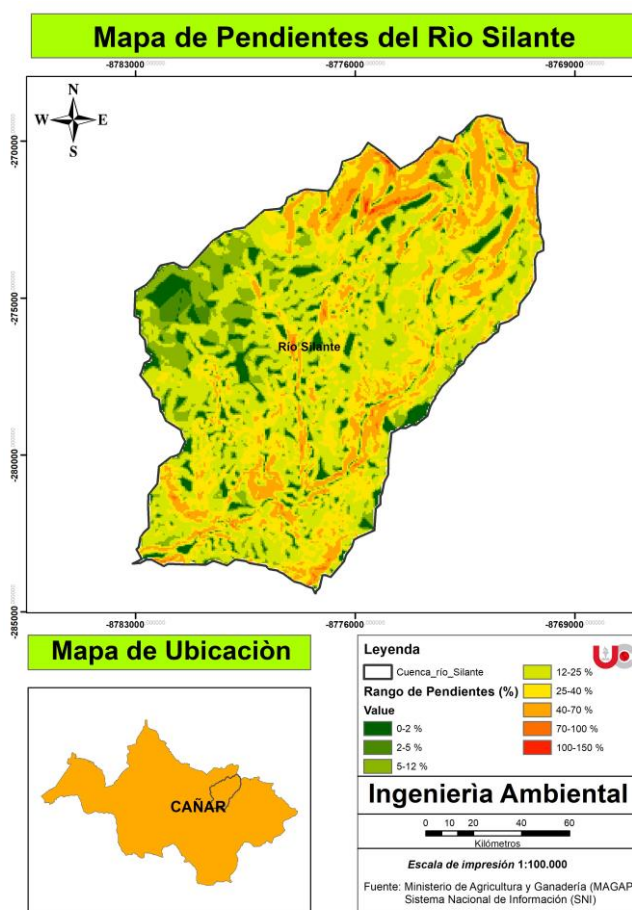


Figura 38. Mapa de pendientes de la microcuenca del río Silante

Tabla 22. Pendientes de la cuenca del río Silante

Rango %	Descripción	Área (km ²)	Porcentaje %
0-2 %	Plana	6,52	5,66%
2-5 %	Muy suave	3,86	3,36%
5-12 %	Suave	13,32	11,57%
12-25 %	Media	42,94	37,31%
25-40 %	Media fuerte	31,91	27,73%
40-70 %	Fuerte	15,64	13,60%
70-100 %	Muy fuerte	0,84	0,73%
100-150 %	Escarpado	0,04	0,04%

Fuente: (FAO, 2009)

Para la microcuenca del río San Pedro, existen tres tipos de pendientes que predominan en la zona, siendo estas la pendiente media fuerte, con un 29,52%, seguido de la pendiente fuerte, con un valor de 25,53% y la pendiente media con un porcentaje del 24,63%. Las pendientes planas y muy suaves, que son ideales para diferentes actividades tanto agrícolas como ganaderas, abarcan aproximadamente el 12% del territorio total de la microcuenca, por otro lado, la pendiente muy fuerte y escarpado cuenta con porcentaje del 1,22%, limitando así varias actividades.

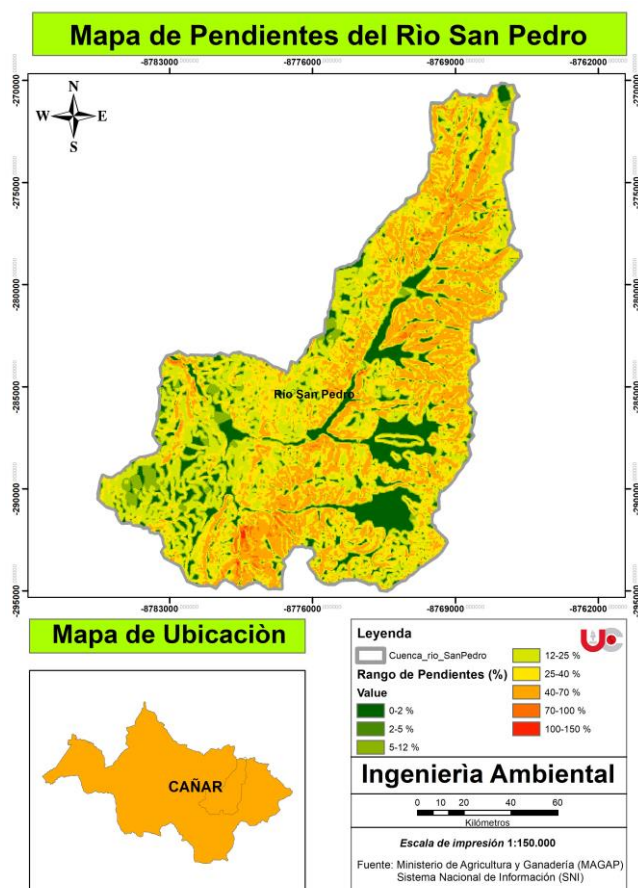


Figura 39. Mapa de pendientes de la microcuenca del río San Pedro

Tabla 23. Pendientes de la cuenca del río Silante

Rango %	Descripción	Área (km ²)	Porcentaje %
0-2 %	Plana	22,12	9,42%
2-5 %	Muy suave	5,76	2,45%
5-12 %	Suave	16,97	7,23%
12-25 %	Media	57,84	24,63%
25-40 %	Media fuerte	69,34	29,52%
40-70 %	Fuerte	59,95	25,53%
70-100 %	Muy fuerte	2,76	1,17%
100-150 %	Escarpado	0,11	0,05%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

La zona de estudio, tanto de la microcuenca de río Silante, como del río San Pedro, cuentan con pendientes muy fuertes, siendo estas limitantes para varias actividades en el sector, como lo es una de ellas la agricultura. En ambas microcuencas, la mayor parte de su territorio está ocupada por pendientes entre media, media fuerte y fuerte, donde SENPLADES (2012) describe que las pendiente media posee relieves medianamente ondulados y se encuentran fuertes limitaciones para actividades agropecuarias, debido a la vulnerabilidad de los efectos de la erosión hídrica y eólica, mientras que las pendientes media fuerte son relieves que van desde mediana fuertemente colindados con severas limitaciones para la actividad agropecuaria y las pendientes fuertes son relieves fuertemente disectados y no son aptos para actividades agropecuarias.

Las áreas con pendientes pronunciadas son susceptibles a la inestabilidad del suelo, y este fenómeno es más notorio en las proximidades de la red hidrográfica, donde las pendientes son aún más acentuadas. En consecuencia, estos suelos contribuyen significativamente a la generación y transporte de sedimentos (Rodríguez & Gordón, 2015).

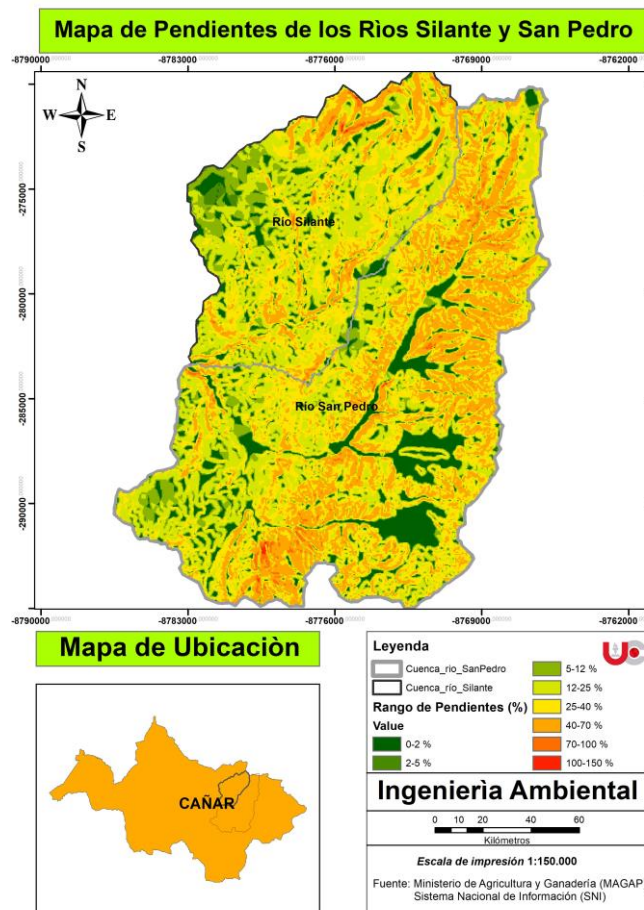


Figura 40. Mapa de pendientes de las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro

4.2.10 Mapa de Cobertura vegetal

Para la cuenca del río Silante, como se puede observar en la tabla 24, gran parte de la cobertura vegetal es de tipo páramo, ocupando un total del 54,82% de la microcuenca, seguido por el pastizal con 27%, esto debido a que la zona de estudio se encuentra a una gran altura con relación al mar.

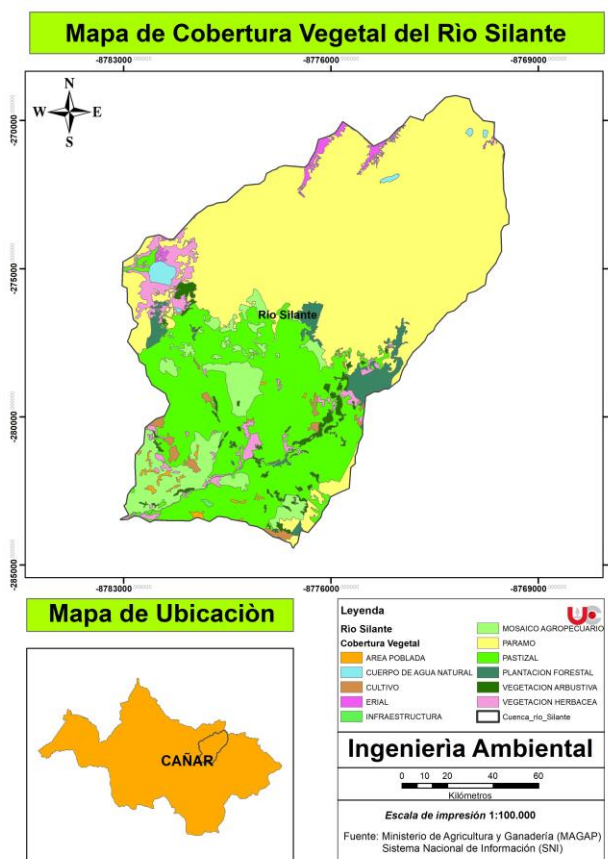


Figura 41. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Silante

Tabla 24. Cobertura vegetal del río Silante

Cobertura Vegetal	Área (km ²)	Porcentaje %
ÁREA POBLADA	0,46	0,39%
CUERPO DE AGUA NATURAL	0,83	0,71%
CULTIVO	1,02	0,87%
ERIAL	1,00	0,85%
INFRAESTRUCTURA	0,05	0,04%
MOSAICO AGROPECUARIO	8,99	7,66%
PÁRAMO	64,37	54,82%
PASTIZAL	31,70	27,00%
PLANTACIÓN FORESTAL	3,02	2,58%
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	2,08	1,77%
VEGETACIÓN HERBACEA	3,88	3,30%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

La cuenca del río San Pedro, está cubierta en su mayoría por pastizal, ocupando el 47,15% del área de estudio, mientras que el páramo cubre el 28,78% del territorio de la microcuenca, por otro lado, la vegetación arbustiva está presente con el 7,87% y la vegetación herbácea con el 6,99% del espacio estudiado.

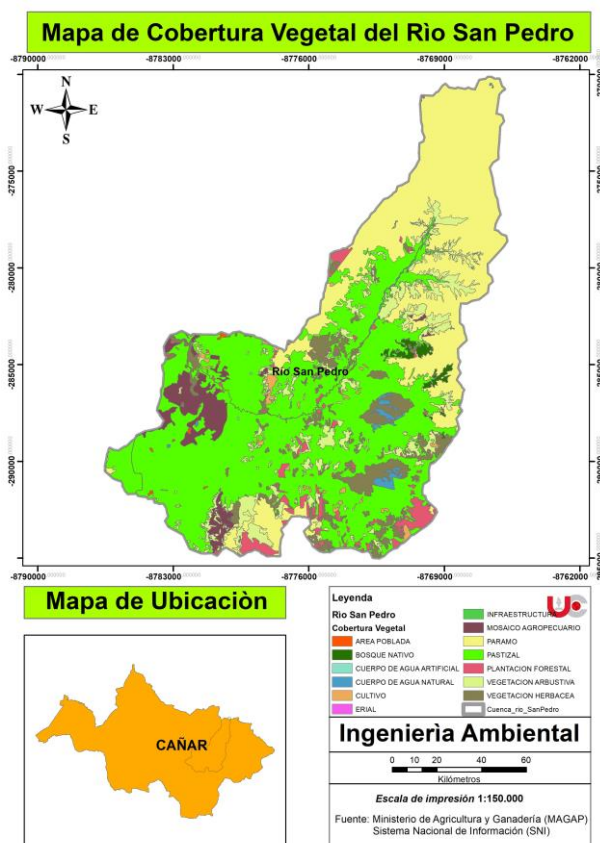


Figura 42. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río San Pedro

Tabla 25. Cobertura Vegetal del río San Pedro

Cobertura Vegetal	Área (km ²)	Porcentaje %
ÁREA POBLADA	0,28	0,12%
BOSQUE NATIVO	1,87	0,78%
CUERPO DE AGUA ARTIFICIAL	0,02	0,01%
CUERPO DE AGUA NATURAL	1,96	0,82%
CULTIVO	1,87	0,78%
ERIAL	0,02	0,01%
INFRAESTRUCTURA	0,06	0,03%
MOSAICO AGROPECUARIO	9,26	3,88%
PÁRAMO	68,77	28,78%
PASTIZAL	112,67	47,15%
PLANTACIÓN FORESTAL	6,69	2,80%
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	18,81	7,87%
VEGETACIÓN HERBACEA	16,70	6,99%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

En la microcuenca del río Silante, predomina el páramo, seguido por el pastizal, mientras en la microcuenca del río San Pedro, el pastizal ocupa más territorio que el páramo, pero este resultado, evidencias condiciones similares entre las dos microcuencas.

La cobertura vegetal en la parte alta de la cuenca del río Cañar incluye desde páramos con pajonales hasta cultivos de ciclo corto con pastos cultivados, pastos plantados, vegetación arbustiva intervenida y, en menor medida, pastos naturales. La gestión de estos recursos naturales es deficiente, evidenciándose una degradación gradual de los páramos, que tienden a ser reemplazados por cultivos de tubérculos andinos y pastos mejorados. Esto se agrava con prácticas como el sobrepastoreo y las quemas. Es importante señalar que los páramos desempeñan un papel crucial al proveer agua para el consumo de la población en las cuencas inferiores, principalmente para riego y uso en las comunidades de los cantones El Tambo y Cañar (Figueroa & Pichizaca, 2003).

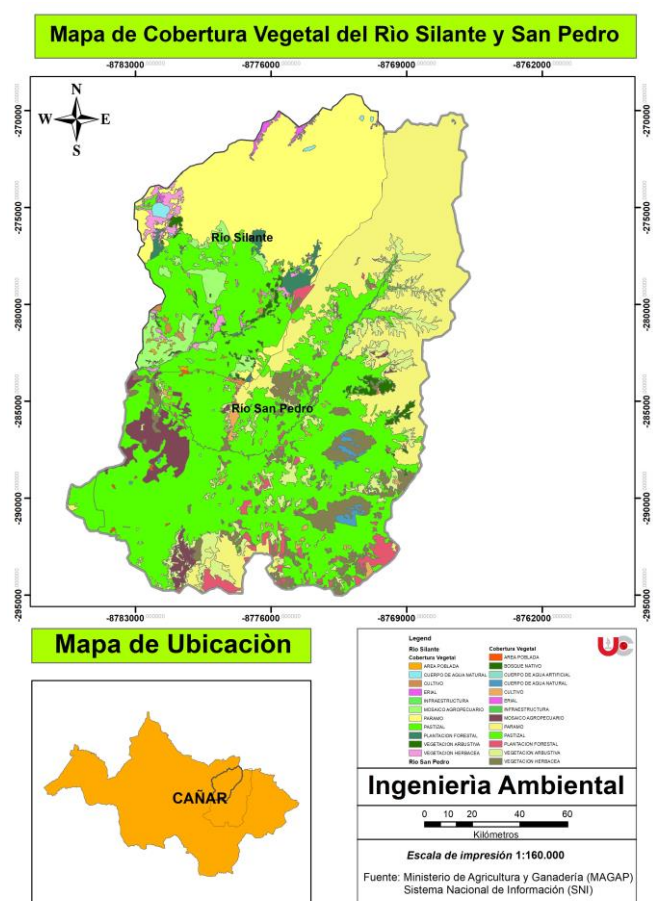


Figura 43. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Silante y San Pedro

4.2.11 Mapa de tipo de uso de suelo

Los valores predominantes y los que más territorio de suelo ocupan la microcuenca del río Silante, son el tipo de uso de suelo páramo herbáceo poco alterado con el 53,27 % del territorio de la microcuenca, de igual manera el pasto cultivado tiene una presencia abrumadora con el 27% de la región de análisis. El páramo alberga tanto ganado como cultivos, sin embargo, se presenta una

diversidad de especies de plantas. Las especies endémicas, en su mayoría, se encuentran en áreas poco intervenidas o con escasa influencia del ganado. Por lo general, se localizan en proximidad a zonas rocosas y en áreas de páramo con pajonal, especialmente donde hay una cobertura significativa de paja y arbustos y donde no se ha llevado a cabo la quema (Moscoso, 2021).

