



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

**Resiliencia del suelo de la microcuenca media del río
Irquis frente a actividades antrópicas en el Cantón
Cuenca, provincia del Azuay.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

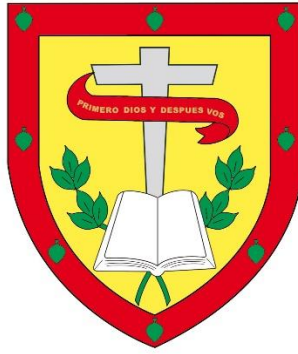
AUTOR: KARINA ELIZABETH TIGRE TENESACA

DIRECTOR: DR. SERGIO IGLESIAS ABAD, PH.D.

CUENCA – ECUADOR

2022

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

Resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis frente a
actividades antrópicas en el Cantón Cuenca, provincia del Azuay.

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR: KARINA ELIZABETH TIGRE TENESACA

DIRECTOR: DR. SERGIO IGLESIAS ABAD, PH.D.

CUENCA – ECUADOR

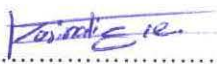
2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARACIÓN

Karina Elizabeth Tigre Tenesaca portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0105959258. Declaro ser la autora de la obra: "Resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Iruquis frente a actividades antrópicas en el Cantón Cuenca, provincia del Azuay", 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, 31 de agosto de 2022

F: 

Karina Elizabeth Tigre Tenesaca

0105959258

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por KARINA ELIZABETH TIGRE TENESACA, bajo mi supervisión.



Dr. Sergio Iglesias Abad, PhD.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Esta meta lograda se lo dedico primeramente a Dios y a la Virgen, que fueron un pilar fundamental para mí.

A mi Mami Rita, le dedico especialmente este trabajo ya que esto lo eh logrado por ella, y por inculcarme siempre a ser mejor persona cada día y también ser el motor en mi vida para lograr cualquier cosa en la vida. La admiro mucho por su valentía, su generosidad y perseverancia.

A mi Papi Alejandro, por brindarme los recursos para continuar con mi carrera universitaria y por creer en mí.

A Kenny, mi hermanito que sepa que puede haber muchos obstáculos en la vida en general pero que siempre habrá esperanza en seguir y nunca rendirse.

A mi Tía Mariana que fue como mi segunda madre, y que su partida marco mucho mi vida en general, enseñándome a ser fuerte y seguir adelante afrontando las dificultades que se presenten en la vida. ¡Tía lo hice!

A mi familia en general, por brindarme su cariño incondicional y siempre estar pendientes de mí y de la culminación de mi carrera.

A mi novio Ricardo, por siempre estar para mí en todo momento y ser un apoyo esencial en la culminación de mi carrera, gracias por siempre cuidar de mí. Espero que juntos podamos ir de la mano cumpliendo muchas metas más.

A mis amigos Sergio, Erika y Andrea por haber compartido conmigo sus conocimientos y estar siempre pendientes de mí, les deseo mucho éxito en su vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen por haber guiado mi camino para seguir adelante a pesar de los obstáculos y culminar con esta meta que es muy importante en mi vida.

Agradezco a mi director de tesis, Dr. Sergio Iglesias, PhD, por haber confiado en mí y haberme brindado sus conocimientos y apoyo en el proceso de mi trabajo de titulación.

Agradezco de manera muy comedida al Ing. Fabián Samaniego, Técnico Especialista de la Unidad de Calidad Ambiental del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, quien fue parte esencial en el desarrollo de mi trabajo de titulación. Gracias infinitas Fabián, por su apoyo y por compartir sus conocimientos conmigo.

A todas las personas que de una forma u otra me brindaron su apoyo y ayuda en el transcurso de mi vida universitaria y en la finalización de mi Trabajo de Titulación, muchas gracias por su gentileza y generosidad.

RESUMEN

El presente trabajo determinó la resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis frente a los impactos ambientales causados por actividades antrópicas, usando como un referente el análisis de parámetros físicos - químicos del suelo. Tomando ocho puntos dentro y dos puntos testigo, fuera del área de estudio, haciendo un análisis comparativo con la normativa ambiental nacional (pH y Conductividad Eléctrica) y bibliografía con criterios internacionales para la valoración del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, sodio, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico. Además, se identificaron los principales impactos ambientales según su grado de afección, dando como resultado que los impactos más severos son: La degradación, la erosión, la pérdida de permeabilidad, la alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial y la acidificación del suelo en las actividades agropecuarias por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto. Finalmente, mediante la obtención de los resultados se determinó primero que la vulnerabilidad del suelo frente a los impactos ambientales es media. Por lo tanto, el suelo de la microcuenca media del río Irquis no es resiliente frente a las actividades agropecuarias, pues no presenta las condiciones físicas (pendientes, cobertura vegetal, etc.) y químicas (pH, C.I.C, N, P, K, etc.) que puedan ser resilientes frente a los impactos ambientales.

Palabras clave: resiliencia ecológica, vulnerabilidad ambiental, microcuenca, macronutrientes, ganadería

ABSTRACT

This research assessed the resilience of the soil of the middle micro-watershed of the Irquis River concerning environmental impacts caused by anthropogenic activities, using the analysis of the soil's physical and chemical parameters. Taking eight points inside and two control points outside the research area, performing a comparative analysis with national environmental regulations (pH and electrical conductivity) and with international bibliography criteria to evaluate Phosphorus, Nitrogen, Potassium, Calcium, Magnesium, Sodium, Organic Matter, and Cation Exchange Capacity. In addition, the main environmental impacts were identified according to their level of impact, showing that the most severe impacts are: Soil degradation and erosion due to agricultural activities, Loss of soil permeability due to agricultural activities, Changes in nutrient levels at a surface level due to agricultural and livestock activities, and Soil acidification due to the use of agrochemicals and soil fertilizers in cattle pasture and short-cycle crops. Finally, the results showed that the soil's vulnerability to environmental impacts is Medium. Therefore, the soil middle micro-watershed of the Irquis River is not resilient to agricultural and livestock activities; because it does not present the physical conditions (slopes, vegetation cover, etc.) and chemical conditions (pH, C.I.C, N, P, K, etc.) that can face environmental impacts.

Keywords: ecological resilience, environmental vulnerability, micro-watershed, macronutrients, livestock.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	IV
AGADECIMIENTOS	III
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	XI
INDICE DE CONTENIDO	XIII
LISTA DE GRAFICOS	V
LISTA DE ANEXOS.....	VI
CAPÍTULO I.....	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1.1 General.	- 3 -
1.1.2 Específicos.....	- 3 -
CAPÍTULO II.....	- 4 -
2. MARCO TEÓRICO	- 4 -
2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA	- 4 -
2.1.1 Partes de una cuenca hidrográfica	- 4 -
2.1.2 Importancia de una cuenca hidrográfica	- 5 -
2.1.3 Problemas de una cuenca hidrográfica.....	- 5 -
2.1.4 Manejo de cuencas hidrográficas	- 6 -
2.2 ECOSISTEMA	- 6 -
2.3 CAPACIDAD DE CARGA	- 7 -
2.4 COBERTURA VEGETAL	- 7 -
2.5 BIODIVERSIDAD DEL SUELO.....	- 7 -
2.6 CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....	- 7 -
2.7 COMPACTACIÓN.....	- 7 -
2.8 FERTILIDAD	- 7 -
2.9 MÉTODO DE MUESTREO DE ZIGZAG.....	- 8 -
2.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO	- 8 -
2.10.1 Parámetros físicos y Químicos	- 8 -
2.10.2 Parámetros Biológicos	- 13 -
2.11 IMPACTO AMBIENTAL	- 14 -
2.11.1 Matriz de Importancia para Impactos Ambientales	- 14 -
2.11 VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD	- 18 -
2.11.1 Vulnerabilidad.....	- 18 -
2.11.2 Exposición	- 18 -
2.11.3 Sensibilidad	- 19 -
2.12 CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	- 19 -

2.13	RESILIENCIA.....	- 19 -
2.13.1	<i>Relación de la Vulnerabilidad con la Resiliencia.....</i>	- 21 -
CAPÍTULO III.....		- 22 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS		- 22 -
3.1	ÁREA DE ESTUDIO	- 22 -
3.1.1	<i>Microcuenca del río Irquis.....</i>	- 22 -
3.1.2	<i>Bosque protector Yanuncay e Irquis.....</i>	- 23 -
3.1.3	<i>Sistema hidrográfico de la microcuenca del río Irquis.....</i>	- 24 -
3.1.4	<i>Precipitación de la microcuenca del río Irquis.....</i>	- 25 -
3.2	TIPOS DE SUELOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO IRQUIS	- 26 -
3.2.1	<i>Vegetación de la microcuenca del río Irquis</i>	- 27 -
3.2.1	<i>Paramo herbáceo.....</i>	- 28 -
3.2.2	<i>Bosque montano alto.....</i>	- 28 -
3.3	ASPECTO SOCIO ECONÓMICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO IRQUIS	- 29 -
3.4	ACTIVIDADES ANTRÓPICAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO IRQUIS	- 30 -
3.4.1	<i>Presencia de plantaciones forestales (Bosque Plantado)</i>	- 30 -
3.4.2	<i>Actividades turísticas.....</i>	- 31 -
3.4.3	<i>Actividades agrícolas.....</i>	- 31 -
3.4.4	<i>Actividades ganaderas</i>	- 32 -
3.5	PROBLEMAS AMBIENTALES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO IRQUIS.....	- 33 -
3.5.1	<i>Erosión e inestabilidad de suelos, expansión de la frontera agrícola y pérdida de nutrientes.....</i>	- 33 -
3.5.2	<i>Contaminación de las fuentes hídricas, por falta de red de sistemas de alcantarillado y actividades agropecuarias en las riberas de los ríos- 33 -</i>	- 33 -
3.5.3	<i>Pérdida de ecosistemas, contaminación de agua, pérdida de calidad de suelo, desaparición de cobertura vegetal nativa y degradación del paisaje natural</i>	- 33 -
3.5.4	<i>Uso de suelos para actividades agropecuarias, sobre suelos incompatibles con pendientes mayor a 30% considerados como áreas de conservación forestal.....</i>	- 34 -
3.5.5	<i>Áreas propensas a inundaciones por falta de dragado en los ríos... - 34 -</i>	- 34 -
3.6	MATERIALES.....	- 34 -
3.6.1	<i>Materiales de campo</i>	- 34 -
3.6.2	<i>Materiales para la recolección de muestras de suelo</i>	- 35 -
3.7	ESQUEMA METODOLÓGICO PREVIO PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO IRQUIS	- 36 -
3.8	MÉTODO DE MUESTREO PARA EL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO.....	- 38 -
3.8.1	<i>Identificación de puntos de muestreo (in situ).....</i>	- 38 -
3.8.2	<i>Método para la toma de muestras de suelo en la microcuenca media del río Irquis</i>	- 40 -
3.8.2.1	<i>Visitas de campo</i>	- 40 -
3.8.2.2	<i>Toma de muestras en el suelo.....</i>	- 41 -
3.8.2.3	<i>Análisis de parámetros físico y químicos del suelo</i>	- 42 -
3.8.3	<i>Interpretación de los datos obtenidos del análisis físico químico de las muestras de suelo</i>	- 42 -

3.9 MÉTODO PARA LA IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO IRQUIS..	- 44 -
3.9.1 <i>Caracterización de los impactos ambientales que afectan el suelo..</i>	- 44 -
3.9.2 <i>Jerarquización de los impactos ambientales que afectan el suelo...</i>	- 45 -
3.10 MÉTODO PARA LA VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA DEL SUELO DE LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO IRQUIS	- 46 -
3.10.1 <i>Vulnerabilidad del suelo de la microcuenca media del río Irquis frente a los principales impactos ambientales que afectan el suelo</i>	- 46 -
3.10.2 <i>Resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis frente a los principales impactos ambientales que afectan el suelo.....</i>	- 47 -
3.11 DESARROLLO METODOLÓGICO	- 48 -
3.11.1 <i>Valoración de los impactos ambientales</i>	- 48 -
3.11.2 <i>Cálculo de la vulnerabilidad del suelo de la microcuenca media del río Irquis</i>	- 50 -
3.11.3 <i>Calculo para la resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis</i>	- 51 -
CAPÍTULO IV.....	- 53 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 53 -
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO DE LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO IRQUIS	- 53 -
4.1.1 <i>Ph.....</i>	- 53 -
4.1.2 <i>Conductividad Eléctrica</i>	- 56 -
4.1.3 <i>Capacidad de Intercambio Catiónico</i>	- 59 -
4.1.4 <i>Calcio</i>	- 61 -
4.1.5 <i>Magnesio.....</i>	- 62 -
4.1.6 <i>Sodio.....</i>	- 64 -
4.1.7 <i>Nitrógeno.....</i>	- 65 -
4.1.8 <i>Fósforo</i>	- 67 -
4.1.9 <i>Potasio</i>	- 68 -
4.1.10 <i>Materia Orgánica</i>	- 70 -
4.1.11 <i>Micronutrientes</i>	- 72 -
4.2 IMPACTOS AMBIENTALES QUE AFECTAN AL SUELO, GENERADOS POR ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA MEDIA EL RÍO IRQUIS ..	- 73 -
4.2.1 <i>Plantación de especies forestales (Pino y Eucalipto).....</i>	- 74 -
4.2.2 <i>Actividad agropecuaria</i>	- 77 -
4.2.3 <i>Siembra de cultivos de ciclo corto</i>	- 84 -
4.2.4 <i>Impactos ambientales más importantes que afectan el suelo de la microcuenca media del río Irquis.....</i>	- 86 -
4.3 CALIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES QUE AFECTAN EL SUELO CON RESPECTO A LA VULNERABILIDAD	- 89 -
4.4 CALIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES QUE AFECTAN EL SUELO CON RESPECTO A LA RESILIENCIA	- 91 -
CAPÍTULO V.....	- 94 -
5. CONCLUSIONES	- 94 -
CAPÍTULO VI... ..	- 95 -

6. RECOMENDACIONES.....	- 95 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 96 -
ANEXOS.....	- 105 -

LISTA DE GRÁFICOS

<i>Ilustración 1: Cuenca Hidrográfica</i>	<i>- 5 -</i>
<i>Ilustración 2: Factores de interacción en una cuenca hidrográfica</i>	<i>- 6 -</i>
<i>Ilustración 3: Muestreo en Zig-Zag.....</i>	<i>- 8 -</i>
<i>Ilustración 4: Mapa de ubicación de la microcuenca del río Irquis.....</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Ilustración 5: Microcuenca media del río Irquis</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Ilustración 6: Bosque Protector Yanuncay - Irquis.....</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Ilustración 7: Ubicación de la microcuenca a nivel de las Subcuencas del Río Paute.</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Ilustración 8: Páramo de la microcuenca del río Irquis</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Ilustración 9: Bosque montano de la microcuenca del río Irquis.....</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Ilustración 10: Cultivos forestales en el área de estudio.....</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Ilustración 11: Presencia de ganado en el área de estudio</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Ilustración 12: Materiales usados en las visitas de campo</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Ilustración 13: Materiales para la recolección de muestras de suelo.....</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Ilustración 14: Esquema metodológico</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Ilustración 15: Mapa altitudinal y ubicación de los puntos de monitoreo</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Ilustración 16: Cobertura del suelo y ubicación de los puntos de monitoreo</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Ilustración 17: Visita al área de estudio.....</i>	<i>- 41 -</i>
<i>Ilustración 18: Mapa conceptual de la metodología para valoración de riesgos</i>	<i>- 47 -</i>
<i>Ilustración 19: pH en los puntos de muestreo</i>	<i>- 54 -</i>
<i>Ilustración 20: Conductividad eléctrica en los puntos de muestreo</i>	<i>- 57 -</i>
<i>Ilustración 21: Capacidad de Intercambio Catiónico en los puntos de muestreo.....</i>	<i>- 60 -</i>
<i>Ilustración 22: Calcio en los puntos de muestreo</i>	<i>- 62 -</i>
<i>Ilustración 24: Magnesio en los puntos de muestreo.....</i>	<i>- 63 -</i>
<i>Ilustración 24: Sodio en los puntos de muestreo.....</i>	<i>- 65 -</i>
<i>Ilustración 25: Nitratos en los puntos de muestreo.....</i>	<i>- 66 -</i>
<i>Ilustración 26: Fósforo en los puntos de muestreo.....</i>	<i>- 68 -</i>
<i>Ilustración 27: Potasio en los puntos de muestreo</i>	<i>- 69 -</i>
<i>Ilustración 28: Materia Orgánica en los puntos de muestreo.....</i>	<i>- 71 -</i>
<i>Ilustración 29: Porcentaje por tipo de impacto ambiental</i>	<i>- 88 -</i>
<i>Ilustración 30: Análisis de la calificación de la vulnerabilidad</i>	<i>- 90 -</i>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Rango de variación de contenidos de arena, limo y arcilla en el suelo	- 10 -
Tabla 2: Parámetros de importancia.....	- 15 -
Tabla 3: Valoración, calificación y significado del impacto.....	- 16 -
Tabla 4: Categorización del impacto	- 16 -
Tabla 5: Precipitaciones medias mensual en estación Portete	- 26 -
Tabla 6: Orden del suelo del área de estudio	- 26 -
Tabla 7: Población de cada comunidad de la microcuenca del río Irquis.....	- 29 -
Tabla 8: Información económica por comunidad	- 30 -
Tabla 9: Coordenadas de los puntos de muestreo	- 39 -
Tabla 10: Método para el análisis de parámetros físicos y químicos	- 42 -
Tabla 11: Criterios de Calidad del Suelo	- 43 -
Tabla 12: Criterios para valorar la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo	- 43 -
Tabla 13: Criterios para valorar el Nitrógeno del suelo.....	- 43 -
Tabla 14: Criterios para valorar el Fósforo del suelo	- 44 -
Tabla 15: Criterios para valorar el Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio del suelo.....	- 44 -
Tabla 16: Criterios para valorar la Materia Orgánica del suelo	- 44 -
Tabla 17: Cuantificación de los impactos ambientales respecto a la vulnerabilidad ...	- 47 -
Tabla 18: Matriz de importancia	- 49 -
Tabla 19: Cálculo de la vulnerabilidad del suelo de la microcuenca media del río Irquis	- 51 -
Tabla 20: pH en los puntos de muestreo.....	- 54 -
Tabla 21: Cumplimiento del pH con el Criterio de Calidad del Suelo	- 55 -
Tabla 22: Conductividad Eléctrica en los puntos de muestreo.....	- 57 -
Tabla 23: Cumplimiento de la Conductividad Eléctrica con el Criterio de Calidad del Suelo	- 58 -
Tabla 24: Capacidad de intercambio catiónico en los puntos de muestreo.....	- 59 -
Tabla 25: Calcio en los puntos de muestreo.....	- 61 -
Tabla 26: Magnesio en los puntos de muestreo	- 63 -
Tabla 27: Sodio en los puntos de muestreo	- 64 -
Tabla 28: Nitratos en los puntos de muestreo	- 66 -
Tabla 29: Fósforo Total en los puntos de muestreo.....	- 67 -
Tabla 30: Potasio Total en los puntos de muestreo	- 69 -
Tabla 31: Materia Orgánica en los puntos de muestreo	- 70 -
Tabla 32: Micronutrientes en los puntos de muestreo	- 72 -
Tabla 33: Impactos ambientales más importantes que afectan el suelo el suelo de la microcuenca media del río Irquis	- 87 -
Tabla 34: Resultado encuesta de la exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación y vulnerabilidad	- 89 -
Tabla 35: Resultado de la calificación de los impactos ambientales, respecto a la Resiliencia	- 92 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Irquis.	- 105 -
Anexo 2: Imagen satelital del área de estudio.....	- 106 -
Anexo 3: Mapa de pendientes de la microcuenca del río Irquis.	- 107 -
Anexo 4: Mapa de textura de los suelos de la microcuenca del río Irquis.	- 108 -
Anexo 5: Mapa geopedológico de la microcuenca del río Irquis.....	- 109 -
Anexo 6: Resultados de los parámetros estudiado (análisis de laboratorio).....	- 110 -
Anexo 7: Fotos de encuestas realizadas a los expertos escogidos.....	- 111 -
Anexo 8: Encuestas realizadas al grupo de expertos que realizó la calificación cualitativa del suelo del área de estudio frente a los impactos ambientales.....	- 113 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Las partes andinas de Sudamérica poseen una extensa serie de estudios realizados para conservar los sistemas ambientales, en especial las zonas interandinas de Ecuador, pues son considerados como una fuente de alto volumen de recurso hídrico, muy importante para los habitantes del país (Hofstede et al., 2002), además de ser un reservorio de mucha flora y fauna permitiendo la sinergia entre los componentes físicos, químicos y biológicos (De Bièvre et al., 2008).

Uno de los peligros latentes en estas áreas andinas, es el aumento progresivo de la población, este factor aumenta la presión sobre los recursos naturales que disponen las microcuencas, el crecimiento de las fronteras agrícolas en altitudes no adecuadas, cultivos forestales exóticos como los pinos y eucaliptos, turismo mal planificado, generan impactos y amenazan los ecosistemas (Vásconez y Hofstede, 2006). La degradación antrópica es un factor muy importante que afecta los sistemas del páramo, cambiando profundamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo del área. Algunas actividades como la deforestación, agricultura y sobrepastoreo, son acciones que amenazan constantemente la conservación de estas zonas (Poats et al., 2000).

El efecto que causa la agricultura en el suelo, es afección a la estructura, materia orgánica y menor regulación de agua (Buytaert et al., 2003); el impacto ecológico llega hasta la reducción de la cantidad y diversidad de los microorganismos y fauna del suelo (Llambí et al., 2012). Por otro lado, la ganadería provoca el pisoteo constante de los animales sobre el suelo causando erosión laminar, fragmentos y desintegración de las macollas de gramíneas (Rivera, 2001); además de la homogenización de la vegetación y desaparición de especies nativas, compacta el suelo, afecta la respiración del suelo y pasma los procesos de descomposición de materia orgánica (Mena y Medina, 2001). Finalmente, la siembra de cultivos forestales causa alteración del paisaje, acidificación marcada en el suelo, disminución de la variedad vegetal, pérdida de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, disminución en la capacidad del suelo para retener agua y de los caudales bases (Llambí et al., 2012).

La microcuenca del río Irquis, atraviesa los siguientes límites parroquiales del cantón Cuenca, provincia del Azuay: Victoria del Portete, Tarqui, y parte de Baños y Turi. Tiene un área de 44,95 km² aproximadamente y un perímetro de 45,54 km, su pendiente promedio es de 40,3% y la longitud total del cauce principal es de 21,6 km. Está considerada como una microcuenca alta que drena en sentido nor-oeste, sur-este y es un afluente principal

de la Subcuenca del río Tarqui, mismo que aguas abajo después de unirse con otros afluentes toma el nombre del río Paute, considerado como uno de los más importantes (Jaramillo, 2013).

Es muy importante mencionar que el área de estudio pertenece al bosque protector Yanuncay e Irquis, que está dentro de la cuenca del río Paute, tiene una extensión de 7399,15 ha, que representa el 37,75% de superficie de la parroquia Victoria del Portete, fue declarado como bosque protector el 22 de agosto de 1985 bajo el registro Oficial No. 255. Con respecto al área de estudio, la microcuenca media del río Irquis; aproximadamente el 95,5% (1367 ha) pertenece a este bosque protector.

La necesidad de hacer este estudio sobre la valoración de los impactos ambientales que causa la actividad humana dentro de los espacios naturales, nace de la idea de conservar espacios naturales y sistemas endémicos de los páramos andinos pues son importantes por ser una fuente de recargas hídricas (Crespo et al., 2014).

En esta microcuenca se han realizado varias investigaciones como: Efectividad de los instrumentos de manejo en la conservación de la microcuenca del río Irquis (Ochoa, 2013), Caracterización preliminar de la geomorfología e hidrología de la microcuenca del río Irquis (Jaramillo, 2013) y Prevención de los incendios forestales (O'Sullivan, 2020).

La presente investigación determinó la resiliencia del suelo en la microcuenca media del río Irquis frente a los impactos ambientales que generan las actividades antrópicas consideradas relevantes; tales como la ganadería, agricultura y siembra de especies forestales. Se realizó un análisis de las características físico-químicas del suelo a través de muestras in situ, para conocer la calidad actual del suelo. Y finalmente, con la información levantada, se valoró la vulnerabilidad y a su vez la resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis, determinando los impactos ambientales que incrementan la vulnerabilidad, por ende, la disminución de la resiliencia del suelo. Mediante este análisis se obtuvo la información necesaria que puede servir para encontrar medidas adecuadas para el mejoramiento del manejo y conservación del área estudiada. Esta información está a disposición de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los cuales pueden tomar de referencia para aplicar esta metodología de estudio en otras microcuencas que tengan similares características y puedan implementar medidas que protejan la cobertura vegetal y el recurso hídrico de las microcuencas.

1.1 Objetivos

1.1.1 General.

- Determinar la resiliencia del suelo, frente a impactos ambientales generados por actividades antrópicas en la microcuenca media del río Irquis en el cantón Cuenca, Provincia del Azuay, periodo del segundo semestre del 2022.

1.1.2 Específicos.

- Analizar las características físico-químicas del suelo de la microcuenca media del río Irquis mediante el método de muestreo zig-zag, para establecer su diagnóstico actual.
- Evaluar los impactos ambientales más importantes que afectan el suelo, generados por actividades antrópicas, mediante la aplicación de la metodología propuesta por Conesa Fernández (formula de la importancia) para establecer su grado de afección.
- Evaluar y valorar la resiliencia de la microcuenca media, frente a los impactos ambientales generados por actividades antrópicas mediante la metodología del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica para determinar la resiliencia del suelo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cuenca hidrográfica

Determinada como un área territorial o fisiográfica, donde se juntan en un solo punto, uno o varios sistemas de agua que fluyen hacia el mismo destino, sea este el desembocar en un lago, río o el mar. Asimismo, también se puede decir que las cuencas hidrográficas son consideradas espacios territoriales en los cuales el agua cae por precipitación y se reúne en un punto en común de tal manera que fluye en dirección conjunta hasta su desembocadura. Cabe recalcar que las cuencas hidrográficas permiten un mejor estudio y entendimiento del ciclo hidrológico. Por consiguiente, determinar la cuantificación e identificación del impacto derivado de las actividades humanas las cuales según su constancia afectarán de manera positiva o negativa la calidad del agua (Ávalos et al., 2013).

2.1.1 Partes de una cuenca hidrográfica

- La cuenca alta: Ubicada en lugares aledaños, zona donde se produce el nacimiento de ríos principales, generalmente encontradas en áreas elevadas, angostas y montañosas.
- La cuenca media: También llamada cuenca de transición, debido a que se encuentra inmersa entre la cuenca alta y baja.
- La cuenca baja: Considerada una de las cuencas más importantes, debido a que es el lugar de desembocadura del mar o el río, en esta zona se produce un cambio abrupto de pendiente. Asimismo, es considerada una de cuencas más productivas ya que permite su uso directo para la actividad agrícola (Villafuerte, 2016).



Ilustración 1: Cuenca Hidrográfica

Fuente: (Jaramillo, 2013)

2.1.2 Importancia de una cuenca hidrográfica

De acuerdo con Cordero (2003), las cuencas hidrográficas son una de las principales unidades territoriales en donde inicialmente el agua proviene del ciclo hidrológico, siendo captada y almacenada para luego ser distribuida a través de sus vertientes.

2.1.3 Problemas de una cuenca hidrográfica

Los principales conflictos son por los cambios abruptos que se presentan en una cuenca, y a su vez son los que producen un desbalance hídrico, denominados conflictos directos e indirectos:

- **Directos:** denominados conflictos de demanda, este problema se genera cuando en la parte alta de la cuenca se produce un aumento en la demanda, a través de la extracción directa.
- **Indirectos:** son aquellos que consisten en el uso de la tierra, debido a la afectación general en el marco del balance hídrico, lo cual se suscita por la modificación de elementos dentro del ciclo hidrológico.



Ilustración 2: Factores de interacción en una cuenca hidrográfica

Fuente: (Jaramillo, 2013)

Las actividades que generan un gran impacto y desequilibrio dentro de las cuencas hidrográficas, derivan de la extracción de recursos, la urbanización debido al crecimiento poblacional, las descargas industriales entre otras, a mayor crecimiento poblacional mayor extensión de las zonas urbanas, deforestación y pérdida de hábitats contaminación de suelo y aire, disminución de la cantidad de agua, asimismo una mayor presencia de contaminantes químicos en el suelo, déficit de los nutrientes, incremento de los sedimentos en el agua, actividades que sin la mínima concientización humana conllevan al empobrecimiento de recursos naturales (Escobar, 2004).

2.1.4 Manejo de cuencas hidrográficas

El manejo de cuencas hidrográficas involucra entender los horizontes del ecosistema, el planteamiento de proyectos que revitalicen los hábitats, que constituyan y direccionen distintos sistemas de gestión, sistemas que sean capaces de aplicarse no solo en conceptos, sino que en la sustentabilidad y sostenibilidad práctica. Por ende, es importante la articulación, de métodos y establecimiento de herramientas dinámicas que establezcan la preservación de los recursos naturales de las cuencas, del mismo la importancia de la sustentabilidad ecológica, radica en el aprovechamiento adecuado de los recursos, que, de la mano de los gobiernos locales, conlleven un crecimiento económico viable, y no genere empobrecimiento en los recursos para las comunidades que habitan a los alrededores del área de la cuenca (Lloret, 2009).

2.2 Ecosistema

Es un conjunto de organismos de diferentes especies que interaccionan entre sí y con su medio físico-químico. Pueden considerarse ecosistemas: a un bosque, a un río, a una ciudad, a una bahía, al mar entero o a toda la biosfera. Para describir mejor la estructura

del ecosistema y deducir algunas características de su funcionamiento, suele ser interesante observar cómo se distribuyen los organismos. Un ecosistema puede ser más o menos rico en especies, y cada una de éstas puede estar representada por un número más o menos constante de individuos, número que puede ser muy alto en unas pocas y bajo en muchas (Malacalza et al., 2002).

2.3 Capacidad de carga

“El mayor número de organismos que un hábitat en particular puede soportar sin cambiar su composición, estructura o función” (Sanchez et al., 2003).

2.4 Cobertura vegetal

“La estructura se compone de varios niveles inclinados, como el nivel superior, que está formado por árboles cuyas ramas ocupan el punto más alto, seguido del nivel medio, que está formado por arbustos, y el nivel inferior, que está formado por arriba de los árboles.” (Sanchez et al., 2003).

2.5 Biodiversidad del suelo

La biodiversidad del suelo es un indicador de la calidad; Cuanto mayor es la diversidad de especies, más estable es el suelo, lo que facilita el desempeño de funciones tan importantes como: el almacenamiento de nutrientes, la absorción de residuos orgánicos y la conservación de su estructura. El suelo es un hábitat rico en especies biológicas y sustenta un gran número de especies como función y evolución. La mayoría de las especies son de gran importancia para la diversidad funcional y la resiliencia de los suelos y los ecosistemas (Laban et al., 2018).

2.6 Contaminación del suelo

Uno de los problemas más graves que afecta a este recurso es la contaminación del suelo, que resulta de la introducción de sustancias en concentraciones inadecuadas que también tienen un impacto negativo sobre los microorganismos del suelo (Alloway, 2012).

2.7 Compactación

“La erosión de las capas superficiales del suelo causada por maquinaria pesada o por un arado impulsado por el viento.” (Sanchez et al., 2003).

2.8 Fertilidad

“La capacidad del suelo para mantener propiedades físicas, químicas y biológicas específicas que se definen por la cantidad de minerales y nutrientes que contiene en formas

que son utilizables por las plantas mientras cooperan con sus microorganismos” (Sanchez et al., 2003).

2.9 Método de muestreo de Zigzag

Una vez seleccionado el lugar donde se va a tomar las muestras, se debe trazar líneas cruzadas, caminando 25 o 30 pasos, esta distancia entre puntos dependerá del número de muestras que se va a tomar y el área total que se intervendrá. Como el área de estudio es amplia y corresponde a la parte media de la microcuenca del río Irquis, la distancia es mucho mayor entre los puntos determinados (Mendoza y Espinoza, 2017). En la Ilustración 13 se puede observar la forma en la que se van distribuyendo los puntos de monitoreo usando el modelo Zig-Zag.

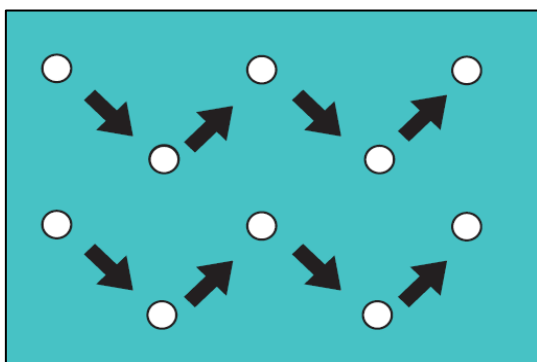


Ilustración 3: Muestreo en Zig-Zag

Fuente: (Schweizer, 2011)

2.10 Características fisicoquímicas y biológicas del suelo

Los estudios de monitoreo para la valoración de la calidad de suelo, agua, etc.; en su mayoría comprenden una gama de variables físicas, químicas y biológicas en diferentes puntos, y finalmente, con el resultado obtenido se puede realizar una apreciación y un diagnóstico del estado, en este caso del suelo (Teixeira de Mello, 2007).