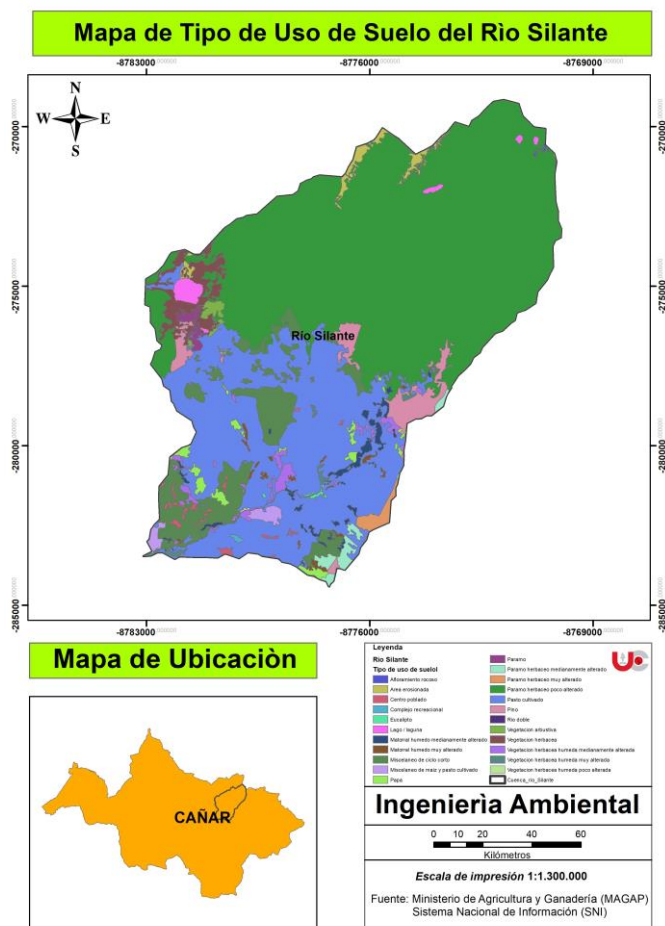


Figura 44. Mapa de tipo de usos de suelo de la microcuenca río Silante

Tabla 26. Tipos de uso de suelo de la cuenca del río Silante

Tipo de uso de suelo	Área (km ²)	Porcentaje %
Afloramiento rocoso	0,04	0,04%
Área erosionada	0,96	0,82%
Centro poblado	0,46	0,39%
Complejo recreacional	0,05	0,04%
Eucalipto	0,09	0,08%
Lago / laguna	0,75	0,64%
Matorral húmedo medianamente alterado	1,20	1,02%
Matorral húmedo muy alterado	0,44	0,38%
Misceláneo de ciclo corto	8,34	7,10%
Misceláneo de maíz y pasto cultivado	0,66	0,56%
Papa	1,02	0,87%

Páramo	0,43	0,37%
Páramo herbáceo medianamente alterado	0,84	0,72%
Páramo herbáceo muy alterado	0,55	0,47%
Páramo herbáceo poco alterado	62,54	53,27%
Pasto cultivado	31,70	27,00%
Pino	2,93	2,50%
Río doble	0,08	0,06%
Vegetación arbustiva	0,44	0,37%
Vegetación herbácea	2,32	1,97%
Vegetación herbácea húmeda medianamente alterada	1,21	1,03%
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	0,33	0,28%
Vegetación herbácea húmeda poco alterada	0,02	0,02%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

En la microcuenca del río San Pedro y a diferencia de la microcuenca del río Silante, el tipo de uso predominante es el de pasto cultivado, con el 47,15%, seguido por el páramo herbáceo poco alterado con un porcentaje del 23,74% total del área de la microcuenca, sin embargo Cobos & Narváez (2018) manifiestan que se observa una gestión inapropiada de los pastos cultivados destinados a la alimentación animal, tanto a nivel local como nacional. Esto se debe a la ausencia de planes de fertilización para los suelos utilizados en esta actividad, lo que resulta en una marcada deficiencia de nutrientes, afectando negativamente el adecuado desarrollo y producción del forraje.

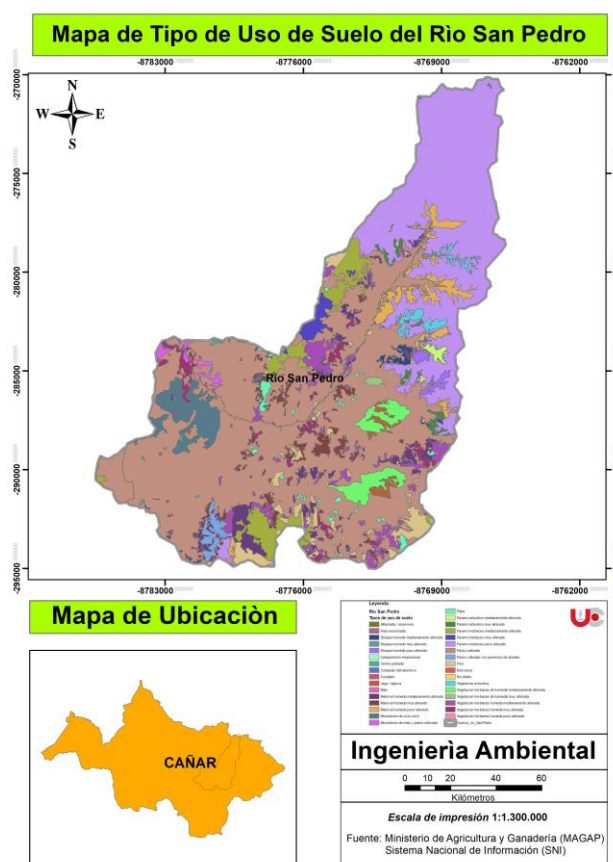


Figura 45. Mapa de tipo de usos de suelo de la microcuenca del río San Pedro

Tabla 24. Tipos de uso de suelo de la cuenca del río San Pedro

Cobertura Vegetal	Área (km²)	Porcentaje %
Albarrada / reservorio	0,02	0,01%
Área erosionada	0,02	0,01%
Bosque húmedo medianamente alterado	0,84	0,35%
Bosque húmedo muy alterado	0,04	0,02%
Bosque húmedo poco alterado	0,99	0,42%
Campamento empresarial	0,02	0,01%
Centro poblado	0,28	0,12%
Complejo hidroeléctrico	0,00	0,00%
Eucalipto	0,19	0,08%
Lago / laguna	1,52	0,63%
Maíz	0,20	0,08%
Matorral húmedo medianamente alterado	6,53	2,73%
Matorral húmedo muy alterado	4,66	1,95%
Matorral húmedo poco alterado	5,78	2,42%
Misceláneo de ciclo corto	6,79	2,84%
Misceláneo de maíz y pasto cultivado	0,78	0,33%
Papa	1,67	0,70%
Páramo arbustivo medianamente alterado	0,67	0,28%
Páramo arbustivo muy alterado	1,21	0,51%
Páramo herbáceo medianamente alterado	8,39	3,51%
Páramo herbáceo muy alterado	1,76	0,74%
Páramo herbáceo poco alterado	56,73	23,74%
Pasto cultivado	112,67	47,15%
Pasto cultivado con presencia de arboles	1,69	0,71%
Pino	6,51	2,72%
Red viaria	0,04	0,02%
Río doble	0,44	0,19%
Vegetación arbustiva	1,83	0,77%
Vegetación herbácea de humedal medianamente alterada	5,02	2,10%
Vegetación herbácea de humedal muy alterada	0,32	0,14%
Vegetación herbácea húmeda medianamente alterada	7,08	2,96%
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	4,25	1,78%
Vegetación herbácea húmeda poco alterada	0,02	0,01%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

4.2.12 Mapa de uso potencial del suelo

Mediante la clasificación del suelo, se puede observar la capacidad que este tiene para realizar actividades agro productivas, en el caso del río Silante según la tabla 27 la clase de suelo que predomina es VIII, que posee limitaciones severas o son tierras de conservación con un 77,07%,

seguido de la clase VI con limitaciones muy fuertes, pero son aptas para aprovechamiento forestal, con un porcentaje del 13,02%.

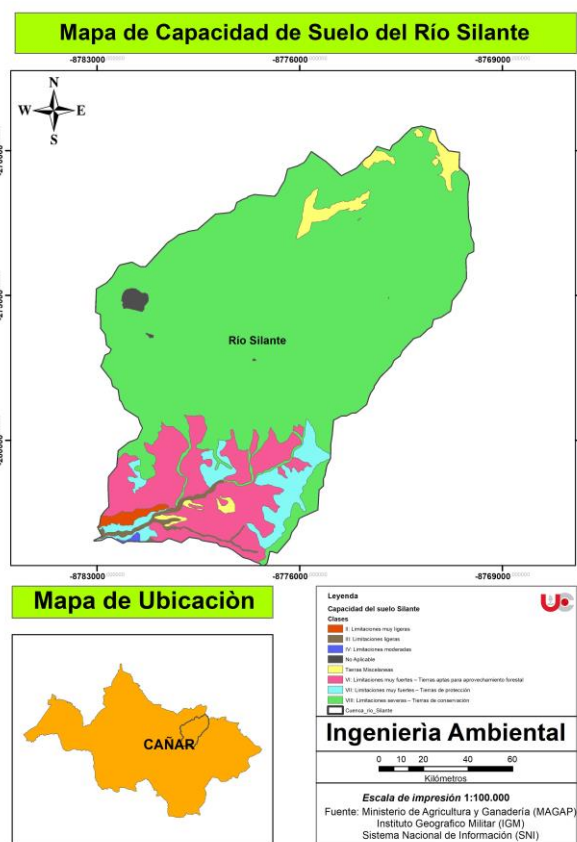


Figura 46. Mapa de capacidad de uso de suelo de la microcuenca del río Silante

Tabla 27. Capacidad de uso de suelo de la cuenca del río Silante

Clase	Área (km ²)	Porcentaje %
II: Limitaciones muy ligeras	0,71	0,60%
III: Limitaciones ligeras	1,00	0,85%
IV: Limitaciones moderadas	0,10	0,08%
VI: Limitaciones muy fuertes – Tierras aptas para aprovechamiento forestal	15,29	13,02%
VII: Limitaciones muy fuertes – Tierras de protección	5,42	4,62%
VIII: Limitaciones severas – Tierras de conservación	91,22	77,70%
No Aplicable	0,59	0,50%
Tierras Misceláneas	3,09	2,63%

Fuente: (SENPLADES, 2012)

En cuanto al río Silante, la mayor parte del territorio, en este caso, el 62,65% del suelo, pertenece a la clase VI con limitaciones muy fuertes pero aptas para el aprovechamiento forestal, mientras que el 20% pertenece a la clase VIII que tiene limitaciones severas o posee tierras de conservación.

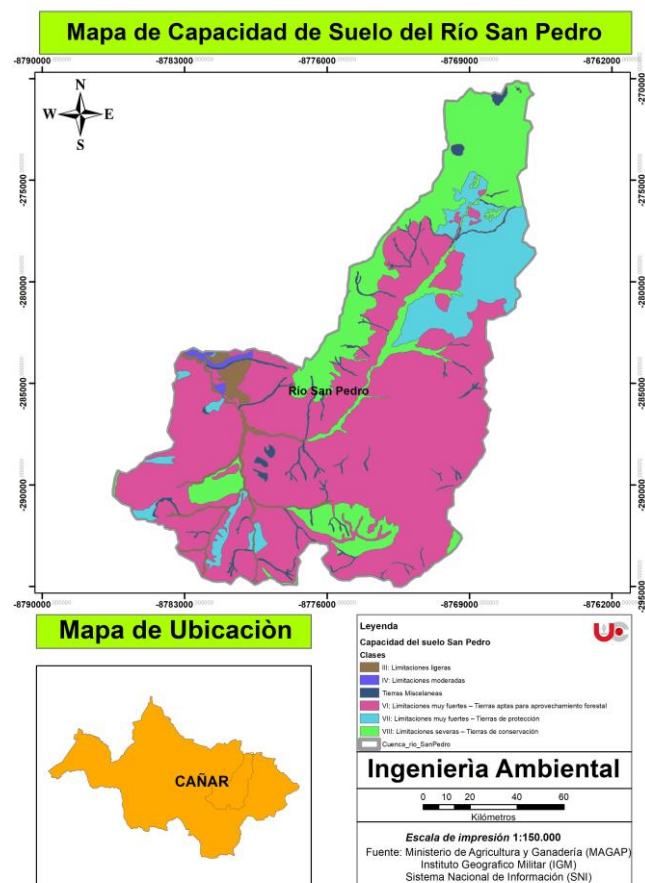


Figura 47. Mapa de capacidad de uso de suelo de la microcuenca del río San Pedro

Tabla 28. Capacidad de uso de suelo de la cuenca del río San Pedro

Clase	Área (km ²)	Porcentaje %
III: Limitaciones ligeras	5,54	2,32%
IV: Limitaciones moderadas	1,12	0,47%
VI: Limitaciones muy fuertes – Tierras aptas para aprovechamiento forestal	149,73	62,65%
VII: Limitaciones muy fuertes – Tierras de protección	25,88	10,83%
VIII: Limitaciones severas – Tierras de conservación	49,82	20,85%
Tierras Misceláneas	6,91	2,89%

Fuente: (SENPLADES, 2012)

En el suelo de la microcuenca del río Silante predomina la clase VIII, acompañado de la clase VI, con una gran diferencia de km², mientras que el suelo de la microcuenca del río San Pedro la clase que más territorio ocupa es la clase VI, seguido por la clase VIII, siendo estos dos, tierras con limitaciones, desde fuertes a severas. Según Nieto et al. (2017) desde una perspectiva ambiental, la noción de "desarrollo rural" se presenta como la razón principal detrás de los elevados niveles de intervención en los recursos naturales locales. De alguna manera, se ha validado la conducta de los campesinos e indígenas, quienes, debido a la falta de oportunidades, incrementan la extracción y

sobreexplotación de los recursos, especialmente del suelo, con el objetivo de obtener "cosechas". Esto conduce a un deterioro ambiental que compromete aún más su capacidad productiva.

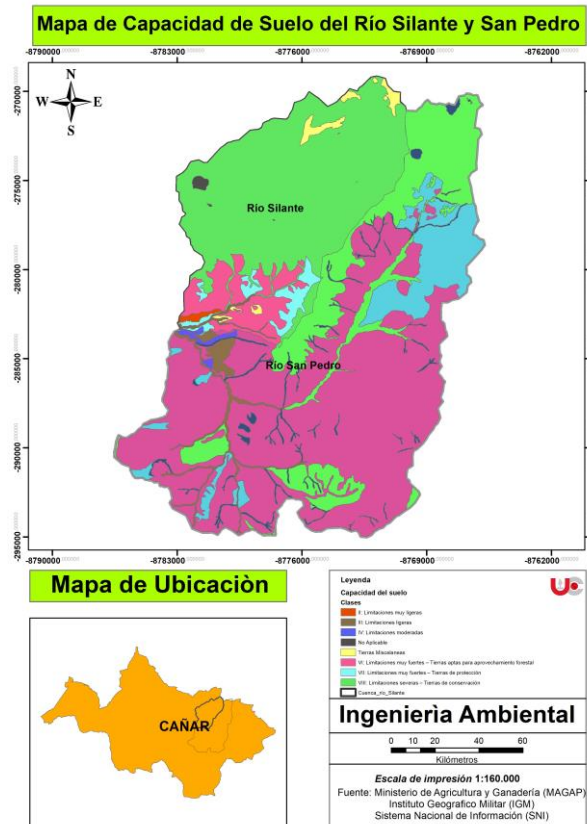


Figura 48. Capacidad de uso de suelo de las microcuencas del río Silante y San Pedro

4.2.13 Mapa de erosión del suelo

Dentro de la microcuenca del río Silante, la susceptibilidad severa y moderada, son las que están más presentes dentro del territorio, ocupando más el 38% del territorio la susceptibilidad severa, seguida del 22% la moderada, evidenciando que existe un alto grado de susceptibilidad a la erosión.

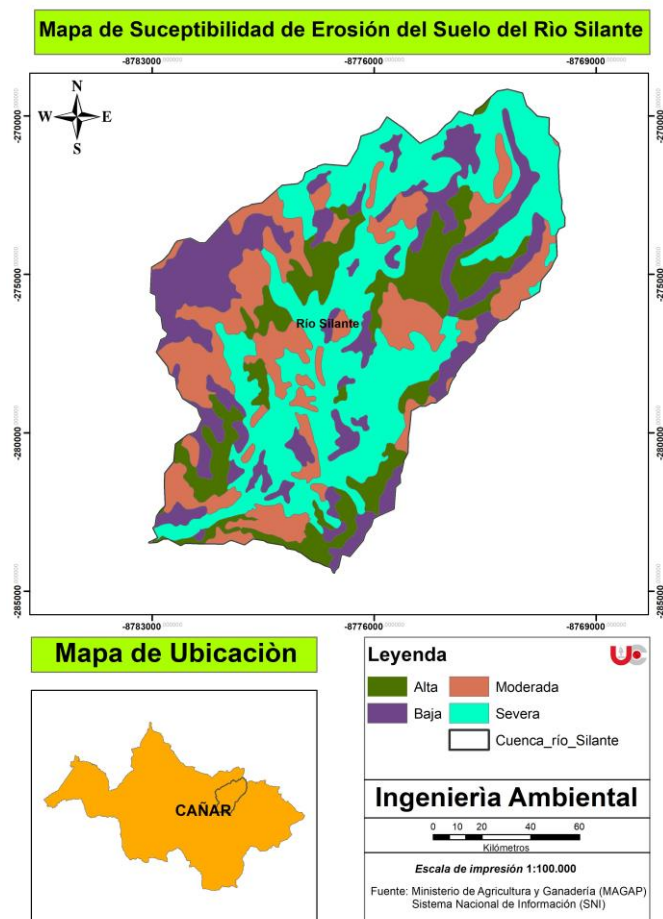


Figura 49. Mapa de susceptibilidad de erosión del suelo de la microcuenca del río Silante

Tabla 29. Susceptibilidad de erosión de suelo del río Silante

Susceptibilidad	Área (km ²)	Porcentaje %
Alta	19,37	16,50%
Baja	26,27	22,37%
Moderada	26,78	22,81%
Severa	44,99	38,32%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

Dentro de la microcuenca del río San Pedro, la susceptibilidad alta a la erosión ocupa un 32,90% del área estudiada, mientras que la susceptibilidad severa ocupa el 33,50% de la microcuenca, lo cual es preocupante, debido a que el 68% del territorio, posee índice alto a la erosión del suelo.

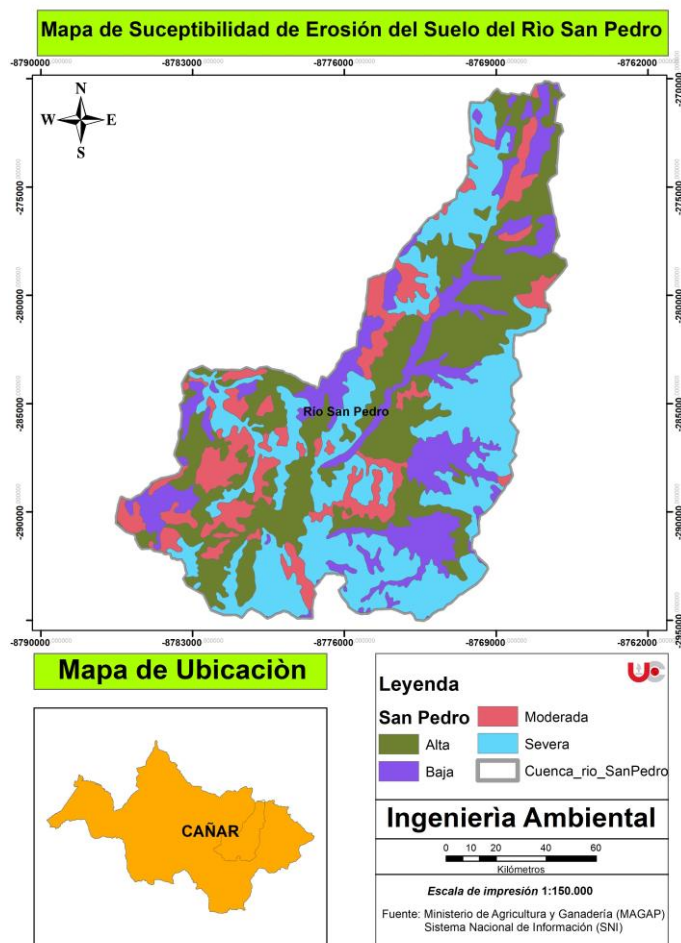


Figura 50. Susceptibilidad de erosión del suelo de la microcuenca del río San Pedro

Tabla 30. Susceptibilidad de erosión de suelo del río San Pedro

Susceptibilidad	Área (km ²)	Porcentaje %
Alta	78,63	32,90%
Baja	45,17	18,90%
Moderada	35,13	14,70%
Severa	80,06	33,50%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

Las dos microcuencas, tanto la del río Silante, como la del río San Pedro, la mayoría de su territorio posee una susceptibilidad severa a la erosión, perjudicando así a las diferentes actividades que se podrían desarrollar dentro de estas microcuencas. En el estudio presentado por Moscoso (2021) detalla que en el sector de las microcuencas la deforestación, la quema indiscriminada e irresponsable de bosques, el exceso de pastoreo, la falta de gestión del agua de riego y la expansión de las fronteras agrícolas, entre otras acciones, han ocasionado un proceso acelerado de erosión, resultando en la degradación de la capa fértil de tierra.

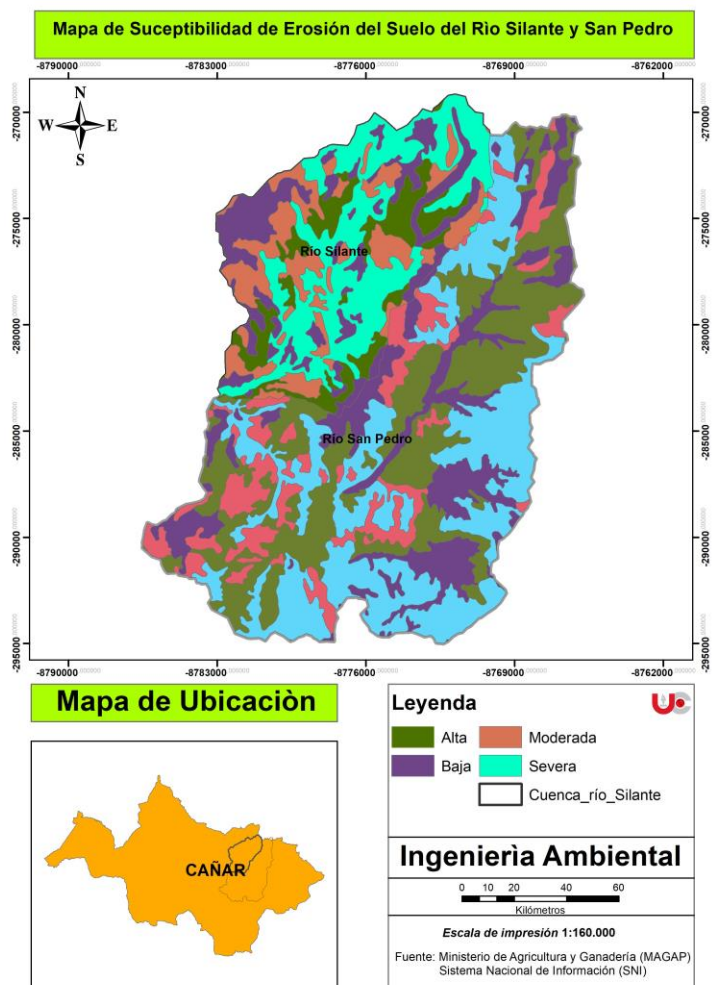


Figura 51. Susceptibilidad de erosión del suelo en las microcuencas Silante y San Pedro

4.2.14 Mapa de conflicto de uso de suelo

En la mayoría del territorio de la microcuenca del río Silante, se observa que el 51,58% es subutilizado, lo que significa que no están siendo realmente aprovechados estos recursos, por otro lado, el 29,86% de la región estudiada es bien utilizada y el 18,39% es sobreutilizado, causando problemas de manera especial en la producción agrícola.

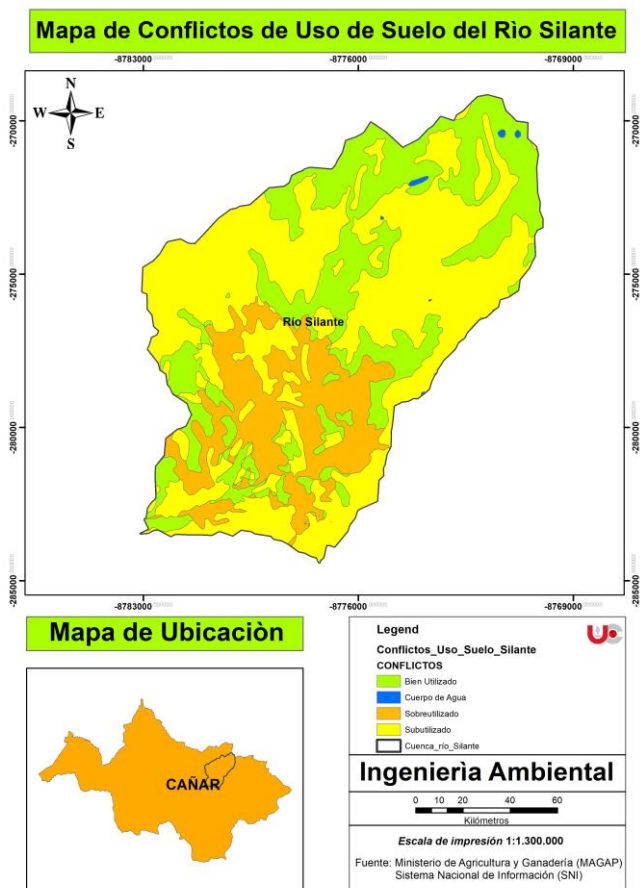


Figura 52. Mapa de conflictos de uso de suelo de la microcuenca del río Silante

Tabla 31. Conflictos de uso de suelo del río Silante

Conflicto	Área (km ²)	Porcentaje %
Bien Utilizado	35,06	29,86%
Cuerpo de Agua	0,20	0,17%
Sobreutilizado	21,59	18,39%
Subutilizado	60,56	51,58%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

En la microcuenca del río San Pedro, el 41,28% del territorio está siendo sub utilizado, lo que quiere decir que no se están aprovechando al máximo los recursos, mientras que el 31,60% de las microcuencas si está siendo bien utilizada y el 26,82% está siendo sobreexplotado o sobre utilizado.

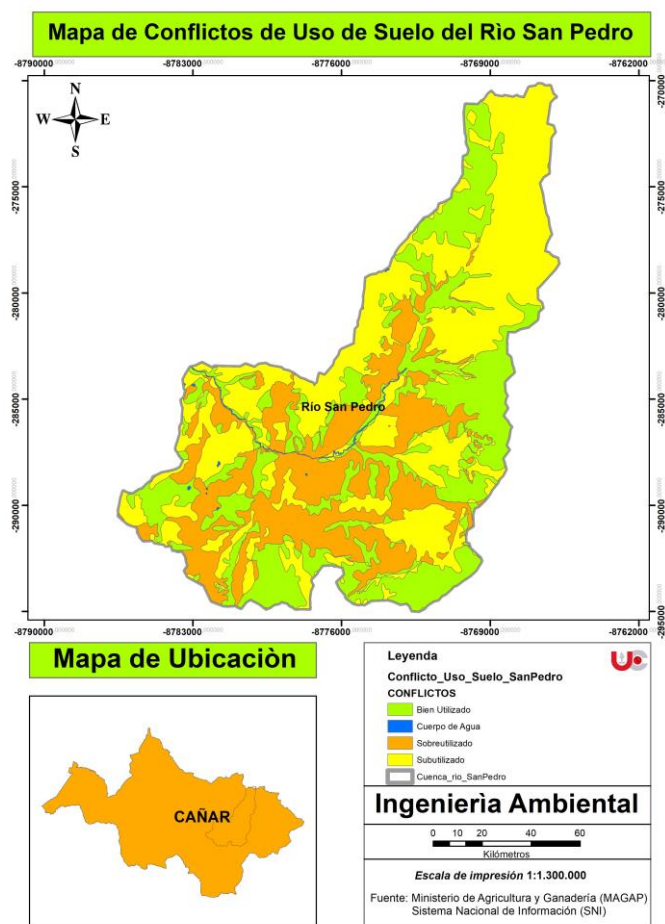


Figura 53. Mapa de conflictos de uso de suelo de la microcuenca del rio San Pedro

Tabla 32. Conflictos de uso de suelo del rio San Pedro

Conflicto	Área (km ²)	Porcentaje %
Bien Utilizado	75,51	31,60%
Cuerpo de Agua	0,72	0,30%
Sobreutilizado	64,09	26,82%
Subutilizado	98,66	41,28%

Fuente: (SIGTIERRAS, 2023)

Comparando la tabla 31 con la tabla 32, se puede observar que en la microcuenca del rio San Pedro tiene un porcentaje mayor en tierras bien utilizadas, pero de igual manera en los dos casos, la mayor parte sus territorios tienen tierras subutilizadas. En el estudio de Figueroa & Pichizaca (2003) en la cuenca alta del río Cañar, concuerda en que estas tierras actualmente se encuentran subutilizadas y explotadas de manera inadecuada, especialmente en lo que respecta a la ganadería bovina. Esta situación se debe a la presencia de una base genética mestiza con bajos niveles de productividad. El manejo extensivo, dado las condiciones ecológicas extremas, impide la implementación de prácticas que resulten en un rendimiento significativo en términos de leche y carne. Además, el fenotipo de los animales, caracterizado por un gran peso corporal y forma de pezuña, causa daños irreversibles en el suelo del ecosistema.

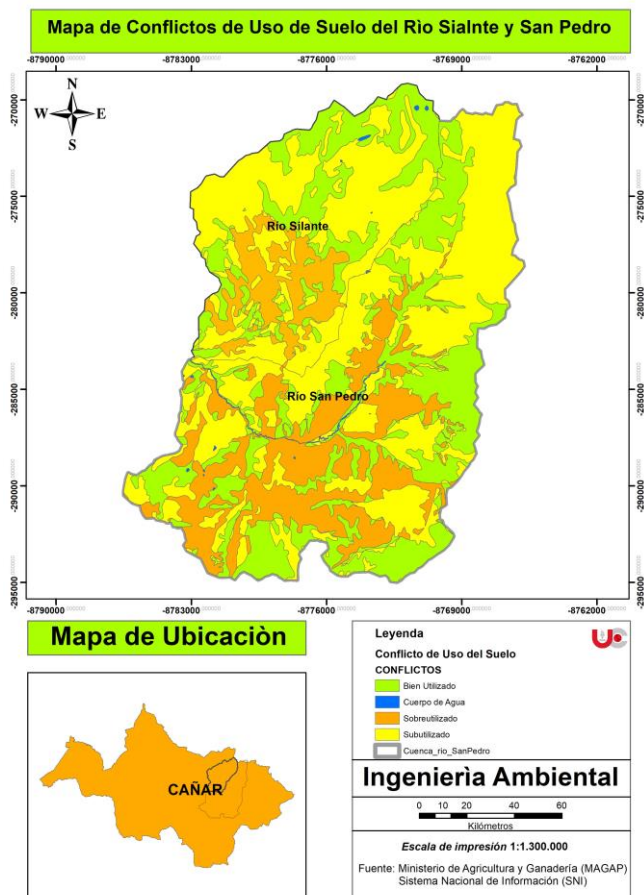


Figura 54. Conflictos de uso de suelo de las microcuencas de los ríos Silante y San Pedro

4.3 Calidad del agua de las microcuencas Silante y San Pedro

A continuación, en la tabla 33 se pueden observar los resultados del primer día de muestreo in situ y ex situ, en cada uno de los 6 puntos a lo largo de la cuenca alta del río Cañar y se puede observar algunos valores altos, sobre todo en parámetro de coliformes fecales, donde son los valores más altos que se pueden obtener en el análisis. Para Álvarez (2017) la presencia de coliformes fecales en el agua tiene un impacto más significativo en los seres humanos que en las especies acuáticas. La materia fecal sin tratar aumenta el contenido de materia orgánica en el agua, y la descomposición de esta materia orgánica reduce los niveles de oxígeno disuelto en el agua, lo que podría resultar en la muerte de peces y otras formas de vida acuáticas.

Tabla 33. Resultado de análisis de muestra 1

PUNTOS	Solidos Disueltos (PPM)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Turbiedad (NTU)	DBO5 (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg/l)	COLIFORMES FECALES
P1	71	3,68	0,6	44,3	25	14,1	9,54	7,29	> 1600 NMP/100 ml
P2	49	7,7	0,8	173	0	14,1	9,38	7,29	> 1600 NMP/100 ml
P3	33	6,93	0,5	87,9	3	12,3	9,25	7,36	> 1600 NMP/100 ml
P4	27	7,48	0,5	50,4	3	11,6	9,74	7,37	1600
P5	58	4,21	0,4	43,1	0	14,6	9,77	7	1600
P6	51	8,82	0,4	126	3,7	13,3	9,23	7,9	1600

La tabla 34 corresponde al segundo punto de muestreo y al igual que en la tabla 33, se observan valores altos de coliformes fecales, sobre todo en los puntos 1, 2 y 3, que corresponden a La Posta, Coyoctor y Silante Bajo.

Tabla 34. Resultado de análisis de muestra 2

PUNTOS	Solidos Disueltos (PPM)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Turbiedad (NTU)	DBO5 (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg/l)	COLIFORMES FECALES
P1	81	2,2	0,4	25,4	103	15,7	8,22	7,13	> 1600 NMP/100 ml
P2	62	6,56	0,4	43,7	0	15,2	8,38	7,22	> 1600 NMP/100 ml
P3	41	2,59	0,4	19,7	19	13,9	8,1	7,24	> 1600 NMP/100 ml
P4	34	2,74	0,5	7,7	0,6	12,7	8,04	7,32	350
P5	63	3,91	0,6	27,1	0	15,1	8,2	7,02	1600
P6	62	3,39	0,5	40,5	0	14,3	7,51	6,94	540

Como se observa en tabla 35, los puntos donde se encuentran valores altos de coliformes fecales son La Posta, Coyoctor y San Pedro. También se puede observar en el punto 1 que corresponde a La Posta un valor alto en fosfatos, donde Bolaños et al. (2017) menciona que este parámetro en altas cantidades puede ser un nutriente para el crecimiento de algas, afectando así al oxígeno que hay en el agua y por el crecimiento de materia orgánica viva, provocando eutrofización.

Tabla 35. Resultado de análisis de muestra 3

PUNTOS	Solidos Disueltos (PPM)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Turbiedad (NTU)	DBO5 (mg/l)	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg/l)	COLIFORMES FECALES
P1	69	12,36	0,6	40,9	0	14	8,36	7,39	> 1600 NMP/100 ml
P2	58	2,91	0,4	41,8	0	13,8	8,3	7,4	> 1600 NMP/100 ml
P3	40	2,23	0,4	6,55	0	12,5	7,97	7,46	350

P4	30	3,55	0,5	17,8	0	11,5	7,95	7,49	220
P5	59	4,74	0,4	23,3	0	14	8,19	7,08	> 1600 NMP/100 ml
P6	52	8,06	0,5	52,5	0	12,7	7,84	7,1	1600

4.4 Comparación de los parámetros físico-químicos de calidad de agua con la normativa ambiental

Como se puede observar en la figura 55, ninguno de los valores excede el límite permisible, en cambio existe una diferencia grande, en el punto 1 del segundo muestreo, que luego de procesar las muestras en el laboratorio, se obtuvo 81 PPM, mientras que la normativa tiene un límite de 2000, lo que es una diferencia excesiva.

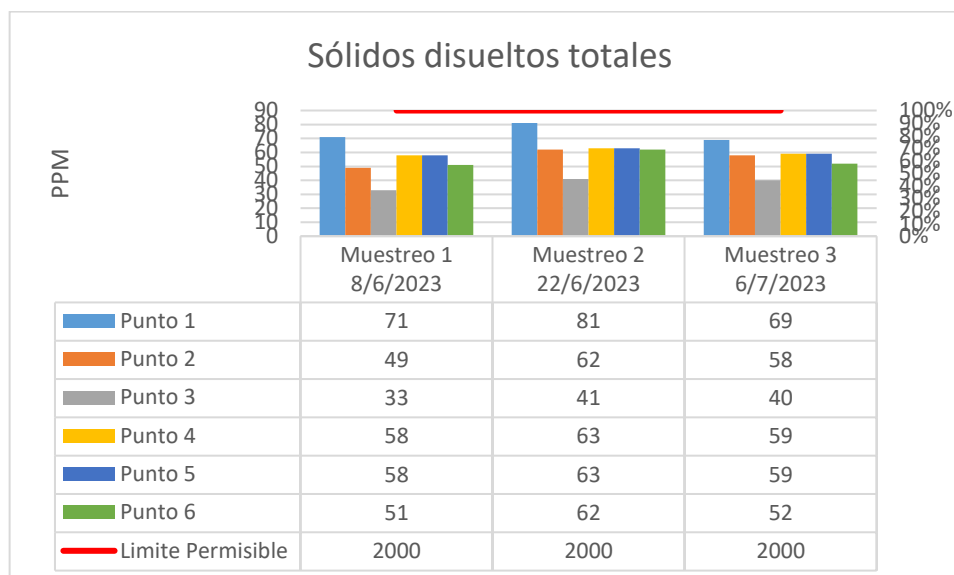


Figura 55. Monitoreo de sólidos disueltos totales

En cuanto a los fosfatos, el punto 1 del tercer día del muestreo, sobrepasa los límites permisibles, indicando que hay contaminación antropogénica en la zona.

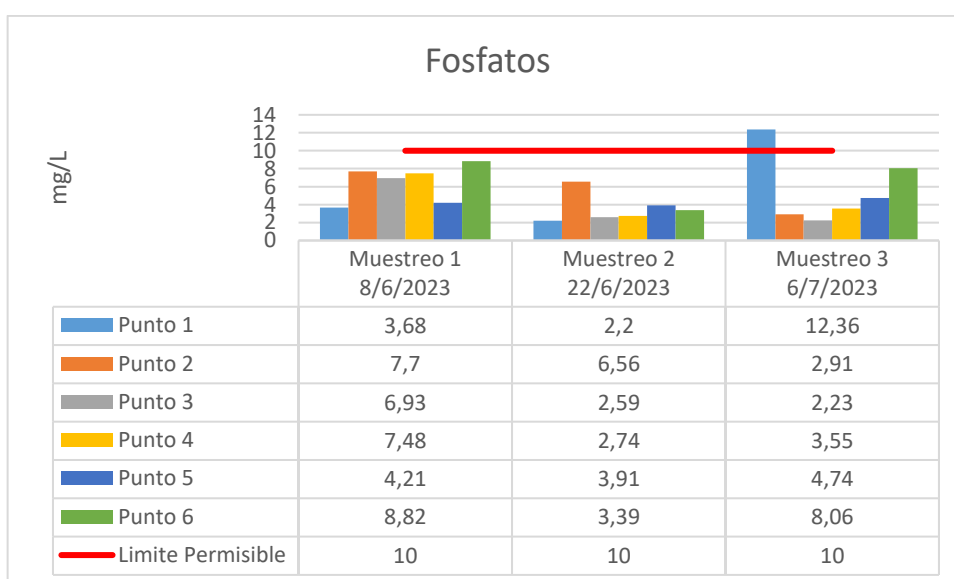


Figura 56. Monitoreo de Fosfatos

Los datos que se han obtenido, luego del muestreo y el análisis en el laboratorio. Se encuentran muy por debajo del límite permisible, siendo 0,8 mg/l el valor más alto del muestreo y con una alta diferencia en comparación con el límite permisible, debido a esto el agua del río, no presenta riesgo en cuanto a este contaminante.