2.10.1 Parámetros Físicos y Químicos

2.10.1.1 Densidad aparente

Este parámetro es representado por la masa que contiene el suelo por unidad de volumen, incluyendo el espacio entre los poros (Gabriels y Lobo, 2019). La densidad aparente se relaciona con: la composición mecánica, materia orgánica, fragmento de rocas y estructura del suelo. Un factor que aumenta la densidad aparente es la compactación del suelo es por eso que la densidad es un indicador de compactación del suelo (Jaramillo, 2002). Los suelos con texturas gruesas, poco estructurados y con bajo porcentaje de materia orgánica aumentan los valores de la densidad aparente. Por otro lado, los suelos con texturas finas,

buena estructura y con altos niveles de materia orgánica tienen una densidad aparente menor (Tejos, 2002).

La densidad aparente puede variar desde 0,1 gr/cm³ o incluso menos en suelos con mucha materia orgánica, en suelos minerales hasta 1,6 gr/cm³, en suelos arenosos hasta 1,8 gr/cm³ y en suelos compactados hasta 2 gr/cm³. Los Andisoles pueden presentar rangos de densidad aparente que van desde 0,3 gr/cm³ a 0,9 gr/cm³ en promedio (Podwojewski y Jerome, 2000) y también pueden estar entre los 0,4 gr/cm³ y 0,8 gr/cm³ (Llambí et al., 2012), estos valores dependen mucho del área de estudio.

2.10.1.2 Textura

Es el porcentaje en peso del suelo mineral que ha quedado comprendido entre algunas fracciones de tamaño de las partículas. Este parámetro muestra el contenido relativo de partículas de distinto tamaño, este parámetro se relaciona con la aireación, retención de humedad, fertilidad, drenaje, susceptibilidad a erosión y permeabilidad (Llambí et al., 2012).

En edafología, según la terminología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), existen tres clases de partículas: arena (2 mm a 0,005 mm), limo (0,05 mm a 0,002 mm) y arcilla (menor a 0,002 mm) (USDA, 1999).

La textura tiene influencia sobre las propiedades hídricas del suelo, por ende en la fuerza o succión con la que el agua es retenida y con la disponibilidad del agua, así como la disponibilidad de los nutrientes (Cárdenas, 2015). Las diferentes clases de textura es producto de las diferentes combinaciones de porcentaje de arena, limo y arcilla que se presenta en el suelo (Porta Casanellas et al., 2008).

Tabla 1: Rango de variación de contenidos de arena, limo y arcilla en el suelo

Clase Textural	Rango (%) en el contenido		
	Arena	Limo	Arcilla
Arenosa	100 - 85	15 - 0	10 - 0
Arenosa franca	90 - 70	30 - 0	15 - 0
Franco arenosa	85 - 43	50 - 0	20 - 0
Franca	52 - 23	50 - 32	27 - 7
Franco limoso	50 - 0	87 - 50	27 - 0
Limoso	20 - 0	100 - 80	12 - 0
Franco arcillo arenosa	80 - 45	28 - 0	35 - 20
Franco arcillosa	45 - 20	53 - 15	40 - 27
Franco arcillo limoso	20 - 0	73 - 40	40 - 27
Arcillo arenosa	67 - 45	20 - 0	55 - 35
Arcillo limoso	20 - 0	60 - 40	60 - 40
Arcillosa	45 - 0	40 - 0	100 - 40

Fuente: (Jaramillo, 2002).

2.10.1.3 Potencial hidrógeno (pH)

Determina el grado de absorción de iones (H^+) de las partículas del suelo e indica si el suelo es ácido o alcalino. Es un indicador importante de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, afectando la solubilidad, movilidad, disponibilidad, componentes inorgánicos y otros contaminantes presentes en el suelo.

El pH del suelo varía de 3,5 (altamente ácido) a 9,5 (altamente alcalino). Los suelos que son muy ácidos (<5,5) tienden a contener cantidades altas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos que son altamente alcalinos (>8.5) tienden a ser predominantes. La actividad de los organismos del suelo se inhibe en suelos muy ácidos y para cultivos agrícolas, el valor de pH ideal es 6,5 (FAO, 2022).

“El pH afecta la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, a medida de que no se encuentre en los niveles adecuados puede ser el causante de la deficiencia, toxicidad, afectando a la estructura del suelo directamente” (Ibarra-Castillo, 2009).

Con valores inferiores a 6 puede haber una deficiencia de Ca, Mg y K aumentando los niveles de Al, Fe y Mn al punto de ser tóxico (Marín García et al., 2002). El pH cuando es excesivamente bajo, pueden abundar los hidrogeniones y el aluminio, impidiendo que otros elementos persistan en el suelo, pasando al estado de fracciones solubles y eliminados fácilmente por la acción de arrastre ocasionada por el agua lluvia o de riego (Garrido, 1993).

2.10.1.4 Conductividad eléctrica (miliSiemens por centímetro; mS/cm)

Es la capacidad que tiene un medio para conducir a través de sus partículas cargadas una corriente eléctrica, la conductividad eléctrica es proporcional a la concentración de las sales disueltas e ionizadas que están en el cuerpo o en ese medio (Cárdenas, 2015).

En el suelo, se encuentra muy influenciada por las propiedades físico químicas, la textura del suelo, los niveles de materia orgánica, la humedad, la capacidad de intercambio catiónico, pH, presencia de calcio, magnesio y tipo de suelo (Corwin y Lesch, 2005).

Este parámetro es un indicador de actividad microbiológica y de plantas, límites para el crecimiento de plantas y actividad microbiana (Banegas, 2014).

2.10.1.5 Capacidad de intercambio catiónico (meq/100gr)

Es la cantidad de cationes que se encuentran en su estado de intercambio, es la medida en que un suelo puede adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo (Jaramillo, 2002). Cuando estos cationes son adsorbidos por las partículas del suelo están seguros de ser evacuados del suelo a través de la lixiviación.

Es un parámetro muy importante del suelo para muchas de sus propiedades, pues define la retención y accesibilidad de los nutrientes del suelo para la vegetación presente (Doménech, 2006), también es un indicador del almacenaje de contaminantes y de poder (Banegas, 2014).

La cantidad de arcilla se ve relacionada directamente a la capacidad de intercambio catiónico en los suelos, mientras más diminuta sea una partícula del suelo más alto será la capacidad que tiene el suelo para intercambiar cationes (Abrego, 2012).

2.10.1.6 Nitrógeno

Es uno de los elementos más importantes para la nutrición de las plantas y uno de los más comunes en la naturaleza. Es asimilado por las plantas en forma catiónica de amonio NH_4^+ o nitrato de amonio NO_3^- . Aunque están ampliamente distribuidos en la naturaleza, se encuentran en forma inorgánica y no pueden asimilarse directamente. Además, existen formas gaseosas de nitrógeno, pero son muy pequeñas y difíciles de detectar, como el óxido nitroso (N_2O), el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el amoníaco (NH_3) y el nitrógeno molecular atmosférico en el suelo (N_2) (FAO, 2022).

2.10.1.7 Fósforo

Se presenta casi exclusivamente como orto fosfatos derivados del ácido fosfórico, H_3PO_4 , Ca y Al. Los compuestos formados pueden encontrarse en forma de sales en solución,

sales cristalinas o sales absorbidas por los coloides del suelo. El ion fosfato puede, además, ser directamente absorbido por los coloides del suelo o puede formar enlaces de gran estabilidad con los hidróxidos de Fe, Al o Mn que forman parte de los coloides del suelo. Estos últimos constituyen el "fósforo fijado". El nivel de fósforo orgánico en los suelos puede variar entre un 3 y un 85% del fósforo total (Munera y Meza, 2012).

2.10.1.8 Potasio

Este elemento es de movilidad media en el suelo por ser menor a la del nitrógeno, aunque en la planta se de alta movilidad, por lo tanto, se lava en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico.

La forma más usual de encontrar el potasio es como feldespatos y micas; por lo tanto, generalmente hay mayor cantidad de potasio en nuestros suelos porque son derivados de cenizas volcánicas por encontrarse en las faldas de la cordillera de los Andes (volcánica por excelencia), con contenido del 0,04 al 3 % y en el mejor de los casos 6% (Coronel, 2003).

2.10.1.9 Calcio

Es el responsable de crear y mantener la estructura de los suelos agrícolas. Con una correcta agrupación de partículas, el aire y el agua pueden entrar a través de los poros y favorecer el crecimiento y desarrollo de las raíces, ayudando a absorber los nutrientes y el agua del suelo (Revista agricola, 2017)

2.10.1.10 Magnesio

El estado del magnesio en el suelo se caracteriza por un proceso dinámico, influenciado por varios factores como el clima, pH del suelo, temperatura y humedad del suelo, y presencia de otros cationes. Del magnesio total del suelo, el que se encuentra en rocas y minerales primarios representa entre 90 y 99% de la reserva total y está presente en cantidades mucho mayores que las absorbidas por las plantas (Ross, 2004).

2.10.1.11 Sodio

Se encuentra en el suelo en estado combinado y principalmente en forma de sales. Regiones con clima húmedo y semi húmedo presentan bajo contenido de sodio, debido a su baja energía de adsorción puede ser fácilmente lixiviado a horizontes profundos del suelo por las lluvias. Del mismo modo, los iones de sodio son menos fijados por los minerales arcillosos que los iones de potasio. Sin embargo, niveles elevados de sodio pueden desplazar al calcio y al potasio, deteriorando la estructura del suelo.

Por el contrario, en regiones áridas y semiáridas se presenta a menudo acumulación de Na^+ en la superficie de los suelos, debido a que el incremento de la evaporación conduce el agua del nivel freático hacia la superficie. Estas condiciones conducen a una degradación de la estructura del suelo que repercute negativamente en las reservas de agua y de aire en el suelo.

Las arcillas saturadas en Na^+ tienen como propiedad particular que en presencia de agua de lluvia y con CO_2 disuelto se hidrolizan liberando Na^+ y OH^- que rápidamente alcalinizan el medio alcanzándose valores de pH 9, 10 o incluso más (K/S, 2019).

2.10.1.12 Potasio de intercambio

Corresponde al K absorbido sobre las superficies coloidales del suelo y está sujeto a las leyes que rigen los procesos de intercambio de cationes (Coeto, 2015).

2.10.1.13 Materia Orgánica

Este parámetro es la fracción del suelo que contiene residuos vegetales y animales en sus diferentes estados de descomposición, esto incluye tejidos y células de organismos que viven en el suelo (Lieber, 1996). Este componente tiene una elevada reactividad en los componentes orgánicos que forman la materia orgánica, haciéndola muy importante para la productividad del suelo y en sus funciones ambientales (Porta Casanellas et al., 2008).

Es un indicador de la calidad del suelo tanto en sus funciones agrícolas como ambientales, y de la actividad biológica presente en el medio. La materia orgánica tiene una relación directa con la presencia de la diversidad, fauna y microorganismos en el suelo (Marín et al., 2002).

La presencia de la materia orgánica, ayuda a la formación de agregados y a la estabilización del suelo, aumentando con la tasa de infiltración y la cantidad de agua disponible en el suelo, dándole resistencia al suelo para enfrentar la erosión hídrica y eólica. Ayuda a la formación de poros, ayudando a la aireación del suelo; ayuda a la agregación de partículas de limos, arcillas y arenas, incrementando la infiltración y reteniendo agua por coloides orgánicos (Lieber, 1996).

2.10.2 Parámetros Biológicos

2.10.2.1 Coliformes fecales

Son un indicador para uso de agua de consumo humano, no interfieren en todo el ecosistema del río sino en partes de él. Los coliformes fecales indican la descarga de materia orgánica, es evidencia de una contaminación fecal, que tiene origen en los

desechos de animales de sangre caliente (excretas). Estos organismos en su mayoría son anaeróbicos y facultativos, y otros dependen del oxígeno disuelto para realizar procesos de metabolización (Auquilla, 2005).

2.11 Impacto ambiental

Es el cambio, positivo o negativo, que pronostica que una actividad antrópica podría ocasionar afección en el medio ambiente o su entorno (Lopez y Terán, 2015).

2.11.1 Metodología para la evaluación del Impacto Ambiental

Se trata de un método analítico por el cual se asigna una importancia (I) a cada impacto ambiental evaluado que sale de la ejecución de un proyecto, obra o actividad en todas y cada una de las etapas. Esta metodología fue propuesta por Conesa Fernández - Vitoria (2010)

Las variables que se tomaran en cuenta y se evaluará la importancia a cada impacto ambiental son las que están descritas en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros de importancia

Signo		Intensidad (i) *	
Beneficioso	+	Baja	1
Perjudicial	-	Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	8
Critica	12		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
Recuperabilidad (MC)		Continuo	4
Recup. Inmediato	1	$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
Recuperable	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente: (Conesa Fernández-Vitora, 2010)

En la tabla 3 se puede observar que la calificación puede ir de compatible a crítico y también se puede ver descrito si la afección es irrelevante o superior al umbral aceptable.

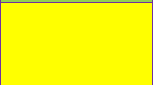
Tabla 3: Valoración, calificación y significado del impacto

Valor I (13 y 100)	Calificación	Significado
< 25	COMPATIBLE	La afectación de este es irrelevante.
25≥< 50	MODERADO	La afectación de este no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
50≥<75	SEVERO	La afectación de este exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperaciones en un periodo prolongado.
≥ 75	CRÍTICO	La afectación de este es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna.

Fuente: (Conesa Fernández-Vitora, 2010)

La matriz esta conformada con las categorías presentadas en la Tabla 4, estas categorías están dadas por colores.

Tabla 4: Categorización del impacto

Valor I Ponderado	Jerarquización de impactos	
< 25	COMPATIBLE	
25≥< 50	MODERADO	
5≥< 75	SEVERO	
≥ 75	CRÍTICO	
Los valores con signo + se consideran de impacto nulo.		

Fuente: (Conesa Fernández-Vitora, 2010)

A continuación, se expone la explicación de conceptos de los atributos que son considerados en la ecuación de importancia, para la realización de la matriz de evaluación de impactos ambientales, de acuerdo a Lopez (2021):

Signo (+/-)

El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad (i)

Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. El baremo estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima.

Extensión (EX)

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto.

Momento (MO)

El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_j) sobre el factor del medio considerado.

Persistencia (PE)

Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

Reversibilidad (RV)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el Proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.

Recuperabilidad (MC)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del Proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales

previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

Sinergia (SI)

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.

Acumulación (AC)

Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Efecto (EF)

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Periodicidad (PR)

La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

2.12 Metodología para el cálculo de la Vulnerabilidad y Resiliencia

Esta metodología fue propuesta por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, y trata sobre el cálculo de la vulnerabilidad a través del análisis de las variables descritas a continuación:

2.13 Variables para el cálculo de la Vulnerabilidad

2.13.1 Vulnerabilidad

Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014).

2.13.2 Exposición

Hace referencia a: “la intensidad o en qué extensión llega un sistema, sector, población, proyecto o actividad, y que entra en contacto de acuerdo condiciones alteradas del clima

actual, eventos que son extremos o que en el cambio climático futuro puedan serlo” (IPCC 2014).

Sobre esta línea el trabajo de estudio se interesó en evaluar, por un lado, la relación entre la amenaza del impacto ambiental o sus efectos con respecto al componente, subcomponente, programa o proyecto expuesto, y, por otro lado, la intensidad (o gravedad) de la amenaza de ese impacto.

2.13.3 Sensibilidad

Se refiere al “Grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático” (IPCC 2014), la sensibilidad puede variar considerablemente entre diversos actores o elementos dentro de un componente.

2.14 Capacidad de adaptación

En la actualidad se entiende que la capacidad de adaptación, consiste en la facilidad que posee un individuo en adaptarse de forma rápida a cualquier circunstancia suscitada, asimismo es considerada como una habilidad a tener en consideración (Pérez 2020).

Esta variable también indica el grado en que los ecosistemas naturales y humanos pueden resistir modificaciones o cambios en el clima sin ser afectados (Snover et al. 2007), los componentes del ecosistema con mayor capacidad adaptativa pueden manejar mejor los impactos ambientales a causa de las actividades humanas.

Los ecosistemas resilientes incorporan diversos mecanismos para hacer frente a los impactos ambientales y a los cambios que se puedan generar en las mismas. En los ecosistemas, la biodiversidad, la redundancia funcional y el patrón espacial pueden influir en la resiliencia. La biodiversidad aumenta la resiliencia si las especies o grupos funcionales responden de manera diferente a las fluctuaciones ambientales, de modo que las disminuciones en un grupo se compensan con aumentos en otro (Hughes et al., 2005).

La resiliencia se determinará mediante la identificación y análisis de los impactos ambientales generados por las actividades de origen antrópico o natural.

2.15 Resiliencia

Según Del Nogal (2020), la resiliencia medioambiental o ecológica está referida a la capacidad que poseen los ecosistemas para enfrentar y acomodarse a factores perturbadores y mantener sus funciones pese a las alteraciones. Según Perevochtchikova (2014), es la capacidad de un ecosistema para recuperar el equilibrio después de haber sufrido una perturbación.

Al referirnos sobre la resiliencia ecológica, debemos entender que se alega sobre la capacidad de un ecosistema para mantener el equilibrio de acuerdo a cualquier percance que se llegase a suscitar, dentro de sus principales y fundamentales características encontramos su flexibilidad para adaptarse y manejar la adversidad, salir adelante ante cualquier inconveniente. Llevar a cabo el planteamiento y construcción de la resiliencia en un ecosistema, es importante, ya que el papel a desempeñar radica en el trabajo conjunto, para el cuidado de los hábitats. Asimismo, el de mantener procesos ecológicos afines con las distintas comunidades brindara un mayor sostenimiento de la resiliencia ante los posibles desequilibrios que llegasen a presentarse (Reef Resilience Network, 2021).

Hace referencia también a la capacidad de un ecosistema para mantener funciones y procesos clave ante el estrés o las presiones, al resistir y luego adaptarse al cambio. Los ecosistemas resilientes se caracterizan por ser adaptables, flexibles y capaces de lidiar con el cambio y la incertidumbre (Adger y Brown, 2009).

El concepto de resiliencia surge del estudio práctico de los sistemas que nos rodean, desde la observación de actividades que aplican a múltiples escalas, sin embargo la recuperación del sistema puede ser distinta a la forma que tuvo antes de la actividad y que fueron modificados por su propia dinámica, lo que se conoce como capacidad de adaptación, la recuperación no solo puede ser de tiempo indeterminado, sino que será difícil de detectar el proceso de recuperación (Balvanera et al., 2017).

Parte de esta acción radica en la capacidad regenerativa de los ecosistemas y su capacidad frente al cambio para continuar brindando recursos y servicios ecosistémicos que son esenciales para mantener su estructura (Belloni, 2017).

La resiliencia depende tanto de las condiciones de los recursos naturales presentes en la microcuenca como de las actividades que con el tiempo se fueron introduciendo en el entorno, que por el tiempo que llevan en la microcuenca parecen normales, pero que con el incremento de la actividad se tornaron un riesgo para la microcuenca. En la actualidad existe un creciente entendimiento de una fuerte interdependencia entre las sociedades y los ecosistemas (Balvanera et al., 2017).

Cada vez los problemas ambientales aumentan superando la capacidad del ecosistema para recuperar recursos naturales extraídos, la cantidad de desechos generados por la actividad humana es incontrolable. Asimismo, la mala gestión en los procesos de evacuación es evidentes, así como la falta de compromiso de las industrias.

2.15.1 Relación de la Vulnerabilidad con la Resiliencia

Según fuentes bibliográficas se pudo evidenciar que existen investigaciones de vulnerabilidad y de riesgo, cuando estos están relacionados entre sí, se han realizado estudios sobre análisis de vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto en un sistema (Adger y Brown, 2009).

Se puede decir que, a partir de una crítica de la noción de resiliencia y desde un análisis epistemológico más real se ha evaluado la aplicabilidad de la resiliencia en los estudios de vulnerabilidad, poniendo una alternativa teórica (Ruiz, 2012).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

3.1.1 Microcuenca del río Irquis

El trabajo de estudio se llevó a cabo en la parte media de la microcuenca del río Irquis, que se caracteriza por la captación de agua para los pastizales, los cuales son aprovechados para el desarrollo de la actividad agropecuaria, muy presente en la zona de estudio.

La microcuenca del río Irquis (ver Ilustración 9), atraviesa los siguientes límites parroquiales del cantón Cuenca, provincia del Azuay: Victoria del Portete, Tarqui, y parte de Baños y Turi. La microcuenca cuenta con un total de 30,000 habitantes. Es parte de la subcuenca del río Tarqui, afluente de la cuenca del río Paute. Posee un área de 44,95 km² aproximadamente y un perímetro de 45,54 km, su pendiente promedio es de 40,3% y el cause principal tiene una longitud total de 21,6 km (Jaramillo, 2013).

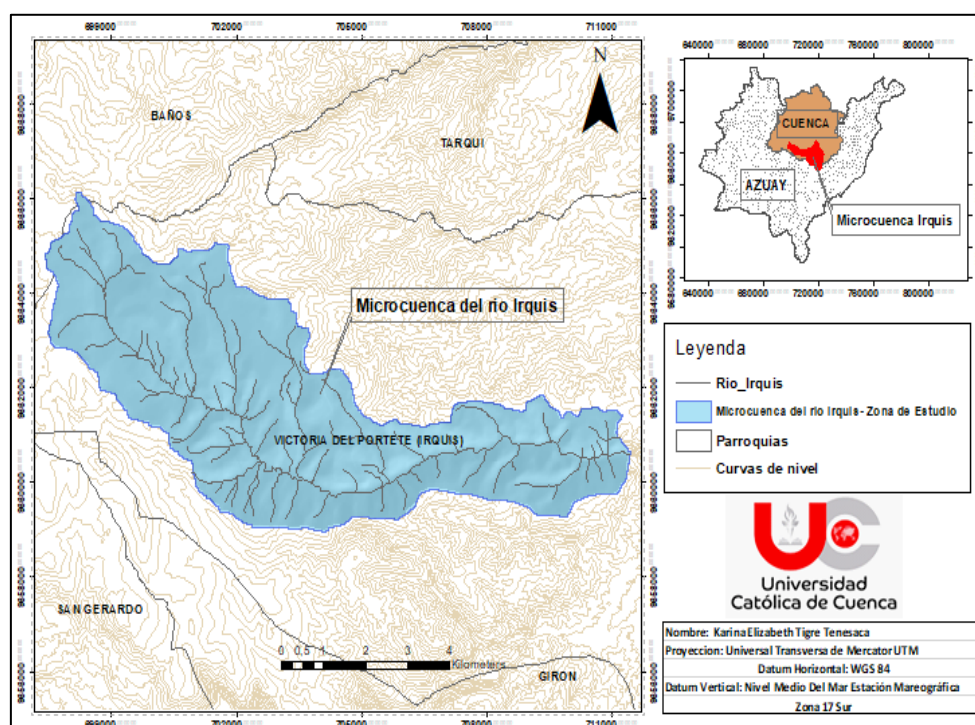


Ilustración 4: Mapa de ubicación de la microcuenca del río Irquis

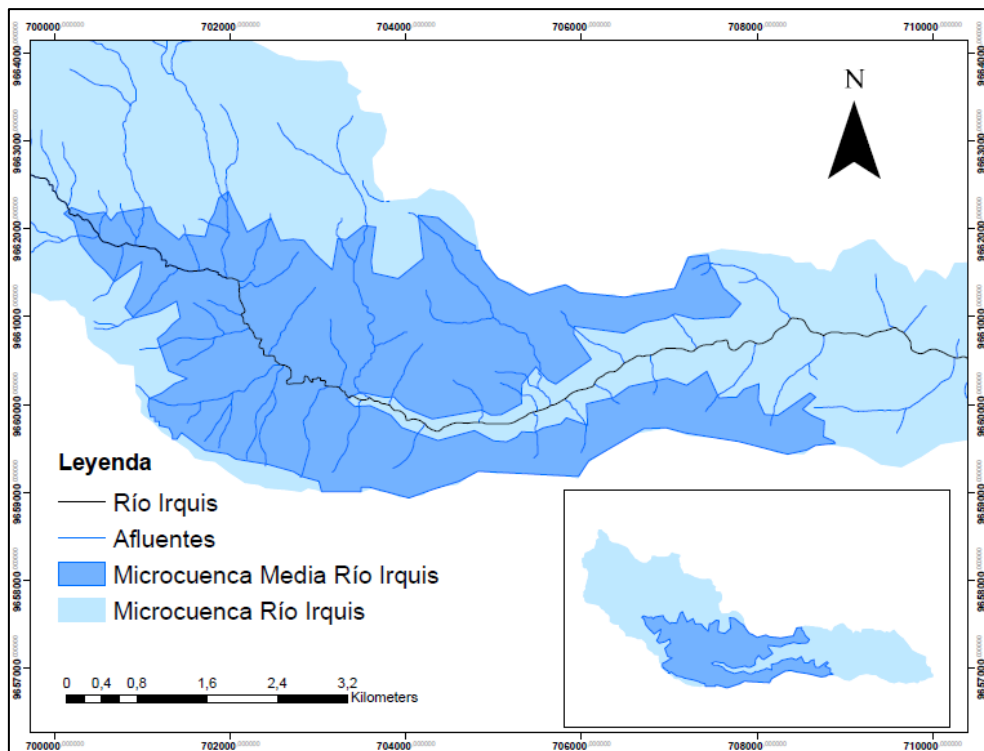


Ilustración 5: Microcuenca media del río Irquis

3.1.2 Bosque Protector Yanuncay e Irquis

El bosque protector Yanuncay e Irquis: Pertenece a la cuenca del río Paute, cuenta con una extensión de 7399,15 ha, representando un 37,75% a la superficie de la parroquia, fue declarado como bosque protector el 22 de agosto, de 1985 bajo el registro Oficial No. 255 y Resolución Ministerial 292 el 30 de Julio de 1985, fue modificado con el acuerdo No. 373, en noviembre 25 de 2014, y se encuentra sobre las comunidades de Gualay, Durazos, Portete, Corral pamba y Descanso de Sucre (GAD Parroquia Victoria del Portete, 2020).

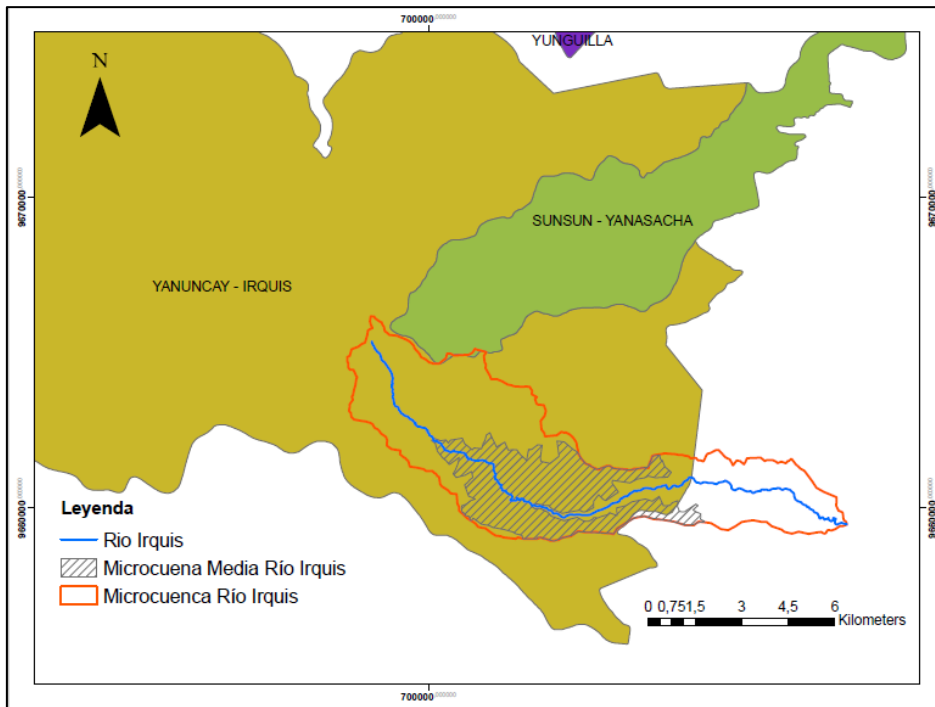


Ilustración 6: Bosque Protector Yanuncay - Irquis

3.1.3 Sistema Hidrográfico de la microcuenca del río Irquis

La microcuenca del río Irquis es una microcuenca elevada que fluye hacia el noroeste y sureste y es el principal afluente de la Subcuenca del río Tarqui, donde confluye con los ríos Yanuncay, Tomebamba y Machángara para formar el río Cuenca, donde al unirse con los ríos Burgay, Jadán y Santa Bárbara forman el río Paute hasta más adelante unirse con los ríos Upano y Zamora para formar el río Santiago que en el Perú toma el nombre de Marañón, que es el principal afluente de la selva amazónica que desemboca en la Isla de Maraja-Brazil en el océano Atlántico (Jaramillo, 2013).

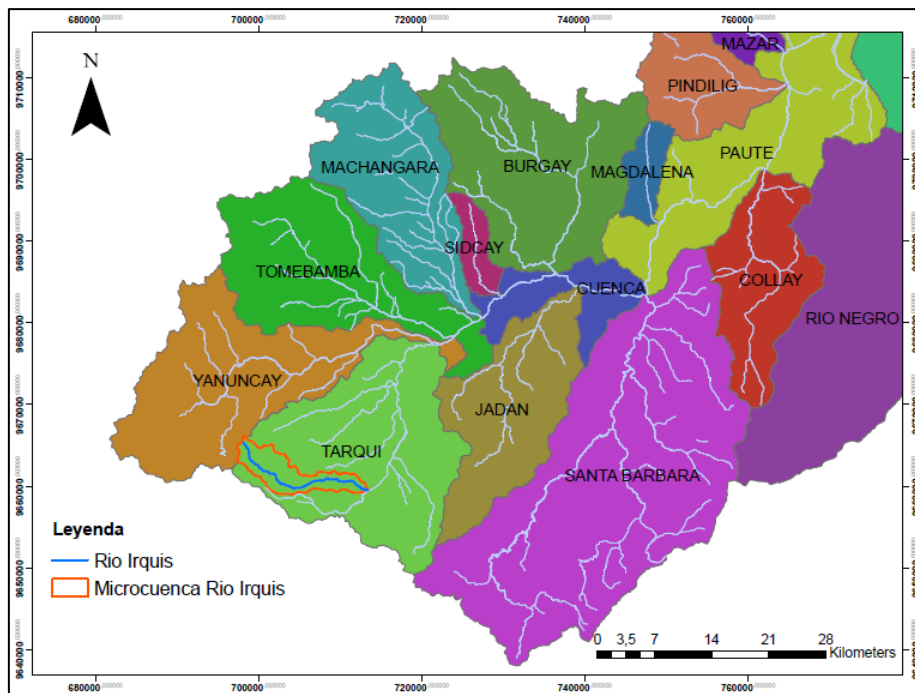


Ilustración 7: Ubicación de la microcuenca a nivel de las Subcuencas del Río Pauté

3.1.4 Precipitación de la microcuenca del río Irquis

Según Jaramillo (2013), la precipitación total en estos nueve meses (enero a septiembre de 2012) es de 784 mm, febrero es el mes más lluvioso con un promedio de 180,80 mm, seguido de enero 167,30 mm y marzo 137,40 mm. mm, mientras que el mes más seco en este período es septiembre con solo 6,8 mm.

Otro estudio dice, que las precipitaciones se presentan con una temporada bastante seca de agosto a septiembre y una temporada baja de diciembre a febrero. La precipitación anual oscila entre 900 y 1.600 mm según los periodos 1964-2008. La precipitación está igualmente distribuida durante todo el año, frecuentemente interrumpida por periodos cortos de temporada seca, con una longitud máxima de 16 días consecutivos. La intensidad de la precipitación es baja con 90% de las lluvias que son de intensidad menor a 10 mm h^{-1} . (Crespo et al., 2010).

Otro estudio de ETAPA EP, mediante el sensor pluviométrico ubicado en la parroquia Victoria del Portete ubicada a 3,174 m s.n.m. dentro de la microcuenca del río Irquis y con un historial de 18 años (1998-2015) ha mostrado resultados de precipitaciones, con una media anual de 1107 mm, siendo los 6 meses (enero, febrero, marzo, abril, mayo y diciembre) la temporada con más precipitaciones (94 mm-153 mm) y el resto de meses los más bajos (30,4mm-77,3mm) (ETAPA EP, 2021). En la Tabla 5 se puede observar un referente de las precipitaciones medias mensuales obtenidas de la estación Portete que se encuentra muy cerca del área de estudio.

Tabla 5: Precipitaciones medias mensual en estación Portete

PRECIPITACIONES MEDIA POR MES (mm)													
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Portete	107	144	162	153	94	73,3	50,6	30,4	48	58	77,3	108,4	1107

Fuente: (ETAPA EP, 2021)

3.2 Tipos de suelos de la microcuenca del río Irquis

En el Ecuador los tipos de suelo se los caracteriza en dos lados: Páramo centro y Páramo norte, esto se debe a la continuidad activa volcánica. El suelo del páramo está formado por restos volcánicos jóvenes, los suelos son de color negro y de textura gruesa (Cárdenas, 2015).

El área de estudio cuenta con tres tipos de suelos: Andisoles, Inceptisoles y Alfisoles. Siendo el suelo Andisol el predominante en extensión, seguido por el suelo Inceptisol. Esta información fue verificada en el Mapa geo pedológico realizado (Ver Anexo 5) y obtenida a través de la cartografía establecida por el Ministerio de agricultura y ganadería.

En el área de estudio el suelo Andisol cuenta con una extensión de 1096,79 ha, el suelo Inceptisol cuenta con 256,8 ha, el suelo Alfisol cuenta con 19,33 ha y tierras misceláneas que están a las riberas del río, los porcentajes de extensión con respecto al orden del suelo se encuentran en la Tabla 6. Pertenecen a la formación geológica Tarqui, presenta pendientes que van desde el 5% hasta el 100%, este último es cerca de las riberas del río debido al espacio angosto que se puede encontrar ahí y que dificulta el acceso a estas áreas. La mayoría del suelo del área de estudio, son suelos francos (>50% del área de estudio), franco arenoso, franco arcilloso arenoso.

Tabla 6: Orden del suelo del área de estudio

Orden del suelo	Hectáreas	%
Andisol	1096,79	76,60
Inceptisol	256,8	17,94
Alfisol	19,33	1,35
Tierras Misceláneas	58,86	4,11
Total	1431,76	

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2017), los suelos Andisoles sufren de rejuvenecimiento frecuente enriqueciéndose con nutrientes orgánicos. Poseen una estructura buena, lo que ayuda a tener un buen drenaje y buena hidratación del suelo. Estos suelos están cercanos a los volcanes, con una textura gruesa y mientras más se alejen la textura es más limoso o franco limoso. Estos suelos tienen la capacidad de retener fósforo que se encuentra en una forma que no está biodisponible para ser absorbido por las raíces de las plantas. Estos suelos son muy usados para el cultivo de pasto, mientras que, en las franjas más altas, como las cumbres frías de la cordillera que se encuentran cubiertas de vegetación arbustiva o vegetación de páramo.

Los Inceptisoles, son suelos jóvenes que comienzan a mostrar la evolución de los prospectos y son un poco más avanzados que los Entisoles. Este orden, tiene propiedades físicas - químicas variables, como suelo mal drenado a suelo bien drenado, textura que va desde arenosa a arcillosa, presencia ligera de acidez o ligera alcalinidad, con saturación de bases mayor o menor a 60%. Estas características han beneficiado al sector agrícola en cultivos como maíz, cacao, etc.

Los suelos Alfisoles, son suelos minerales con un gran desarrollo edafogénico, tiene una saturación de bases mayor al 35% y están en relieves muy antiguos o paisajes jóvenes firmes, sin deterioro y sin afectaciones edáficas. Estos suelos son ideales para aprovechamientos intensivos de ciclo corto y forrajes, debido a la saturación de bases como la reserva de nutrientes disponibles para las plantas. Pero este suelo tiene un limitante, el cual forma capas duras que a su vez impiden el desarrollo radicular de los cultivos, la poca infiltración de agua y bajo porcentaje de agua aprovechable.

Los suelos Molisoles, tiene una base intercambiable y una superficie rica en materia orgánica, con propiedades físicas buenas para el proceso radicular. La mayoría de suelos molisoles, presentan una vegetación de pastizal y también vegetación forestal. Son suelos muy productivos para el cacao, maíz y papa.

3.2.1 Vegetación de la microcuenca del río Iruquis

Para esta clasificación de la vegetación presente de manera general de los andes del Ecuador se ha tomado como referencia lo propuesto por (Baquero et al., 2004) adaptándolo a este estudio, y en base al Mapa de cobertura vegetal realizado (Ver Anexo 1) y obtenida a través de la cartografía establecida por el Ministerio de agricultura y ganadería, se eligió la siguiente información más relevante:

- Páramo herbáceo
 - Páramo de almohadillas

- Herbazal lacustre Montano
- Bosque Montano Alto

3.2.2 Paramo Herbáceo

Este estrato vegetal se la puede encontrar en la zona alta de la microcuenca, con características homogéneas físicamente hablando y dominante entre las plantas en “penachos”, representada entre toda esta formación vegetal por la especie *Calamagrostis intermedia* (Baquero et al., 2004).



Ilustración 8: Páramo de la microcuenca del río Irquis

Páramo de almohadillas: Esta vegetación se encuentra mezclada con el páramo herbáceo, y en las ciénegas o turberas que son lugares cubiertos de agua, las podemos encontrar en menor cantidad, estos lugares tienen escenarios anaeróbicos e inhiben la descomposición de materia vegetal (Mena et al., 2011).

Herbazal Lacustre Montano: Esta vegetación se la encuentra presente en los lados de los pantanos y lagunas, entre sus especies predominantes están la *Neurolepis villosa*, *Juncus* sp. y *Scirpus* sp. Estas especies pueden llegar a medir un 150 cm de altura, sus raíces se encuentran sumergidas en agua (Mena et al., 2011).

3.2.2 Bosque Montano Alto

Una gran extensión de esta vegetación se encuentra en la microcuenca media del río Irquis, en donde de manera de mosaico el páramo herbáceo y pasto para ganadería rodean esta vegetación boscosa que predominan las pendientes escarpadas.

Esta comunidad vegetal se encuentra dominada por una sociedad compuesta de *Hedyosmum cumbalense*, *Hesperomeles ferruginea*, *Myrsine dependens* y *M. andina*,

acompañada de *Weinmania fagaroides* y *Oreocallis grandiflora*, pertenecientes al grupo de dosel (Jaramillo, 2013).



Ilustración 9: Bosque montano de la microcuenca del río Irquis

3.3 Aspecto Socio Económico de la microcuenca del río Irquis

Los datos para este apartado fueron tomados de la página web del INEC, del último censo realizado en 2010. Dentro de la microcuenca del río Irquis, en la tabla 7 se puede observar que existen 4 comunidades establecidas: Irquis Chico, Irquis Ceratauro, Corralpamba y Durazno.

Tabla 7: Población de cada comunidad de la Microcuenca del río Irquis

Comunidad	Mujeres	Hombres
Irquis Chico	141	111
Irquis Ceratauro	151	130
Corralpamba	158	152
Durazno	11	15
Subtotal	461	408
	Total	869

Fuente: (Jaramillo, 2013)

En la tabla 8, se puede observar la información económica por comunidad y la actividad que ayuda en la economía de la zona de estudio.

Tabla 8: Información económica por comunidad

Actividad Económica	Irquis Chico	Irquis Ceratauro	Corralpamba	Durazno
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	61	37	50	13
Industrias manufactureras	7	9	16	
Construcción	4	13	29	
Comercio al por mayor y menor	16	5	4	
Transporte y almacenamiento	7	4	4	
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	1	2	2	
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1	1		
Administración pública y defensa	2		1	
Enseñanza	1			
Actividades de los hogares como empleadores	7	4	11	
Total	107	75	117	13

Fuente: (Jaramillo, 2013)

3.4 Actividades Antrópicas de la microcuenca del río Irquis

3.4.1 Presencia de Plantaciones Forestales (Bosque Plantado)

Las plantaciones forestales se han realizado con fines económicos, como es el caso del pino (*Pinus radiata*) y plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) que se encuentra situada en la zona media y zona baja de la microcuenca del río Irquis.

La zona de hacendados se encuentra en la zona media de la microcuenca y se han dedicado a la explotación de madera indiscriminada (Arévalo, 2006), las plantaciones de

pino llegan a alcanzar 7,74 hectáreas en toda la microcuenca y en la microcuenca media, se ubican 4,07 hectáreas de pino que representan 0,28% de la microcuenca media del río Irquis. Las plantaciones de eucalipto comparten parte de las 7,74 hectáreas de plantaciones forestales que ocupan toda la microcuenca.



Ilustración 10: Cultivos forestales en el área de estudio

3.4.2 Actividades turísticas

Aunque no existe un atractivo natural turístico fijo y reconocido en la microcuenca del río Irquis, en la parte alta de la microcuenca se encuentran picos y cimas, rodeados de cerros y colinas lo que hace que algunos turistas lleguen a ciertos lugares a practicar actividades extremas con motos, cuadrones y vehículos sobre estos senderos sobre la cobertura vegetal. En consecuencia, a esto, se han colocado letreros de prohibición de estas actividades en la parte alta.

3.4.3 Actividades agrícolas

En la microcuenca se practica la agricultura campesina enfocada en las huertas familiares de autoconsumo, estas familias cultivan maíz, fréjol, habas y en pequeñas cantidades papa. Los cultivos de papa se concentran en la parte alta de la microcuenca y con frecuencia se aprovechan las épocas de lluvia.

La agricultura practicada es de subsistencia, depende mucho de la productividad de la tierra y de las inclemencias climáticas. Las comunidades ubicadas a lo largo de la microcuenca se encuentran favorecidas por las lluvias constantes, la zona tiene mucha humedad, y el invierno permite el cultivo de alimentos mientras que en el verano la ausencia de lluvias complica la producción agrícola por falta de agua (GAD Parroquia Victoria del Portete, 2020).

En la parte media de la microcuenca del río Irquis, parte del bosque nativo se ha visto afectado por la invasión de las comunidades locales mediante los monocultivos, donde se encuentran cultivos mencionados anteriormente. Para adecuar las chacras se talan bosques y aprovechan el suelo de 2 a 3 años, y luego estos terrenos los dedican para pastizales de ganado (Arévalo, 2006).

3.4.4 Actividades ganaderas

En términos generales, la actividad más importante es la ganadera en la microcuenca y de las parroquias del sector (GAD Parroquia Victoria del Portete, 2020). La parte alta de microcuenca del río Irquis, en su mayoría el territorio está constituido por zonas de páramo. En estas áreas tanto los hacendados como comuneros aprovechan este extenso espacio para el pastoreo de ganado vacuno y caballar (Arévalo, 2006). Estas actividades en zonas de paramo frágil es preocupante, debido a que existe una pequeña capa vegetal el suelo y que no brinda la protección necesaria ante el pisoteo del ganado.

En la parte media de la microcuenca, la actividad que más sobresale también es la actividad agropecuaria, las zonas de pasto (153,81 ha) sirven para mantener la ganadería, las comunidades que habitan esta zona tienen: ganado vacuno, porcino y caballar. El ganado vacuno es el que sobresale del resto por la gran explotación de carne y leche. Además, lo más rentable es el aprovechamiento de la leche para la elaboración de quesos y para poner a la venta en su mayoría a Nutrí leche. En estas zonas existen pendientes de superiores a 50% de inclinación, que se las atribuye a las clases VII y VIII, mismas que son considerados para conservación (Arévalo, 2006).

Mientras que, en la zona baja existe de igual manera grandes extensiones de pastizal para el mantenimiento del ganado para todo el año. Y que de igual manera sirve para atender las necesidades de productos lácteos que consumen la ciudad de Cuenca (Arévalo, 2006).

De manera general existen especies menores de crianza, la población del área también se dedica a la crianza de aves, cuyes y conejo (Senplades et al., 2011).



Ilustración 11: Presencia de ganado en el área de estudio

3.5 Problemas Ambientales en la microcuenca del río Irquis

Los siguientes problemas fueron tomados del Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Victoria del Portete (GAD Parroquia Victoria del Portete, 2020):

3.5.1 Erosión e inestabilidad de suelos, expansión de la frontera agrícola y pérdida de nutrientes

En el área de la microcuenca existen zonas con afecciones al suelo por erosión, algunas de ellas son las comunidades Irquis Ceraturo e Irquis Chico, que tienen superficies de 9,14 ha y 5,81 ha de afección respectivamente.

3.5.2 Contaminación de las fuentes hídricas, por falta de red de sistemas de alcantarillado y actividades agropecuarias en las riberas de los ríos

Existe un déficit en el sistema de red pública de alcantarillado de manera general en la parroquia Victoria del Portete llega al 80%, de este porcentaje el 13% elimina sus desechos por el sistema de red pública o alcantarillado, el 52,16% elimina mediante el sistema de pozo séptico, el 6,22% se lo realiza en un pozo ciego, un 2,99% en una letrina y el porcentaje restante de viviendas no cuentan con ningún sistema antes mencionado.

3.5.3 Pérdida de ecosistemas, contaminación de agua, pérdida de calidad de suelo, desaparición de cobertura vegetal nativa y degradación del paisaje natural

El sector agrícola y pecuario, presentan un efecto de degradación visual debido al desorden en la forma en que las comunidades realizan las actividades de campo, donde las aves y algunas especies nativas de plantas ya no existen. También, a las orillas del río y quebradas, se ha encontrado un desorden debido al cambio que existe de vegetación nativa por plantaciones de pasto para actividades ganaderas.

3.5.4 Uso de suelos para actividades agropecuarias, sobre suelos incompatibles con pendientes mayor a 30% considerados como áreas de conservación forestal

La mayoría del suelo de la parroquia Victoria del Portete, se encuentra en estado de degradación y este efecto es causado por la producción ganadera y agrícola, pues para realizar estas actividades han introducido varias especies de pasto, especies forestales (pino y eucalipto) y especies de producción agrícola, en pendientes con porcentajes altos de pendiente (>30%), estos rangos de pendientes están consideradas de clase VII y VIII, los cuales son destinados para su conservación. En toda la parroquia, ocupa una superficie de 9634,06 ha.

3.5.5 Áreas propensas a inundaciones por falta de dragado en los ríos

En toda la parroquia Victoria del Portete, existe aproximadamente 1542,38 ha, que están expuestas a inundaciones por los constantes desbordamientos de los ríos que se encuentran a sus alrededores, y en consecuencia de esto existen 1204,24 ha de superficie que tiene alta sensibilidad a los movimientos de masa. El riesgo aumenta debido a los conflictos de uso de suelo que existen tales como: remoción de cobertura vegetal nativa para actividades forestales y agropecuarias en zonas de suelo incompatibles, haciendo que las fuentes hídricas aumenten sus caudales por la gran disminución de la retención de agua en el resto del hábitat de la microcuenca.

3.6 Materiales

3.6.1 Materiales de Campo

Como se puede observar en la Ilustración 12, se utilizó los siguientes materiales: machete, libreta, cámara y botas de caucho.



Ilustración 12: Materiales usados en las visitas de campo

3.6.2 Materiales para la recolección de muestras de suelo

Como se puede observar en la Ilustración 13, para la toma de las muestras de suelo se usaron los siguientes materiales:

- 1 pala
- 10 fundas ziploc de 25x30 cm
- 1 GPS
- 1 rotulador
- 2 pares de guantes de látex
- 1 caja de cartón

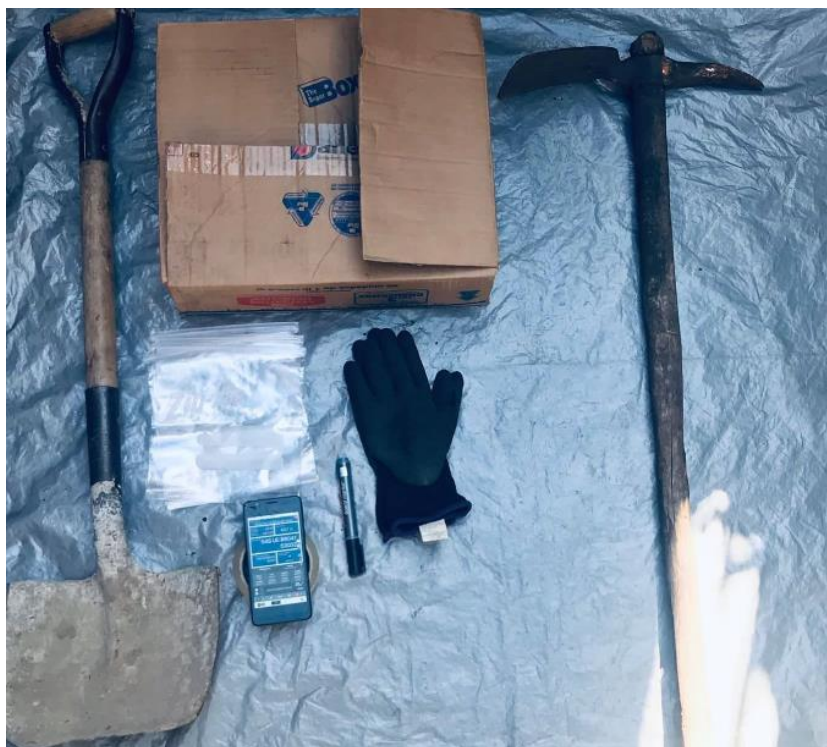


Ilustración 13: Materiales para la recolección de muestras de suelo

3.7 Esquema metodológico previo para la elaboración del estudio de la microcuenca media del río Irquis

Este estudio se encuentra resumido en la Ilustración 14 y se desarrolló en 3 partes diferentes. La primera parte fue, definir el área de estudio y esta parte se lo realizó en el punto 3.1.1; la segunda parte consta de la revisión y análisis bibliográfico previa, donde se buscó el fundamento teórico con la información más actualizada e importante acerca de la temática de este trabajo, que se lo ha venido haciendo previamente desde la elaboración del anteproyecto para la elaboración de este estudio. La última parte fue el procesamiento de la información (datos) obtenida, que se muestra en el esquema metodológico, la cual se subdividió en 3 fases, que se resume brevemente de la siguiente manera:

1. Fase de campo, donde se realizaron 4 visitas de campo al área de estudio (ver Ilustración 17), para hacer un reconocimiento físico del lugar, en estas visitas se interactuó con algunos moradores de la zona que ayudaron en el reconocimiento del estado general del lugar. Posteriormente se procedió a realizar la toma de las muestras de suelo para luego enviar al laboratorio químico BIONIKA, para su respectivo análisis.
2. Fase de análisis de datos, se realizó la identificación de los posibles impactos ambientales que causan afectación al suelo de la microcuenca media del río Irquis, esta evaluación se la realizó mediante la técnica de interpretación visual para después complementarla con revisión bibliográfica de otros estudios similares y,

además, con la interpretación de los resultados obtenidos del análisis de muestras de suelo del laboratorio anteriormente descrito. Una vez ya definidos los impactos se aplicó la metodología propuesta por Conesa Fernandez (2009), que expone el uso de la fórmula de la importancia para la valoración de los impactos ambientales que más afectan el suelo en la microcuenca del río Irquis.

3. Fase de interpretación de datos, finalmente se realizó una valoración cuantitativa de los impactos ambientales con más jerarquización en la matriz de importancia antes mencionada, los cuales fueron evaluados mediante encuestas y luego mediante la metodología presentada por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica para la “Aplicación de los Lineamientos Generales para Planes, Programas y Estrategias de Cambio Climático de Gobiernos Autónomos Descentralizados y la inclusión de consideraciones de Cambio Climático”, determinando la vulnerabilidad y posterior a ella, la resiliencia del suelo del área de estudio.

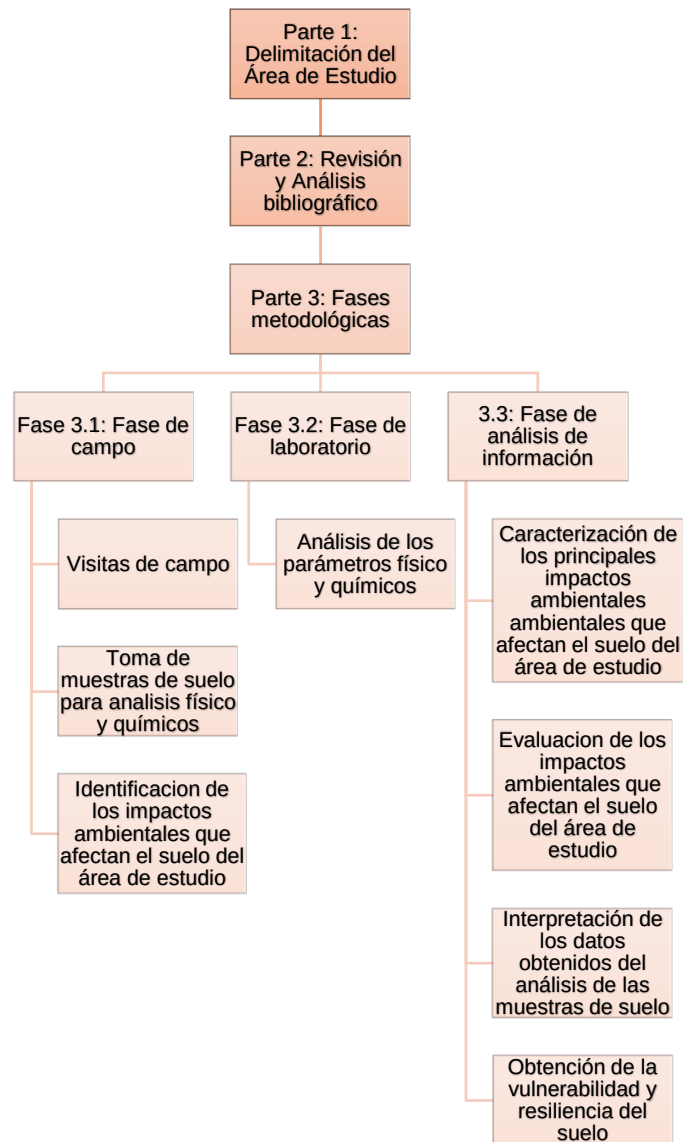


Ilustración 14: Esquema metodológico

A continuación, se describe detalladamente las fases realizadas en este estudio:

3.8 Método de muestreo para el análisis físico químico del suelo

3.8.1 Identificación de Puntos de Muestreo

Los puntos de monitoreo se plantearon estratégicamente teniendo en cuenta que el acceso sea posible, facilitando la toma de muestras. El tipo de muestreo más adecuado y sencillo para su aplicación es en zigzag (ver Ilustración 3), en este método se toma de 10 a 20 muestras a lo largo y ancho del terreno (Schweizer, 2011).

Los puntos donde se realizó la toma de muestra de suelo están distribuidos de la siguiente manera: 8 puntos dentro de la microcuenca media y 2 puntos de monitoreo testigos fuera de la microcuenca media (uno en la microcuenca alta y otro en la microcuenca baja). En la

Tabla 9 se puede observar las coordenadas geográficas de los 10 puntos en donde se realizaron los muestreos.

Tabla 9: Coordenadas de los puntos de muestreo

ESTACIÓN	X	Y
T1	703219,09	9662172,16
P1	700905,69	9661663,60
P2	701941,29	9661753,22
P3	702837,49	9661076,09
P4	702757,83	9659851,29
P5	704002,54	9660339,22
P6	704789,20	9660946,64
P7	705864,64	9660926,73
P8	707318,47	9659940,91
T2	709156,36	9659949,65

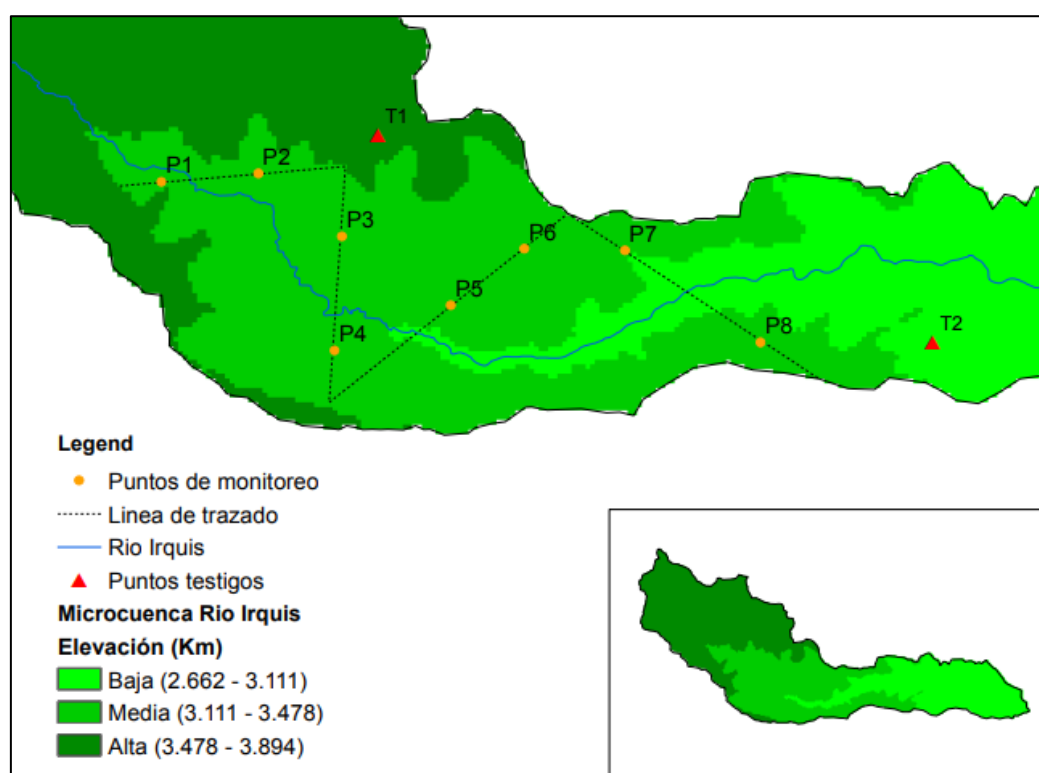


Ilustración 15: Mapa altitudinal y ubicación de los puntos de monitoreo

En la ilustración 15 se encuentra ubicado el mapa altitudinal y la ubicación de los puntos de muestreo.

En la ilustración 16 se puede observar la cobertura vegetal del suelo, también la información que se utilizó fue la cartografía base del año 2015, del Ministerio de Agricultura y Ganadería, observándose en esta cartografía que las áreas de pasto cultivado para

ganado han aumentado en los últimos años. También se puede observar que las áreas de páramo han disminuido en el área de estudio. Y tiene una escala de 1:25.000, sus elementos son de tipo vectorial representados bajo el sistema de proyección Universal Transversa de Mercator, Datum WGS 84.

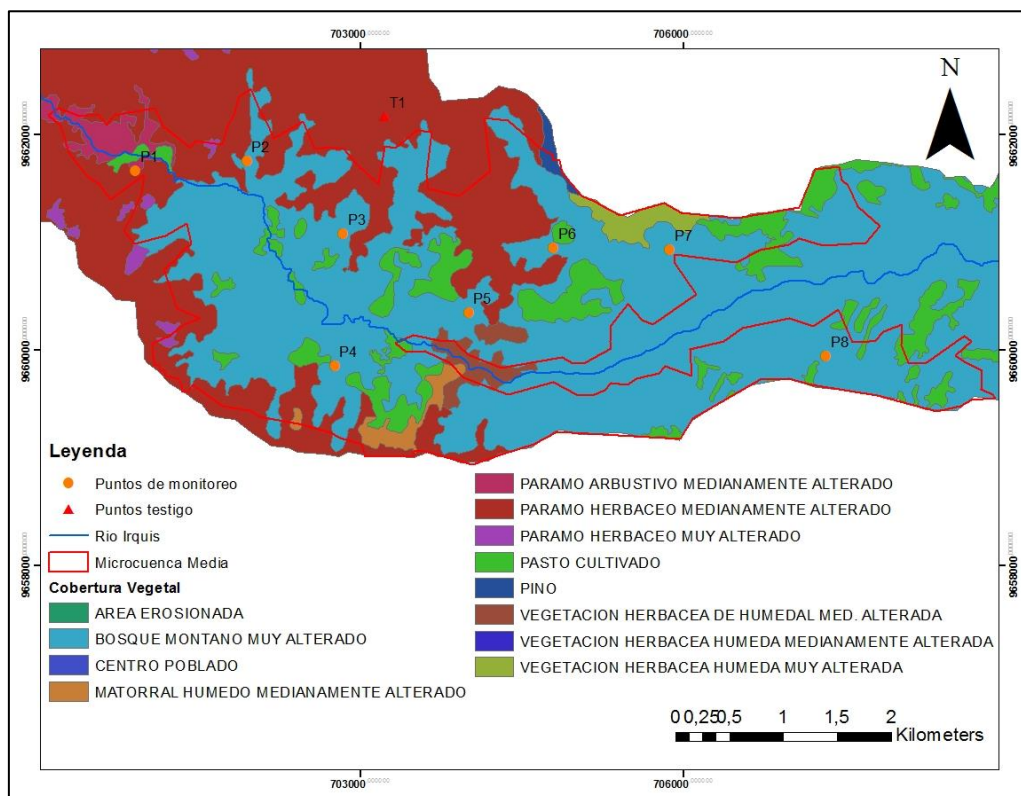


Ilustración 16: Cobertura del suelo y ubicación de los puntos de monitoreo

3.8.2 Procedimiento para la toma de muestras de suelo en la microcuenca media del río Irquis

3.8.2.1 Visitas de campo

Se realizó 3 visitas de campo a lo largo de la microcuenca media del río Irquis los días 10, 11 y 12 de febrero del 2022, para poder reconocer el estado actual del lugar, y poder realizar un diagnóstico previo de la situación real del área frente a los impactos ambientales identificados que afecten el suelo; se recopiló información, registros fotográficos y se anotó en una libreta datos importantes obtenidos de personas que se encuentran dentro del área de estudio. Esta visita se realizó acudiendo a los lugares de muestreo ya establecidos y en el camino ir reconociendo el entorno de cada punto. Se pudo también presenciar, las actividades económicas que los moradores del área de estudio realizan, costumbres y características culturales que puedan influir directamente a la calidad del suelo. Esta información obtenida se la relacionó con información cartográfica, bibliográfica y con los

datos físicos y químicos obtenidos. En la Ilustración 17 se puede evidenciar las visitas que se ha realizado al área de estudio.



Ilustración 17: Visita al área de estudio

3.8.2.2 Toma de muestras en el suelo

La toma de muestras de suelo se la realizó de manera manual, y se la realizó en una sola jornada de trabajo el día 22 de marzo del 2022. El procedimiento que se llevó a cabo fue el siguiente:

1. Se llegó a cada punto de muestreo usando el GPS.
2. Se limpió la superficie del lugar del muestreo, retirando plantas, ramas u hojarasca.
3. Con la ayuda de la pala se hizo un hueco de aproximadamente 30 cm de profundidad y un ancho de 30 x 30 cm.
4. Con el rotulador se marcó en la funda ziploc la siguiente información: punto de muestreo y fecha.
5. Usando los guantes se abrió la funda ziploc ya preparada y se escarbo la tierra suelta para depositarla dentro la funda, una cantidad aproximada a 2 lbs.
6. Se cerró la funda ziploc herméticamente, y se la acomodo en una mochila.
7. Se juntó todas las fundas (10) y se las acomodo en una caja de cartón en buenas condiciones.
8. Se selló la caja y se la rotulo adecuadamente para ser enviados al laboratorio químico BIONIKA.

3.8.2.3 Análisis de parámetros físico y químicos del suelo

El laboratorio químico BIONIKA analizó los parámetros: pH, conductividad eléctrica (C.E.), materia orgánica (M.O.), capacidad de cambio catiónico (C.I.C.E.), macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y micronutrientes: zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cloro (Cl). La siguiente información descrita en la Tabla 10, fue brindada por el laboratorio con respecto a la metodología usada en el análisis de las muestras de suelo que realizaron:

Tabla 10: Método para el análisis de parámetros físicos y químicos

Parámetros	Metodología
pH	ISO 10523
Conductividad Eléctrica	Std Methods 2510 B
Materia Orgánica	WALKLEY Y BLACK
Nitrógeno	NTC 370
Fósforo	COLORIMETRÍA
Potasio	NTC 1369

Fuente: Bionika

3.8.3 Método de Interpretación de los datos obtenidos del análisis físico químico de las muestras de suelo

Para esta sección, únicamente comparamos los resultados obtenidos con otros trabajos de investigación que son referentes a la temática abordada y son trabajos realizados a nivel local y nacional. De esta manera, la interpretación que se dio en este estudio referente a los parámetros analizados tiene sustento académico.

Únicamente para el parámetro pH y la conductividad eléctrica se realizó una comparación con los límites permisibles establecidos en la normativa nacional de los Criterios de calidad del suelo establecidos en la Tabla 1 del Acuerdo Ministerial 097-A que reforma el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Registro oficial No 387 edición especial, específicamente de la Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y Criterios de remediación para suelos contaminados. Estos criterios de calidad son de manera general para todo tipo de suelo, mas no específicamente para un suelo de área de bosque protegido o zonas de páramos; la información se encuentra detallada en la Tabla 11.

Tabla 11: Criterios de Calidad del Suelo

Parámetro	Unidad	Valor
Conductividad Eléctrica	mSiem/cm	0,2
pH		6 a 8

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

Para el resto de parámetros, al no existir un referente en la normativa nacional; el análisis comparativo se realizó tomando en cuenta las siguientes Tablas 12, 13, 14, 15 y 16 que corresponden a los criterios de los niveles de capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, sodio, potasio y materia orgánica y que fue de ayuda en la comparación entre estos autores y los datos obtenidos en el laboratorio.