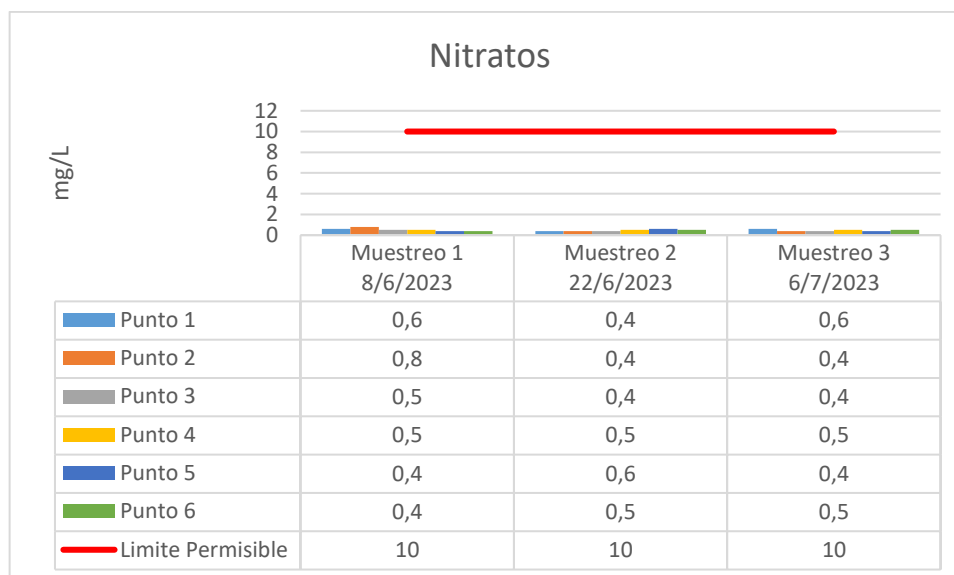


Figura 57. Monitoreo de Nitratos

En cuanto a la Turbiedad, la mayoría de los valores no superan el límite permisible, pero en el muestreo 1, específicamente en el punto 2 y 6, que se encuentran en Coyoctor y Huayrapungo del río San Pedro, se observa que superan los límites, presentando una alta turbiedad, estos resultados son similares en los diferentes muestreos, que siempre muestran valores altos en estos puntos ya mencionados.

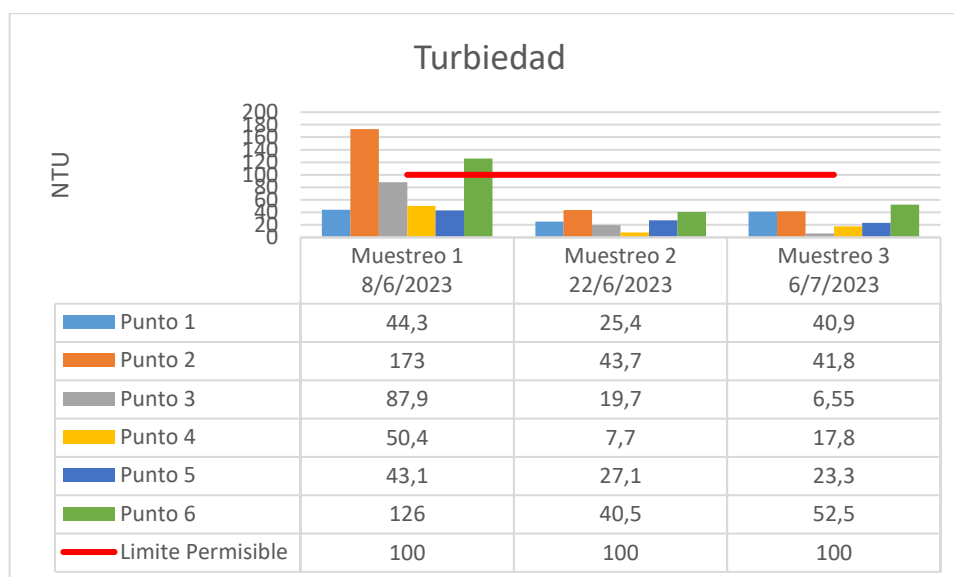


Figura 58. Monitoreo de Turbiedad

Según los análisis en laboratorio, el único resultado que sobrepasa el límite permisible, se encuentra en el segundo muestreo, punto 1, sector de La Posta y solo superando con una mínima cantidad, mientras que los demás valores se encuentran muy distantes, cabe mencionar que los resultados que se encuentran en 0, es porque han sido negativos.

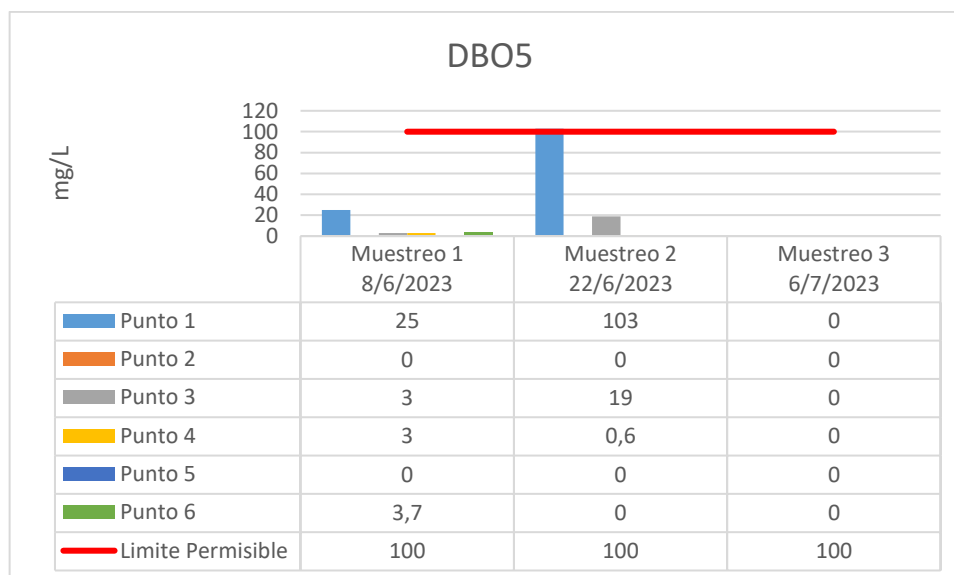


Figura 59. Monitoreo de DBO5

En cuanto a la temperatura, los valores se encuentran en el rango normal en todos sus puntos y días de muestreo, cabe mencionar que los puntos donde se han tomado el muestreo, presentan temperaturas de ambiente bajas.

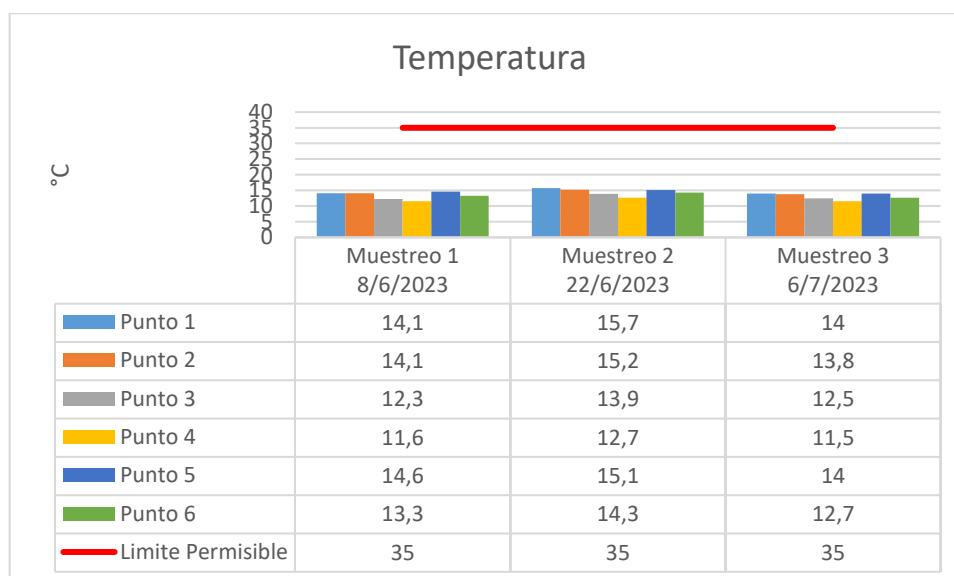


Figura 60. Monitoreo de Temperatura

Según los datos observados en el grafico 57 no ha resultados que se encuentren bajo los 6,5 que significan que son ácidos, pero si encontramos valores que sobrepasan los límites permisibles, siendo un agua alcalina, que presenta riesgo para la salud, pero es causa problemas estéticos.

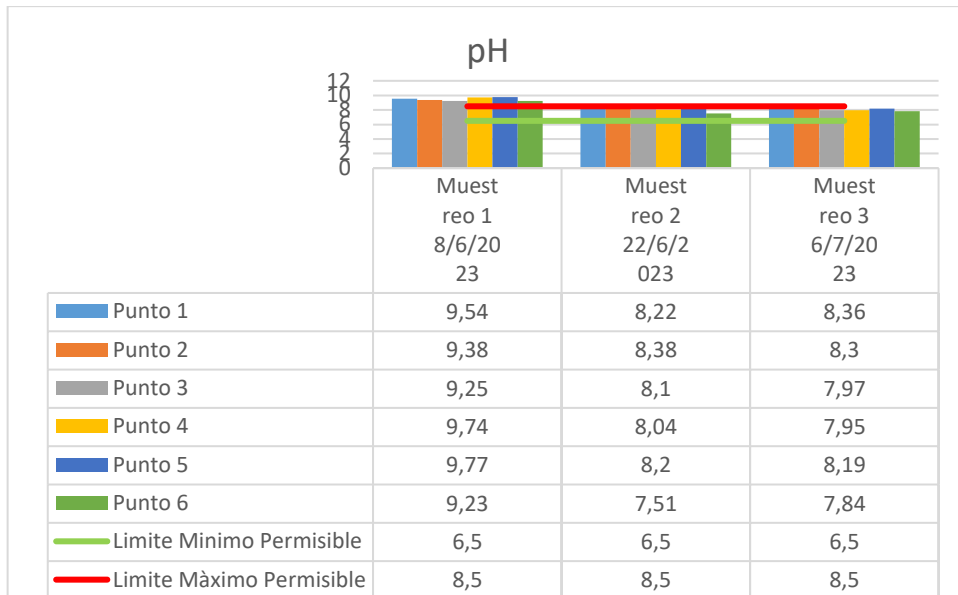


Figura 61. Monitoreo de pH

El oxígeno disuelto supera los límites permisibles en todos sus muestreos, a pesar que el oxígeno disuelto es un indicador de buena calidad del agua, en algunos de los puntos se puede observar procesos de eutrofización.

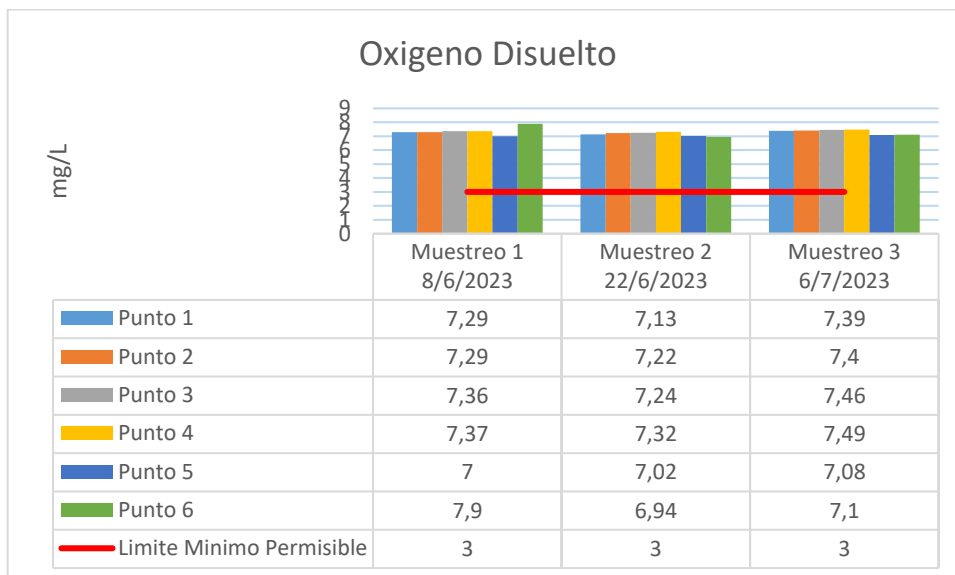


Figura 62. Monitoreo de Oxígeno Disuelto

En el río Silante y San Pedro que forman el río Cañar, los niveles de coliformes fecales son elevados, sobre todo en el primer muestreo, se supera el límite permisible en todos sus muestreos, mientras que, solo 4 puntos no superan los límites permisibles, sigue siendo un potencial peligro para uso agrícola y ganadero.

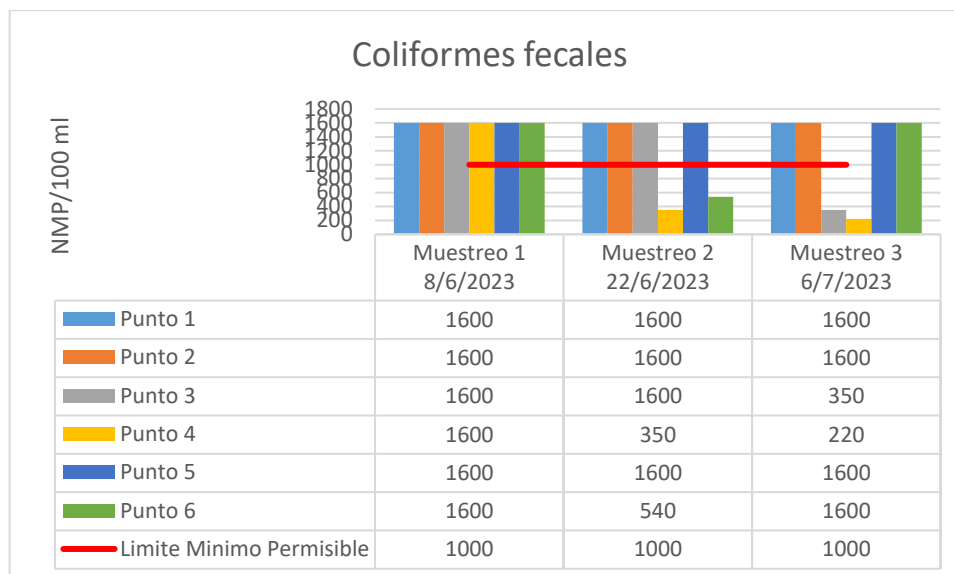


Figura 63. Monitoreo de coliformes fecales

4.5 Índice de calidad del agua ICA-NSF

En la tabla 36, se pueden observar los resultados del índice de calidad por día en los distintos puntos de muestreo. El procedimiento del ICA-NSF que se mencionó en el apartado 4.7 de Metodología se encuentra de manera detallada en el Anexo 2.

Referencias: El resultado con color amarillo indica un agua de río de mediana calidad.

Tabla 36. Resultados ICA-NSF por día

Punto	Día (4/06/2023)	Día (18/03/2023)	Día (2/08/2023)
Punto 1	56,58	53,42	48,17
Punto 2	39,69	49,19	51,37
Punto 3	53,95	56,03	59,92
Punto 4	54,80	68,63	60,78
Punto 5	43,64	51,13	52,48
Punto 6	53,93	55,36	50,21

En los diferentes puntos de muestreo se muestran resultados similares, entre una calidad de agua media y mala, siendo en su mayoría resultados de calidad media de agua según el ICA-NSF, pero lo que más llama la atención es que en ninguno de los puntos se encuentran resultados con buena calidad. Los puntos que presentan resultados más bajos en indicadores de mala calidad, son el 1, 2, 5 y 6, que únicamente se encuentran en los puntos de la Posta, Coyoctor y el río San Pedro, mientras que todos los resultados del río Silante, son de mediana calidad, algunos acercándose a buena calidad, esto debido a que el río se encuentra poco distante a algunos centros poblados.

4.5.1 Valores promedio ICA-NSF

El promedio del muestreo 1 que evidencia un resultado entre agua de mala y mediana calidad y según el panel de expertos, Dinius (1987) el lineamiento recomendado para el resultado del ICA-NSF, es que se sea utilizable para la mayoría de cultivos, pero necesita un tratamiento de potabilización para su uso como agua potable.

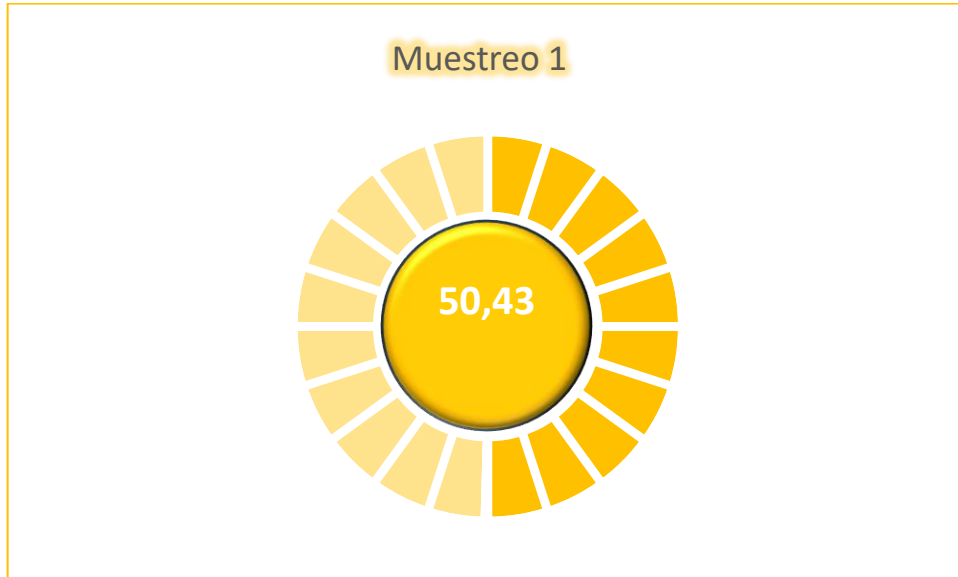


Figura 64. Valor promedio de muestreo 1

El promedio del muestreo 2 se encuentra en el rango media calidad, que según Dinius (1987) se puede utilizar en la mayoría de cultivos y con una potabilización si se trata del consumo por parte de seres vivos.

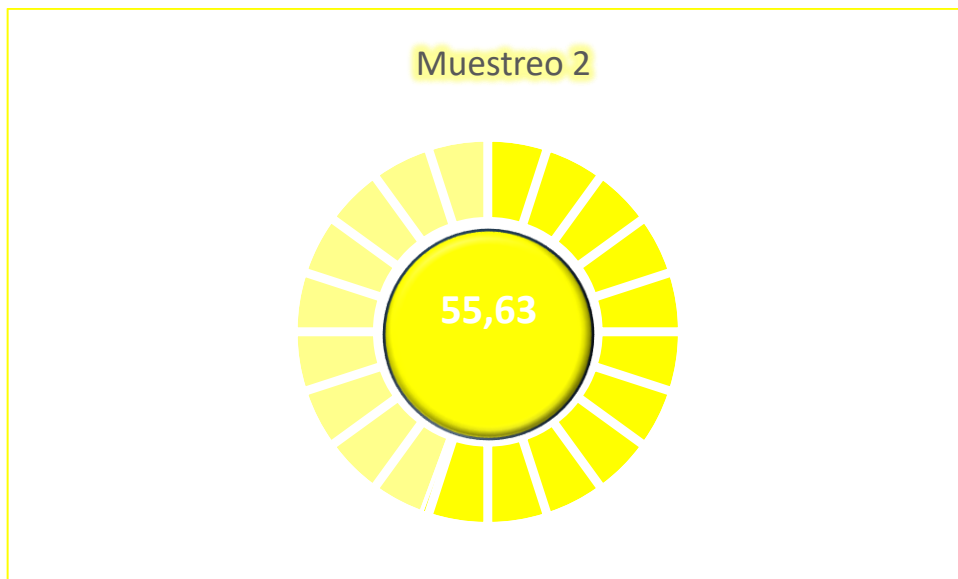


Figura 65. Valor promedio de muestreo 2

En cuanto al promedio del muestreo 3, sus resultados son similares al del muestreo 1 y 2, siendo sus aguas utilizables para la mayoría de cultivos y para consumo de seres vivos, tener una correcta potabilización del agua.

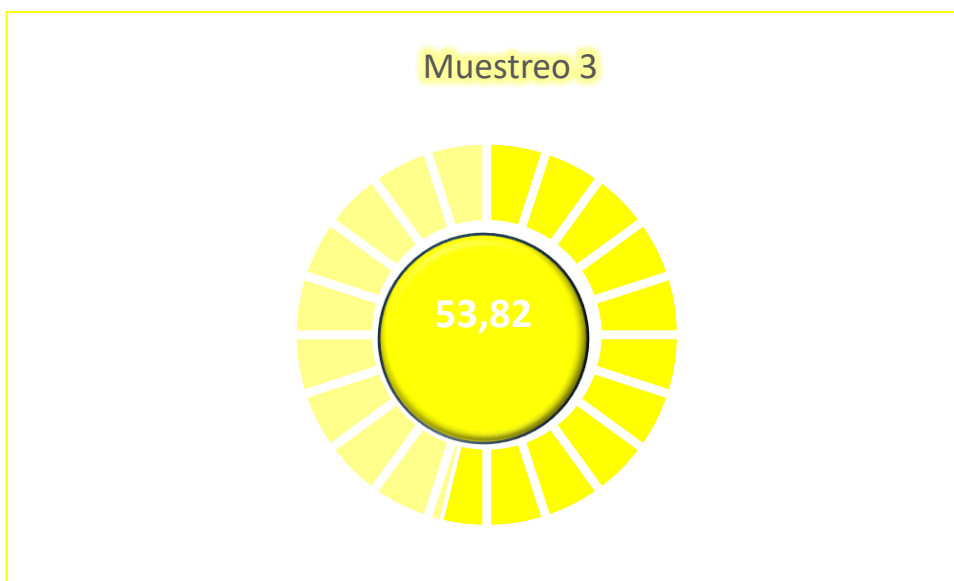


Figura 66. Valor promedio de muestreo 3

El promedio general en los tres muestreos representa un agua del río de mediana calidad, considerándose según el ICA-NSF y los lineamientos del panel de expertos, Dinius (1987) utilizable en la mayoría de los cultivos, pero para uso como agua potable se necesita un tratamiento de potabilización.

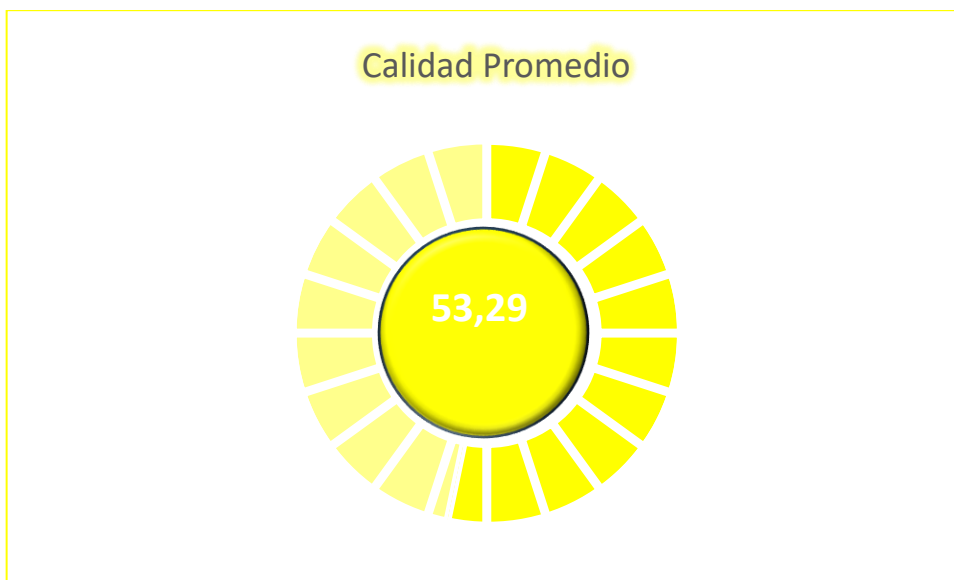


Figura 67. Valor promedio de la calidad del agua en los puntos de muestreo

4.6 Uso del agua y percepción de la calidad del agua de los pobladores de la cuenca alta del río Cañar

Los resultados de las encuestas obtenidos en los diferentes puntos de muestro que se localizan en la cuenca alta del río Cañar con sus afluentes: río Silante y San Pedro se analizan a continuación de forma clara y precisa.

Según la tabla 37 se puede observar que la población aledaña a las microcuencas del río Silante y San Pedro se abastecen en su mayoría del agua de la quebrada para sus actividades agrícolas y ganaderas, seguidas por el uso del agua de la laguna y el pozo.

Tabla 37. Resultados Pregunta 3

	Opción	Total	Porcentaje
¿Cuál es la fuente de agua que usted utiliza en su actividad agrícola o ganadera?	Pozo	4	14%
	Quebrada	17	59%
	Laguna	5	17%
	Otro	3	10%
	Total	29	100%

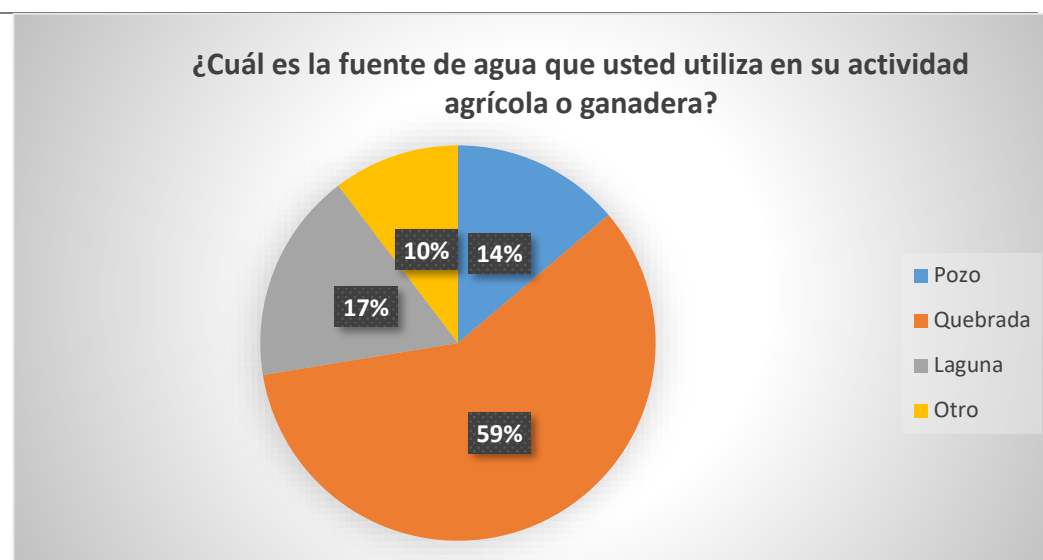


Figura 68. Pregunta 3

El método de riego más utilizado es el de aspersion con un 72% de las personas encuestas, mientras que el 17% utiliza inundación y aproximadamente el 7% utiliza el método de goteo, las respuestas de las personas se pueden constatar al momento del recorrido en campo.

Tabla 38. Resultados Pregunta 4

Opción	Total	Porcentaje
Inundación	5	17,24%
Aspersion	21	72,41%

¿Qué método de riego utiliza usted?			
Goteo	2	6,90%	
Otro	1	3,45%	
Total	29	100%	

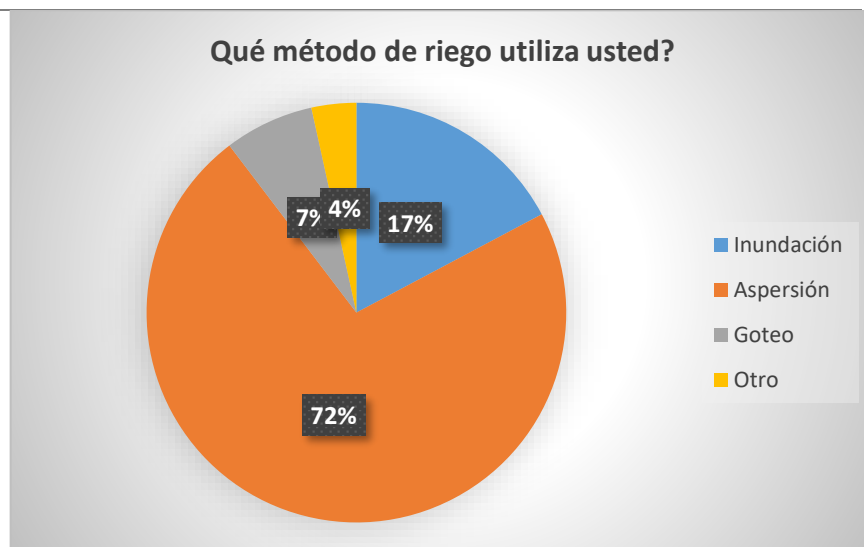


Figura 69. Pregunta 4

Es preocupante observar que casi el 50% de la población encuestada no ha notado en los últimos años ningún cambio en la calidad del río, mientras que el 17% piensa que ha mejorado y el 30% manifiesta que ha empeorado.

Tabla 39. Resultados Pregunta 5

¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del río en los últimos años?	Opción	Total	Porcentaje
	Ha mejorado	5	17%
	Ha empeorado	9	30%
	Ha permanecido igual	15	50%
	No estoy seguro	1	3%
	Total	30	100%



Figura 70. Pregunta 5

En base a la tabla 40, el 73% de las personas considera que la actividad agrícola y ganadera afecta la calidad del agua en el río, mientras que el 23% piensa que esta actividad no afecta al curso de agua del río y solo el 1% no está seguro si causa o no contaminación.

Tabla 40. Resultados Pregunta 6

	Opción	Total	Porcentaje
¿Considera que la actividad agrícola o ganadera puede afectar la calidad del agua en el río cercano?	Si	22	73,33%
	No	7	23,33%
	No estoy seguro	1	3,33%
	Total	30	100%

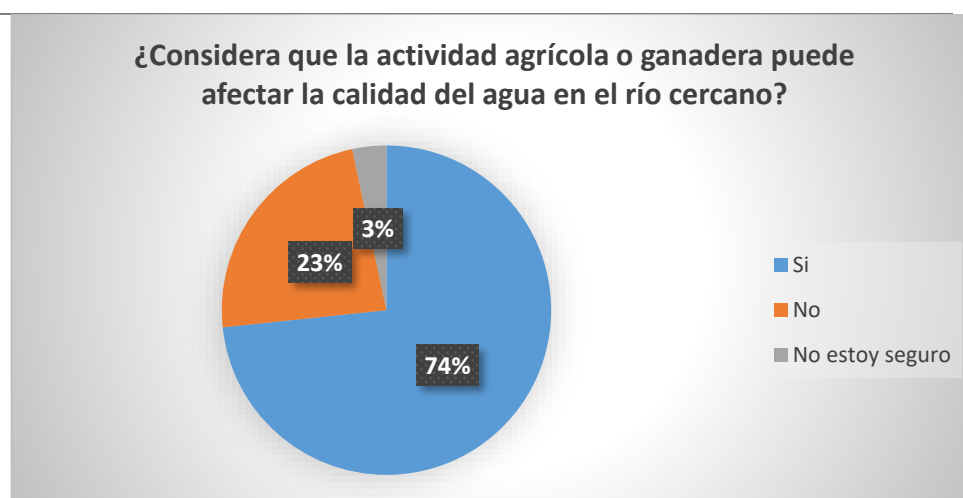


Figura 71. Pregunta 6

Según las personas encuestadas la principal fuente de contaminación del río es la basura, seguido por los pesticidas y residuos de la ganadería, pero también algunas personas consideran que el desagüe de las casas es un problema que debería tratarse, sobre todo en el pueblo de Ingapirca.

Tabla 41. Resultados Pregunta 7

	Opción	Total	Porcentaje
¿Cuál cree que es la fuente principal de contaminación del río?	Basura	20	67%
	Pesticidas	4	13%
	Residuos de la Ganadería	3	10%
	Otro	3	10%
	Total	30	100%
Otro (Especifique)	Desagüe	3	100%

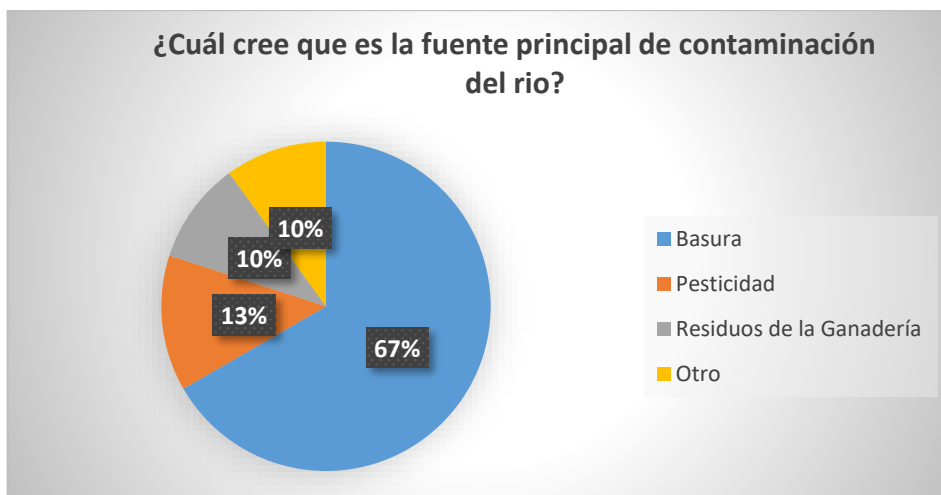


Figura 72. Pregunta 7

En el 50% de las personas encuestadas, su ganado ha presentado enfermedades, mientras que en el otro 50% no han presentado ningún tipo de enfermedad.

Tabla 42. Resultados Pregunta 8

	Opción	Total	Porcentaje
¿Su ganado ha presentado algún tipo de enfermedad?	Si	15	50%
	No	15	50%
	Total	30	100%



Figura 73. Pregunta 8

En base a las personas que respondieron que su ganado a presentado algún tipo de enfermedad por el consumo de agua, se les pidió que describan la sintomatología, respondiendo el 60% que fueron enfermedades parasitarias, seguido por enfermedades gastrointestinales en un 33% y tan solo el 7% presento enfermedades gastrointestinales.

Tabla 43. Resultados Pregunta 9

	Opción	Total	Porcentaje
Por favor especifique la enfermedad que se ha presentado su ganado	Enfermedades gastrointestinales	9	60%
	Enfermedades parasitarias de piel o mucosas	5	33%
	Enfermedades del sistema respiratorio	1	7%
	Enfermedades del sistema urinario	0	0%
	Otro	0	0%
	Total	15	100%

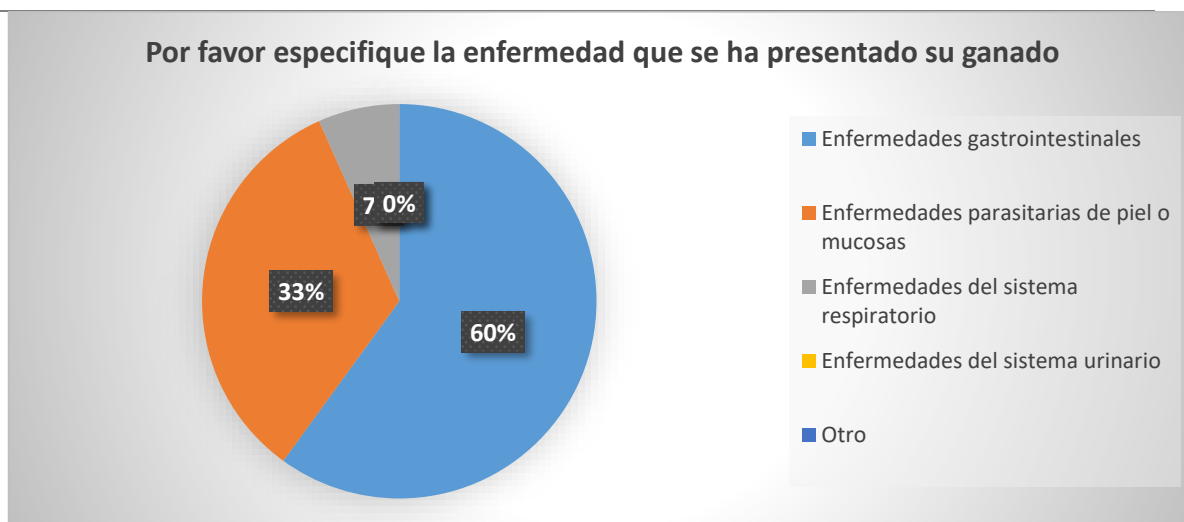


Figura 74. Pregunta 9

Según la tabla 44, solo el 27% de las personas respondieron que sus familias han presentado algún tipo de enfermedad o molestia por el consumo de agua del río, mientras que el 73% respondieron que no han presentado ningún tipo de enfermedad.