Tabla 12: Criterios para valorar la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo

C.I.C	
Clasificación	meq/100gr
Muy Bajo	< 6
Bajo	6 a 12
Medio	12 a 25
Alto	25 a 40
Muy Alto	> 40

Fuente: (Rioja Molina, 2002)

Tabla 13: Criterios para valorar el Nitrógeno del suelo

Nitrógeno	
Categoría	ppm
Extremadamente pobre	<320
Pobre	320 a 630
Medianamente Pobre	640 a 950
Medio	960 a 1260
Medianamente rico	1270 a 1580
Rico	1590 a 2210
Extremadamente rico	>2210

Fuente: (Fernández Linares et al., 2006)

Tabla 14: Criterios para valorar el Fósforo del suelo

Fósforo	
Interpretación	ppm
Contenido muy Deficiente	0 a 1
Contenido Deficiente	1 a 3
Contenido Normal	3 a 6
Contenido Alto	6 a 10
Contenido muy Alto	> 10

Fuente: (Marín García et al., 2002)

Tabla 15: Criterios para valorar el Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio del suelo

Clasificación	Valor (ppm)			
	Ca	Mg	Na	K
Muy Bajo	< 700	< 73	< 69	< 117
Bajo	700 a 2000	73 a 182	69 a 138	117 a 235
Normal	2000 a 2800	182 a 304	138 a 230	235 a 352
Alto	2800 a 4000	304 a 486	230 a 345	352 a 586
Muy Alto	> 4000	> 486	> 345	586 a 938

Fuente: (Rioja Molina, 2002)

Tabla 16: Criterios para valorar la Materia Orgánica del suelo

% de Materia Orgánica			
Clasificación	Clima		
	Frío	Templado	Cálido
Bajo	< 5	< 3	< 2
Medio	5 a 10	3 a 5	2 a 3
Alto	> 10	> 5	> 3

Fuente: (Labrador et al., 1993)

3.9 Método para la evaluación de los Impactos Ambientales de la microcuenca media del río Irquis mediante la aplicación de la fórmula de importancia propuesta por Conesa Fernández – Vitora.

3.9.1 Caracterización de los impactos ambientales que afectan el suelo

Para la caracterización de los impactos ambientales además de la observación directa también se complementó con la búsqueda bibliográfica como de artículos científicos

mediante la herramienta búsqueda académica (Google Académico), en donde se revisaron resultados de interés que tenían relación con palabras claves como microcuencas, nutrientes del suelo, páramo, actividades ganaderas, siembras forestales, cultivos de ciclo cortos, actividades antrópicas en el páramo, afecciones a la microcuenca y actividades productivas. Realizando búsquedas a nivel regional, en la cual varios autores coincidieron con ciertos impactos ambientales que afectan al suelo de las microcuencas, luego se buscó a nivel local, específicamente en la zona del río Irquis y zonas de microcuencas aledañas con características similares a las del área de estudio.

3.9.2 Jerarquización de los impactos ambientales que afectan el suelo

De los impactos ambientales que afectan el suelo caracterizado anteriormente, se evaluaron y se valoraron, tomaron en cuenta los impactos que obtuvieron una jerarquización más alta, los cuales son impactos que tienen mayor grado de afección al suelo de la microcuenca media. Esta evaluación se lo hizo mediante la fórmula de importancia, el significado de sus atributos se encuentra detallados en el Punto 2.11.1 y el desarrollo de esta ecuación fue llevado a cabo mediante el modelo propuesto en la Tabla 2.

La ecuación para el cálculo de la Importancia (I) de un impacto ambiental es:

$$I = \pm[3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Donde:

$\pm$ = Naturaleza del impacto

I = Importancia del impacto

EX = Extensión o área de influencia del impacto

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo

EF = Efecto (tipo directo o indirecto)

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos

3.10 Método para la valoración de la Vulnerabilidad y Resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis

3.10.1 Vulnerabilidad del suelo de la microcuenca media del río Irquis frente a los principales impactos ambientales que afectan el suelo

Con la información obtenida anteriormente, se logró describir detalladamente cada uno de los impactos ambientales más importantes que afecta el suelo. En esta parte se realizó una valoración cuantitativa a los impactos ambientales más relevantes, realizando cinco encuestas ver Anexo 8, las cuales se aplicaron mediante la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Estas encuestas fueron dirigidas a un grupo de expertos que ya conocían y, además, han realizado trabajos de investigación en la microcuenca media del río Irquis. Para este grupo se buscó personas con perfiles con conocimiento en el área ambiental y con experiencia académica en esta zona o zonas aledañas y con los valores obtenidos en las encuestas, se procedió a realizar el cálculo de la vulnerabilidad.

Esta metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica para la “Aplicación de los Lineamientos Generales para Planes, Programas y Estrategias de Cambio Climático de Gobiernos Autónomos Descentralizados y la inclusión de consideraciones de Cambio Climático”, que constituye una herramienta técnica que permite el desarrollo y valorización de los riesgos exógenos. Para el presente estudio se adaptó la metodología mencionada previamente para la obtención de la vulnerabilidad del suelo frente a los impactos ambientales que afectan el suelo de la microcuenca del río Irquis.

La metodología nos indica que se debe establecer una fórmula que determine la vulnerabilidad y permita valorar en términos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, mismos términos que fueron analizados y calificados por un grupo selecto de expertos. Resumiendo, la valorización de estos aspectos (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) se determinó la vulnerabilidad usando la ecuación propuesta por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, misma que se muestra a continuación:

$$V = E + S - CA$$

Donde:

V= Vulnerabilidad

E= Exposición

CA= Capacidad de adaptación

Luego, se estableció una tabla de valoración que permitió aplicar la fórmula de vulnerabilidad para los impactos ambientales ya analizados. Este modelo de tabla que ayuda al cálculo de la vulnerabilidad se encuentra detallada en la Tabla 17.

Tabla 17: Cuantificación de los impactos ambientales respecto a la vulnerabilidad

Vulnerabilidad del suelo en la microcuenca del río Irquis frente a actividades Antrópicas					
V= E + S – CA					
Impactos Ambientales	Exposición "E"	Sensibilidad "S"	(E+ S)	Capacidad de Adaptación "CA"	Vulnerabilidad "V"
Impacto 1					/5
Impacto 2					/5
Impacto 3					/5
Impacto 4					/5

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2014)

La metodología propuesta por el MAATE y que fue adaptada para este estudio, para poder cuantificar la vulnerabilidad, se encuentra explicado en la Ilustración 18. Esta valoración de la vulnerabilidad está bajo criterios de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

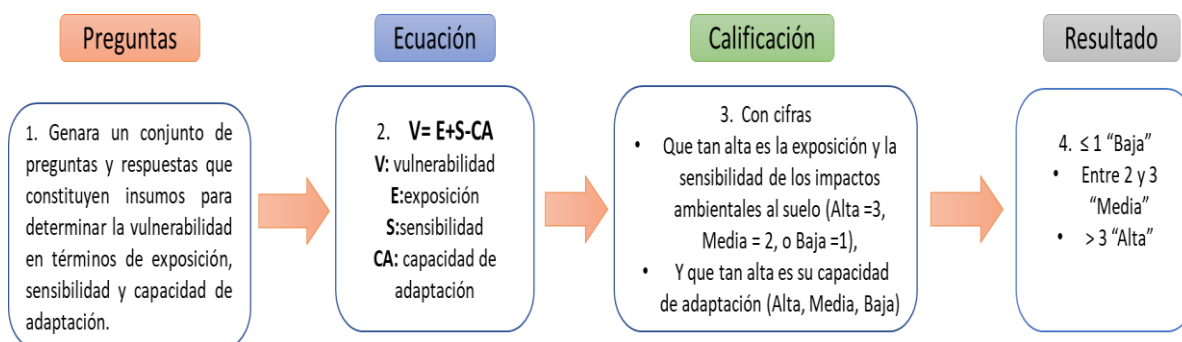


Ilustración 18: Mapa conceptual de la metodología para valoración de riesgos

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2014)

3.10.2 Resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis frente a los principales impactos ambientales que afectan el suelo

No todos los sistemas actúan de la misma manera (IPCC, 2014), por lo que se ajustó algunos criterios para la evaluación de la vulnerabilidad indicada en los "Lineamientos Generales para la preparación de los planes, programas y estrategias de cambio climático de los GAD" para relacionar la resiliencia con la vulnerabilidad conceptual.

Posterior al análisis de la información obtenida y al encontrar la vulnerabilidad de la microcuenca media ya es posible relacionarla con la resiliencia bajo el criterio establecido por (Alteri, 2013) en el que menciona que la “vulnerabilidad es inversamente proporcional a la resiliencia”. Es decir, mientras mayor sea la vulnerabilidad menor será la resiliencia o capacidad de recuperación de la microcuenca, y viceversa.

En base a esos conceptos y a otros estudios similares se ha escogido la siguiente fórmula para determinar la resiliencia del suelo del área de estudio:

$$R = R_{max} - V$$

Donde:

R= Resiliencia

R_{max} = Resiliencia máxima posible (5)

V= Vulnerabilidad

Bajo esta fórmula propuesta por Gomezcoello (2020), se pudo determinar técnicamente la resiliencia del suelo de la microcuenca del río Irquis frente a actividades antrópicas, relacionándola con la vulnerabilidad calculada, calificando los impactos ambientales más importantes causados al suelo e identificados mediante una matriz de importancia y con la ayuda de un grupo selecto de expertos que tienen la experiencia de años en la microcuenca del río Irquis.

Una vez determinada si la microcuenca media del río Irquis es resiliente o no, es posible ya establecer algunas acciones que puedan ayudar a la resiliencia y enfrentar los impactos ambientales que se encuentren involucrados en la afección del suelo, y de esta manera proteger los servicios eco sistémicos, no solo del suelo sino de todo el ecosistema, incluido el bienestar de las poblaciones locales y aledañas.

3.11 Desarrollo metodológico

3.11.1 Valoración de los impactos ambientales

Para la valoración de los impactos ambientales se realizaron visitas in situ para levantamiento de la información primaria (ítem 3.8.2.1) y luego se realizó la Identificación, valoración y jerarquización de los impactos ambientales mediante el uso de la fórmula de importancia propuesta por Conesa Fernández-Vitora, que a continuación se puede observar en la tabla 18.

Tabla 18: Matriz de importancia

MATRIZ DE IMPORTANCIA															
FACTOR AMBIENTAL	ACTIVIDAD ANTRÓPICA	IMPACTO AMBIENTAL	EVALUACIÓN DE IMPACTOS											Importancia	Calificación
			SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC		
CALIDAD DEL SUELO	SIEMBRA DE ESPECIES FORESTALES	Pérdida de absorción hídrica del suelo	-	3	1	2	2	2	2	1	4	4	4	-26	MODERADO
		Pérdida de flora nativa en los alrededores	-	2	2	2	1	2	2	1	4	4	2	-22	COMPATIBLE
		Pérdida del suelo por erosión hídrica	-	4	2	1	4	4	2	4	4	4	8	-39	MODERADO
		Agotamiento de nutrientes (K, Ca, Mg)	-	3	2	1	4	4	2	4	4	4	4	-32	MODERADO
		Remoción de vegetación nativa	-	2	2	4	1	4	2	4	4	1	4	-26	MODERADO
	AGROPECURIA	Degradación y erosión del suelo	-	6	4	4	2	4	4	4	4	4	8	-52	SEVERO
		Reducción de espacios de hábitats para vida silvestre	-	4	4	4	2	2	1	4	4	1	4	-36	MODERADO
		Pérdida de permeabilidad del suelo	-	6	4	2	4	4	4	4	4	4	8	-52	SEVERO
		Presencia de coliformes fecales	-	6	4	4	2	2	2	4	4	4	2	-44	MODERADO
		Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K)	-	10	8	8	1	4	4	4	4	2	4	-69	SEVERO
		Acidificación del suelo por uso de agroquímicos en los cultivos de pasto para ganado	-	10	8	8	2	4	4	4	4	4	4	-72	SEVERO
	SIEMBRA DE CULTIVOS DE CICLO CORTO	Alteración de los niveles de nutrientes (N, P, K) por uso fertilizantes en parcelas	-	9	2	8	1	4	4	4	4	2	4	-54	SEVERO
		Pérdida de fertilidad del suelo por uso de agroquímicos organoclorados y organofosforado.	-	8	2	4	2	4	4	4	4	4	4	-50	SEVERO
		Alteración del pH en el suelo	-	9	2	8	2	4	4	4	4	4	4	-57	SEVERO

Los impactos negativos que se da en las diferentes actividades va de -22 a -72, representando impactos desde Compatibles a Severos negativos sobre el área de estudio, como por ejemplo, los impactos de mayor grado de afectación se observan en la actividad agropecuaria siendo los siguientes impactos: Degradación y erosión del suelo y Pérdida de permeabilidad del suelo, los dos impactos tienen la misma importancia -52, en cambio el impacto Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N,P,K), tiene una importancia de -69 y finalmente el último impacto, Acidificación del suelo por uso de agroquímicos en los cultivos de pasto para ganado con una importancia de -72. Esto indica que todos estos impactos descritos poseen un alto grado de severidad.

3.11.2 Cálculo de la vulnerabilidad del suelo de la microcuenca media del río Irquis

Tomando como base los impactos ambientales identificados y jerarquizados en el ítem 3.11.1, se procede al cálculo de la vulnerabilidad establecida mediante la ecuación de la vulnerabilidad y siguiendo la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica:

$$V = E + S - CA$$

Donde:

V= Vulnerabilidad

E= Exposición

CA= Capacidad de adaptación

Tabla 19: Cálculo de la vulnerabilidad del suelo de la microcuenca media del río Irquis

"Vulnerabilidad del suelo en la microcuenca del río Irquis frente a actividades Antrópicas"					
V= E + S – CA					
Impactos Ambientales	Exposición "E"	Sensibilidad "S"	(E+ S)	Capacidad de Adaptación "CA"	Vulnerabilidad "V"
Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias.	2	2	(2+2)	1,8	2,2/5
Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias.	1,8	2	(1,8+2)	1,6	2,2/5
Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias	2,2	2,4	(2,2+2,4)	1,6	3/5
Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto.	2,2	2,2	(2,2+2,2)	1,8	2,6/5

3.11.3 Cálculo para la resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis

Se ha escogido la siguiente fórmula para determinar la resiliencia del suelo del área de estudio, propuesta por Gomezcoello (2020), teniendo como resiliencia máxima posible un valor de 5:

$$R = R_{max} - V$$

Donde:

R= Resiliencia

R_{max} = Resiliencia máxima posible (5)

V= Vulnerabilidad

Reemplazando:

Impactos ambientales:

1. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias

$$R = R_{max} - V$$

$$R = 5 - 2,2 = 2,8$$

2. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias

$$R = R_{max} - V$$

$$R = 5 - 2,2 = 2,8$$

3. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias

$$R = R_{max} - V$$

$$R = 5 - 3 = 2$$

4. Acidificación del uso del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto

$$R = R_{max} - V$$

$$R = 5 - 2,6 = 2,4$$

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagnóstico del suelo de la microcuenca del río Irquis mediante análisis de las características físico-químicas

El estado actual del suelo presenta características degradadas y fuera de los límites permisibles según la normativa nacional y según los autores considerados. Pues según los niveles de pH obtenidos indican que existe acidez en el suelo, según la normativa nacional esta acidez encontrada va de fuertemente ácido (<4.5) en tres puntos de muestreo a fuertemente ácido (4.6-5.5) en el resto de puntos muestreados. Esta acidez también puede ser causada por el contenido muy alto de fósforo (>10 ppm) debido a la aplicación de gallinaza y de fertilizantes fosforados en algunos lugares del área de estudio. La materia orgánica tuvo niveles muy bajos (<4%) que no se relacionaron con los niveles de pH encontrados ni mucho menos con las características normales de un suelo de tipo Andisol. Estos niveles de materia orgánica pueden ser causadas por acción de escorrentía hídrica y eólica debido a las fuertes pendientes que tiene el área de estudio. Con respecto a los micronutrientes, los niveles encontrados son bajos. A continuación, se detalla cada parámetro analizado:

4.1.1 pH

Como se puede observar en la Tabla 20, los niveles de pH más altos se encuentran en los puntos testigo 1 y 2, el nivel más bajo se encuentra en el Punto 2 (3,59), y el resto de resultados se encuentran entre 4,57 y 4,92. Los niveles de pH tienen una tendencia constante a bajar a lo largo de la zona de estudio. Estos resultados se le pueden atribuir a los niveles altos de fósforo presente en los puntos monitoreados.

Además, según la Tabla 21 ninguno de los puntos monitoreados cumple con la normativa nacional en el nivel establecido para este parámetro en relación a la calidad de suelo, pues se encuentran por debajo del valor mínimo (pH mayor o igual a 6) establecido como criterio. Y según la normativa nacional el pH en el punto testigo 1 y 2 es fuertemente ácido, mientras que los puntos dentro del área de estudio, se clasificó de la siguiente manera; los Puntos 1, 2 y 7 como muy fuertemente ácido y los puntos 3, 4, 5, 6 y 8 como fuertemente ácido.

Tabla 20: pH en los puntos de muestreo

PH		
Referencia	Muestras	
R1	Testigo 1	5,2
R1	Punto 1	4,57
R2	Punto 2	3,59
R2	Punto 3	4,89
R2	Punto 4	4,92
R2	Punto 5	4,64
R2	Punto 6	4,63
R2	Punto 7	4,58
R2	Punto 8	4,66
R3	Testigo 2	5,19
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

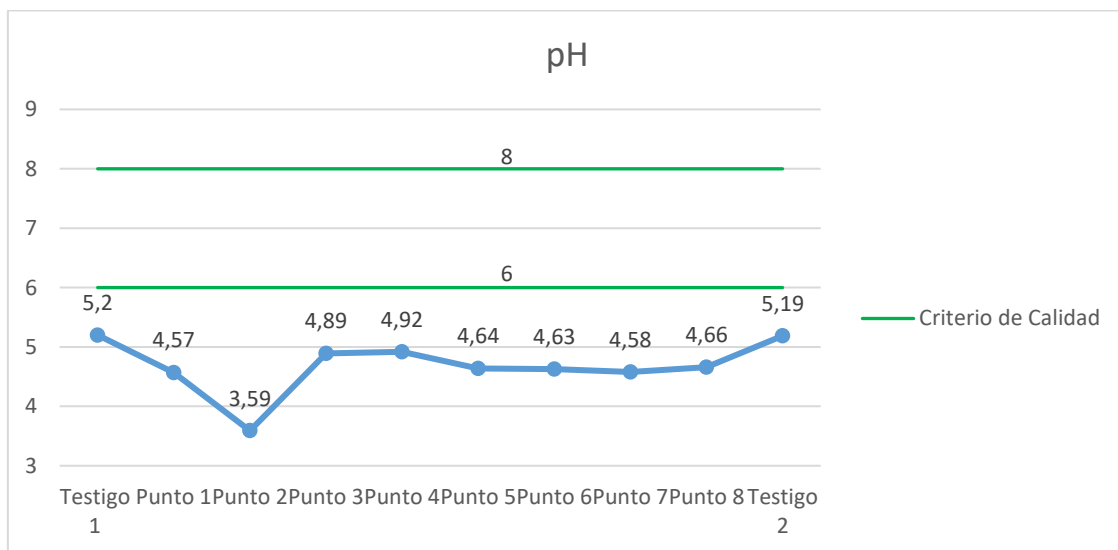


Ilustración 19: pH en los puntos de muestreo

Tabla 21: Cumplimiento del pH con el Criterio de Calidad del Suelo

Parámetro	Muestras	Resultado	Criterio de Calidad AM 097A	Cumplimiento
PH	Testigo 1	5,2	6 a 8	No Cumple
	Punto 1	4,57		No Cumple
	Punto 2	3,59		No Cumple
	Punto 3	4,89		No Cumple
	Punto 4	4,92		No Cumple
	Punto 5	4,64		No Cumple
	Punto 6	4,63		No Cumple
	Punto 7	4,58		No Cumple
	Punto 8	4,66		No Cumple
	Testigo 2	5,19		No Cumple

Fuente: Bionika

Según el mapa geo pedológico, el área de estudio en su mayor extensión se encuentra sobre suelo Andisol, y este tipo de suelo tiene un limitante debido a las condiciones que tiene para captar y retener fósforo en grandes cantidades de forma no disponible naturalmente por las plantas, lo que posiblemente eleve la acidez debido a la alta concentración de este macronutriente en el suelo (Sigtierras, 2017).

Según Cárdenas (2015) , los resultados obtenidos indican que existe acidez en el suelo del área de estudio, esta situación puede ser provocada por la pérdida de cationes, lo que aumenta los niveles de acidez, y está pérdida de cationes se pudo haber dado por las características de permeabilidad que tienen los suelos de textura franca (52% arena) de esta área (Andisoles), lo que provoca la permeabilidad es una acción de arrastre de cationes debido a la no filtración natural del agua en el suelo. De acuerdo a esto (Porta Casanellas et al., 2008) establece que la pérdida constante de estos minerales (cationes basificantes) sumado a la absorción de micronutrientes y macronutrientes por las raíces de las plantas reducen significativamente los niveles de pH. De igual manera Andina (2014), también menciona que la acidez produce muchos ácidos carbónicos y causa la pérdida por lavado de cationes no ácidos (Na, K, Mg, Ca) ocasionado por el reemplazo de estos cationes por iones de Hidrógeno.

Sanzano (2011), también afirma que los altos niveles de acidez hacen que aumente la disponibilidad de micronutrientes a excepción del Molibdeno (baja acidez). Esta condición de suelos muy ácidos, hace que se pierdan estos micronutrientes por acción de lavado que se da fácilmente por escorrentía hídrica por ser muy solubles.

Según Jaramillo (2013), otro factor que eleva los niveles de acidez en el suelo es la alta presencia de materia orgánica que es muy representativa de los suelos andinos, pues la materia orgánica es característica de los suelos negros o suelos Andisoles, pero en este caso es diferente debido a que existen altos niveles de acidez pero bajos niveles de materia orgánica (Ver Tabla 31).

Podwojewski y Jerome (2000), también dice que los suelos Andisoles tienen características de acidez alta debido a que este tipo de suelo deriva de cenizas volcánicas tiene minerales como aluminio y hierro.

Sin embargo, a pesar de la comparación que se hizo con la normativa nacional, se debe tener en cuenta que los suelos de los páramos suelen ser ácidos. Existen valores que promedian un pH de 5 a 7 en los suelos de los páramos, pero no es raro encontrar valores menores como los encontrados en este estudio para los suelos del sur de Ecuador, los cuales son inferior a 5,2 (Mena et al., 2011). Para suelos del norte del Ecuador se han registrado valores entre 5,3 y 6,3 (Borja et al., 2006).

4.1.2 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (Ver Tabla 22) en el punto testigo 1 es 0,09 mS/cm y en el Punto testigo 2 es 0,19 mS/cm. La conductividad eléctrica desde el Punto 1 (0,07 mS/cm) al Punto 4 (0,04 mS/cm) decrece, desde el Punto 5 (0,1 mS/cm) al Punto 6 (0,7 mS/cm) crece extremadamente para luego decrecer rápidamente hasta el Punto 7 (0,05 mS/cm), y desde este punto retoma la tendencia habitual hasta el Punto 8 (0,01 mS/cm). Estos resultados en su mayoría a excepción del Punto 6, indican que el área corresponde a suelos no salinos según (Hoorn y Alphen, 1994).

De igual manera, estos resultados fueron comparados con la normativa nacional en el nivel establecido para este parámetro en relación a la calidad de suelo (Ver Tabla 23). Los puntos muestreados a excepción del Punto 6 entran en el criterio aceptado por la normativa nacional ($<0,2$ mS/cm).

Tabla 22: Conductividad Eléctrica en los puntos de muestreo

Conductividad Eléctrica		
Referencia	Muestras	mSiem/cm
R1	Testigo 1	0,09
R1	Punto 1	0,07
R2	Punto 2	0,08
R2	Punto 3	0,06
R2	Punto 4	0,04
R2	Punto 5	0,1
R2	Punto 6	0,7
R2	Punto 7	0,05
R2	Punto 8	0,01
R3	Testigo 2	0,19
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

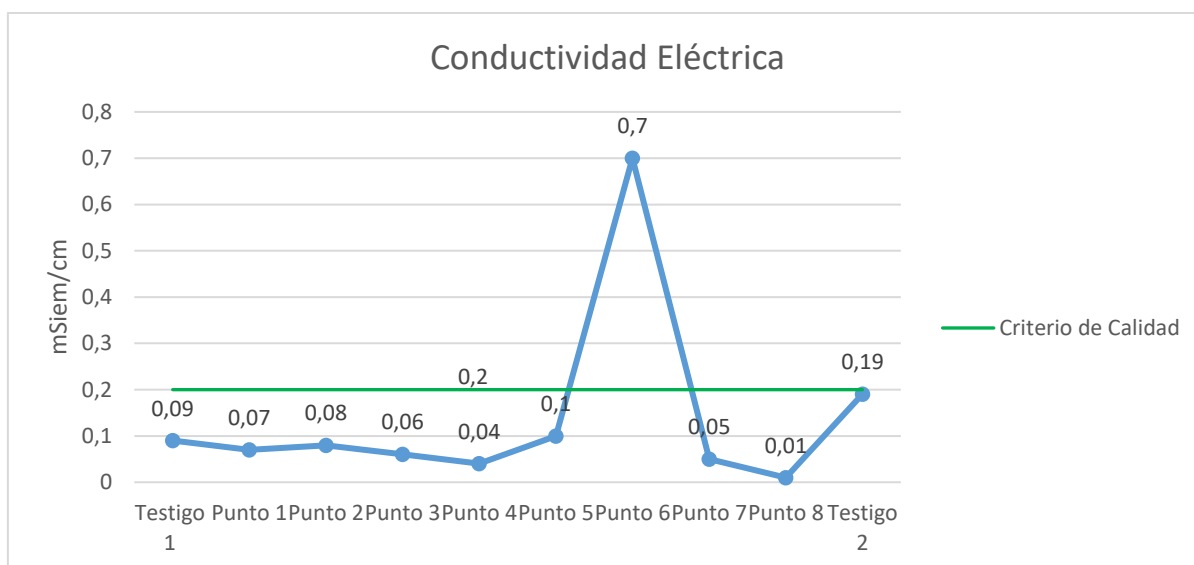


Ilustración 20: Conductividad eléctrica en los puntos de muestreo

Tabla 23: Cumplimiento de la Conductividad Eléctrica con el Criterio de Calidad del Suelo

Parámetro	Muestras	Resultado	Criterio de Calidad AM 097A	Cumplimiento
Conductividad Eléctrica (mSiem/cm)	Testigo 1	0,09	0,2	Cumple
	Punto 1	0,07		Cumple
	Punto 2	0,08		Cumple
	Punto 3	0,06		Cumple
	Punto 4	0,04		Cumple
	Punto 5	0,1		Cumple
	Punto 6	0,7		No Cumple
	Punto 7	0,05		Cumple
	Punto 8	0,01		Cumple
	Testigo 2	0,19		Cumple

Fuente: Bionika

Como se pudo ver en los resultados, el área de estudio muestra valores bajos de conductividad eléctrica en la mayoría de los puntos muestreados. Esos resultados pueden haber sido el resultado de la acción de infiltración del agua en el suelo, esto causa que en la superficie del suelo ocurra un lavado de las sales. El suelo del área de estudio tiene características Francas, y de acuerdo al estudio elaborado por Simón et al. (2013), los suelos que en su estructura tienen grandes porcentajes de partículas finas, hacen que haya más contacto partícula-partícula y por ende la abundancia de poros presentes retienen fuertemente y por más tiempo agua, lo que incrementa la capacidad del suelo para transportar mejor la electricidad.

La capacidad para infiltrar agua está muy relacionada con la clase textural del suelo. Considerando esta característica de los suelos arenosos, los resultados obtenidos muestran una relación entre la baja conductividad eléctrica con los bajos niveles de pH y los bajos niveles de Ca, Mg, Na y K (Soriano y Pons, 2001).

Por otro lado, la variable materia orgánica, se relaciona mucho con estos resultados y muestran consistencia entre ellos. Pues el suelo del área de estudio tiene baja cantidad de materia orgánica (Ver Tabla 31) y una conductividad eléctrica baja, mientras más altos son mayor será los niveles de materia orgánica mayor es la capacidad del suelo para conducir la electricidad y viceversa. El estudio de (Lal, 2004) confirma lo mencionado anteriormente, pues algunos de los componentes de la materia orgánica son los encargados de formar y estabilidad los agregados del suelo, formando poros en su estructura, lo que incrementa esta capacidad de conducir la corriente eléctrica a través del suelo.

Los puntos muestreados a excepción del Punto 6 tiene una conductividad eléctrica de 0,7 mS/cm que es inconsistente con la cantidad de materia orgánica de ese mismo punto (1,8%). Este caso pudo haberse dado por la acumulación no común de humedad en el suelo por algún suceso remoto el día de la toma de muestra. Pues el resto de puntos muestreados muestran relación entre sus datos.

La conductividad eléctrica tiene una fuerte correlación con la materia orgánica, y esta relación se debe a que la materia orgánica ayuda a mantener las características físicas del suelo, acumulando nutrientes y reteniendo agua (Martinez et al., 2009).

4.1.3 Capacidad de Intercambio Catiónico

Los resultados obtenidos (Ver Tabla 24) muestran valores 3,4 meq/100g y 3,1 meq/100g en el Punto testigo 1 y Punto testigo 2 respectivamente. A lo largo de los puntos muestreados en el área de estudio se encuentran situaciones crecientes y decrecientes en sus niveles de la C.I.C (Ver Ilustración 22), con un valor mínimo de 2,2 meq/100g en el Punto 2 y un valor máximo de 6,1 meq/100 en el Punto 7.

Los valores obtenidos en los Puntos testigo 1 y 2 según Rioja (2002), entran en la categoría de Muy Baja capacidad de intercambio catiónico. Con respecto a los puntos muestreados en el área de estudio, desde el Punto 1 al 6 y el Punto 8 entran en la categoría de Muy Bajo pues son valores menores a 6 meq/100g y solamente el Punto 7 con el valor más alto entra en la categoría Bajo.

Tabla 24: Capacidad de intercambio catiónico en los puntos de muestreo

Capacidad de Intercambio Catiónico		
Referencia	Muestras	meq/100g
R1	Testigo 1	3,4
R1	Punto 1	5,3
R2	Punto 2	2,2
R2	Punto 3	4
R2	Punto 4	4,5
R2	Punto 5	5,2
R2	Punto 6	4,3
R2	Punto 7	6,1
R2	Punto 8	3,5
R3	Testigo 2	3,1
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

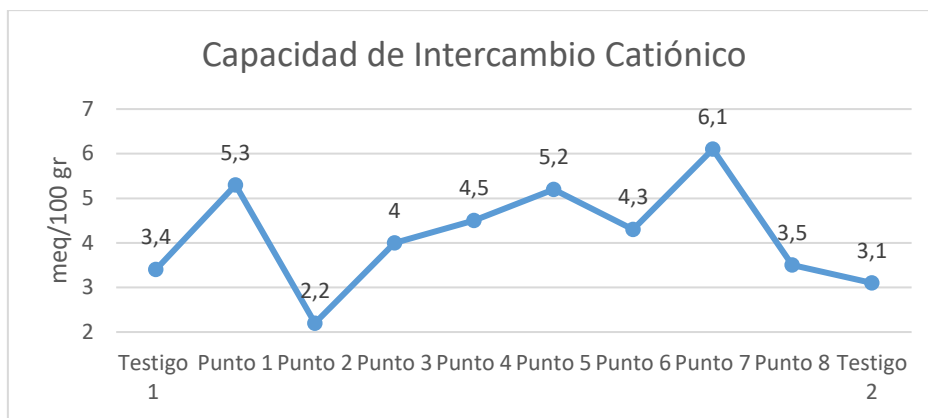


Ilustración 21: Capacidad de Intercambio Catiónico en los puntos de muestreo

El suelo del área de estudio tiene la característica de baja capacidad de intercambio catiónico por la fácil pérdida de nutrientes por factores como la escorrentía superficial. Así que en este caso los niveles de baja capacidad de intercambio catiónico se relacionan con la textura del suelo, pues en la mayoría del área de estudio hay composiciones arenosas en las texturas Franco, Arcilloso, Franco arcillo-arenoso, Franco arenoso y Franco arcilloso; esta información fue verificada en el Mapa de textura de suelo realizado (Ver Anexo 4) y obtenida a través de la cartografía establecida por el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Las partículas de arena son inertes es decir que no tienen una carga lo que impide que reacciones con los nutrientes presentes; por otro lado, las partículas de arcilla (con carga negativa) retienen y liberan al entorno los nutrientes con una carga positiva. Según Abrego (2012), mientras más alto sea el nivel de arcilla en el suelo más alta será su capacidad de intercambio.

Además, los resultados obtenidos tienen consistencia con la conductividad eléctrica (Ver Tabla 22) y únicamente los valores obtenidos en el Punto 7 en ambos parámetros son altos. La materia orgánica también se relaciona con la capacidad de intercambio catiónico, pues si los niveles de materia orgánica son bajos (Ver Tabla 31) su capacidad para retener cationes también es baja (Garrido, 1993).

Estos niveles bajos de la capacidad de intercambio catiónico se relacionan con los valores obtenidos de pH, materia orgánica y con la estructura del suelo. Pues mientras más bajo sea el pH las cargas variables de los coloides del suelo se desactivan y no retienen e intercambian cationes. Y también la textura del suelo del área de estudio tiene bajos porcentajes de arcilla en su estructura lo que disminuye igualmente la C.I.C. (Molina et al., 2014).

Los grupos funcionales de la superficie del suelo dependen mucho del pH del medio, por lo que los suelos ácidos disminuyen la capacidad de intercambio catiónico de nutrientes (Báscones, 2004), en este caso los valores de pH y de C.I.C. obtenidos sí coinciden.

4.1.4 Calcio

En la Tabla 25, se puede encontrar los resultados obtenidos. Para los Puntos testigo 1 y Punto testigo 2 se obtuvo 225 ppm y 304 ppm respectivamente. Mientras que los puntos de muestreo en el área de estudio desde el Punto 1 al Punto 8 el valor más bajo es en el Punto 2 (144 ppm) y el más alto en el Punto 1 (598 ppm).

Estos valores obtenidos en los Puntos testigo 1 y 2 según Rioja (2002), entran a la categoría Muy Bajo, y todos los puntos de muestreo que se encuentran en el área de estudio de igual manera se encuentran por debajo de las 700 ppm de Calcio por lo que los ubica en la clasificación de Muy Bajo.

Tabla 25: Calcio en los puntos de muestreo

Calcio		
Referencia	Muestras	ppm
R1	Testigo 1	225
R1	Punto 1	598
R2	Punto 2	144
R2	Punto 3	203
R2	Punto 4	199
R2	Punto 5	412
R2	Punto 6	357
R2	Punto 7	458
R2	Punto 8	312
R3	Testigo 2	304
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

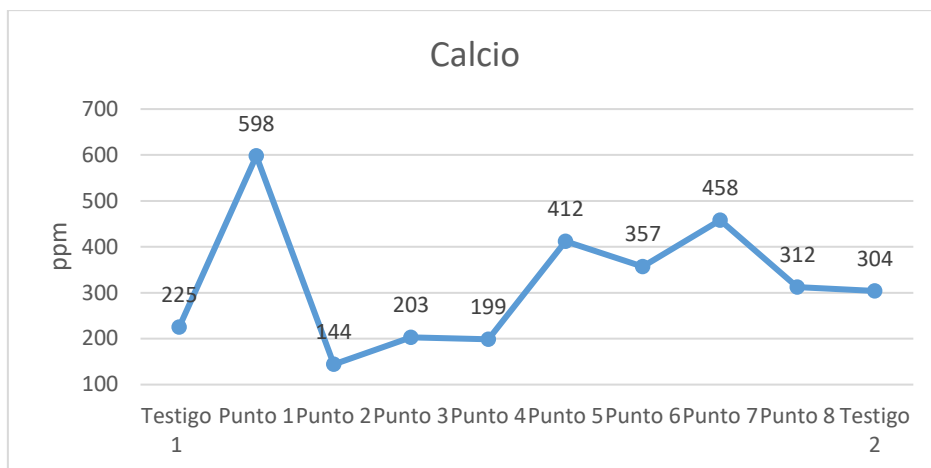


Ilustración 22: Calcio en los puntos de muestreo

Los niveles de Calcio son bajos según Rioja (2002), probablemente se deba a causas naturales. Estupiñán et al. (2009) dicen que bajos niveles de bases es una característica química del suelo del páramo, producto de la baja capacidad de retener cationes.

La presencia de este nutriente es muy importante para el suelo pues ayuda a conformar la estructura del suelo evitando que los niveles de acidez sigan aumentando, sin embargo cuando su presencia pasa los niveles críticos incrementa en la solución del suelo la concentración de otros nutrientes como el Mg, Mn y Zn haciéndolos tóxicos en el suelo y para las plantas, en esta última evitando el crecimiento del vegetal (Andina, 2014). Por evidencia verbal, se pudo conocer que en el suelo del área de estudio se realizan aplicaciones de cal.

Tanto el Ca como el Mg se encuentran muy relacionados con la meteorización de los minerales y el grado de lixiviación. Por lo que la pérdida de estos nutrientes sucede en los sistemas agrícolas por lavados y por erosión, y también por la tala de árboles en los sistemas forestales (Andina, 2014). Si se considera estos aspectos se evitaría el reemplazo por adición de enmiendas cálcicas.

4.1.5 Magnesio

En la Tabla 26, se puede ver los resultados para el magnesio presente en el suelo. El Punto testigo 1 y el Punto testigo 2 tienen valores de 121 ppm y 130 ppm respectivamente. Mientras que, los puntos de muestreo dentro del área de estudio alcanzo un valor máximo en el Punto 4 (367 ppm) y un valor bajo en el Punto 2 (114 ppm).

Según Rioja, los valores obtenidos en los Puntos testigo 1 y 2 están clasificados como nivel Bajo. Mientras que en el área de estudio los Puntos 2, 6 y 8 tienen valores mayores a 73 ppm e inferior a 182 ppm, que los clasifica como nivel Bajo. Los Puntos 1, 3, 5 y 7 tienen

valores mayores a 182 ppm e inferior a 304 ppm, que los clasifica como nivel Normal. Y solo el punto 4 tiene un valor mayor a 304 ppm e inferior a 486 ppm, que lo clasifica como nivel Alto.

Tabla 26: Magnesio en los puntos de muestreo

Magnesio		
Referencia	Muestras	ppm
R1	Testigo 1	121
R1	Punto 1	209
R2	Punto 2	114
R2	Punto 3	238
R2	Punto 4	367
R2	Punto 5	294
R2	Punto 6	173
R2	Punto 7	247
R2	Punto 8	141
R3	Testigo 2	130
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

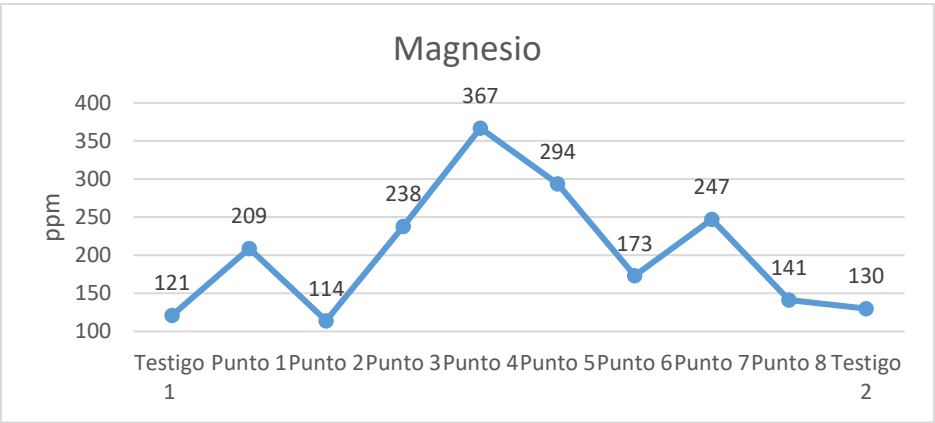


Ilustración 23: Magnesio en los puntos de muestreo

Como se vio anteriormente, los niveles de magnesio presente en su mayoría son clasificados como bajo y normal, y solo un punto como Alto. Estos niveles bajos y normales en el suelo analizado es consecuencia de que el magnesio es un elemento que lixivia rápidamente a diferencia del calcio (Podwojewski y Jerome, 2000).

Además, como se puede ver en la Ilustración 24 y comparamos con los niveles de Calcio se puede ver que los niveles de Magnesio son más bajos. Esta deficiencia es común pues

este nutriente es un elemento móvil en las plantas a diferencia del Calcio. La deficiencia del Mg es común en suelo arenosos y de baja capacidad de intercambio catiónico (Andina, 2014). Esto se relaciona mucho con los valores encontrados debido a que el suelo del área de estudio en la mayoría de la extensión superficial es suelo Franco, que se caracteriza por tener más porcentaje (50%) de arena en su estructura y también se relaciona con los bajos niveles de capacidad de intercambio catiónico encontrados en este estudio.

4.1.6 Sodio

Los niveles de sodio (Ver Tabla 27) en los Punto testigo 1 y Punto testigo 2 tienen valores de 8 ppm y 2 ppm respectivamente. Mientras que, en el área de estudio, los valores en los puntos muestreados tienen valores que crecen y decrecen rápidamente a lo largo del área, alcanzando un valor mínimo (1 ppm) en el Punto 4 y Punto 8, y un nivel máximo (8 ppm) en el Punto 3.

Según Rioja (2002), los valores de sodio en los Puntos testigo 1 y 2 están clasificados como nivel Muy Bajo. En el área de muestreo, de manera general todos los puntos muestreados desde el Punto 1 al Punto 8 alcanzaron niveles que los clasifican como nivel Muy Bajo igualmente.

Tabla 27: Sodio en los puntos de muestreo

Sodio		
Referencia	Muestras	ppm
R1	Testigo 1	8
R1	Punto 1	4
R2	Punto 2	3
R2	Punto 3	8
R2	Punto 4	1
R2	Punto 5	6
R2	Punto 6	7
R2	Punto 7	3
R2	Punto 8	1
R3	Testigo 2	2
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

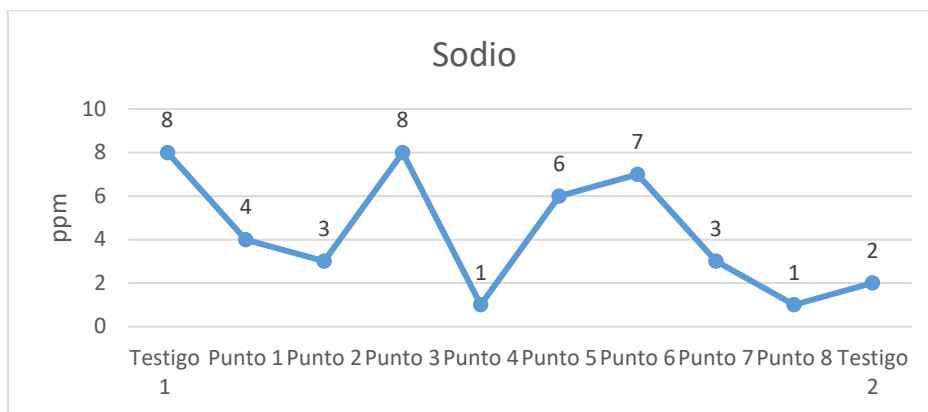


Ilustración 24: Sodio en los puntos de muestreo

De manera similar que el calcio, magnesio y potasio, el sodio es bajo en todos los puntos muestreados, que son clasificados como nivel Muy Bajo en el suelo analizado.

Estos valores se relacionan con los bajos niveles de pH obtenidos en el análisis del suelo. Pues, de acuerdo con Courel (2019), el sodio tiene elevada solubilidad que ocasiona incrementos de pH del suelo a niveles que superan el 8,5 (suelos alcalinos) dificultando la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes esenciales en el suelo y afectando a la actividad biológica. El exceso de sodio produce costras negras en la superficie del suelo, afectando la oxigenación del suelo mismo y de la zona radicular de las plantas.

4.1.7 Nitrógeno

En la Tabla 28, se puede observar los valores de nitrógeno presente en suelo. En el Punto testigo 1 y Punto testigo 2 los valores son 15 ppm y 18 ppm respectivamente. En el área de estudio los puntos muestreados alcanzaron un valor máximo en el Punto 1 (12 ppm) y un valor mínimo en el Punto 8 (4 ppm), esos valores marcan una tendencia decreciente a lo largo de los puntos.

Según la clasificación de Fernández (2006), los Puntos testigo 1 y 2 tienen niveles que son clasificados como Extremadamente Pobre. De igual manera, todos los puntos muestreados en el área de estudio alcanzaron valores que los clasifican como Extremadamente Pobre.

Tabla 28: Nitratos en los puntos de muestreo

Nitratos		
Referencia	Muestras	ppm
R1	Testigo 1	15
R1	Punto 1	12
R2	Punto 2	10
R2	Punto 3	7
R2	Punto 4	5
R2	Punto 5	8
R2	Punto 6	9
R2	Punto 7	6
R2	Punto 8	4
R3	Testigo 2	18
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

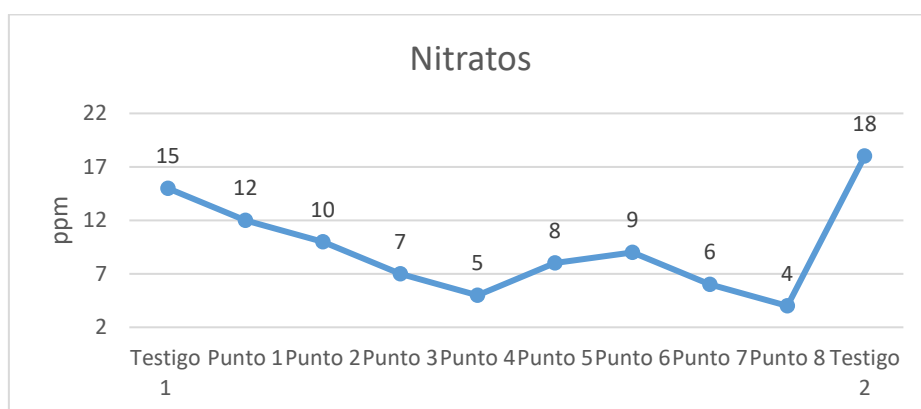


Ilustración 25: Nitratos en los puntos de muestreo

Los suelos que son pobres en nitrógeno son causados por la baja acumulación de materia orgánica, estos datos obtenidos se relacionan constantemente con los niveles de materia orgánica obtenida en los análisis (Ver Tabla 31). Existe una inconsistencia, y es que en los climas fríos como el páramo, los suelos tienen mayores contenidos de nitrógeno (Estupiñán et al., 2009). Pero en este caso, los muestreos fueron realizados en un área con suelo Andisol, y los niveles de nitrógeno encontrados son bajos según Fernández (2006).

A pesar de esto los resultados se siguen relacionando entre sí; pues a menores contenidos de nitrógeno y materia orgánica, el suelo presenta una condición de menor conductividad eléctrica, como suele ser el escenario de los suelos que han sido intervenidos por una acción humana (Cárdenas, 2015). Según Llambí et al. (2012), la compactación del suelo

es causada por la acción del pisoteo de animales, causando el aumento de la densidad aparente del suelo y alterando de igual manera las propiedades físicas y químicas del suelo como el nivel de nitrógeno. Además, como se puede ver en la Ilustración 26, los niveles de nitrógeno desde el punto testigo 1 van descendiendo constantemente y vuelve a subir rápidamente en el punto testigo 2, este escenario pudo haber sido a causa del arrastre del nutriente nitrógeno por efecto de erosión hídrica, este elemento pudo haber sido transportado desde el área de estudio hasta la microcuenca baja del río Irquis y por esta razón el nivel de nitrógeno se incrementó en el punto testigo 2.

4.1.8 Fósforo

Los valores de fósforo se pueden observar en la Tabla 29. En el Punto testigo 1 y Punto testigo 2 tienen valores de 98 ppm y 105 ppm respectivamente; dentro del área de estudio, el valor máximo obtenido es 110 ppm en el Punto 3 y el valor mínimo obtenido es 55 ppm en el Punto 5.

Según Marín et al. (2002), el Punto testigo 1 y 2 tienen contenidos de fósforo que son clasificados como Contenido Muy Alto. De igual manera, para todos los puntos muestreados dentro del área de estudio; fueron clasificados como Contenido Muy Alto de fósforo pues son niveles mayores a 10 ppm.

Tabla 29: Fósforo Total en los puntos de muestreo

Fósforo Total		
Referencia	Muestras	ppm
R1	Testigo 1	98
R1	Punto 1	84
R2	Punto 2	79
R2	Punto 3	110
R2	Punto 4	88
R2	Punto 5	87
R2	Punto 6	77
R2	Punto 7	55
R2	Punto 8	91
R3	Testigo 2	105
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

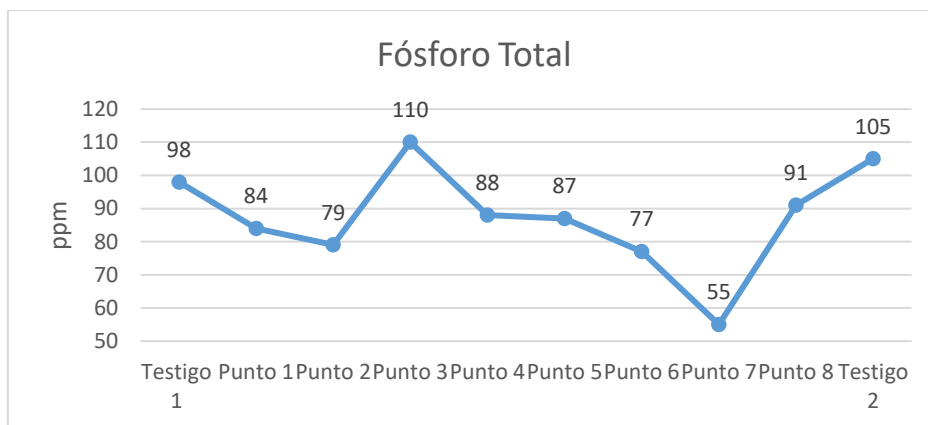


Ilustración 26: Fósforo en los puntos de muestreo

El fósforo es un nutriente relacionado con la presencia de materia orgánica; los resultados obtenidos muestran valores altos de fósforo en el suelo a pesar de que la materia orgánica es baja en el área de estudio (Ver Tabla 31), para este caso existe una inconsistencia en estos valores. Por otro lado, el área de estudio se encuentra en su mayor extensión en suelo de tipo Andisol, que es un tipo de suelo que tiene una alta fijación de fósforo en su estructura (Llambí et al., 2012). Algunos estudios realizados acerca de este tipo de suelo en los páramos de países aledaños a Ecuador, dicen que la fijación de fósforo en el suelo se encuentra íntimamente relacionada con los niveles de carbono en la estructura del suelo (Espinoza, 2005).

Los resultados de pH en el área de estudio (Ver Tabla 20) indican que el suelo va de Fuertemente Ácido a Muy Fuertemente Ácido, característica que puede actuar directamente en los niveles de fósforo del suelo, pues mientras más acidez exista en el suelo, habrán bajas cantidades de bases intercambiables y por lo tanto la capacidad del suelo para fijar fósforo será mayor (IICA, 1969).

Un estudio del Ministerio de agricultura y ganadería (2017), dice que los suelos Andisol tienen la característica de retener cantidades de fósforo no disponible naturalmente para que puedan ser asimiladas por las plantas. Por lo que los altos niveles del suelo, puede deberse a las características naturales del área de estudio y no solo por la presencia de actividades agropecuarias o aplicación de abonos altos en nutrientes como nitrógeno y fósforo.

4.1.9 Potasio

Como se puede observar en la Tabla 30, los niveles encontrados en el Punto testigo 1 y Punto testigo 2 son de 155 ppm y 147 ppm. En los puntos muestreados en el área de estudio se encontró un valor máximo de 278 ppm en el Punto 7 y un valor mínimo de 139 ppm en el Punto 5.

Según Rioja (2002), los niveles del Punto testigo 1 y 2 se encuentran en el nivel Bajo. Mientras que, en los puntos muestreados en el área de estudio, los Puntos 1, 2, 3 4, 5, 6 y 8 tienen valores que con clasificados como nivel Bajo; sin embargo, el Punto 7 tiene un valor mayor a 235 ppm e inferior a 352 ppm, que lo clasifica como nivel Normal.

Tabla 30: Potasio Total en los puntos de muestreo

Potasio Total		
Referencia	Muestras	ppm
R1	Testigo 1	155
R1	Punto 1	199
R2	Punto 2	150
R2	Punto 3	163
R2	Punto 4	140
R2	Punto 5	139
R2	Punto 6	220
R2	Punto 7	278
R2	Punto 8	167
R3	Testigo 2	147
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

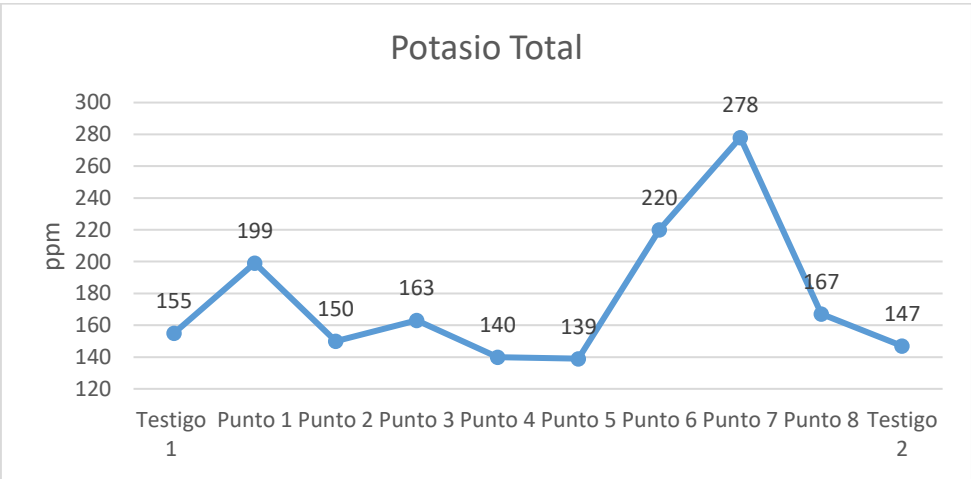


Ilustración 27: Potasio en los puntos de muestreo

La clasificación los ubica con niveles Bajos y Normales. En el área de estudio, en las visitas no se evidenció zonas que han sido quemadas, el fuego es usado para acceder a la disponibilidad de algunos nutrientes fertilizantes como el potasio (Podwojewski y Jerome, 2000). Por lo que probablemente estos niveles sea consecuencia del uso de fertilizantes

potásicos aplicados en los cultivos de pasto en el área de estudio. Además, según las encuestas realizadas a expertos, la mayoría coincidió desde su experiencia que los niveles son relativamente altos y que esos niveles se pueden deber al uso de fertilizantes inorgánicos.

4.1.10 Materia Orgánica

Como se puede observar en la tabla 31, los porcentajes de materia orgánica en el Punto testigo 1 y Punto testigo 2 tiene valores de 2,8% y 3,1% respectivamente. En los puntos de muestreo dentro del área de estudio alcanzaron un valor máximo de 2,2% en el Punto 5 y un valor mínimo de 1,1% en el Punto 8.

Según Labrador et al. (1993), el porcentaje de materia orgánica en los Puntos testigo 1 y 2 se los puede clasificar como nivel Bajo. Mientras que, en el área de estudio todos los puntos muestreados tienen valores inferiores a 5%, que los clasifica como suelo con materia orgánica Baja.

Tabla 31: Materia Orgánica en los puntos de muestreo

Materia Orgánica		
Referencia	Muestras	%
R1	Testigo 1	2,8
R1	Punto 1	2,1
R2	Punto 2	1,8
R2	Punto 3	1,9
R2	Punto 4	2
R2	Punto 5	2,2
R2	Punto 6	1,8
R2	Punto 7	1,4
R2	Punto 8	1,1
R3	Testigo 2	3,1
R1: Páramo herbáceo med. alterado R2: Bosque montano muy alterado R3: Pasto cultivado		

Fuente: Bionika

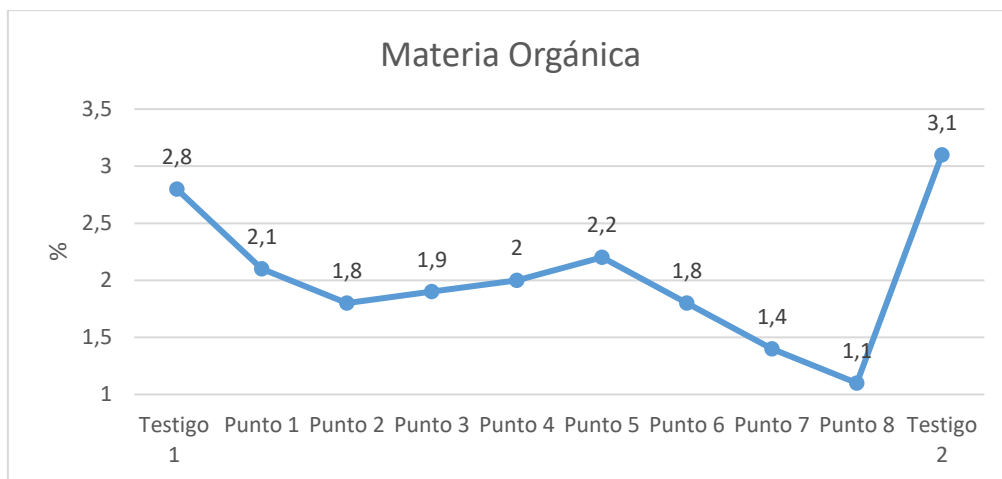


Ilustración 28: Materia Orgánica en los puntos de muestreo

Para este parámetro se presentó un caso especial, pues siete puntos muestreados dentro del área de estudio, están ubicados dentro de suelo Andisol, y como se ha mencionado estos suelos presentan altos niveles (>8%) de materia orgánica propia de sus características (Podwojewski y Jerome, 2000). Pero los niveles obtenidos no superan el 4% de materia orgánica, por lo que no tiene relación. Los puntos muestreados tampoco se encontraban cerca de áreas ganaderas al momento del monitoreo, sino en áreas cercanas a bosque montano. Esto último fue siguiendo la metodología para toma de muestras, en la que los puntos fueron distribuidos de manera equitativa por toda el área de estudio.

Otra inconsistencia que se encontró es que en las zonas climáticas donde existe vegetación de pastizal y boscosa existe más contenido de materia orgánica que en zonas donde solo existen zonas de pastizales (Corbella y Fernández, 2011), pero en el área de estudio existen bajos niveles de materia orgánica y esto puede ser porque en la zona media de la microcuenca los niveles de ganadería son bajos y porque se practica una ganadería extensiva.

Además, los niveles de materia orgánica tampoco se relacionan con los niveles de pH del área de estudio (Ver Tabla 20); pues según Jaramillo (2013), a ciertos niveles de pH ocasiona la solubilización del metal Aluminio, lo que contribuye al aumento de la acidez del suelo. También la materia orgánica contiene en su estructura grupos carboxílicos y fenólicos que actúan como acidificantes débiles y contribuyen de igual manera a reducir el pH del suelo (Martínez et al., 2008). Aun así, en este estudio estos dos parámetros (M.O. y pH) no muestran una relación.

Los altos niveles de fósforo (Ver Tabla 29) ayudan a disminuir el pH del suelo, y esto último corresponde a las características naturales del suelo Andisol. Lo que pudo influir a que se haya encontrado bajos niveles de materia orgánica es la presencia de pendientes que van

desde el 40% al 70% de inclinación en la mayoría de la superficie del área de estudio. Al haber este tipo de pendiente en el suelo pudo haber un arrastre de materia orgánica a causa de la esorrentía hídrica en la superficie del suelo.

El suelo del área de estudio como se ha mencionado anteriormente, es un suelo Andisol, pero con características degradadas pues contiene bajos niveles de materia orgánica (<4%), estos bajos niveles también se pueden deber a que este suelo en algunos sectores ha servido para realizar cultivos temporales que consumieron los niveles normales de materia orgánica, degradando las características naturales del suelo Andisol.

También esto puede ser causado por influencia de la textura pues las texturas finas (mayor % de arcilla) favorecen al incremento de materia orgánica y en el área de estudio existe mayor porcentaje de arena y bajo porcentaje de arcilla en la estructura del suelo. La textura arenosa hace que haya más infiltración de agua a través del suelo sin retener mucha cantidad de agua pero aireando (oxigenación) el suelo, con estas condiciones también provoca la desaparición de gran parte de la materia orgánica acumulada en los horizontes orgánicos (Corbella y Fernández, 2011).

4.1.11 Micronutrientes

En la Tabla 32 se muestra de manera resumida los resultados obtenidos de micronutrientes en el análisis de suelo que de manera general se presentan bajos niveles:

Tabla 32: Micronutrientes en los puntos de muestreo

Referencia	Micronutrientes (ppm)						
	Muestras	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Cl
R1	Testigo 1	8	3,3	10	9	0,12	3
R1	Punto 1	7	2	6	12	0,15	4
R2	Punto 2	9	7	8	15	0,22	6
R2	Punto 3	4	3	14	19	0,1	2
R2	Punto 4	2	4,1	10	22	0,3	5
R2	Punto 5	2	8	13	27	0,1	6
R2	Punto 6	3	9,3	10	16	0,6	4
R2	Punto 7	4	11,1	17	13	0,4	2
R2	Punto 8	6	1	22	11	0,9	1
R3	Testigo 2	3	7,8	9	8	0,2	1
R1: Páramo herbáceo medianamente alterado							
R2: Bosque montano muy alterado							
R3: Pasto cultivado							

Fuente: Bionika

Estos micronutrientes existen en pequeñas cantidades en el suelo, pero todos estos micronutrientes pueden resultar tóxicos para animales y plantas si se encuentran en el suelo en niveles superiores a las medias y en algunos casos con concentraciones relativamente bajas. Sin embargo, ninguno de estos micronutrientes puede aumentar los rendimientos si faltan los macronutrientes.

Para el caso del Fe cuando existe una deficiencia en el suelo, se debe al pH alto pero también por la falta de actividad del Fe en la planta debido a altos niveles de Calcio y Fósforo (Sanzano, 2011).

Para el caso del Mn en suelos con extrema acidez puede llegar a ser tóxico para los cultivos y animales. Las deficiencias de este micronutriente se dan en suelos alcalinos o neutros y también en suelos con mucha materia orgánica (Sanzano, 2011).

El Zn está más presente en suelos ácidos que los alcalinos (se vuelven insolubles). Los bajos niveles de Zn en el suelo del área de estudio se pueden deber a la textura del suelo (Franco) que tiene arena en su estructura. De igual manera los altos niveles de Fósforo encontrados en el área de estudio causan las deficiencias de Zinc (Sanzano, 2011).

El Boro a pesar de encontrarse en una zona cercana al páramo, se encontraron niveles bajos en el suelo. En el área de estudio no representa un riesgo de toxicidad en el suelo pues esto es más común en zonas áridas y semiáridas (Sanzano, 2011).

Para el caso del Cobre los niveles encontrados en el suelo son bajos. Este nutriente no se relaciona con el pH, pues este no afecta a la disponibilidad para las plantas. Sin embargo, los bajos niveles de Cu pueden deberse a que tiene interacciones antagónicas con el Fósforo (Sanzano, 2011).

El Cloro también presenta bajos niveles en el suelo. Este micronutriente es absorbido por las plantas en mayor cantidad que el resto de micronutrientes a excepción del Fe; también al estar en ion Cloro puede lavarse de manera muy fácil en suelo de las regiones con características húmedas (Sanzano, 2011).

4.2 Impactos ambientales que afectan al suelo, generados por actividades antrópicas en la microcuenca media el río Irquis

Se identificó tres actividades antrópicas relevantes que son el sustento económico local del área de estudio, bajo estas tres actividades se identificaron los siguientes impactos ambientales:

4.2.1 Plantación de especies forestales (Pino y Eucalipto)

4.2.1.1 Pérdida de absorción hídrica del suelo

Las plantaciones de eucalipto y pino consumen una gran cantidad de agua para la producción de madera, estas plantaciones se ven beneficiadas al estar dispuestas geográficamente en esta parte de la microcuenca, debido a las condiciones climáticas locales proveen precipitaciones ideales para las mismas.

Su presencia produce sequía en el suelo y en los canales de aguas subterráneas, en promedio estas plantas usan volúmenes muy similares de un metro cúbico de la madera en relación a otras especies. Lo que lo diferencia es que en el caso de los pinos y eucaliptos tienen un índice de crecimiento muy acelerado, por lo que si se compara con una especie nativa, en un mismo lapso de tiempo, el volumen de agua que usa es mucho más alto, por lo que causa escases de agua en el suelo de la microcuenca, se puede hablar de baja capacidad para retener agua cuando la humedad disponible es inferior 10% en la capa superficial que comprende los 50 cm desde la superficie (Plitt, 2017).

En el área de estudio existe un lugar en específico donde existe plantaciones de pino (4,07 ha) que representan el 0,28% del área de estudio; sin embargo, en los mapas realizados en este estudio se puede identificar un área relevante de bosque húmedo muy alterado (885,22 ha) y en las visitas de campo que se pudo evidenciar que existen árboles de pino y eucalipto de manera dispersa y también sesgada, por lo que estas plantaciones pueden llegar representar un poco más en el porcentaje de extensión superficial en toda la microcuenca media.

4.2.1.2 Pérdida de flora nativa en los alrededores

Las plantaciones de especies forestales como pino y eucalipto tienen características invasivas, y una reputación de generar impactos en el páramo que logran destruir totalmente el suelo y sobre todo la vegetación nativa (Hofstede et al., 2002), causa alteraciones en muchos ecosistemas pero en los hábitats de páramos.

Estas plantaciones hacen que la hojarasca producida (capa de acículas) retenga e inmovilice la disponibilidad de nutrientes lo que limita el proceso de reciclaje en los suelos, y esto sumado a la demanda de requerimiento nutricional disminuye la fertilidad del suelo. La forma de estos árboles (copa de los árboles) y la distribución de estas plantaciones (acumulaciones de acículas), reducen la luminosidad del área e impiden el crecimiento de otras especies (Hofstede et al., 1998).

Con lo mencionado anteriormente se puede decir que estas plantaciones forestales crean las condiciones físicas y químicas para que existe una disminución en la germinación, establecimiento y crecimiento de otras especies nativas, a causa del recubrimiento de semillas bajo la espesa hojarasca, baja entrada de luz y cambio total en los requerimientos nutricionales de las especies nativas (Hofstede et al., 1998).