Tabla 44. Resultados Pregunta 10

	Opción	Total	Porcentaje
¿El agua del río ha causado alguna molestia o enfermedad a usted o algún miembro de su hogar?	Si	8	27%
	No	22	73%
	Total	30	100%

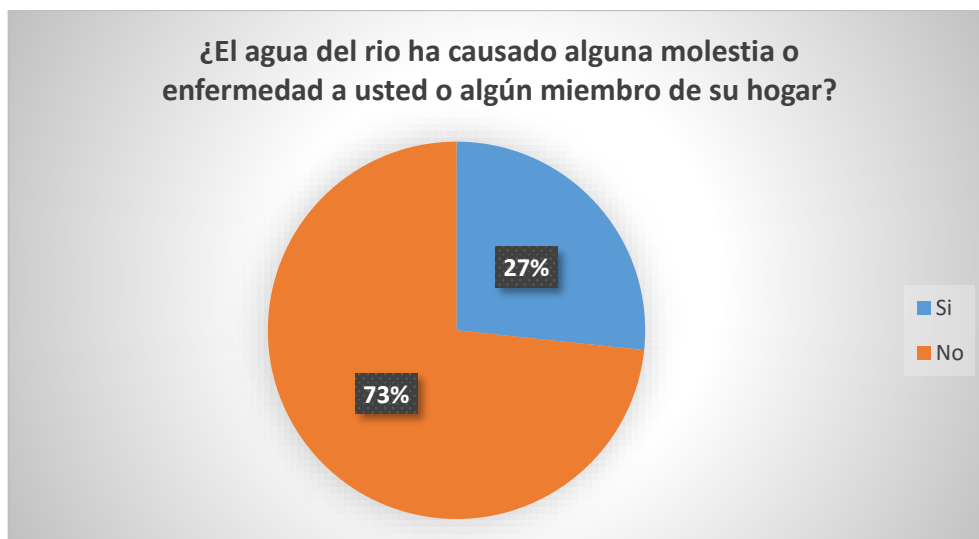


Figura 75. Pregunta 10

En base a las personas que respondieron que su familia ha presentado algún tipo de enfermedad por el consumo de agua, se les pidió que describan la sintomatología, respondiendo aproximadamente el 87% que han presentado afecciones como amebiasis y solo el 12% enfermedades como Hepatitis tipo A.

Tabla 45. Resultados Pregunta 11

	Opción	Total	Porcentaje
Por favor identifique el tipo de enfermedad que se ha presentado usted o algún miembro de su familia	Gastroenteritis	0	0,00%
	Hepatitis A	1	12,50%
	Colera	0	0,00%
	Amebiasis	7	87,50%
	Otro	0	0,00%
	Total	8	100%

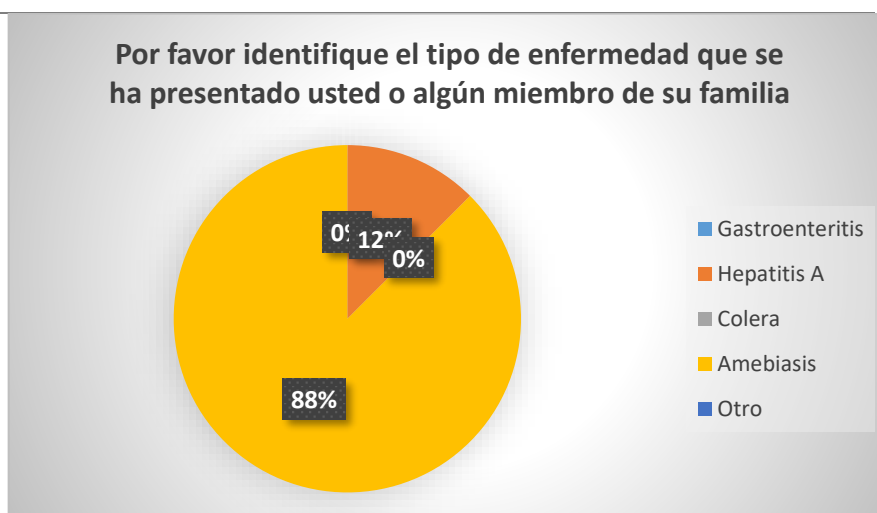


Figura 76. Pregunta 11

El 67% de las personas encuestadas respondieron que no conocen ningún tipo de estrategia por parte de instituciones tanto públicas como privadas, esto puede ser debido a la falta de socialización o comunicación a las personas que habitan en las zonas aledañas a las microcuencas estudiadas.

Tabla 46. Resultados Pregunta 12

	Opción	Total	Porcentaje
¿Conoce alguna estrategia de las instituciones públicas o privadas que se esté haciendo para mejorar la calidad del agua?	Si	10	33%
	No	20	67%
	Total	30	100%

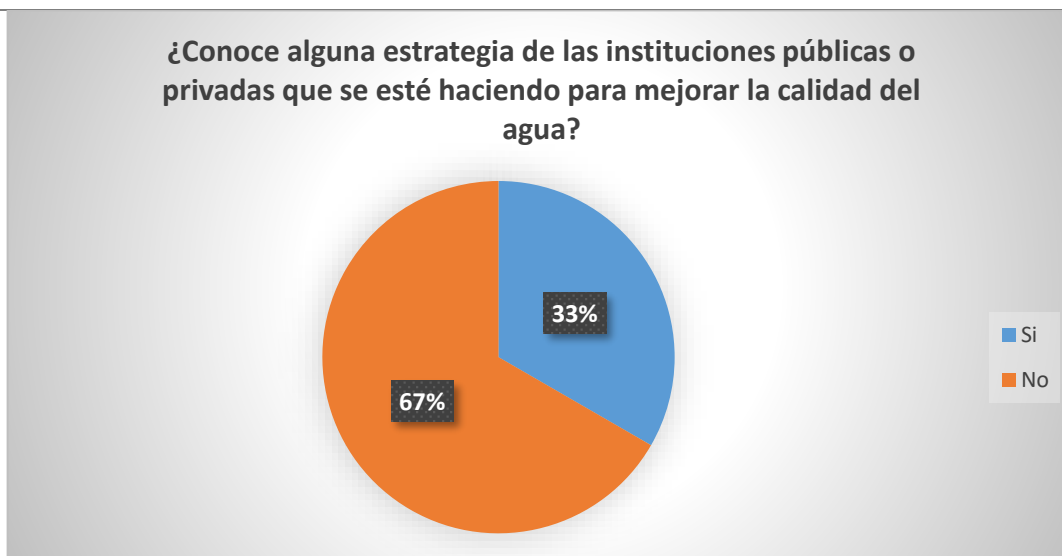


Figura 77. Pregunta 12

El 97% de la población encuestada respondió que estarían de acuerdo con implementar tecnologías más eficientes en el uso del agua para su explotación, esto demuestra el interés de las personas por contribuir con el saneamiento del río.

Tabla 47. Resultados Pregunta 13

	Opción	Total	Porcentaje
¿Estaría de acuerdo en implementar tecnologías más eficientes en el uso del agua en su explotación?	Si	29	97%
	No	1	3%
	Total	30	100%



Figura 78. Pregunta 13

Según se puede observar en la tabla 48, el 73% de las personas que se les realizó la encuesta respondieron que no han recibido ningún tipo de capacitación en los últimos 5 años, acerca de buenas prácticas de uso de agua en la agricultura y ganadería, mientras que el 27% respondieron que si han recibido asesoramiento por parte de entidades públicas como lo son el municipio y la prefectura.

Tabla 48. Resultados Pregunta 14

¿Ha recibido alguna capacitación o asesoramiento en los últimos cinco años sobre prácticas de uso del agua en la agricultura o ganadería? En caso de haber elegido la respuesta si, por favor especificar la institución.	Opción	Total	Porcentaje
	Si	8	27%
	No	22	73%
	Total	30	100%
Especifique la institución	Municipio	2	40%
	Prefectura	3	60%
	Total	5	100%

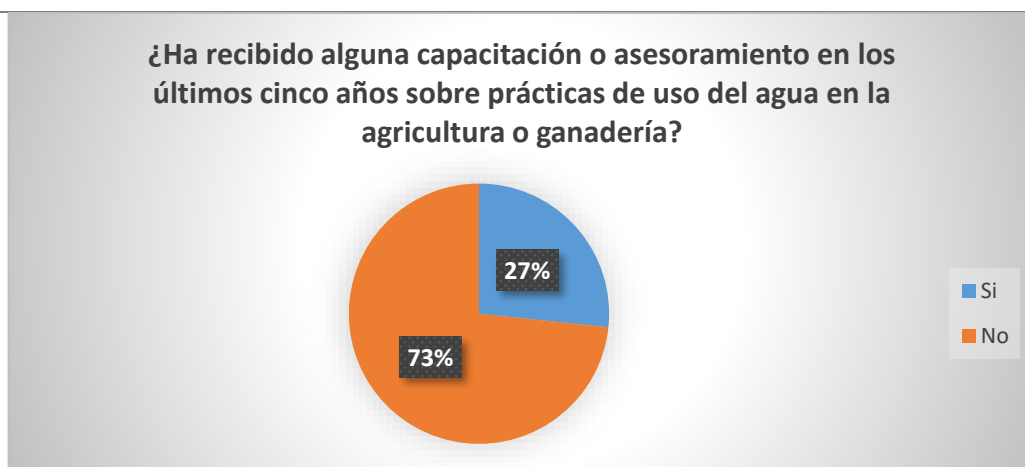


Figura 79. Pregunta 14

El 63% de encuestados respondieron que no han tomado medidas para proteger la calidad del agua del río, mientras que 37%, en su mayoría toman medidas como no votar basura al río o reducen el consumo de agua, reciclan y hierven el agua para matar cualquier bacteria antes de utilizarla.

Tabla 49. Resultados Pregunta 15

	Opción	Total	Porcentaje
¿Usted ha tomado medidas para proteger la calidad del agua en el río cercano a su explotación agrícola o ganadera? En caso de haber elegido la respuesta si, por favor especificar la institución.	Si	11	37%
	No	19	63%
	Total	30	100%
Especifique la medida	No votar basura al río	7	64%
	Reducir el consumo de agua	2	18%
	Reciclar	1	9%
	Hervir el agua	1	9%
	Total	11	100%

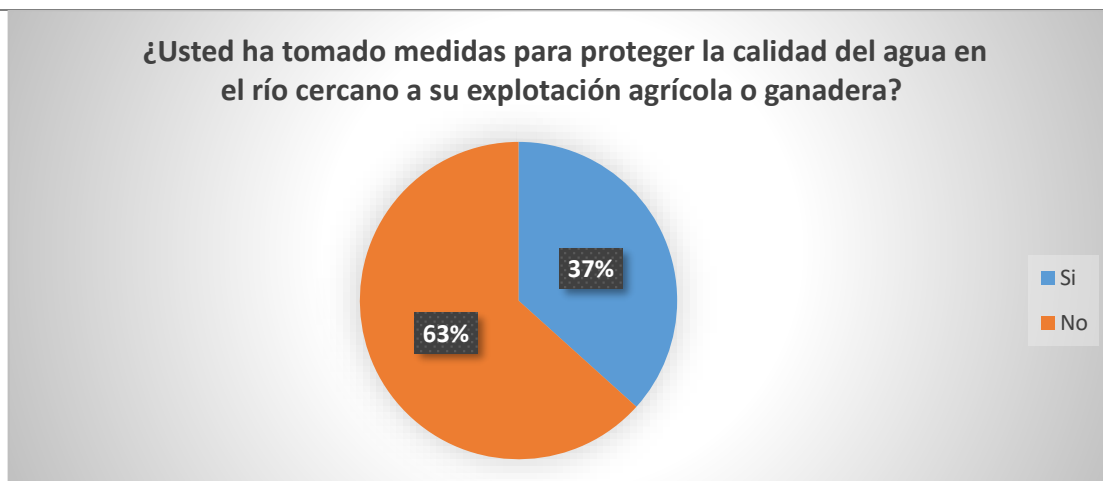


Figura 80. Pregunta 15

Según la tabla 50, a pesar de que los encuestados pertenecen a una comunidad rural, el 53% de personas no pertenecen a ningún grupo o junta de riego, mientras que el 47% si pertenece.

Tabla 50. Resultados Pregunta 16

	Opción	Total	Porcentaje
Pertenece algún grupo o junta de riego	Si	14	47%
	No	16	53%
	Total	30	100%

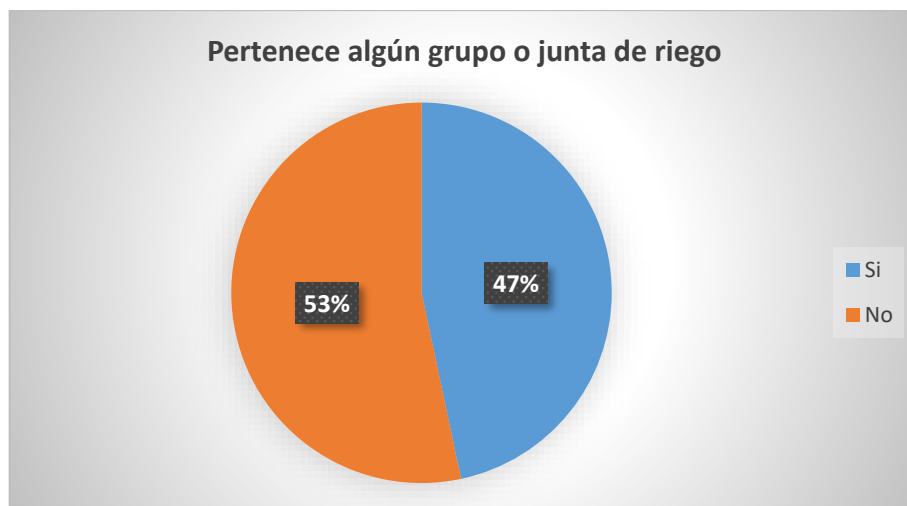


Figura 81. Pregunta 16

En base a la tabla 51, las personas encuestadas opinan que deben hacer implementación de nuevos sistemas de tratamiento de aguas residuales, de igual manera campañas de concientización y regulación y control de vertidos de instituciones, así como restricción de actividades contaminantes cerca del río.

Tabla 51. Resultados Pregunta 17

¿Qué medidas cree usted que podrían tomarse para mejorar la calidad del agua del río?	Opción	Total	Porcentaje
¿Qué medidas cree usted que podrían tomarse para mejorar la calidad del agua del río?	Mayor regulación y control de los vertidos por parte de instituciones	6	20%
	Campañas de concientización sobre el cuidado del agua	9	30%
	Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales	10	33%
	Restricción de actividades contaminantes cerca del río	5	17%
	Otro	0	0%
	Total	30	100%

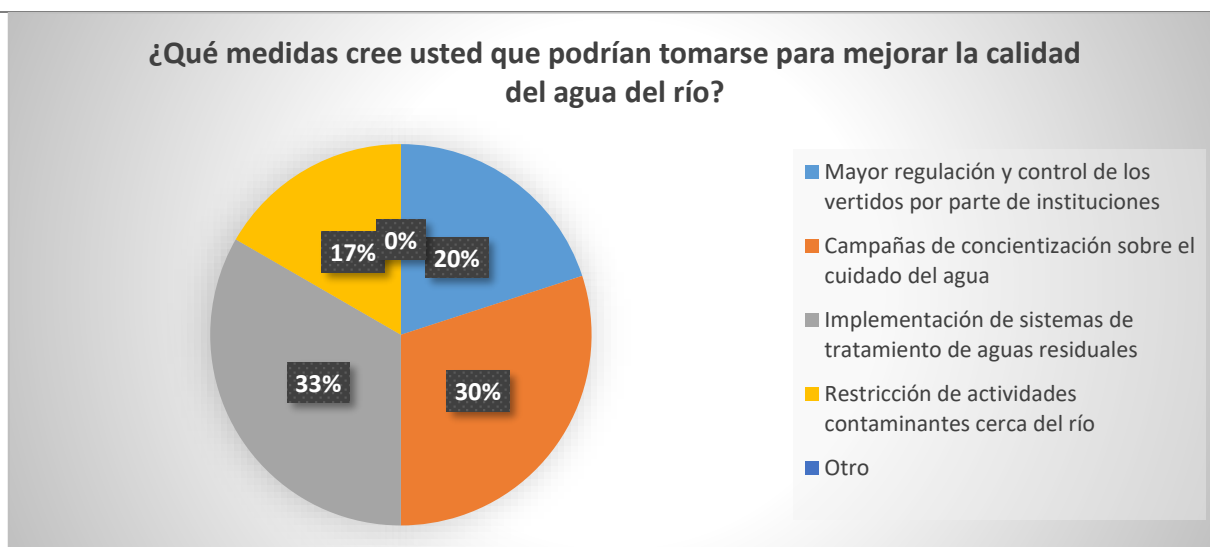


Figura 82. Pregunta 17

Para que las personas fomenten prácticas sostenibles para el cuidado del agua, en base a la tabla 52 se puede observar que el 47% de personas prefieren recibir capacitaciones y asesoramientos, mientras que el 40% equipos tecnológicos y el 13% incentivos productivos.

Tabla 52. Resultados Pregunta 18

	Opción	Total	Porcentaje
¿Qué incentivos o apoyos considera que serían útiles para fomentar prácticas sostenibles que protejan la calidad del agua en la agricultura y ganadería?	Incentivos productivos	4	13%
	Capacitaciones y asesoramientos	14	47%
	Equipos para acceso a tecnologías eficientes en el uso del agua	12	40%
	Otro	0	0%
	Total	30	100%



Figura 83. Pregunta 18

En conclusión, luego de realizar 30 encuestas, repartidas equitativamente en cada punto y aplicarse en diferentes comunidades y pobladores, se logró establecer los principales problemas que existen dentro del área de estudio y podemos observarlos en la siguiente tabla:

Tabla 53. Principales problemas dentro del área de estudio

Principales problemas dentro de la zona de estudio	
1	Basura
2	Pesticidas
3	Desagües de los hogares
4	Residuos de la ganadería

La mayoría de las personas se abastecen del agua de la quebrada, lo cual utilizan directamente un método de aspersión, debido a que gran parte de los encuestados piensan que el agua del río permanecido igual, pero si consideran que la agricultura, la ganadería, el desagüe de los hogares y la basura son la principal fuente de contaminación del río y que esto ha aportado a que su ganado presenten enfermedades, en su mayoría gastrointestinales y parasitarias.

4.7 Plan de medidas correctivas

La mayoría de la población encuestada no conoce ninguna medida que se estén tomando por parte de las instituciones tanto públicas como privadas, pero si están de acuerdo en que estas entidades brinden soluciones a la contaminación que pone en riesgo cultivos y ganado. Es alarmante que 19 de las 30 personas encuestadas no han tomado ninguna medida para proteger la calidad del agua en el río cercano a su explotación agrícola o ganadera, es debido a que casi el total de personas que se les consultó nunca han recibido ninguna charla o capacitación en cuanto al cuidado del agua. Entre las soluciones que mas aceptación se tuvo entre la población encuesta estan:

Tabla 54. Medidas correctivas propuestas con mas aceptación entre la población

Medidas correctivas
Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales
Campañas de concientización sobre el cuidado del agua
Mayor regulación y control de los vertidos por parte de instituciones
Restricción de actividades contaminantes cerca del río

Debido a que el desague es uno de los problemas que aqueja a la población y es una posible causa de la contaminación del río, se creo que implementado sistemas de tratamiento de aguas residuales se podría disminuir la contaminación.