4.2.1.3 Pérdida del suelo por erosión hídrica

Tanto la precipitación del lugar como las características en la temperatura del aire y el suelo, pueden variar acorde a la ubicación de las vertientes y la ubicación de las laderas en las cordilleras. Esto se debe a la relación entre el estado de precipitación, evapotranspiración y también por acción de la niebla (lluvia horizontal). A más de los 3000 m s.n.m., las lluvias pueden descender hasta niveles que rondan los 1000 – 1200 mm/ año (Malagón y Pulido, 2000).

Pero en la microcuenca media del río Irquis, las precipitaciones se presentan con una temporada bastante seca de agosto a septiembre y una temporada baja de diciembre a febrero. La precipitación promedio en el año está en un intervalo de 900 a 1600 mm basado en lo que va del año 1964 al 2008.

La precipitación esta igualmente distribuida durante todo el año, frecuentemente interrumpida por periodos cortos de temporada seca, con una longitud máxima de 16 días consecutivos. La intensidad de la precipitación es baja con un 90% de las lluvias que van con una intensidad menor a 10 mm h⁻¹. (Crespo et al., 2010).

También, mediante el sensor pluviométrico ubicado en la parroquia Victoria del Portete ubicada a 3.174 m s.n.m. dentro de la microcuenca del río Irquis y con un historial de 18 años (1998-2015) ha mostrado resultados de precipitaciones, con una media anual de 1107 mm, siendo 6 meses (enero, febrero, marzo, abril, mayo y diciembre) la temporada con más precipitaciones (94mm-153 mm) y el resto de meses los más bajos (30,4mm-77,3mm) (ETAPA EP, 2021).

Esta información es necesaria debido a que estas plantaciones podrían ser ineficientes para frenar la escorrentía superficial mucho más en áreas con pendientes, y aun en zonas con estos árboles en etapa adulta fueron insuficientes para prevenir la escorrentía superficial (FAO, 1987).

Las causas principales de la erosión por acciones de cosecha de árboles pueden ser la tala en terrenos muy inclinados, la tala sin previa planificación que puede modificar una

gran área del suelo y el uso de maquinaria pesada que remuevan el suelo a su paso (Gayoso y Iroume, 1995).

En el área de estudio existen plantaciones aglomeradas y separadas de estos tipos de árboles, que se encuentran en zonas con pendientes de aproximadamente 25-50 (%) de inclinación. Existe una zona específicamente de pino (7,74 Ha) que se encuentra ubicada en el extremo fronterizo del área de estudio y en las demás zonas de bosque húmedo muy alterado (bosque montano) se encuentran pequeñas plantaciones de pino y eucalipto que tienen proximidad con el río Irquis y con pendientes más notorias (>50%). En estas condiciones de precipitaciones de media baja pero constantes hace que exista erosión del suelo en las zonas de pino y eucalipto debido a que se encuentran descubiertos en su gran parte.

4.2.1.4 Agotamiento de nutrientes (K, Ca, Mg)

Lo más común sobre las plantaciones forestales, en especial los árboles de eucalipto está muy relacionada con la disminución de los nutrientes en el área donde estos árboles crecen, mucho más cuando han crecido y cosechado varias veces estos árboles (FAO, 1987). Por esta razón es importante que se considere el período de rotación de estos árboles, ya que mientras más corto es el periodo de crecimiento más alto será la disminución de los nutrientes presentes. También es muy relevante la manera (técnica) en que se cosecha, en cuanto a si se dejan o no en el sitio la copa del árbol y la corteza del mismo, que se conoce alberga el 70% de los elementos K, Ca, y Mg almacenados en la biomasa del árbol (Triviño, 1993).

Como el eucalipto y pino son de acelerado crecimiento y de rotaciones rápidas, es evidente que la suplantación de los nutrientes gastados y la demanda de los árboles no pueden ser alcanzada por medios naturales solo por el agregado de nutrientes que viene desde las precipitaciones. Los nutrientes que vienen en las precipitaciones pueden oscilar fuertemente entre el invierno y el de verano y las concentraciones de los nutrientes presentes disminuyen con el aumento de las precipitaciones. Así, de manera natural se lograría niveles de Ca 2,38 kg/ha, K 1,42 y Mg 0,99. (Hopmans et al., 1987).

Según otros estudios, el ingreso natural de Calcio desde las lluvias es relativamente bajo para brindar un adecuado nivel de Calcio para las siguientes plantaciones, existe otra forma natural de ingreso de Calcio y es mediante el proceso de meteorización geológica, se estima que el Potasio, Calcio y Magnesio podría alcanzar de 28-59, 2-7 y 10-23 kg/ha/año respectivamente.

De lo anterior varios estudios han concluido que una de las situaciones más relevantes y de atención es la del nutriente Calcio. Previendo que el Calcio que ingresa por lluvia es equivalente a lo que se pierde por escorrentía, entonces la suplantación de Calcio que se fuga tomaría un tiempo aproximado de 60 años por proceso de meteorización (Gayoso y Iroume, 1995).

Este consumo de nutrientes por parte del pino y eucalipto no solo dejaría en escases al suelo sino también a flora nativa como se mencionó anteriormente. En análisis de calidad de suelo (Ver Ítem 4.1) se presentaron valores bajos de K, Ca y Mg según los autores con los que se comparó los resultados, esto se debe a que la extensión superficial de cultivos forestales es menos del 1% del área de estudio; hay que considerar que los puntos de monitoreo fueron escogidos de manera equitativa a lo largo de la microcuenca, mismos puntos que se encontraban alejados y cercanos a plantaciones forestales.

4.2.1.5 Remoción de vegetación nativa

La adecuación de un área que será destinada para las plantaciones de especies forestales implica la tala y extracción de otras especies nativas. El área de estudio se caracteriza por tener un bosque montano alto (bosque húmedo muy alterado) con pendientes pronunciadas, y que, según el estudio realizado por el Ministerio de Acuicultura y Ganadería, es catalogado como un bosque húmedo muy alterado debido a la presencia de otras especies no endógenas, como es el caso de los pinos y eucaliptos evidenciado en las visitas técnicas al lugar.

4.2.2 Actividad Agropecuaria

El sector pecuario, además de ser una actividad que contamina las fuentes hídricas y al suelo, también es la responsable de causar impactos negativos sobre los procesos de recarga hídrica de las fuentes hídricas (ciclo del agua) y al cambio de uso de suelo. El ganado influye fuertemente en el ciclo del agua mediante los mecanismos de retención e infiltración. Este impacto ambiental es causado por la manera en que se usa la tierra y, por consiguiente, pasa por alteraciones derivadas más cambios en el uso de la tierra.

Según el Plan de ordenamiento territorial del GAD parroquial de Victoria del Portete, se viene impulsando las actividades agropecuarias a través de un Programa de desarrollo agropecuario que se viene ejecutando para el periodo 2019-2023 (GAD Parroquia Victoria del Portete, 2020). En la microcuenca del río Irquis existe una conflictividad por el uso de suelo, pero específicamente en el área de estudio establecida es una zona que ocupa una superficie de 4615,49 ha, y que está colindando las márgenes del río Irquis y sus vertientes,

se encuentra una gran biodiversidad, lo que brinda las condiciones para habitar estos lugares a las comunidades de Trancas y Corralpamba (Arévalo, 2006).

El área de estudio se encuentra clasificado por varios tipos de cobertura vegetal y que su importancia depende del uso que le den al suelo, en lo que respecta según el Ministerio de Agricultura y Ganadería existe 622,48 ha de pasto cultivado específicamente para actividades agropecuarias.

Esta actividad es muy importante en estas áreas, en las comunidades que se asientan dentro del área de estudio se encuentra familias con ganado vacuno, caballar y porcino. Sobresaliendo el ganado vacuno, del cual se obtiene la carne y la leche, siendo lo más rentable el uso de la leche para la elaboración de quesos (Arévalo, 2006).

4.2.2.1 Degradación y erosión del suelo

La degradación del suelo se presenta como el agotamiento de los recursos naturales como el suelo, la materia orgánica juega un papel importante en el suelo proporcionando sustrato para la liberación de nutrientes y formando la estructura del suelo que aumenta su capacidad de regeneración. En las tierras de cultivo intensivo para pastoreo de zonas templadas, puede haber disminuciones en la materia orgánica del suelo dentro de los primeros 25 años de cultivo, esta disminución suele ser del 50% del contenido de carbono original (Kraham, 2017).

Las tasas de erosión del suelo están influenciadas por varios factores, incluida la estructura del suelo, la morfología del paisaje, la cubierta vegetal, los niveles de lluvia y viento, el uso y la gestión de la tierra. La escorrentía de agua tiene el mayor efecto sobre la erosión, y la erosión aumenta a medida que disminuye la infiltración de agua en el suelo (Kraham, 2017).

Las tierras de cultivo bajo sistemas de pastizales intensivos son particularmente susceptibles a la erosión debido a la remoción de la vegetación natural que de otro modo uniría el suelo, lo protegería del viento y mejoraría la infiltración. El impacto mecánico de maquinaria agrícola pesada en la tierra y el agotamiento de la fertilidad natural del suelo causan alteración en la calidad del suelo de la microcuenca (Steinfeld et al., 2009).

Como se mencionó anteriormente el área de estudio consta de 153,81 Ha de pasto cultivado que representa el 10,74% del área de estudio; sin embargo, el espacio donde los ganados se podrían alimentar puede incrementar su extensión debido que en el lugar también practican el libre pastoreo incluso fuera de sus áreas destinadas para actividades agropecuarias.

4.2.2.2 Reducción de espacios de hábitats para vida silvestre

Mientras más avancen las fronteras ganaderas, además de la contaminación por fertilizantes, el cultivo de pastizales para ganado ofrece alimento y refugio limitados para la vida silvestre y, a medida que se reservan parcelas de tierra para uso de cultivo de pasto intensivo, los hábitats de la vida silvestre se fragmentan (Steinfeld et al., 2009). Las extensiones de pastizales y zonas para pastoreo se ha relacionado con la disminución de las poblaciones de aves en estas áreas (consideradas buenos indicadores de la biodiversidad de las tierras agrícolas en general) debido a prácticas como el uso de fertilizantes y maquinaria que dañan los hábitats y la disponibilidad de alimentos para las aves (Donald et al., 2001).

Cuando se realizó las visitas al área de estudio se encontró grupos de ganados que estaban en áreas con pendientes pronunciadas y cercanas al río Irquis, donde se alimentaban libremente de otro tipo de vegetación que no era el destinado. Este pastoreo se lo realiza todos los días, según moradores del lugar se debe a que el pasto sembrado para alimentarlos no es suficiente por lo que optan por sacar a pastar a otros lados.

Sin embargo, por testimonio de actores estratégicos del lugar; las fronteras ganaderas podrían incrementarse en los próximos años y esto se debe a que, personas de otros lugares están adquiriendo propiedades con la finalidad de abrir potreros. Este caso ha presionado los trabajos de conservación del suelo del bosque protector, que se encuentra ubicado en el área de estudio.

4.2.2.3 Pérdida de permeabilidad del suelo

La infiltración separa el agua en dos componentes hidrológicos fundamentales: la escorrentía superficial y la recarga subsuperficial. El proceso de infiltración influye en la fuente, el momento, el volumen y el índice máximo de escorrentía.

Cuando las lluvias logran entrar en la superficie del suelo a niveles idóneos, el suelo queda con una protección frente a la erosión que es rápida lo que hace que se conserve su fertilidad. Cuando el agua no logra atravesar la superficie, crea un flujo en la superficie del suelo. Este flujo puede moverse para el resto de áreas en la parte baja para entrar en otra zona de la ladera o seguir su curso hasta infiltrarse en algún canal de agua. Todo mecanismo que modifique el proceso de infiltración en la parte alta de la cuenca tendrá consecuencias en áreas muy distantes (Harris et al., 2005).

El impacto que causa el ganado sobre la permeabilidad del suelo y el proceso de infiltración del agua es muy variable y esto se relaciona con la intensidad, la frecuencia y la duración de las actividades de pastoreo de ganado. En las praderas, la capacidad de infiltración está

influenciada por la estructura del suelo y por la densidad y composición de la vegetación del lugar. Cuando la cobertura vegetal disminuye sus niveles de materia orgánica del suelo y la estabilidad de los agregados, también bajan, y como consecuencia reduce la capacidad de infiltración también. La vegetación es importante en la infiltración para poder proteger el suelo de fuertes lluvias, mientras que las raíces de las plantas ayudan a mejorar las características de estabilidad y porosidad del suelo.

Cuando las capas del suelo se logran compactar a causa del pisoteo de los animales, disminuye la porosidad y eleva la impermeabilidad en la superficie del mismo; causando una grave disminución de los niveles de infiltración (Mwendera y Saleem, 1997). Es por esto, que si las prácticas de ganadería (pastoreo) no son las correctas, altera las propiedades hidráulicas y físicas del suelo y ecosistemas, aumentando la escorrentía superficial, la erosión, la frecuencia de los eventos de caudal máximo, la velocidad del agua y disminución de los niveles freáticos (Belsky et al., 1999).

Los suelos del páramo son comúnmente originarios de ceniza volcánica clasificados como Andisoles: alto contenido de materia orgánica, formación de complejos Ora metálicos y baja densidad aparente (Buytaert et al., 2003).

En esta zona existe una topo secuencia del suelo en el Austro ecuatoriano, en la cual se presentan Umbrisoles alrededor de los 3.000 m s.n.m., remplazados por Andisoles y últimamente por Histosoles con el incremento de la altitud. Esta topo secuencia está principalmente determinada por acumulación de materia orgánica e interacción con el clima (Jaramillo, 2013).

Como se mencionó anteriormente algunos datos de precipitaciones en la zona, las precipitaciones se presentan con una temporada bastante seca de agosto a septiembre y una temporada baja de diciembre a febrero. La precipitación promedio al año está entre 900 a 1600 mm basado en los datos de 1964-2008. La precipitación esta igualmente distribuida durante todo el año, frecuentemente interrumpida por periodos cortos de temporada seca, con una longitud máxima de 16 días consecutivos. La intensidad de la precipitación es baja con un 90% de las lluvias que van con una intensidad menor a 10 mm h-1 (Crespo et al., 2010).

También, mediante el sensor pluviométrico ubicado en la parroquia Victoria del Portete ubicada a 3,174 m s.n.m. dentro de la microcuenca del río Irquis y con un historial de 18 años (1998-2015) ha mostrado resultados de precipitaciones, con una media anual de 1107 mm, siendo 6 meses (enero, febrero, marzo, abril, mayo y diciembre) la temporada con

más precipitaciones (94 mm-153 mm) y el resto de meses los más bajos (30,4 mm-77,3 mm) (ETAPA EP, 2021).

Debido al pastoreo en el área de estudio, la resistencia mecánica que tienen los Andisoles e Histosoles es muy baja. Si son pisados (acción de las pezuñas) se compactan y pierden su gran capacidad para retener agua aumentando la escorrentía y aumento de caudales en cuerpos hídricos. La compactación disminuye cuando hay presencia de camélidos andinos que con otro tipo de ganado como el vacuno y bovino. Además, el sobrepastoreo deja al suelo desprotegido frente al sol, reseca la superficie del suelo de manera irreversible y volviéndose muy vulnerable frente a la erosión hídrica y eólica (Jaramillo, 2013).

4.2.2.4 Presencia de coliformes fecales

La presencia de bacterias (coliformes fecales) en los excrementos que son depositados directamente en los suelos de la microcuenca, representa un riesgo de bioseguridad al ecosistema. Mientras más se expanda la producción ganadera requerirá más tierra y agua y aumentará la producción de excrementos de ganado (orina y heces) por lo que representa cada día un desafío mayor el manejo adecuado de los desechos vertidos (Bouwman et al., 2013).

La mayoría de medicamentos, alimento y suplemento se adsorben mal en el intestino del ganado, por lo que una gran cantidad de bacterias y genes son arrastrados a través de materia fecal y vertidos en las excretas sobre el suelo (Lee et al., 2020). El conjunto de bacterias con antibióticos veterinarios residuales pueden afectar el resistoma microbiano (Wang et al., 2021). Estas bacterias se mantienen en el suelo y una parte de ellas se movilizan en las diferentes fuentes hídricas aumentando el riesgo de bioseguridad. Estos contaminantes en el suelo se introducen en el sistema suelo – planta y eventualmente podría dañar el bienestar animal y humano (Cai et al., 2021).

La deficiencia de la salud en el área de estudio se ve reflejada en los siguientes datos: La red pública de agua potable tiene una cobertura en la parroquia menor al 40,0%, un 51,7% usa el agua de: vertientes, acequias, canales y ríos. Esta condición puede ser la causante de principales enfermedades humanas como son las diarreas agudas (E.D.A.) que están muy relacionadas con los alimentos y agua contaminada; siendo la población infantil la más propensa a ser afectada por estas enfermedades. Además, el sistema público de alcantarillado en la parroquia llega al 80% (López, 2018).

Los destinos de los productos obtenidos del suelo son enviados para el consumo comunitario, esto satisface las demandas familiares y no genera excedentes, se distribuye

dentro de las mismas comunidades. Los animales destinados para alimento para las familias son los cuyes, pollos, gallinas, borregos y cerdos (López, 2018).

La relación suelo-agua en la microcuenca del río Irquis es muy alta por lo que su relación de afectación es igual de alta. Con la información que se mencionó anteriormente se puede decir que la mayoría de bacterias (coliformes fecales) que son vertidas en el suelo a través de heces fecales por actividades agropecuarias llegan a los habitantes del área de estudio a través del agua y productos obtenidos directa o indirectamente del suelo.

4.2.2.5 Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K)

De manera general la adición de abono orgánico aumenta la capacidad de intercambio catiónico y aumenta las condiciones físicas debido al aumento en la capacidad para retener agua y también la estabilidad estructural, entre otro. Sin embargo el exceso de nutrientes puede causar alteraciones en la calidad del suelo (Sadeghian et al., 2003).

Entre algunos de los efectos importantes se encuentra la alteración de las propiedades físicas y químicas del suelo. En cuanto a las propiedades químicas los cambios en la disponibilidad de los macro y micro nutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio) y la liberación de carbono de los depósitos de materia orgánica (Mora et al., 2017).

Por un lado, el impacto ambiental de saturación de nutrientes en los suelos para cultivos ocasionado por excretas de animales de ganado, esto depende también de la especie pecuaria, de cómo se maneja el estiércol animal y de cuál es el sistema de alimentación (Pinos et al., 2012). La circulación y regreso de nutrientes a través de los animales puede considerarse como un principal efecto sobre el ecosistema de pastizal para pastoreo de ganado (Sadeghian et al., 2003).

Casi la mayoría de estos elementos regresa al suelo y al pastizal en forma de excretas, cuyo volumen es relevante. Estas excretas contienen muchos nutrientes indispensables para las plantas y en las cantidades necesarias aproximadamente. Sin embargo esos nutrientes no pueden estar presentes al mismo tiempo y de manera inmediata para las plantas (Funes, 1975).

La orina está llena de Nitrógeno, Fósforo y Azufre, por otro lado, las heces tienen todo el Fósforo, parte orgánica que es poco asimilable y la parte inorgánica que está disponible de manera inmediata, así como la mayoría del Calcio y Magnesio, pero mucho menos el Potasio, Sodio, Nitrógeno y Azufre siendo estos dos últimos disponibles de manera lenta. Todos estos nutrientes pueden ser usados muchas ocasiones por las plantas y animales en un corto tiempo, mientras que puede tomar un año o más el crecimiento normal para

poder absorber y nuevamente liberar estos nutrientes para que otras plantas los puedan utilizar (Sadeghian et al., 2003).

Por otro lado, los nutrientes obtenidos a través de fertilizantes edáficos, son los más usados debido a su facilidad de aplicación y porque contiene los requerimientos nutricionales necesarios para cubrir la demanda del consumidor en el crecimiento de los campos de pasto para ganado.

El nitrógeno al estar en exceso causa la saturación de nitratos en el suelo, lo cual es dañino para los animales de ganado a través del pasto y para los niños a través de las hojas de los vegetales. El sobre lavado de nitratos en el suelo puede degradar el ambiente debido a que se puede acumular en aguas superficiales y subterráneas. Este exceso de nitrato causa la acidificación del suelo y el lavado de cationes como el calcio, magnesio y potasio (Benimeli et al., 2019).

Cuando existe un exceso de Potasio las plantas pueden presentar síntomas de bajos niveles de Magnesio, Calcio y los tallos de las plantas se quiebran, muestran hojas duras y con falta de brillo. Lo que se muestra como un indicador de degradación en la calidad del suelo (Coronel, 2003). Un factor que influye en la deficiencia de las plantas para absorber este nutriente es el pH. La absorción de Potasio es óptima con un pH muy cercano a 7. A la inversa, cuando se proporciona Oxido de Calcio sobre estos suelos la absorción se puede incrementar (Benimeli et al., 2019).

A diferencia del Amonio, Nitrato que son producidos en el ciclo del Nitrógeno, el Fósforo en exceso que es transportado a las fuentes hídricas por arrastre desde el suelo no presenta características de toxicidad para los animales (peces, ganado) y humanos. Sin embargo, el aumento de algas y malezas en el agua, o eutrofización, hacen que las fuentes de agua dulce se conviertan en un ambiente no adecuado para los peces y también hacen que el agua que es usada para beber sea no potable (Benimeli et al., 2019).

Según el análisis químico realizado en el área de estudio (Ver Ítem 4.1) se puede evidenciar en la mayoría de puntos de monitoreo que, a pesar de ser catalogados según la bibliografía encontrada con otra clasificación, y hablando desde el punto de visto agroecológico podemos decir que el área de estudio presenta bajos niveles de nitrógeno, altos niveles de potasio, altos niveles de potasio, bajos niveles de porcentaje de materia orgánica y bajos niveles de pH (acidez).

Con estos datos obtenidos se puede constatar que el fósforo en altos niveles causa acidez en el suelo con pH máximo de 4,92. Mientras que el potasio en altas cantidades es un indicador de acidez en el suelo, pues su absorción mediante plantas se da en condiciones

cercanas a un pH neutro. Este exceso de nutrientes junto a valores altos de calcio y magnesio causa una saturación del suelo y puede provocar una alteración en el pH de las fuentes hídricas cercanas.

Además, se puede deducir que estos altos niveles de nutrientes en el suelo no son causados por las excretas de ganado (heces y orinas) pues el porcentaje de materia orgánica está por debajo de 4%. Esto quiere decir que los altos niveles de nutrientes son causados por los fertilizantes edáficos (contienen N, P, K) usados para el crecimiento de pasto para ganado.

En el caso del nutriente fósforo que alcanzo valores altos 110 ppm. En algunos lugares cercanos al punto 3 de monitoreo se pudo evidenciar sacos con abono orgánico (gallinaza) que es usado fertilizante para preparar el suelo antes de un proceso de siembra, esta puede ser la razón por la que los valores de fósforo son altos, aunque los niveles de nitrógeno eran bajos.

4.2.2.6 Acidificación del suelo por uso de agroquímicos en los cultivos de pasto para ganado

El uso de herbicidas para eliminar plantas de hoja ancha, arbustos u otro tipo de plantas (maleza) que afecten a las plantaciones de pasto, son compuestos organoclorados persistentes que se quedan en el suelo afectando potencialmente el pH del mismo (Izquierdo, 2017).

El pH es una de las variables más importantes pues tiene relación directa con la calidad del suelo, ya que en condiciones de bajo pH (<5) la capacidad de intercambio catiónico es bajo (Izquierdo, 2017) y esto conlleva a la inmovilización de los macro y micronutrientes en el suelo, transportándolos por lixiviación o erosión hídrica a los cuerpos de agua y afectando a las plantaciones o vegetaciones nativas del área de estudio.

En el caso del área de estudio el pH mínimo es de 3,59 y el máximo de 4,92, lo que de manera general el suelo de la microcuenca media presenta condiciones de pH bajo (acidez). Lo que también conlleva a una ineficiente absorción de nutrientes hacia la planta. Cabe mencionar, que las según Buytaert et al. (2003), los niveles de pH bajos son característicos de este tipo de suelo Andisol en el sur del país. Por lo que probablemente la actividad ganadera no causa un impacto relevante en el suelo.

4.2.3 Siembra de cultivos de ciclo corto

4.2.3.1 Alteración de los niveles de nutrientes (N, P, K) por uso fertilizantes en parcelas

En el área de estudio existen cultivos de mellocos, papas, maíz, alverja, frejol y habas que son sembrados para en su gran mayoría ser consumidos a nivel local (López, 2018). En las zonas de bosque primario, donde se encuentra un bosque húmedo muy alterado y también se encuentra paramo arbustivo y herbáceo medianamente alterado; las comunidades han invadido ciertas partes de estos bosques mediante la modalidad de multicultivo (chacras) (Arévalo, 2006).

Como anteriormente se había mencionado el exceso de nutrientes pueden causar alteraciones en los ecosistemas del área de estudio. Se debe recalcar que la relación suelo-agua es muy alta, por lo que el exceso de nitrógeno causa la acidificación del suelo y el lavado de cationes (calcio, magnesio y potasio), el exceso de potasio causa la deficiencia de otros nutrientes y por ende la degradación de la calidad del suelo y el exceso de fósforo en el suelo puede ser arrastrado a otras fuentes hídricas causando la eutrofización de agua y haciendo que esta agua que puede ser bebible no tenga las condiciones para ser potable.

Según el análisis químico obtenido se constató niveles altos de fósforo, causando acidez en el suelo y haciendo que otros nutrientes se inmovilicen (K, Ca, Mg). Esta acidez del suelo se lo puede relacionar con la aplicación de gallinaza, usada como abono orgánico para suelos agrícolas. Este tipo de fertilizantes tienen altas concentraciones de fósforo y nitrógeno.

4.2.3.2 Pérdida de fertilidad del suelo por uso de agroquímicos organoclorados y organofosforado.

Las comunidades usan insumos agrícolas disponibles en el mercado, de fácil y económico acceso; que son a base de compuestos organoclorados y organofosforados. Estos plaguicidas en la actualidad son los dos tipos más usados para el control de plagas y tienen altos problemas con la alteración del suelo, agua y hortalizas en las fincas agrarias (Izquierdo, 2017).

El problema con estos compuesto químicos es su persistencia en el medio, que van de semanas hasta 20 años (Ramírez y Lacasaña, 2001), esta característica de persistencia en el suelo ocasiona la reducción en la fertilidad, debido a que sus componentes alteran el ciclo de otros nutrientes en el suelo; acumulándolos y también siendo transportados por escorrentía a otros medios, causando afectación a las plantas del lugar (huertas agrícolas) y otros lugares que corresponden a áreas de bosque.

Según lo visto en el lugar y lo conversado con actores estratégicos del lugar, las familias que habitan en el área de estudio no usan constantemente este tipo de insumos agrícolas,

además que las extensiones de cultivos son muy pequeños pues solo sirve para abastecer necesidades a nivel familiar y local.

4.2.3.3 Alteración del pH en el suelo

El uso de fertilizantes inorgánicos y plaguicidas causan acidez en el suelo, como se ha mencionado anteriormente la sobrecarga de nutrientes mediante fertilizantes edáficos o abonos orgánicos (gallinaza) hacen que los niveles de Mg, Ca, Mg, K y P se eleven más de lo conveniente, en particular el caso del fósforo hace que los niveles de acidez alcancen un pH de 3.59. Por otro lado, la característica de persistente en el suelo que tienen los plaguicidas igualmente aporta a la alteración del pH. Estos valores se los puede constatar en los resultados obtenidos del análisis de calidad de suelo (Ver Tabla 18).

Como se mencionó anteriormente, según Buytaert et al. (2003), los niveles de pH bajos son característicos de este tipo de suelo Andisol en el sur del país. Por lo que probablemente la actividad de siembra de cultivos de ciclo corto no causa un impacto relevante en el suelo.

4.2.4 Impactos ambientales más importantes que afectan el suelo de la microcuenca media del río Irquis

Se identificaron 4 impactos ambientales que indican un alto grado de severidad que son generados por la actividad agropecuaria como se puede observar en la tabla 33.

Tabla 33: Impactos ambientales más importantes que afectan el suelo el suelo de la microcuenca media del río Irquis

MATRIZ DE IMPORTANCIA					
	ACTIVIDAD ANTRÓPICA	IMPACTO AMBIENTAL	Importancia	Calificación	Descripción
FACTOR AMBIENTAL	AGROPECURIA	Degradación y erosión del suelo	-52	SEVERO	El monocultivo de pasto promueve la remoción de nutrientes y la erosión
		Pérdida de permeabilidad del suelo	-52	SEVERO	La acción de pisoteo del ganado en el suelo reduce la infiltración de agua
		Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K)	-69	SEVERO	La adición de fertilizantes orgánicos e inorgánicos aumentan los nutrientes del suelo
		Acidificación del suelo por uso de agroquímicos en los cultivos de pasto para ganado	-72	SEVERO	Los compuestos organoclorados que se quedan en el suelo alteran el pH

Los impactos de mayor grado de afectación se observan en la actividad agropecuaria siendo los siguientes impactos: Degradación y erosión del suelo y Pérdida de permeabilidad del suelo, los dos impactos tienen la misma importancia -52, en cambio el impacto Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N,P,K), tiene una importancia de -69 y finalmente el último impacto, Acidificación del suelo por uso de agroquímicos en los cultivos de pasto para ganado con una importancia de -72. Esto indica que todos estos impactos descritos poseen un alto grado de severidad.

Como se puede ver en la Ilustración 30, un 14% de los impactos identificados son calificados como impactos compatibles, un 36% como impactos moderados y un 50% como impactos severos.

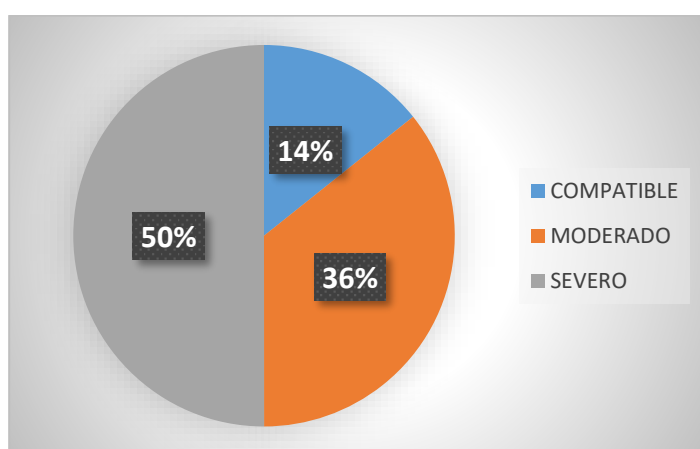


Ilustración 29: Porcentaje por tipo de impacto ambiental

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 33, los impactos ambientales más importantes que afectan el suelo y que entraron a la valorización de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación para determinar la vulnerabilidad son:

- I. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias
- II. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias
- III. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias
- IV. Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto

Para el impacto ambiental IV, se unificó el impacto ambiental de alteración de pH en actividades agropecuarias y cultivos de ciclo corto.

4.3 Cálculo de la vulnerabilidad a partir de los impactos ambientales encontrados

En la Tabla 34, se puede observar los resultados obtenidos después de aplicar la metodología adaptada para la valoración de la vulnerabilidad. El suelo del área de estudio tiene una Vulnerabilidad Media (mayor a 2 y menor a 3) frente al Impacto ambiental I, II, III y IV, el desarrollo detallado de cada impacto remplazando la fórmula de la vulnerabilidad se puede observar en el ítem 3.11.2, tabla 19.

Tabla 34: Resultado encuesta de la exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación y vulnerabilidad

Calificación de la Vulnerabilidad					
Resultado Promedio Encuestas	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptación	Vulnerabilidad (E+S-CA)	Descripción Vulnerabilidad
Impacto I	2	2	1,8	2,2	Media
Impacto II	1,8	2	1,6	2,2	Media
Impacto III	2,2	2,4	1,6	3	Media
Impacto IV	2,2	2,2	1,8	2,6	Media

I. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias

II. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias

III. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias

IV. Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto

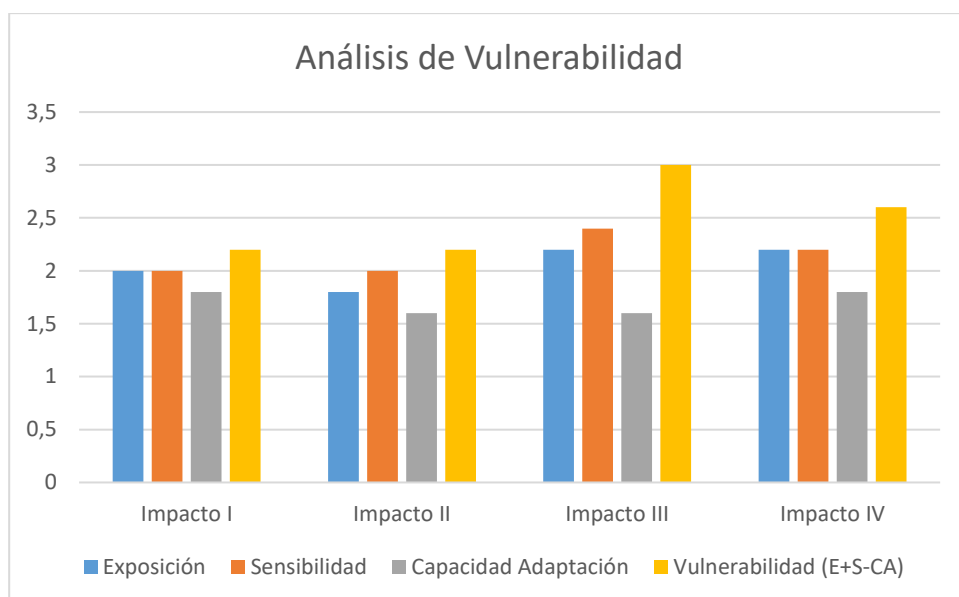


Ilustración 30: Análisis de la calificación de la vulnerabilidad

Como se mencionó anteriormente el suelo del área de estudio tiene una vulnerabilidad media frente a todos los impactos ambientales causados al suelo. En primer lugar, de prioridad esta la alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial por actividades agropecuarias (Vulnerabilidad igual a 3), después está la acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos (Vulnerabilidad igual a 2,6) y finalmente esta la degradación, erosión y pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias y agrícolas (Vulnerabilidad igual a 2,2).

Como se puede ver en la Ilustración 31, en promedio los expertos coincidieron en que la Capacidad de adaptación del suelo frente a la alteración de nutrientes a nivel superficial por actividades agropecuarias es baja frente a las otras variables. Para este análisis se consideró el orden de la textura del suelo (Andisol), debido a que el suelo del área de estudio en la mayoría de extensión presenta algunas características que incrementan la vulnerabilidad ante la alteración de nutrientes (N, P, K, Mg, Ca, Na, etc.) en la superficie del suelo causadas por la actividad agropecuaria, entre estas características está el pH.

En la revisión bibliográfica (Mena et al., 2011) menciona que por naturaleza este parámetro (pH) en este tipo de suelos es bajo (<5), esta condición natural, sumado a la baja capacidad de intercambio catiónico del área de estudio, ralentiza los procesos físicos y químicos en el suelo; es decir, los ciclos del nitrógeno, fósforo, potasio y de los micronutrientes se realizan en más tiempo del que le tomaría normalmente a un suelo apto para cultivos con pH cercano al neutro (5,5 a 6,5). Por lo tanto, esta ralentización en el ciclo de los nutrientes causa en los cultivos de pasto un ineficiente crecimiento.

En el Ítem 4.1, se puede ver los resultados obtenidos del análisis del suelo del área de estudio, y a pesar de que se hizo una evaluación de estos parámetros con bibliografía que los categoriza de manera general como alta, media y baja. En la mayoría de nutrientes evaluados a excepción del fósforo, dieron como resultado que los niveles de nutrientes a nivel superficial del suelo son bajos.

Las actividades agropecuarias, alteran los niveles de nutrientes en la superficie del suelo a través de los desechos de orina y heces fecales del ganado, mientras que la parte de cultivo de pasto contribuye de igual manera por los fertilizantes orgánicos (gallinaza, etc.) e inorgánicos (urea, sulfatos, nitratos, etc.) adicionados para el rápido crecimiento del pasto para ganado en el suelo. Esta sobrecarga de nutrientes satura el suelo y altera mucho más los niveles de pH (Ver Tabla 20); una parte del exceso de nutrientes que las plantas no logran asimilar se pierde por la erosión hídrica y eólica.

En el caso de la erosión hídrica siendo arrastrados por escorrentía a las fuentes hídricas causando un posible caso de eutrofización o acidez, mientras que en el caso de la erosión eólica el exceso de nutrientes puede ser arrastrado debido a las altas pendientes que existen y son características del área de estudio; en ambos casos afectando a la flora y fauna del lugar.

El segundo impacto ambiental del que el suelo del área de estudio es medianamente vulnerable, es la acidificación causada por el uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos. El cultivo de ciclos cortos es realizado a menor escala (mucho menos que la actividad agropecuaria), aun así, contribuyen en menor intensidad con el aumento en los niveles de acidez del suelo por el uso de pesticidas y de abonos orgánicos e inorgánicos. Mientras que el impacto ambiental I y II, es causado por acción del ganado en el pisoteo y en la extracción de la cubierta vegetal que deja el suelo descubierto y compactado.

En el área de estudio la actividad agropecuaria ocupa aproximadamente el 10% y la actividad agrícola un porcentaje muchísimo menor, comparado con el resto del área que está compuesto por bosques y matorrales húmedos, páramo arbustivo y herbáceo, y vegetación herbácea que en algún porcentaje también han sido intervenido. El área de estudio tuvo una valoración de vulnerabilidad Media, y esto se debe a que en esta pequeña área la actividad agropecuaria se la viene realizando de manera intensiva y también debido a que el suelo de la microcuenca media no tiene las condiciones físicas (pendientes, cobertura vegetal, etc.) y químicas (pH, C.I.C, N, P, K, etc.) que puedan enfrentar estos impactos causados por actividades humanas.

4.4 Cálculo de la resiliencia a partir de los resultados del cálculo de la Vulnerabilidad

Aplicando la fórmula ya propuesta de la resiliencia y anteriormente ya desarrollada en el ítem 3.11.3, en donde los resultados finales de los cálculos se pueden observar en la tabla 35.

Tabla 35: Resultado de la calificación de los impactos ambientales, respecto a la Resiliencia

Calificación de la Resiliencia		
Impacto Ambiental	Calificación de la resiliencia	
I. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias	2,8	Media
II. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias	2,8	Media
III. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias	2	Media
IV. Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto	2,4	Baja

**Resiliencia=Resiliencia máx. - Vulnerabilidad*

En la Tabla 35 se pueden observar los resultados obtenidos para la resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Irquis. Estos valores se obtuvieron después de aplicar la fórmula propuesta en la metodología de este estudio, el valor más bajo es de 2 que corresponde al impacto ambiental III, después el valor de 2,2 para el impacto ambiental IV, finalmente le sigue el valor más alto 2,8 para el impacto ambiental I y II. Con estos datos, se pudo determinar que el suelo de la microcuenca media del río Irquis no es resiliente. Y que el impacto ambiental III es el que mayor grado de afectación ocasiona al suelo de la microcuenca media.

La microcuenca media del río Irquis no es resiliente, pero se puede mejorar en algunos aspectos para que el área de estudio no sea vulnerable frente a los impactos ambientales que afectan al suelo. Para que, la resiliencia del suelo mejore, se debe mejorar y proteger las condiciones de este recurso natural.

De acuerdo a Belloni (2017), esta acción de mejora depende de la capacidad de regeneración que tiene el ecosistema y la capacidad frente al cambio para continuar brindando el servicio de uso de suelo y por ende el servicio de uso de agua, que es un servicio muy importante que brinda la microcuenca del río Irquis y que se ve afectado por la alteración en la calidad del suelo. Si se mejora las condiciones para mejorar estas capacidades descritas del área de estudio se podrá mantener la estructura del suelo a lo más parecido a las condiciones que tenía el suelo antes de las actividades antrópicas y que se vieron modificados por su propia dinámica sociedad-ecosistema (Balvanera et al., 2017).

Como se mencionó anteriormente, específicamente para la actividad agropecuaria que causan más impactos al suelo; puede convertirse en una potencial amenaza a largo plazo si el suelo de la microcuenca media se expone más en extensión superficial. Esto sumado a las características naturales (Andisol e Inceptisol, pendiente, pH, etc.) del área de estudio hace que el suelo sea altamente sensible a las intervenciones antrópicas. Si incrementa el grado de afección con respecto a la alteración de nutrientes a nivel superficial del suelo en el área de estudio, pueden afectar directa o indirectamente a que el pH se altere más aun de sus niveles naturales (más acidez), causando la inmovilización de los macro y micronutrientes en el suelo.

Una parte del exceso de nutrientes del suelo pueden ser transportados por lixiviación o erosión hídrica a los cuerpos de agua (humedales, quebradas, ríos) y también por erosión eólica alterando el medio en el que habitan las vegetaciones nativas y especies animales del área de estudio. Disminuyendo aún más el porcentaje de resiliencia del suelo.

La recuperación del recurso suelo tarda un tiempo muy largo, y además, puede ser difícil determinar el tiempo que pueda tomar un suelo en volver a sus condiciones iniciales (Balvanera et al., 2017). El área de estudio pertenece al área de Bosque Protector Yanuncay e Irquis por la fragilidad de sus ecosistemas; algunas entidades públicas como ETAPA EP y el GAD Parroquial Victoria del Portete trabajan en toda el área de la microcuenca del río Irquis en lo que concierne al control y seguimiento de actividades humanas con la finalidad de conservar los ecosistemas nativos y el páramo. Estas acciones se deben mejorar y seguir ejecutando para lograr un buen manejo de uso de suelo de la microcuenca.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES

- Con el análisis de las características físico-químicas se estableció el diagnóstico del suelo, el cual presenta características degradadas y fuera de los límites permisibles según la normativa nacional y según los autores considerados. Pues según los niveles de pH obtenidos indican que existe acidez en el suelo, según la normativa nacional esta acidez encontrada va de fuertemente ácido (<4.5) en tres puntos de muestreo a fuertemente ácido (4.6-5.5) en el resto de puntos muestreados. Esta acidez también puede ser causada por el contenido muy alto de fósforo (>10 ppm) debido a la aplicación de gallinaza y de fertilizantes fosforados en algunos lugares del área de estudio. La materia orgánica tuvo niveles muy bajos (<4%) que no se relacionaron con los niveles de pH encontrados ni mucho menos con las características normales de un suelo de tipo Andisol. Estos niveles de materia orgánica pueden ser causadas por acción de escorrentía hídrica y eólica debido a las fuertes pendientes que tiene el área de estudio. Con respecto a los micronutrientes, los niveles encontrados son bajos.
- Mediante la aplicación de la metodología propuesta por Conesa Fernández-Vitora, se evaluó y valoró los impactos ambientales donde como resultado se eligió los 4 impactos de mayor grado de severidad, siendo la actividad agropecuaria la que mayor afección causa al suelo mediante los siguientes impactos: Degradación y erosión del suelo y pérdida de permeabilidad del suelo, estos dos impactos tienen la misma importancia -52, en cambio la alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N,P,K), tiene una importancia de -69 y finalmente el último impacto, acidificación del suelo por uso de agroquímicos en los cultivos de pasto para ganado obtuvo una importancia de -72. Esto indica que todos estos impactos descritos poseen un alto grado de severidad.
- El suelo de la microcuenca media del río Irquis no es resiliente pues se obtuvo un valor promedio de 2.5 sobre 5; debido a que no presenta las condiciones físicas (pendientes, cobertura vegetal, etc.) (Ver Anexos 1, 3, 4 y 5), y químicas (pH, C.I.C, N, P, K, etc.) que puedan enfrentar los impactos ambientales causados por actividades antrópicas.

CAPÍTULO VI

6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en futuros proyectos se puedan enfocar en propuestas que mejoren y protejan el suelo (seguimiento y control a las actividades humanas) en la parte alta, media y baja de la microcuenca del río Irquis, para evitar que la calidad del suelo se altere aún más y puedan mantener características similares a las que tenía antes de ser intervenida (sin erosión, ni compactación de suelo, presencia de más vegetación nativa).
- Con respecto a la valoración de la resiliencia, se recomienda que se podría emplear esta metodología adaptando a las microcuencas que contengan características similares a las ya estudiadas y con respecto a la microcuenca del río Irquis, podrán basarse en los análisis e información levantada mediante este estudio, la cual ayudaría a recopilar información sobre el uso del suelo de la zona y al mismo tiempo se podría prevenir el aumento de la actividad agropecuaria por parte de personas que son ajenas a la zona pero que recientemente han llegado a vivir, adquiriendo propiedades en el lugar con el fin de adecuar zonas de potreros para ganado, ampliándose más la frontera ganadera.
- Realizar investigaciones similares al presente en el área de estudio para ampliar la cantidad y calidad de información para determinar el estado actual de la microcuenca del río Irquis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrego, FL. (2012). Capacidad de intercambio catiónico. 59-73.
- Adger, WN; Brown, K. (2009). Vulnerability and Resilience to Environmental Change: Ecological and Social Perspectives. A Companion to Environmental Geography.109-122. doi: <https://doi.org/10.1002/9781444305722.ch8>.
- Alejandra Mora Marín, M; Ríos Pescador, L; Ríos Ramos, L. y Luis Almario Charry, J. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia Livestock impact on the ground in Colombia. doi: <https://doi.org/10.25054/issn.2216-1325>.
- Alloway, B. (2012). Capítulo II: La Contaminación del Suelo. Recuperado de <https://www.tesisenred.net/Tasm03de16.pdf>.
- Alteri, M. (2013). Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. 94-104.
- Andina, D. (2014). Calcio y magnesio del suelo. Química del suelo. Recuperado de www.edafologia.com.ar.
- Arévalo Ch., B. (2006). Las comunidades locales y la micro cuenca hídrica del río Irquis en la provincia del Azuay. .
- Aquilla, R. (2005). Uso del suelo y la calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastorales en la Subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica. CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza :139.
- Ávalos, H; Galindo, A; Gonzáles, I; Pineda, R. y Patrón, E. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.
- Balvanera, P; Astier, M; Gurri, FD. y Zermeño-Hernández, I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. Revista Mexicana de Biodiversidad.141-149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005>.
- Banegas, N. (2014). Calidad y salud del suelo. Universidad Nacional del Tucuman. 1(1).1-6. Recuperado de www.edafologia.com.
- Baquero, F; Sierra, R; Ordoñez, L; Tipán, M; Espinosa, L; Rivera, MB. y Soria, P. (2004). La vegetation de los Andes del Ecuador. 55.
- Báscones Merino, E. (2004). Análisis de suelo y consejos de abonado. 65.

- Belloni, M. (2017). Resiliencia de los Sistemas Agroecológicos ante el Cambio Climático.
- Belsky, AJ; Matzke, A. y Uselman, S. (1999). Survey of Livestock Influences on Stream and Riparian. *Journal of Soil and Water Conservation*. 419-431.
- Benimeli, M.; Plasencia, A; Corbella, RD; Andina Guevara, D; Sanzano, A; Sosa, FA. y Fernández de Ullivari, J. (2019). El nitrógeno del suelo. Cátedra de Edafología. Recuperado de <https://www.edafologia.org/app/download/7953478176/El+nitrogeno+del+suelo+2019.pdf?t=1563476239>.
- De Bièvre, B; Iñiguez, V. y Buytaert, W. (2008). Hidrología del páramo. *Investigaciones biofísicas en el páramo*.1-15.
- Borja, P; De Bievre, B. y Cisneros, P. (2006). Desarrollo de funciones de edafo-transferencia para la caracterización hidraulica de andosoles. 1-10.
- Bouwman, L; Goldewijk, KK; Van Der Hoek, KW; Beusen, AHW; Van Vuuren, DP; Willems, J; Rufino, MC. y Stehfest, E. (2013). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900-2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 110(52). doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1206191109>.
- Buytaert, W; Célleri, R; De Bièvre, B. y Cisneros, F. (2003). Hidrología del Páramo Andino: Propiedades, Importancia y Vulnerabilidad. *Soil and Water*. 1-26.
- Cai, Y; Tang, R; Tian, L. y Chang, SX. (2021). Environmental impacts of livestock excreta under increasing livestock production and management considerations: Implications for developing countries. *Current Opinion in Environmental Science and Health*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100300>.
- Cárdenas, MS. (2015). Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna Monjas Bajo, parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe. 1-100.
- Coeto, J. (2015). La Dinámica del Potasio (K) en el Suelo. *Intagri*.1-3.
- Conesa Fernandez - Vitoria, V., Conesa Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Estevan Bolea, M. T. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (4a. ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Corbella, R. y Fernández de Ullivarri, J. (2011). Materia orgánica del suelo. Universidad nacional de Tucuman. Recuperado de [http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/Materia Organica del Suelo.pdf](http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/MateriaOrganica%20del%20Suelo.pdf).

- Cordero, D. (2003). PSA para la protección del recurso hídrico en el cantón Cuenca. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del cantón Cuenca (ETAPA)- Fundación Natura. Quito, Ecuador. .
- Coronel, NL. (2003). Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas. La Granja. 1-2.
- Corwin, DL. y Lesch, SM. (2005). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity: I. Survey protocols. Computers and Electronics in Agriculture. 103-133.
- Courel, G. (2019). Suelos Salinos y Sódicos. Journal of Chemical Information and Modeling. 53(9).
- Crespo, P; Célleri, R; Buytaert, W; Feyen, J; Iñiguez, V; Borja, P. y De Bievre, B. (2010). Land use change impacts on the hydrology of wet Andean páramo ecosystems. IAHS-AISH Publication 336. 71-76.
- Crespo, P; Célleri, R; Buytaert, W; Ochoa, B; Cárdenas, I; Iñiguez, V; Borja, P. y De Bièvre, B. (2014). Impactos del cambio de uso de la tierra sobre la hidrología de los páramos húmedos andinos. Avances en investigación para la conservación de los páramos Andinos, CONDESAN. 287-304. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/264416399>.
- Domènech, X. PJ. (2006). Química Ambiental de Sistemas Terrestres (1ed.).
- Donald, PF; Green, RE. y Heath, MF. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 268(1462):25-29. doi: <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1325>.
- Eduardo Martínez, H; Juan Pablo Fuentes, E. y Edmundo Acevedo, H. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal 8(1):68-96. doi: <https://doi.org/10.4067/s0718-27912008000100006>.
- Escobar, M. (2004). Libro de trabajo para promover el cuidado ambiental dirigido a niños de 4 a 5 años.
- Espinoza, J. (2005). Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica.
- Estupiñán, LH; Gómez, JE; Barrantes, VJ. y Limas, LF. (2009). Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el Páramo el Granizo, (Cundinamarca - Colombia). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 12(2). doi: <https://doi.org/10.31910/rudca.v12.n2.2009.694>.
- ETAPA EP. (2021). Análisis de la vulnerabilidad a eventos de crecida y diseño de obras físicas para la protección de la margen derecha del río Cuenca, en el sector de Guangarcucho, predio

donde se implementará la nueva planta de tratamiento de aguas residuales de Cuenca.

FAO. (1987). Efectos ecológicos de los eucaliptos. Colección Estudio Fao Montes N° 59.

FAO. (2022). Propiedades Químicas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>.

Fernández Linares, LC; Rojas Avelizapa, NG; Roldán Carrillo, TG; Ramírez Islas, ME; Zegarra Martínez, HG; Uribe Hernández, R; Reyez Ávila, RJ; Flores Hernández, D. y Arce Ortega, JM. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación. 180.

Funes, F. (1975). Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales. Rev. Cubana Cienc. Agric. 9. 395 - 412.

Gabriels, D. y Lobo, D. (2019). Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo. Venesuelos.14(1). 37-48.

GAD Parroquia Victoria del Portete. (2020). Actualización Plan de ordenamiento territorial 2019-2013.

García, E. (2007). Análisis visual de imágenes. Área de geodinámico externo. .

Garrido, S. (1993). Interpretación y análisis de suelos. Investigaciones Geográficas. 1(4).

Gayoso Aguilar, J. y Iroume Arrau, A. (1995). Impacto del manejo de plantaciones sobre el ambiente físico. Bosque. 16(2). 3-12. doi: <https://doi.org/10.4206/bosque.1995.v16n2-01>.

Gomezcoello, C. (2020). Resiliencia de la microcuenca del río Matadero frente a riesgos exógenos.

Harris, B.; Hoffman, D. y Mazac, FJJ. (2005). TEX*A*Syst. Water Sciences Laboratory, Blackland Research Center, Temple, Texas. .

Hofstede. R. y Lips. J. (1998). Impactos ecológicos de plantaciones forestales. En: Hofstede, R., J. Lips, W. Jongsma y Y. Sevink. (1998). Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador. 242.

Hofstede, R; Coppus, R; Vásconez, PM; Segarra, P. y Wolf, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. Ecotopicos. 15(1). 3-18.

Hoorn, V. y Alphen, V. (1994). Salinity control. (H. P. Ritzema, Ed.) Drainage principles and application. 31(3). 533-600. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(96\)84103-5](https://doi.org/10.1016/0378-3774(96)84103-5).

Hopmans, P; Flinn, DW. y Farrell, PW. (1987). Nutrient dynamics of forested catchments in

- Southeastern Australia and changes in water quality and nutrient exports following clearing. *Forest Ecology and Management*. 20(3-4). 209-231. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(87\)90081-8](https://doi.org/10.1016/0378-1127(87)90081-8).
- Hughes, TP; Bellwood, DR; Folke, C; Steneck, RS. y Wilson, J. (2005). New paradigms for supporting the resilience of marine ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*. 20(7). 380-386. doi: <https://doi.org/10.1016/J.TREE.2005.03.022>.
- Ibarra-Castillo, D. (2009). Distribución espacial del pH de los suelos Agrícolas de Zapopan, Jalisco, México. 35(3). 267-276. Recuperado <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n3/v35n3a3.pdf>.
- IICA. (1969). Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas de América Latina. Turrialba. FAO.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Journal of Environmental Quality*. 837-837. doi: <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0024br>.
- Izquierdo, JJ. (2017). Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos de la parroquia San Joaquín. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>.
- Jaramillo, DF. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. *Introducción a La Ciencia Del Suelo*.
- Jaramillo, V. (2013). Caracterización preliminar de la geomorfología e hidrología de la microcuenca del río Irquis, parroquia Victoria del Portete, cantón Cuenca - provincia del Azuay.
- K+S. (2019). Sodio. K+S Minerals and Agriculture. Recuperado de [http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/sodium.html#:~:text=para los animales-,El sodio \(Na\) en el suelo](http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/sodium.html#:~:text=para los animales-,El sodio (Na) en el suelo).
- Kraham, SJ. (2017). Environmental impacts of industrial livestock production. *International farm animal, wildlife and food safety law*. 3-40. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18002-1>.
- Laban, P; Metternicht, G. y Davies, J. (2018). Bioversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: cómo mantener vivas las tierras áridas. doi: <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2018.03.es>.
- Labrador, J; Guiberteau, A; Luis, L. y Reyes, J. (1993). La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid-España. 3(93):1-44. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*. 304(5677):1623-1627. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1097396>.

- Lee, HJ; Ryu, HD; Lim, DY; Chung, EG; Kim, K. y Lee, JK. (2020). Characteristics of veterinary antibiotics in intensive livestock farming watersheds with different liquid manure application programs using UHPLC-q-orbitrap HRMS combined with on-line SPE. Science of the Total Environment. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142375>.
- Lieber Kass, D. (1996). Fertilidad de suelos. San José, Costa Rica: EUNED.
- Llambí, LD; Soto-w, A; Borja, P; Soto-w, A. y Calle, T. (2012). Páramos Andinos Ecología, hidrología y suelos de páramos.
- Lloret, P. (2009). Gestión de cuencas hidrográficas. .
- Lopez Galarza, AD. (2021). Metodología para el Calculo de las Matrices Ambientales. Universidad peruana de ciencias aplicadas.1-5.
- López, M. (2018). Diagnóstico de las vulnerabilidades de la zona 6 para su aplicación en proyectos de servicio comunitario de la Universidad de Cuenca. .
- Lopez Torres, JF. y Terán Santamaria, MR. (2015). Estudio de impacto ambiental ex post y plan de manejo ambiental de la brigada de aviación No. 15 Paquisha del Ejercito del Ecuador. .
- Malacalza, L; Malacalza, L; Coviella, C; Casset, MA. y Greco, N. (2002). Ecología General.
- Malagón, S. y Pulido, C. (2000). Suelos del Páramo Colombiano. En: Rangel, O. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica III. La Región de Vida Paramuna. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia. 37-84. .
- Marín García, ML; Aragón Revuelta, P. y Gómez Benito, C. (2002). Análisis químico de suelos y aguas: Manual de laboratorio. Valencia, Editorial de la UPV.
- Martinez, G; Vanderlinden, K; Ordóñez, R. y Muriel, JL. (2009). Spatial interpolation of soil organic carbon using apparent electrical conductivity as secondary information.
- Mena Vásconez, P; Castillo, A; Flores, S; Hofstede, R; Josse, C; Lasso, S; Medina, G; Ochoa, N. y Ortiz, D. (2011). Páramo: Paisaje estudiado, habitado e institucionalizado.
- Mena Vásconez, P. y Medina, G. (2001). La biodiversidad de los páramos en el Ecuador. 1-26.
- Mendoza, R. y Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. Universidad Nacional Agraria.1-56.
- Ministerio del Ambiente. (2014). Cómo incorporar cambio climático en la planificación local. .
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial 097-A que reforma el Texto Unificado de

Legislación Secundaria, Registro oficial No 387 edición especial.

Molina, NC; Guevara, DA. y Fernández de Ullivarri, J. (2014). Físico-Química del Suelo.

Munera V., GA. y Meza S., DC. (2012). El Fósforo Elemento Indispensable Para La Vida Vegetal. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5248/elfósforo elemento.pdf>.

Mwendera, EJ. y Saleem, MAM. (1997). Hydrologic response to cattle grazing in the Ethiopian highlands. Agriculture, Ecosystems & Environment. 64(1):33-41. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(96\)01127-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(96)01127-9).

Del Nogal, A. (2020). La resiliencia ambiental es vital para sobrevivir ante las adversidades. Recuperado de <https://lacontaminacion.org/la-resiliencia-ambiental-es-vital-para-sobrevivir/>.

O'Sullivan, A. (2020). Prevención de los incendios forestales. El Campo. 127.179-192.

Ochoa, R. (2013). Efectividad de los instrumentos de manejo en la conservación de la microcuenca del río Irquis.

Perevochtchikova, M. (2014). Pago por servicios ambientales en México: Un acercamiento para su estudio. El Colegio de México AC. .

Pérez, A. (2020). Capacidad de adaptación, ¿Qué es?. Recuperado de <https://fundacionadecco.org/blog/la-capacidad-de-adaptacion-competencia-clave-para-el-empleo-del-siglo-xxi-como-desarrollarla/>.

Pinos-Rodríguez, JM; García-López, JC; Peña-Avelino, LY; Rendón-Huerta, JA; González-González, C. y Tristán-Patiño, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Agrociencia. 46(4).

Plitt, L. (2017). Eucaliptos y pinos: los bosques artificiales que contribuyen a la expansión de los incendios en Chile - BBC News Mundo (en línea, sitio web). Consultado 25 jun. 2022. Disponible en <https://www.bbc.com/mundo/noticias-38771376>.

Poats, S V; Sarmiento, DC; Poats, S V; Ulfelder, WH. y B, JR. (2000). Conservación Participativa Cayambe-Coca , Ecuador Cecilia Scurrah-Ehrhart.

Podwojewski, P. y Jerome, P. (2000). La degradación de los suelos en los páramos. .

Porta Casanellas, J; López-Acevedo Reguerín, M. y Poch Claret, RM. (2008). Introducción a la edafología : uso y protección del suelo. Madrid: Mundi-Prensa.

- Ramírez, J. y Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: Clasificación, Uso, Toxicología Y Medición De La Exposición. Arch Prev Riesgos Labor. 4(2). 67-75.
- Reef Resilience Network. 2021. Resiliencia ecológica: Resiliencia del arrecife. Recuperado de <https://reefresilience.org/es/resilience/what-is-resilience/ecological-resilience/>.
- Revista agricola. (2017). Manejo del calcio en el suelo y en la planta a traves de las especialidades de Carbotecnia. Editorial agricola. 748-749.
- Rioja Molina, A. (2002). Apuntes de Fitotecnia General. Ciudad Real, España.
- Rivera, D. (2001). Páramos de Colombia. Colección Ecológica del Banco. Recuperado de <https://www.imeditores.com/banocc/paramos/creditos.htm>.
- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. Revista Palmas. 25:98-104.
- Ruiz, N. (2012). La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. Investigaciones geográficas, 77, 63–74. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejm200103083441015>.
- Sadeghian, S; Rivera, J. y Gómez, M. (2022). Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. Recuperado de <https://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Siavosh6.htm>.
- Sanchez Vélez, A; García Núñez, RM. y Palma Trujano, A. (2003). La Cuenca hidrográfica.
- Sanzano, A. (2011). Oligoelementos del suelo. 1-3. Recuperado de www.edafologia.com.ar.
- Schweizer, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) Costa Rica.
- SENPLADES; CLIRSEN y SIGAGRO. (2011). Memoria técnica: Parroquia Victoria del Portete «Gestión de geoinformación en las áreas de influencia de los proyectos estratégicos nacionales». .
- Sigtierras, Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. (2017). Memoria explicativa del Mapa de órdenes de suelos del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Simón, M; Peralta, N. y Costa, JL. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. Ciencia del Suelo. 31(1).45-55.
- Snover, A; Whitely Binder, L; Lopez, J; Willmontt, E; Kay, J; Howell, D. y Simmond, J. (2007).

Preparing for a climate change: A Guidebook for Local, Regional, and State Governments. .

Soriano Soto, M. y Pons Martí, V. (2001). Prácticas de edafología y climatología.

Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M. y de Haan, C. (2009). La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones.

Teixeira de Mello, F. (2007). Efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y las comunidades de peces en sistemas loticos de la cuenca baja del río santa lucia (Uruguay). Universidad de republica (Uruguay) .

Tejos Maza, FR. (2002). Pastos nativos de sabanas inundables; Caracterización y manejo. Distrito Capital, Venezuela: Coordinación Lara. .

Triviño D, T. (1993). Las plantaciones: medio eficaz para la recuperación de ecosistemas degradados. CORMA. 234. 44-47.

USDA. (1999). Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Washington: United States Department of Agriculture. 45(4). 225-232.

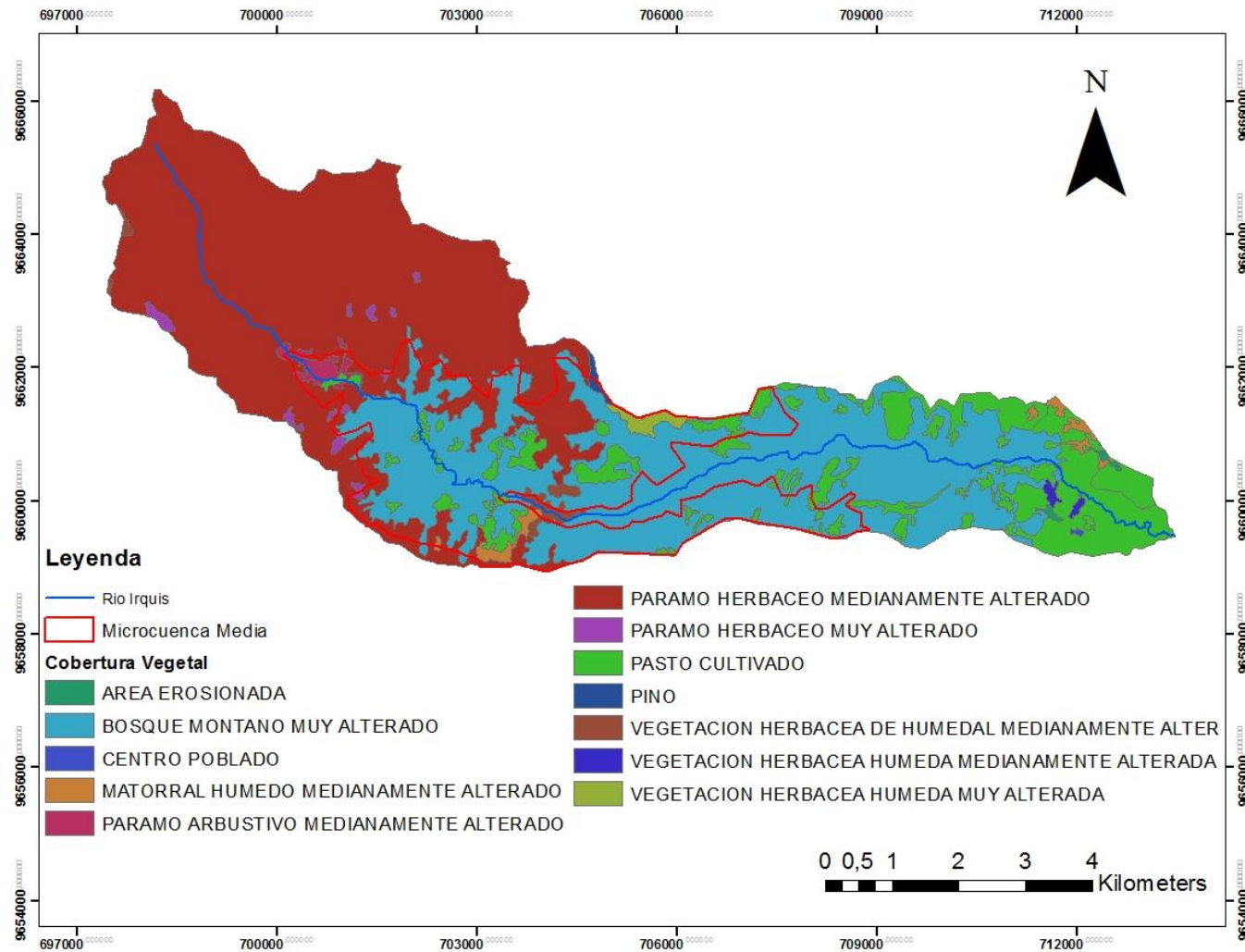
Vásconez, P. y Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos (en línea). Botánica económica de los Andes Centrales. 91-109. Recuperado de http://www.beisa.dk/Publications/BEISA_Bookpdf/Capitulo_06.pdf.

Villafuerte, M. (2016). Manual de manejo de cuencas.