Las campañas de concientización del agua son esenciales, no solo a quienes viven en la zona de estudio, si no también a la población en general y que mejor brindando conocimientos desde las etapas escolares, donde la persona se forma, creando así una conciencia que sea transmitida a futuras generaciones en beneficio del planeta.

Controlar y regular los vertidos por las instituciones es fundamental, debido a que existen fabricas que sin ninguna conciencia vierten sus residuos directamente al agua, sin ningún tratamiento previo, siendo este una de las principales fuentes de contaminación de los ríos, solo en el cantón Cañar, si no a nivel mundial, creando ordenanzas y sanciones por parte de los diferentes GAD's se podría mitigar la contaminación de ríos.

Restringir las actividades contaminantes contribuye a que el río este siempre sano, hay ciertas actividades como lo es la agricultura y en su mayoría la ganadería que son potenciales contaminantes del río y estas actividades se realizan a toda hora.

Según la población se deberían considerar incentivos o apoyos que serían útiles para fomentar practicas sostenibles que protejan la calidad del agua en la agricultura y ganadería, dentro de estas recomendaciones podemos encontrar:

- Incentivos productivos.
- Capacitaciones y asesoramientos gratuitos.
- Equipos para acceso a tecnologías eficientes en el uso del agua.

Plan de medidas correctivas para las microcuencas Silante y San Pedro

Problemas presentes	Impacto generado	Medidas propuestas	Resultados esperados
Desague de domicilios	<p>-Los contaminantes se infiltran en el suelo, afectando la calidad del suelo y en última instancia, comprometiendo la salud de las plantas y la producción agrícola.</p> <p>-La descarga constante de aguas residuales alteran el equilibrio natural de los ecosistemas acuáticos, afectando a las plantas y animales que utilizan el agua río abajo.</p>	Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.	Cumplir con las regulaciones ambientales y los estándares de calidad del agua, lo que es esencial para mantener la integridad ambiental y la sostenibilidad a largo plazo.
Depósito de basura en ríos	<p>-La acumulación de basura en las orillas y lechos de los ríos puede modificar los hábitats naturales. Esto afecta a la flora y fauna locales, alterando los equilibrios ecológicos y reduciendo la biodiversidad.</p> <p>-Los contaminantes pueden acumularse en los organismos acuáticos, afectando a los animales que se alimentan de ellos y, en última instancia, a los humanos que consumen estos productos.</p>	<p>-Campañas de concientización sobre el cuidado del agua.</p> <p>-Capacitaciones y asesoramientos gratuitos</p>	La recolección efectiva de basura en los ríos no solo tiene un impacto inmediato en la limpieza del entorno acuático, sino que también conlleva beneficios a largo plazo para la salud del ecosistema y la calidad de vida de las comunidades locales.

Residuos de la ganadería	<ul style="list-style-type: none"> -Problemas como la proliferación de algas y la eutrofización. -Contribuye a la presencia de patógenos y bacterias en el agua. -La actividad ganadera, contribuye a la erosión del suelo. Los sedimentos resultantes pueden ingresar a los ríos, afectando la claridad del agua y perjudicando a los organismos que dependen de aguas limpias y sin sedimentos. -Generar emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor regulación y control de los vertidos. -Capacitaciones y asesoramientos gratuitos -Programas de reconocimientos y premios para ganaderos que demuestren liderazgo en la adopción de prácticas sostenibles y en la reducción de residuos cerca de los ríos 	<ul style="list-style-type: none"> -Beneficia directamente a la salud de los ecosistemas acuáticos y reduce los riesgos asociados con la proliferación de algas y la eutrofización. -Disminución de patógenos y bacterias perjudiciales en el agua, lo que reduce los riesgos para la salud humana y la vida acuática. -Asegurando el cumplimiento de normativas para la protección del medio ambiente y la salud pública.
Uso de pesticidas	<ul style="list-style-type: none"> -Los pesticidas lixivian y se escurren desde las áreas agrícolas hacia los ríos, contaminando el agua. -Muchos pesticidas son tóxicos para organismos acuáticos, como peces, insectos y otros invertebrados. -Desarrollo de resistencia en poblaciones de plagas y enfermedades. -Afecta a organismos no blancos, como insectos benéficos, 	<ul style="list-style-type: none"> -Restricción de actividades contaminantes cerca del río. -Capacitaciones y asesoramientos gratuitos -Proporcionar acceso a créditos agrícolas con tasas de interés preferenciales para aquellos agricultores que adopten prácticas de gestión integrada de plagas y reduzcan el uso de pesticidas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mantener poblaciones saludables de peces, insectos y otros organismos acuáticos. -Contribuye a la seguridad alimentaria al garantizar la disponibilidad de agua de calidad para el riego de cultivos y la producción agrícola. -Disminuir el riesgo de desarrollo de resistencia en poblaciones de plagas y enfermedades, fomentando así

polinizadores y otros organismos
beneficiosos presentes en los
ecosistemas acuáticos.

prácticas agrícolas más sostenibles y
efectivas.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- La microcuenca del río Silante y San Pedro son afluentes del río Cañar, la zona de estudio se encuentra entre los 2920 y 4440 msnm, la microcuenca del río Silante está compuesta por 15 corrientes de agua, mientras que la microcuenca del río San Pedro consta de 25, son zonas con temperaturas bajas y con un alto nivel de precipitaciones.
- La microcuenca del río Silante presenta un gran potencial erosivo y se encuentra en una fase de juventud, la precipitación anual se encuentra en 645,83 mm de lluvia con una temperatura promedio de 8°C, el suelo que predomina en el territorio es de tipo andisoles, con pendientes consideradas entre media y media fuertes, en la parte alta de la microcuenca, la cobertura vegetal que predomina es el páramo, mientras que en la zona baja el pastizal.
- La microcuenca del río San Pedro posee un estado de equilibrio presentando estabilización y con una fase de madurez, su precipitación anual es de 762,83 mm de lluvia, con una temperatura promedio de 9°C, está formado en su mayoría por suelos de tipo andisoles, presenta pendientes en su mayoría entre medias, medias fuertes y fuertes respectivamente, dentro de la microcuenca en la parte alta predomina el páramo y en la zona el pastizal.
- En comparación con los datos del ICA-NSF, representa una mediana calidad del agua, utilizable en la mayoría de los cultivos, pero para consumo como agua potable, necesita un tratamiento previo de potabilización.
- Los principales problemas desde el punto de vista de la población que se encuentra identificada con las microcuencas estudiadas, es la basura que se arroja al río, así como los pesticidas, residuos de la ganadería y los desagües de los hogares, para mitigar los problemas, se podrían implementar medidas correctivas como: implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, campañas de concientización sobre el cuidado del agua, mayor regulación y control de los vertidos por parte de las instituciones y restricción de actividades contaminantes cerca del río.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Generar charlas y capacitaciones tanto en las escuelas y colegios, como a los pobladores de la zona, enfocados en las buenas prácticas agrícolas y ganaderas, creando una conciencia ambiental desde la niñez y motivando a que continúen aprendiendo al pasar del tiempo.
- Solicitar a las instituciones tanto públicas como privadas a que efectúen controles periódicos del agua dentro de las microcuencas estudiadas, evitando así el deterioro del ecosistema y mitigando daños irreversibles en el futuro.
- Invitar a las autoridades tanto del cantón como de la provincia del Cañar, a crear o reforzar políticas y regulaciones acerca del recurso hídrico, así como también tener en cuenta la entrega de incentivos a los pobladores que realizan las diferentes actividades, dentro de las zonas de la microcuenca.
- Incentivar la participación comunitaria, mediante mingas de limpieza a las orillas de los ríos, quebradas, lagos, lagunas y canales de riego.
- Fomentar prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles mediante reconocimientos, premios y créditos agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M., Vanegas, E., & García, N. (2016). Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39–43.
- Álvarez, E. (2017). *Calidad microbiológica del agua del río Mero*. Universidade Da Coruña.
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2023). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (24th ed). APHA Press.
- Araque, M., Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, Cl., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas* (Universida). Editorial Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19038>
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. In *Lexis Finder*. <https://doi.org/10.1075/ttwia.40.16bee>
- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solis, M. (2019). Contamination of river: case Guayas river and its affluent. *Manglar*, 16(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.009>
- Bautista, A., Tovar, J., Mancilla, Ó., Magdaleno, H., Ramírez, C., Arteaga, R., & Vázquez, M. (2013). Calidad microbiológica del agua obtenida por condensación de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 29(2), 167–175.
- Bavera, G., Rodríguez, E., Beguet, H., Bocco, O., & Sánchez, J. (2001). *Manual de aguas y aguadas para el ganado* (Ed. Hemisf, Issue 1).
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bonet, C., & Ricardo, M. (2013). Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1), 36–38. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000300003#:~:text=El nivel de Na%2B y,agua empleada en el riego.
- Calle, N. (2007). *Guía turística del complejo arqueológico de Ingapirca*. Universidad del Azuay.
- Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). *Deteminación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23518>
- Casanova, A., & Zuaznabar, M. (2017). Los Modelos de Desarrollo y Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 9(2), 75–81.
- Castellón, J., Bernal, R., & Hernández, M. de L. (2020). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39–50. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750924004.pdf>
- Centeno, M. (2015). *Análisis hidrológico-hidráulico para los puentes en zonas de inundación generadas por el Proyecto "Pacalori"* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21650>
- Chacha, N. (2021). *Evaluación de la calidad de agua, utilizada en los sistemas de riego en el cultivo de banano, machala - el oro* [UTMACH]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16549>
- Clavijo, A., & Granja, K. (2016). *Análisis del estado de conservación ambiental de la microcuenca*

del río Chamachán en la parroquia Mariano Acosta, provincia de Imbabura, a través de indicadores físicos, bióticos y socio económicos [Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15225>

- Cobos, F., & Narváez, D. (2018). Fenología y producción de Rye grass (*Lolium multiflorum*) bajo sistema de labranza convencional y alternativa en la Granja de Irquis. In *Universidad De Cuenca*. [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28826/3/Trabajo de Titulación.pdf.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28826/3/Trabajo%20de%20Titulaci3n.pdf.pdf)
- Cutipa-Luque, L., Alvarino, L., & Iannacone, J. (2020). Situación actual de las áreas marinas protegidas en el Perú y propuestas de conservación. *Paideia Xxi*, 10(2), 573–613. <https://doi.org/10.31381/paideia.v10i2.3446>
- Delgado, O., & Zarate, E. (2002). *Los páramos de Azuay y Cañar* [Universidad-Verdad]. Universidad del Azuay
- Dinius, S. H. (1987). DESIGN OF AN INDEX OF WATER QUALITY. *Journal of the American Water Resources Association*, 23(5), 833–843. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1987.tb02959.x>
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. In *Serie Recursos Naturales e Infraestructura* (Vol. 47). Naciones Unidas. <https://doi.org/1680-9025>
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación*, 100. file:///C:/Users/Alina Belen Ortiz/Downloads/a0541s00(1).pdf
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11, 147–170. <https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>
- Fernández, A., Schenone, N., Pérez, A., & Volpedo, A. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *Revista AUGMDOMUS*, 45–66. <http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showtoc>
- Figuroa, F., & Pichizaca, A. (2003). Propuesta de gestión ambiental para la subcuenca alta del río Cañar, mediante la utilización de un SIG. *Sierra*, 1–28.
- GAD Parroquial Honorato Vásquez. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Honorato Vásquez*. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- GAD Parroquial Honorato Vásquez. (2023). *Agrícola*. <https://honoratovasquez.gob.ec/index.php/ct-menu-item-31/ct-menu-item-35>
- GAD Parroquial Ingapirca. (2015). *Diagnóstico del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Ingapirca*. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- GAD Parroquial Ingapirca. (2023a). *Agrícola*. <https://www.ingapirca.gob.ec/index.php/ct-menu-item-31/ct-menu-item-35>
- GAD Parroquial Ingapirca. (2023b). *Datos Geográficos*. <https://www.ingapirca.gob.ec/index.php/ct-menu-item-11/ct-menu-item-27>
- GAD Provincial del Cañar. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Cañar*. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- García, M. (2014). *Propuesta de mejora del sendero turístico Intihuayco del complejo arqueológico de Ingapirca, provincia del Cañar*. Universidad de Cuenca.
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/27877>
- Gleason, J. (2014). *Sistemas de aguas sustentables en las ciudades*. Trillas.

- Gracia, A., Campos, J., Villalobos, R., Francisco, J., & Solórzano, R. (2005). Enfoques de manejo de recursos naturales a escala de paisaje: Convergencia hacia un enfoque ecosistémico. In *CATIE*.
- Guachamín, W., Cadena, J., Carvajal, J., & García, F. (2015). Cuenca Río Mira, Mapa de escurrimiento. In *INAMHI*. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DEL_MIRA.pdf
- Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G., & Salas, M. (2016). Contaminación de agua. *ECORFAN @ Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1–10. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Gutiérrez, J., & Gould, M. (1994). *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Síntesis, S.A.
- Hernández, F. (2016). *Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del Cromo Hexavalente en la parte alta del río Suquiapa, Santa Ana, El Salvador*. Universidad de El Salvador.
- Holguin, J. (2019). *Calidad bacteriológica de queso fresco artesanal comercializado en mercados del distrito de Trujillo - La Libertad, Perú - 2019* [Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14607>
- IGM. (2023). *Capas de Información Geográfica Básica del IGM de libre acceso*. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>
- INAMHI. (2023). *Geoinformación Hidrometeorológica – Institutos*. <https://www.gob.ec/inamhi>
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. (2013a). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. In *Norma Técnica Ecuatoriana*.
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. (2013b). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Tecnicas de muestreo. In *Norma Técnica Ecuatoriana: Vol. NTE INEN 2*. https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf
- Instituto Ecuatoriano De Normalización. (2013c). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266:2013: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo. In *NTE INEN 2266: 2013: Agua. Calidad Del Agua. Muestreo. Diseño De Los Programas De Muestreo*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México : causas, efectos y tecnología apropiada*. UNAM y FEMISCA.
- Juela, O. (2011). *Estudio hidrológico y balance hídrico de la cuenca alta del río Catamayo hasta la estación el arenal en el sitio el boquerón, provincia de Loja*. Universidad Nacional de Loja.
- Kuznik, A., Hurtado, A., & Espinal, A. (2010). El uso de la encuesta de tipo social en traductología: características metodológicas. *MonTi: Monografías de Traducción e Interpretación*, 2, 315–344. <https://doi.org/10.6035/monti.2010.2.14>
- Lazo, A. (2016). *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico de vivienda unifamiliar en el clima ecuatorial de alta montaña, ubicado en el cantón Chordeleg, provincia del Azuay* [Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/1676>
- Leiva, C. (2014). La Agricultura y la Ciencia. *Idesia (Arica)*, 32(3), 03–05. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000300001>
- Llamas, J. (1993). *Hidrología General: Principios y Aplicaciones*. Bilbao : Servicio Editorial,

Universidad del País Vasco.

- López Cadenas de Llano, F., & Fernández, G. (1998). Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión : ingeniería medioambiental. In *Tragsa : Tragsatec* (2a. ed. re). Tragsa : Tragsatec. <https://doi.org/LK> - <https://worldcat.org/title/318260837>
- MAGAP. (2023a). *Agricultura, la base de la economía y la alimentación*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/agricultura-la-base-de-la-economia-y-la-alimentacion/>
- MAGAP. (2023b). *MAE ejecuta proyecto sobre manejo de ganadería sostenible*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas* (Díaz de Santos (ed.)).
- Martínez, M., Mendoza, J., Medrano, B., Gómez, L., & Zafra, C. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías*, 19(1), 15–24. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n1-2020001>
- Mayorga, A., Hugo, M., & Uvidia, M. (2022). Sistemas de información geográfica aplicados a la topografía. *Opuntia Brava*, 11(4), 370–374. <http://orcid.org/0000-0002-4240-4260><http://orcid.org/0000-0001-6798-8736>
- Mendoza, M., Quevedo, A., Bravo, Á., Flores, H., De La Isla de Bauer, M. de L., Gavi, F., & Zamora, B. (2014). Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva ley de aguas de Mexico. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 30(4), 429–436.
- Miljojkovic, D., Trepšić, I., & Milovancevic, M. (2019). Assessment of physical and chemical indicators on water turbidity. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 527, 121171. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121171>
- Montes, G. (2000). Metodología y técnicas de diseño y realización de encuestas en el área rural. *SciELO*, 21, 39–50. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29152000000100003&lng=es&tlng=es.
- Montoya, C., Loai, D., Torres, P., Cruz, C., & Escobar, J. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. *Revista EIA*, 137–148.
- Moscoso, J. (2021). *Propuesta de un proyecto agroturístico en la parroquia de Ingapirca perteneciente al cantón Cañar* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10814>
- Nieto, C., Lescano, M., & Mejía, M. (2017). Influencia de la aptitud natural de uso del suelo en la pobreza y desnutrición de la población rural en la provincia de Cotopaxi, Sierra Centro del Ecuador. *Siembra*, 4(1), 1–20. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.295>
- OMS. (2022). *Agua para consumo humano*. Organización Mundial de La Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- ONU. (2023). *Cuatro razones para proteger los ríos*. ONU Programa Para El Medio Ambiente. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/cuatro-razones-para-proteger-los-rios>
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? In *Sociedad Geológica de Lima* (Vol. 1). http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Orozco, C., Pérez, A., González, M. N., Rodríguez, F. J., & Alfayate, J. M. (2002). *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*. Paraninfo.
- Pacheco, J., & Cabrera, A. (2003). Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería*, 7(2), 47–54.

<http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/fuentes.pdf>

- Pérez, A., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 1905–1918.
- Pérez, R. (2008). El lado oscuro de la ganadería. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 39(154), 217–227.
- Pourrut, P. (1987). *CLIMA DEL ECUADOR Génesis, distribución y aspectos originales*.
- Querol, M. (2003). *Estudio sobre los convenios y acuerdos de cooperación entre los países de América Latina y el Caribe, en relación con sistemas hídricos y cuerpos de agua transfronterizados*. CEPAL, Serie Recursos Naturales e Infraestructura.
- Quesada, A., & Barrantes, G. (2017). Modelo morfométrico para determinar áreas susceptibles a procesos de ladera. *Investigaciones Geográficas*, 94, 37–48. <https://doi.org/10.14350/rig.57318>
- Ramakrishna, B. (1997). Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. In *lica* (pp. 1–319). IICA/ GTZ. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_JL28RE5CIC&oi=fnd&pg=PR9&dq=cuenca+hidrogr%C3%A1fica&ots=OmWCQ-CMEz&sig=CbEk_cJ9mSjJfKYFvfhhYJcvp9w#v=onepage&q=cuenca+hidrogr%C3%A1fica&f=false
- Raspo, C., & Tassone, L. (2019). Cultivos de cobertura de avena y centeno: efecto de la fertilización nitrogenada y momento de quemado sobre la eficiencia de uso del agua, relación carbono nitrógeno y control de maleza. *SEMIÁRIDA Revista de La Facultad de Agronomía UNLPam*, 29(2), 79–83.
- Rodríguez, F. (2006). Cuencas Hidrográficas, Descentralización y Desarrollo Regional Participativo. *Inter Sedes*, VII(12), 113–125.
- Rodríguez, M., Aransay, J. M., Diago, M. P., Lana-Renault, N. S., Llorente, J., Ruíz, P., & de Cabezón, E. (2020). *Enseñanza de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en estudios de grado y posgrado en la Universidad de La Rioja. Principios teóricos y ejercicios prácticos*. Universidad de la Rioja.
- Rodríguez, M., & Gordón, D. (2015). Análisis Automático de la Susceptibilidad de las Inestabilidades de Laderas Provocadas por Terremotos en un Sector de la Cordillera de los Andes, Ecuador. *Revista de La Sociedad Geológica de España*, 28(1), 91–104. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/34751>
- Roldán, O. (2021). Impacto de las actividades antrópicas en las Áreas Naturales Protegidas. Caso Peruano. *Revista Científica De Biología Y Conservación*, 1(2), 18–32. <https://bit.ly/3FFtZ92>
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172–181. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v27n3.14858>
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Marquéz, R., & Zambrano, L. (2007). Perspectivas sobre Conservación de Ecosistemas Acuáticos en México. In *Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki* (Issue January). <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#0>
- SENPLADES. (2012). *Amenaza a Erosión Hídrica. Proyecto: Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional*.
- SIGTIERRAS. (2023). *Catalogo de Datos*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://geoport.al.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>
- Simbaña, K., Romero, D., Yáñez, G., Benavides, D., & Navarrete, H. (2019). Evaluación de la calidad del agua del río Pita (Ecuador), implicación para la conservación de la vida acuática y silvestre.

InfoANALÍTICA, 7, 71–93.

- SNI. (2023). *Archivos de Información Geográfica*. <https://sni.gob.ec/coberturas>
- Sosa, J., & Martínez, F. (2009). Los sistemas de información geográfica y su aplicación en enlaces de comunicaciones. *Científica*, 13, 27–34. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61412184005%0ACómo>
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. *GSA Bulletin*, 63(11), 1117–1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Tartabull, T., & Betancourt, T. (2016). La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(1), 47–61.
- UNICEF. (2023). *El agua y la crisis climática global: 10 cosas que debes saber*. UNICEF. <https://www.unicef.org/stories/water-and-climate-change-10-things-you-should-know>
- Urquiza, K. (2018). La información secundaria. *MCGraw Hill España*, 12. <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448199251.pdf>
- Valero, C. (2022). La Caracterización Hidrográfica y su Influencia en la Evaluación del Riesgo de Inundación. *Polo Del Conocimiento*, 7(8), 1575–1594. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>
- Vanegas, R. (2016). *Disponibilidad de materia orgánica bentónica y su potencial relación con la estructura física de cauces, en microcuencas prioritarias del cantón Loja*. Universidad Nacional de Loja.
- Verdugo, M. (2017). *Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14381>
- Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Villón, M. (2002). *Hidrología* (2 ed. Lima). Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Wolf, T. (1892). Geografía y geología del Ecuador: publicada por orden del Supremo Gobierno de la República. *Leipzig, Tipografía F. A. Brockhaus*, 1–671. <http://files.bernardo-servin-massieu.com/200000059-af10bb00a5/tabasco.pdf>
- Zhicay, J. (2020). *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Zumbado, F., & Mesén, R. (2018). Gestión de cuencas y turismo. Caso de la cuenca del Río Frío, Guatuso, Costa Rica. *El Colegio Mexiquense, A. C.*, 141–163.

ANEXOS

Anexo 1: Resultados ICA-NSF en cada uno de los puntos de muestreo por día

Resultados ICA-NSF Punto 1 (4/06/2023)

Punto 1					
Parámetro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	71	86	0,08	6,88
Fosfatos	mg/L	3,68	19	0,1	1,9
Nitratos	mg/L NO3	0,6	70	0,1	7
Turbiedad	NTU	44,3	42	0,08	3,36
DBO5	mg/L	25	8	0,1	0,8
Variación de Temperatura	°C	5,1	69	0,1	6,9
pH	U pH	9,54	30	0,12	3,6
Oxígeno Disuelto	% Saturación	91,14	92	0,17	15,64
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	70	0,15	10,5
Valor de ICA/NSF=					56,58

Resultados ICA-NSF Punto 2 (4/06/2023)

Punto 2					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	49	88	0,0925	8,14
Fosfatos	mg/L	7,7	8	0,1125	0,9
Nitratos	mg/L NO3	0,8	61	0,1125	6,8625
Turbiedad	NTU	173	5	0,0925	0,4625
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	5,1	69	0,0125	0,8625
pH	U pH	9,38	39	0,1325	5,1675
Oxígeno Disuelto	% Saturación	92,28	93	0,1825	16,9725
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	2	0,1625	0,325
Valor de ICA/NSF=					39,6925

Resultados ICA-NSF Punto 3 (4/06/2023)

Punto 3					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	33	84	0,08	6,72
Fosfatos	mg/L	6,93	9	0,1	0,9
Nitratos	mg/L NO3	0,5	73	0,1	7,3
Turbiedad	NTU	87,9	22	0,08	1,76
DBO5	mg/L	3	88	0,1	8,8
Variación de Temperatura	°C	3,3	79	0,1	7,9

pH	U pH	9,25	40	0,12	4,8
Oxígeno Disuelto	% Saturación	90,86	91	0,17	15,47
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	2	0,15	0,3
Valor de ICA/NSF=					53,95

Resultados ICA-NSF Punto 4 (4/06/2023)

Punto 4					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	27	83	0,08	6,64
Fosfatos	mg/L	7,48	8,3	0,1	0,83
Nitratos	mg/L NO3	0,5	73	0,1	7,3
Turbiedad	NTU	50,4	39	0,08	3,12
DBO5	mg/L	3	88	0,1	8,8
Variación de Temperatura	°C	2,6	88	0,1	8,8
pH	U pH	9,74	27	0,12	3,24
Oxígeno Disuelto	% Saturación	92,13	92,8	0,17	15,776
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1600	2	0,15	0,3
Valor de ICA/NSF=					54,806

Resultados ICA-NSF Punto 5 (4/06/2023)

Punto 5					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	58	87	0,0925	8,0475
Fosfatos	mg/L	4,21	16,5	0,1125	1,85625
Nitratos	mg/L NO3	0,4	79	0,1125	8,8875
Turbiedad	NTU	43,1	42,5	0,0925	3,93125
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	5,6	68,7	0,0125	0,85875
pH	U pH	9,77	25	0,1325	3,3125
Oxígeno Disuelto	% Saturación	86,42	90	0,1825	16,425
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1600	2	0,1625	0,325
Valor de ICA/NSF=					43,64375

Resultados ICA-NSF Punto 6 (4/06/2023)

Punto 6					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	51	87	0,08	6,96
Fosfatos	mg/L	8,82	6,8	0,1	0,68
Nitratos	mg/L NO3	0,4	79	0,1	7,9
Turbiedad	NTU	126	5	0,08	0,4
DBO5	mg/L	3,7	85	0,1	8,5

Variación de Temperatura	°C	4,3	75	0,1	7,5
pH	U pH	9,23	40,5	0,12	4,86
Oxígeno Disuelto	% Saturación	98,75	99	0,17	16,83
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1600	2	0,15	0,3
Valor de ICA/NSF=					53,93

Resultados ICA-NSF Punto 1 (18/03/2023)

Punto 1

Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	81	85	0,08	6,8
Fosfatos	mg/L	2,2	27	0,1	2,7
Nitratos	mg/L NO3	0,4	79	0,1	7,9
Turbiedad	NTU	25,4	58	0,08	4,64
DBO5	mg/L	103	2	0,1	0,2
Variación de Temperatura	°C	6,7	62	0,1	6,2
pH	U pH	8,22	76	0,12	9,12
Oxígeno Disuelto	% Saturación	90,25	91,5	0,17	15,555
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	2	0,15	0,3
Valor de ICA/NSF=					53,415

Resultados ICA-NSF Punto 2 (18/03/2023)

Punto 2

Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	62	86,5	0,0925	8,00125
Fosfatos	mg/L	6,56	9,9	0,1125	1,11375
Nitratos	mg/L NO3	0,4	79	0,1125	8,8875
Turbiedad	NTU	43,7	43	0,0925	3,9775
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	6,2	63	0,0125	0,7875
pH	U pH	8,38	70	0,1325	9,275
Oxígeno Disuelto	% Saturación	91,39	92,2	0,1825	16,8265
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	2	0,1625	0,325
Valor de ICA/NSF=					49,194

Resultados ICA-NSF Punto 3 (18/03/2023)

Punto 3

Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	41	86	0,08	6,88
Fosfatos	mg/L	2,59	24,4	0,1	2,44
Nitratos	mg/L NO3	0,4	79	0,1	7,9

Turbiedad	NTU	19,7	61,5	0,08	4,92
DBO5	mg/L	19	12	0,1	1,2
Variación de Temperatura	°C	4,9	72	0,1	7,2
pH	U pH	8,1	81	0,12	9,72
Oxígeno Disuelto	% Saturación	89,38	91	0,17	15,47
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	2	0,15	0,3
Valor de ICA/NSF=					56,03

Resultados ICA-NSF Punto 4 (18/03/2023)

Punto 4					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	34	84,2	0,08	6,736
Fosfatos	mg/L	2,74	23	0,1	2,3
Nitratos	mg/L NO3	0,5	73	0,1	7,3
Turbiedad	NTU	7,7	82	0,08	6,56
DBO5	mg/L	0,6	92	0,1	9,2
Variación de Temperatura	°C	3,7	80	0,1	8
pH	U pH	8,04	81	0,12	9,72
Oxígeno Disuelto	% Saturación	91,5	93	0,17	15,81
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	350	20	0,15	3
Valor de ICA/NSF=					68,626

Resultados ICA-NSF Punto 5 (18/03/2023)

Punto 5					
Parámetro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	63	86,4	0,0925	7,992
Fosfatos	mg/L	3,91	18,7	0,1125	2,10375
Nitratos	mg/L NO3	0,6	70	0,1125	7,875
Turbiedad	NTU	27,1	54	0,0925	4,995
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	6,1	64,5	0,0125	0,80625
pH	U pH	8,2	80	0,1325	10,6
Oxígeno Disuelto	% Saturación	86,67	90,02	0,1825	16,42865
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1600	2	0,1625	0,325
Valor de ICA/NSF=					51,12565

Resultados ICA-NSF Punto 6 (18/03/2023)

Punto 6					
Parámetro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	62	86,5	0,0925	8,00125

Fosfatos	mg/L	3,39	20	0,1125	2,25
Nitratos	mg/L NO3	0,5	73	0,1125	8,2125
Turbiedad	NTU	40,5	47	0,0925	4,3475
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	5,3	69,8	0,0125	0,8725
pH	U pH	7,51	93	0,1325	12,3225
Oxígeno Disuelto	% Saturación	86,75	90,04	0,1825	16,4323
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	540	18	0,1625	2,925
Valor de ICA/NSF=					55,36355

Resultados ICA-NSF Punto 1 (02/08/2023)

Punto 1					
Parámetro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	69	87	0,0925	8,0475
Fosfatos	mg/L	12,36	2	0,1125	0,225
Nitratos	mg/L NO3	0,6	70	0,1125	7,875
Turbiedad	NTU	40,9	46,9	0,0925	4,33825
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	5	71	0,0125	0,8875
pH	U pH	8,36	70,3	0,1325	9,31475
Oxígeno Disuelto	% Saturación	93,54	94	0,1825	17,155
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	2	0,1625	0,325
Valor de ICA/NSF=					48,168

Resultados ICA-NSF Punto 2 (02/08/2023)

Punto 2					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	58	87	0,0925	8,0475
Fosfatos	mg/L	2,91	22	0,1125	2,475
Nitratos	mg/L NO3	0,4	79	0,1125	8,8875
Turbiedad	NTU	41,8	45,5	0,0925	4,20875
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	4,8	74	0,0125	0,925
pH	U pH	8,3	70,5	0,1325	9,34125
Oxígeno Disuelto	% Saturación	93,67	94,04	0,1825	17,1623
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	2	0,1625	0,325
Valor de ICA/NSF=					51,3723

Resultados ICA-NSF Punto 3 (02/08/2023)

Punto 3					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	40	85,7	0,0925	7,92725
Fosfatos	mg/L	2,23	26,9	0,1125	3,02625
Nitratos	mg/L NO3	0,4	79	0,1125	8,8875
Turbiedad	NTU	6,55	83	0,0925	7,6775
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	3,5	76	0,0125	0,95
pH	U pH	7,97	86	0,1325	11,395
Oxígeno Disuelto	% Saturación	92,1	92,07	0,1825	16,802775
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	350	20	0,1625	3,25
Valor de ICA/NSF=					59,916275

Resultados ICA-NSF Punto 4 (02/08/2023)

Punto 4					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	30	83,5	0,0925	7,72375
Fosfatos	mg/L	3,55	19,7	0,1125	2,21625
Nitratos	mg/L NO3	0,5	73	0,1125	8,2125
Turbiedad	NTU	17,8	66	0,0925	6,105
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	2,5	81	0,0125	1,0125
pH	U pH	7,95	87	0,1325	11,5275
Oxígeno Disuelto	% Saturación	93,63	94,02	0,1825	17,15865
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	220	42	0,1625	6,825
Valor de ICA/NSF=					60,78115

Resultados ICA-NSF Punto 5 (02/08/2023)

Punto 5					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	59	86,8	0,0925	8,029
Fosfatos	mg/L	4,74	15	0,1125	1,6875
Nitratos	mg/L NO3	0,4	79	0,1125	8,8875
Turbiedad	NTU	23,3	59	0,0925	5,4575
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	5	71	0,0125	0,8875
pH	U pH	8,19	80	0,1325	10,6
Oxígeno Disuelto	% Saturación	87,41	91	0,1825	16,6075

Coliformes Fecales	NMP/100 mL	> 1600	2	0,1625	0,325
Valor de ICA/NSF=					52,4815

Resultados ICA-NSF Punto 6 (02/08/2023)

Punto 6					
Parametro	Unidades	Valor Obtenido	Qi	Wi Corregido	Qi*Wi
Solidos Disueltos Totales	mg/L	52	86,8	0,0925	8,029
Fosfatos	mg/L	8,06	8	0,1125	0,9
Nitratos	mg/L NO3	0,5	73	0,1125	8,2125
Turbiedad	NTU	52,5	38	0,0925	3,515
DBO5	mg/L	No detectable	0	0,0125	0
Variación de Temperatura	°C	3,7	80	0,0125	1
pH	U pH	7,84	89	0,1325	11,7925
Oxígeno Disuelto	% Saturación	88,75	90,08	0,1825	16,4396
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1600	2	0,1625	0,325
Valor de ICA/NSF=					50,2136

Anexo 2: Modelo de encuestas realizada



UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA PARA EL DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA Y GANADERO EN DOS TRIBUTARIOS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAÑAR

Las siguientes preguntas permiten acercarse al uso del agua que tienen las personas que viven en zonas aledañas a los ríos estudiados.

Fecha: _____ Codificación: _____

Río: _____ Comunidad: _____

1. Edad:

Años

2. ¿Hace cuántos años reside aquí?

3. ¿Cuál es la fuente de agua que usted utiliza en su actividad agrícola o ganadera?

Pozo

Quebrada

Laguna

Otro

4. ¿Qué método de riego utiliza usted?

Inundación

Aspersión

Goteo

Otro

5. ¿Ha notado algún cambio en la calidad del agua del río en los últimos años?

Ha mejorado

Ha empeorado

Ha permanecido igual

No estoy seguro

6. ¿Considera que la actividad agrícola o ganadera puede afectar la calidad del agua en el río cercano?

- Sí
 No
 No estoy seguro

7. ¿Cuál cree que es la fuente principal de contaminación del río?

- Basura
 Pesticidas
 Residuos de la Ganadería
 Otro Especifique: _____

8. Su ganado ha presentado algún tipo de enfermedad

- Sí
 No

9. Por favor especifique la enfermedad que se ha presentado su ganado

- Enfermedades gastrointestinales
 Enfermedades parasitarias de piel o mucosas
 Enfermedades del sistema respiratorio
 Enfermedades del sistema urinario
 Otro Especifique: _____

10. ¿El agua del río ha causado alguna molestia o enfermedad a usted o algún miembro de su hogar?

- Sí
 NO

11. Por favor identifique el tipo de enfermedad que se ha presentado usted o algún miembro de su familia

- Gastroenteritis
 Hepatitis A
 Colera
 Amebiasis
 Otro Especifique: _____

12. ¿Conoce alguna estrategia de las instituciones públicas o privadas que se esté haciendo para mejorar la calidad del agua?

Si

No

13. ¿Estaría de acuerdo en implementar tecnologías más eficientes en el uso del agua en su explotación?

Si

No

14. ¿Ha recibido alguna capacitación o asesoramiento en los últimos cinco años sobre prácticas de uso del agua en la agricultura o ganadería? En caso de haber elegido la respuesta si, por favor especificar la institución.

Si

No

Institución Capacitadora _____

15. ¿Usted ha tomado medidas para proteger la calidad del agua en el río cercano a su explotación agrícola o ganadera? En caso de haber elegido la respuesta si, por favor especificar la institución.

Si

No

Especifique la medida _____

16. Pertenece algún grupo o junta de riego

Si

No

17. ¿Qué medidas cree usted que podrían tomarse para mejorar la calidad del agua del río?

Mayor regulación y control de los vertidos por parte de instituciones.

Campañas de concientización sobre el cuidado del agua

Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales

Restricción de actividades contaminantes cerca del río

Otro

Especifique: _____

18. ¿Qué incentivos o apoyos considera que serían útiles para fomentar prácticas sostenibles que protejan la calidad del agua en la agricultura y ganadería?

Incentivos productivos

Capacitaciones y asesoramientos

Equipos para acceso a tecnologías eficientes en el uso del agua

Otro

Especifique: _____

Matheus Sebastián Padrón Ordoñez

Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental

¡Gracias por participar en esta encuesta! Sus respuestas son de gran importancia para comprender la calidad del agua y su uso cerca del río

Anexo 3: Recolección de muestras de agua



Recolección de muestras de parámetros ICA en la comunidad de Huayrapungo, aledaña al río San Pedro, el día 4 de junio del 2023



Recolección de muestras de parámetros ICA en la comunidad San Pedro, aledaña al río San Pedro, el día 18 de junio del 2023



Encuesta realizada a pobladores que habitan cerca del río Silante, el día 5 de septiembre del 2023



Encuesta realizada a pobladores que realizan actividades cerca del río San Pedro, el día 4 de septiembre del 2023



Recolección de muestra de parámetros ICA en el río Cañar, sector de La Posta, el día 4 de junio del 2023

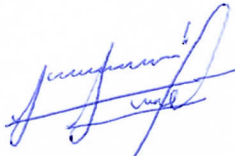


Recolección de muestra de parámetros ICA en el río Cañar, sector Coyoctor, el día 2 de julio del 2023

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Matheus Sebastián Padrón Ordoñez portador de la cédula de ciudadanía N.º 0302355102. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Diagnóstico de la calidad del agua para uso agrícola y ganadero en dos tributarios de la cuenca alta del río Cañar" 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, 14 de diciembre de 2023



F:

Matheus Sebastián Padrón Ordoñez
0302355102