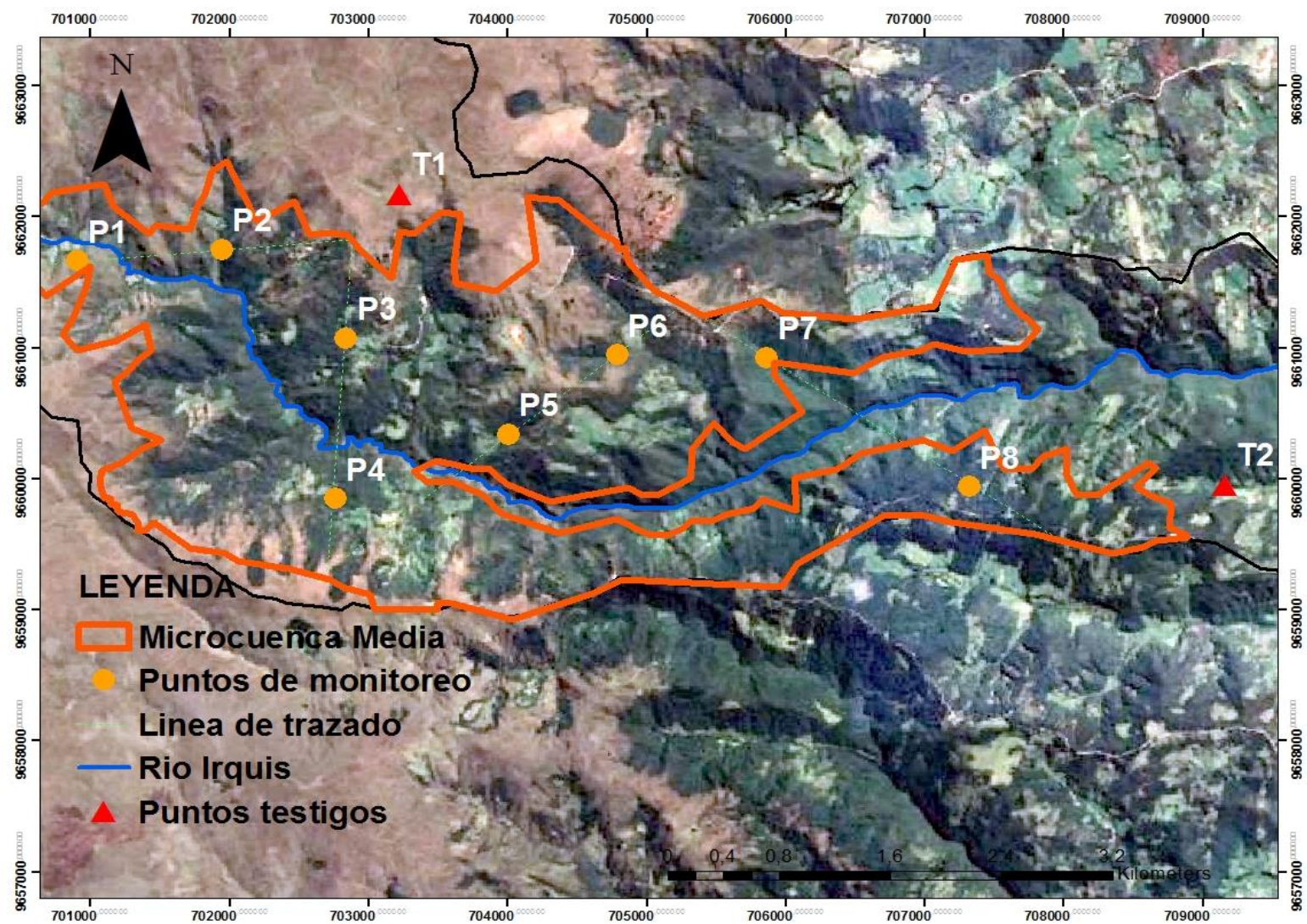
Wang, F; Fu, YH; Sheng, HJ; Topp, E; Jiang, X; Zhu, YG. y Tiedje, JM. (2021). Antibiotic resistance in the soil ecosystem: A One Health perspective. Current Opinion in Environmental Science and Health. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100230>.

ANEXOS

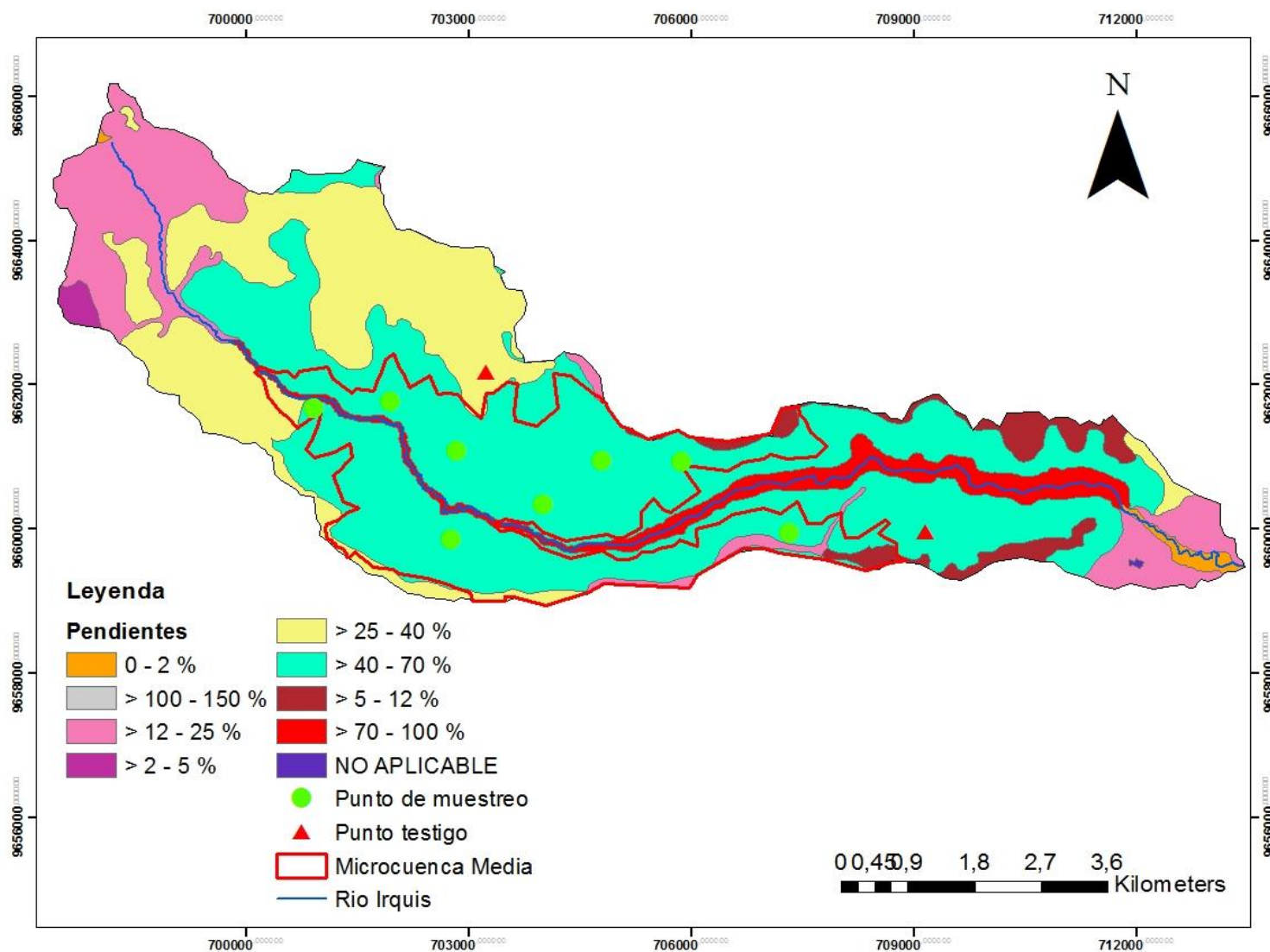
Anexo 1: Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Irquis



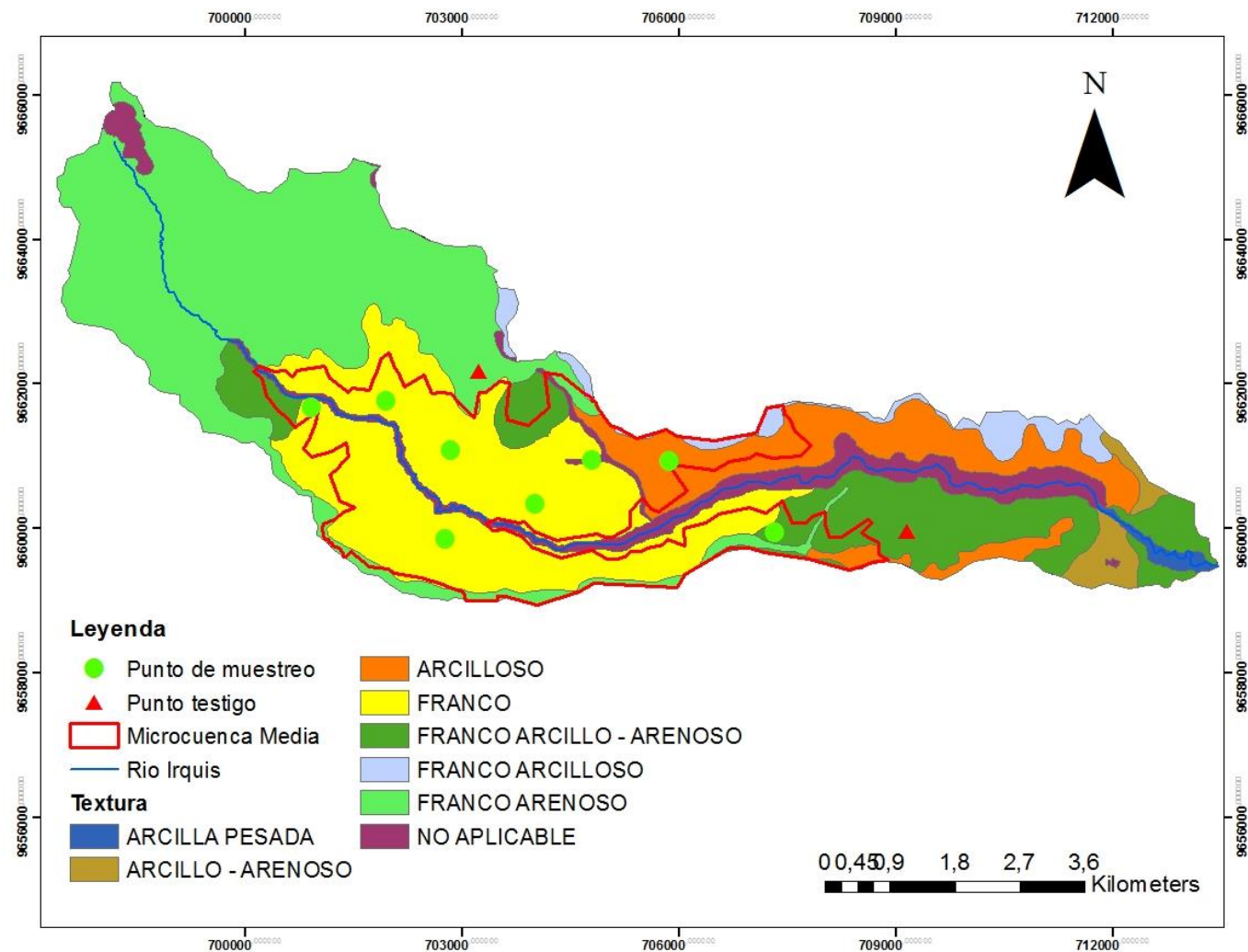
Anexo 2: Imagen satelital del área de estudio.



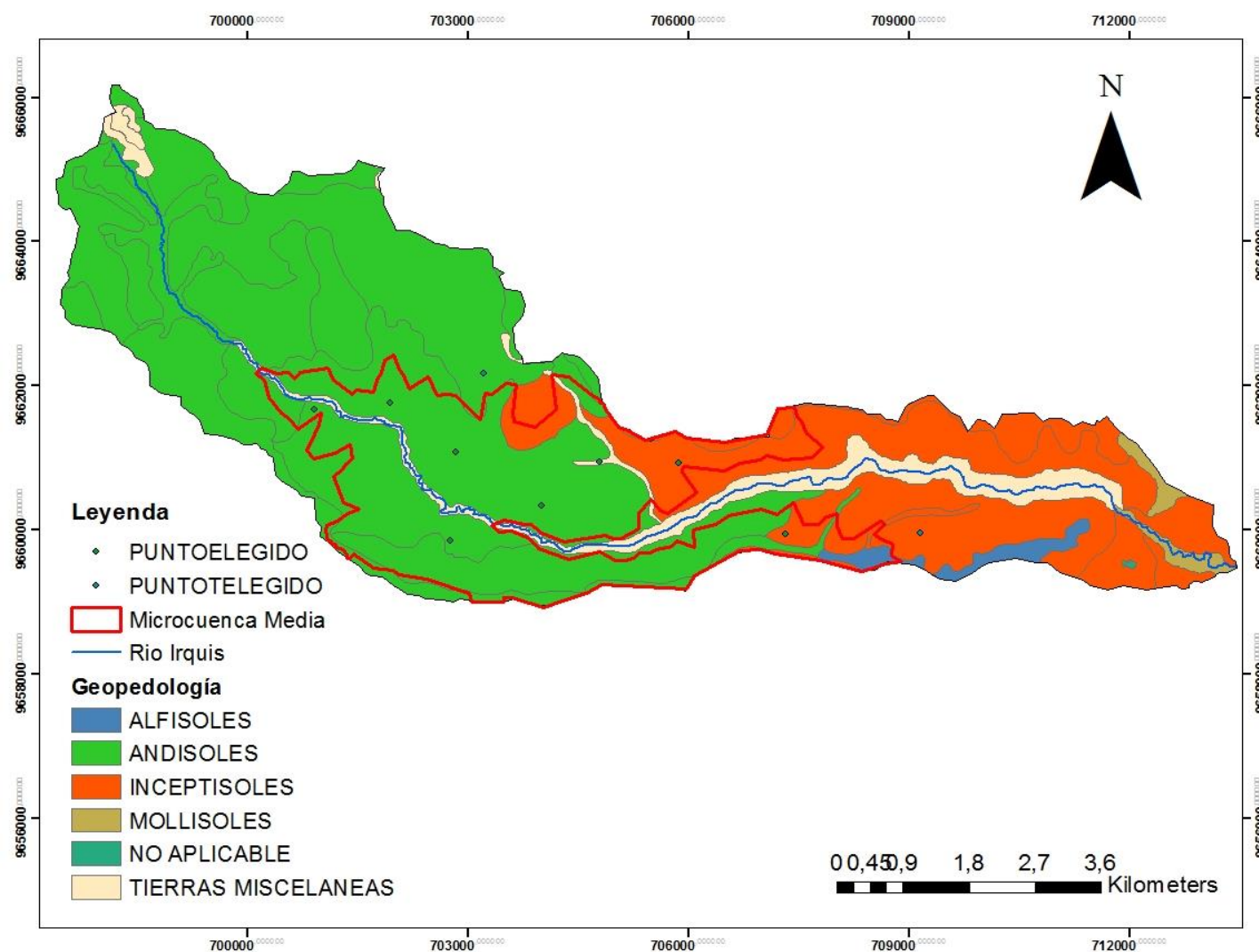
Anexo 3: Mapa de pendientes de la microcuenca del río Irquis.



Anexo 4: Mapa de textura de los suelos de la microcuenca del río Irquis.



Anexo 5: Mapa geopedológico de la microcuenca del río Irquis.



Anexo 6: Resultados de los parámetros estudiado (Análisis de laboratorio).

DATOS DE IDENTIFICACION

NOMBRE DEL PROPIETARIO	Ing. Karina Tigre
O REMITENTE:	
CODIGO DE CLIENTE:	KT
NOMBRE DE LA PROPIEDAD:	
TELF:	
E-MAIL:	
TIPO DE ANALISIS:	ANALISIS MINERAL DE SUELO
CULTIVO:	
FASE DE CULTIVO:	

FECHA DE MUESTREO:	
FECHA DE INGRESO:	6,4,2022
ORDEN DE TRABAJO No.:	PSL.306
FECHA DE INFORME LAB.:	12,4,2022
FACTURA No.:	4997



BELLAVISTA DE CARRETAS
CALLE N75B Y N6
TELF: 2477715 - 098 508 315

E-MAIL: PLANTSPHERELABS@BIOSOFTWARE.DE
WWW.BDKI.EU
QUITO - ECUADOR

RESULTADO ANALISIS MACRO Y MICRO ELEMENTOS DE SUELO

IDENTIFICACION	No.LAB.		Sat 1/2 %	PH		C.E. mSiem/cm	Nitrógeno		Fósforo		Zinc	Cobre	Hierro	Manganes	Potasio		Calcio	Magnesio	Azufre	Boro	M.Orgánica
							Nitratos N	Amonia N	P	P	Zn	Cu	Fe	Mn	K	K	Ca	Mg	S	B	M. O.
							ppm	ppm	Total	Sol.Agua					Total	Sol.Agua					%
MUESTRA 1	T-1		30,0	5,20		0,09	15	7	98	45,0	8	3,3	10	9	155	88	225	121	9,9	0,12	2,8
MUESTRA 2	T-2		31,0	5,19		0,19	18	9	105	62,0	3	7,8	9	8	147	73	304	130	7,9	0,20	3,1
MUESTRA 3	PUNTO 1		30,0	4,57		0,07	12	5	84	33,0	7	2,0	6	12	199	118	598	209	5,2	0,15	2,1
MUESTRA 4	PUNTO 2		31,5	3,59		0,08	10	4	79	40,0	9	7,0	8	15	150	81	144	114	3,3	0,22	1,8
MUESTRA 5	PUNTO 3		31,2	4,89		0,06	7	3	110	48,0	4	3,0	14	19	163	87	203	238	1,8	0,10	1,9
MUESTRA 6	PUNTO 4		32,0	4,92		0,04	5	2	88	37,0	2	4,1	10	22	140	83	199	367	2,4	0,30	2,0
MUESTRA 7	PUNTO 5		31,8	4,64		0,10	8	7	87	41,0	2	8,0	13	27	139	77	412	294	3,9	0,10	2,2
MUESTRA 8	PUNTO 6		32,0	4,63		0,70	9	6	77	32,0	3	9,3	10	16	220	119	357	173	5,4	0,60	1,8
MUESTRA 9	PUNTO 7		31,0	4,58		0,05	6	4	55	20,0	4	11,1	17	13	278	140	458	247	2,1	0,40	1,4
MUESTRA 10	PUNTO 8		31,0	4,66		0,01	4	2	91	61,0	6	1,0	22	11	167	41	312	141	1,7	0,90	1,1
INTERPRETACION	BAJO			4,90		0,70	45	18	45	27	5,4	4,5	45	18	270	108	360	27	0,72	3,60	
DE LOS RESULTADOS	OPTIMO		30 a 40	5,5 a 6,5		0,8 a 1,5	50 a 150	20 a 40	50 a 150	30 a 50	6 a 15	5 a 10	50 a 100	20 a 40	300 a 600	120 a 150	300 a 600	400 a 600	30 a 60	0,8 a 1,2	4 a 8
DE ANALISIS	ALTO			7,10		1,60	165	43	165	55	16,5	11,0	115	44	660	165	660	66	1,32	8,8	

IDENTIFICACION	No.LAB.	RELACIONE	Ca/Mg	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	Ca+Mg)/K	Ca/B	Fe/Mn	NO3/NH4 N	Al + H meq/100 g	SODIO ppm	SODIO meq/100 g	Cloruros ppm	Potasio meq/100 g	Calcio meq/100 g	Magnesio meq/100 g	C.I.C.E. meq/100 g
MUESTRA 1	T-1		1,13		2,42	2,84	5,35	1875	1,11	2,1	0,8	8	0,03	3,0	0,40	1,13	1,00	3,4
MUESTRA 2	T-2		1,42		2,74	4,04	6,89	1520	1,13	2,0	0,12	2	0,01	1,0	0,38	1,52	1,07	3,1
MUESTRA 3	PUNTO 1		1,74		3,26	5,87	9,25	3987	0,50	2,4	0,11	4	0,02	4,0	0,51	2,99	1,72	5,3
MUESTRA 4	PUNTO 2		0,77		2,36	1,88	4,32	655	0,53	2,5	0,13	3	0,01	6,0	0,38	0,72	0,94	2,2
MUESTRA 5	PUNTO 3		0,52		4,53	2,43	7,13	2030	0,74	2,3	0,6	8	0,03	2,0	0,42	1,02	1,96	4,0
MUESTRA 6	PUNTO 4		0,33		8,13	2,78	11,21	663	0,45	2,5	0,12	1	0,00	5,0	0,36	1,00	3,02	4,5
MUESTRA 7	PUNTO 5		0,85		6,56	5,79	12,60	4120	0,48	1,1	0,3	6	0,03	6,0	0,36	2,06	2,42	5,2
MUESTRA 8	PUNTO 6		1,25		2,44	3,17	5,70	595	0,63	1,5	0,5	7	0,03	4,0	0,56	1,79	1,42	4,3
MUESTRA 9	PUNTO 7		1,13		2,76	3,22	6,08	1145	1,31	1,5	1,1	3	0,01	2,0	0,71	2,29	2,03	6,1
MUESTRA 10	PUNTO 8		1,35		2,62	3,65	6,37	347	2,00	2,0	0,3	1	0,00	1,0	0,43	1,56	1,16	3,5
INTERPRETACION	BAJO		2,70		1,80	9	13,8	<1700	1,25		>0,9			0,13	0,70	0,13	2,7	10,8
DE LOS RESULTADOS	OPTIMO		3 a 6	2 a 6	2 a 6	10 a 25	15 a 25	(2a4) 1000	1,5 a 5		< 1,0	< 40	< 0,17	15 a 30	0,8 a 1,5	15 a 20	3,3 a 5	12 a 25
DE ANALISIS	ALTO		6,60		6,60	27,5	28	>4500	6,2		>44	>0,20	33	1,7	22	6,5		27,5

Capacidad de carga biopolimérica (CCB):
Partición BioColoidal (PBC):
Biocatalizadores exosféricos (BE):
Biocatalizadores rizosféricos (BR):
Biocatalizadores endosféricos (BE):

BAJA
BAJA
log₁₀: 0.17 – 0.99 CFU g⁻¹
log₁₀: 0.25 – 1.74 CFU g⁻¹
no reportados

LOCALIZACIÓN CCB, PBC, BE, BR, BE en relación con la explotación del cultivo



DR. CARLOS FALCONI BORJA PH.D.
BIONIKA - PLANTSPHERELABS
WWW.BDKI.EU

Anexo 7: Fotos de encuestas realizadas a los expertos escogidos.



Realización de encuesta para la valorización de la vulnerabilidad del suelo frente a los impactos ambientales. Ing. Fabian Samaniego, Técnico especialista de la Unidad de Calidad Ambiental, MAATE.



Ing. Pedro Webster, Docente de la Universidad Politecnica Salesiana.



Ing. Silvio Cabrera, Técnico especialista Forestal, MAATE.



Ing. Angel Peralta, Técnico de planta de
Tratamiento-Ucubamba.



Ing. Johanna Quezada, Técnica de Electroaustro S.A.

Anexo 8: Encuestas realizadas al grupo de expertos que realizó la calificación cuantitativa del suelo del área de estudio frente a los impactos ambientales.

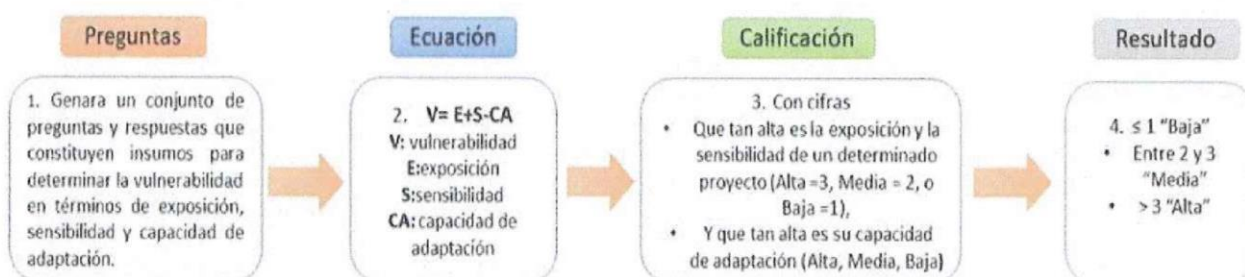
Encuesta de Evaluación de la vulnerabilidad ambiental del suelo de la microcuenca media del Rio Irquis

La encuesta que se realizara tiene como finalidad evaluar el estado actual del suelo de la Microcuenca del Rio Irquis, mediante una calificación cualitativa de los impactos ambientales presentados en la siguiente encuesta. Se requiere que se califique asignando valores de que tan alta es la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de adaptación, en un intervalo de 1 a 3, de menor a mayor impacto. La metodología consiste en analizar las preguntas propuestas para cada criterio a evaluar, analizar la información brindada y en base a su conocimiento y experiencia asignar un valor.

Antes de empezar el cuestionario, favor de completar la siguiente información.

Nombres:	Silvio Cabrera Rodriguez.
Apellidos:	
Lugar de trabajo:	Bosques y Vida Silvestre zona 6 HAATE.
Cargo:	coordinador.
Fecha de validación (día, mes y año):	17 - Junio 2022

Metodología de Evaluación



Gráfica 1. Mapa conceptual de la metodología para la valoración de riesgos (Ministerio del Ambiente, 2014).

El propósito de esta encuesta para la valoración de los impactos ambientales es la de cuantificar en cada una, la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación. A continuación se detalla cada criterio de valorización y se formulan ciertas preguntas que ayudaran a la calificación.

Evaluación de la Exposición

Exposición: Este criterio se refiere a, con que intensidad o en que extensión llega el ecosistema (suelo) de la microcuenca media del Rio Irquis a ponerse en contacto con los impactos ambientales presentados.

- ¿El impacto ambiental descrito podría afectar a la flora y fauna, recursos hídricos y servicios ambientales?
- Y si es así, ¿Qué tan frecuente es este impacto ambiental en la microcuenca media y que tan grave puede ser su efecto?

Evaluación de la Sensibilidad

Sensibilidad: Este criterio se refiere al grado en que un ecosistema (suelo) es afectado de manera positiva o negativa, por el impacto ambiental.

- ¿Podría ser que el impacto ambiental descrito afecte al ecosistema de la microcuenca media?
- ¿La microcuenca media del río Irquis está sufriendo daño actualmente?

Evaluación de la Capacidad Adaptativa

Capacidad de Adaptación: Este criterio se refiere al grado en que los sistemas naturales o ambientales del suelo puede resistir cambios sin ser afectados en su normal funcionamiento.

- ¿El ecosistema de la microcuenca media del río Irquis tiene suficientes recursos como para enfrentar el impacto ambiental descrito?
- ¿Cuáles son las barreras que impiden que el ecosistema pueda resistir a cambios causados por el impacto ambiental descrito?

A continuación se exponen los impactos ambientales al suelo más importantes de los que se realizará la evaluación y en los que se basa el presente estudio. (La información propuesta en cada impacto ambiental está basada en las evidencias encontradas en las visitas técnicas realizadas al área de estudio, en la revisión bibliográfica que se realizó y que estará debidamente referenciada en el documento final del presente estudio).

I. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias

Algunos estudios han demostrado que la escorrentía de agua tiene el mayor efecto sobre la erosión, y la erosión aumenta a medida que disminuye la infiltración de agua en el suelo (Kraham, 2017). Las tierras de cultivo bajo sistemas de pastizales intensivos son particularmente susceptibles a la erosión debido a la remoción de la vegetación natural que de otro modo uniría el suelo, lo protegería del viento y mejoraría la infiltración. El impacto mecánico de maquinaria agrícola pesada en la tierra y el agotamiento de la fertilidad natural del suelo causan alteración en la calidad del suelo de la microcuenca (Steinfeld, 2006).

Según la cartografía del MAGAP, el área de estudio consta de 153.81 Ha de pasto cultivado que representa el 10.74% del área de estudio; sin embargo, el espacio donde los ganados se podrían alimentar puede incrementar hasta en un 30% debido que en el lugar también practican el libre pastoreo incluso fuera de sus áreas destinadas para actividades agropecuarias. Estas áreas están compuestas por zonas de paramos arbustivos y herbáceos, y vegetación herbácea de humedal y húmeda que tienen cierto grado de alteración debido a otras actividades productivas, entre ellas el pastoreo de ganado vacuno.

Uso de suelo	Área (ha)	% A. de Est.
Bosque húmedo muy alterado	885.22	61.83
Matorral húmedo medianamente alterado	18.46	1.29
Páramo arbustivo medianamente alterado	26.13	1.83
Páramo herbáceo medianamente alterado	301.9	21.09
Páramo herbáceo muy alterado	3.42	0.24
Pasto cultivado	153.81	10.74
Pino	4.07	0.28
Vegetación herbácea de humedal medianamente alterada	16.07	1.12
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	22.68	1.58
Área total de la Microcuenca media	1431.76	

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
	2/3	3/3	1/3
Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias			
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Capacidad de adaptación		

II. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias

Cuando la cubierta vegetal se reduce tanto el contenido de materia orgánica del suelo, como la estabilidad de los agregados del suelo, disminuyen, con lo que se reduce también la capacidad de infiltración. La vegetación también influye sobre el proceso de infiltración al proteger el suelo de las gotas de lluvia, mientras su sistema radicular mejora la estabilidad y la porosidad del suelo. Cuando las capas del suelo se compactan por la acción del pisoteo, se reduce la porosidad y aumenta la impermeabilidad superficial, lo que provoca una drástica reducción de los niveles de infiltración. Por esta razón, cuando las prácticas de pastoreo no son adecuadas, se producen alteraciones en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos y de los ecosistemas, dando como resultado aumentos de la escorrentía, la erosión, la frecuencia de los eventos de caudal máximo, la velocidad del agua y disminución de los niveles freáticos. (Belsky, Matzke Yusel-man, 1999; Mwendera Y Saleem, 1997).

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
	2/3	2/3	1/3
Perdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias			
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	la capacidad de adaptación		

III. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias

La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente (Siavosh, 2000).

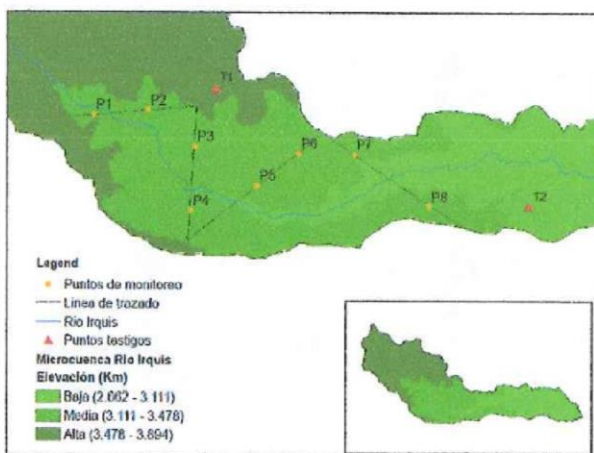
Por otro lado, los nutrientes obtenidos a través de fertilizantes edáficos, son los más usados debido a su facilidad de aplicación y porque contiene los requerimientos nutricionales necesarios para cubrir la demanda del consumidor en el crecimiento de los campos de pasto para ganado.

Se hicieron análisis de suelo, con 8 puntos de monitoreo dentro de la microcuenca media (ordenados mediante el método zigzag de manera descendente) y 2 puntos de monitoreos testigos (T1 en la microcuenca alta y T2 en la microcuenca baja).

Además, se puede deducir que estos altos niveles de nutrientes en el suelo no son causadas por las excretas de ganado (heces y orinas) pues el porcentaje de materia orgánica está por debajo de 4%. Esto quiere decir que los altos niveles de nutrientes son causados por los fertilizantes edáficos (NPK) usados para el crecimiento de pasto para ganado.

En algunos lugares cercanos al punto 3 de monitoreo se pudo evidenciar sacos con abono orgánico (gallinaza) que es usado fertilizante para preparar el suelo antes de un proceso de siembra, esta puede ser la razón por la que los valores de fosforo son altos.

Nutrientes del suelo							
Referencia	Muestras	NO3	P Total	K Total	Mg	Ca	M.O.
R1	Testigo 1	15	98	155	121	225	2.8
R1	Punto 1	12	84	199	209	598	2.1
R2	Punto 2	10	79	150	114	144	1.8
R2	Punto 3	7	110	163	238	203	1.9
R2	Punto 4	5	88	140	367	199	2
R2	Punto 5	8	87	139	294	412	2.2
R2	Punto 6	9	77	220	173	357	1.8
R2	Punto 7	6	55	278	247	458	1.4
R2	Punto 8	4	91	167	141	312	1.1
R3	Testigo 2	18	105	147	130	304	3.1
NO3, P, K, Mg, Ca en ppm y M.O. en %							
R1: Páramo herbáceo medianamente alterado							
R2: Bosque humedo muy alterado							
R3: Pato cultivado							



Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
	2/3	2/3	2/3
Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias			
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Sensibilidad		

IV. Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto

El uso de plaguicidas y herbicidas para eliminar plagas convencionales de los cultivos de ciclo corto y eliminar plantas de hoja ancha, arbustos u otro tipo de plantas (maleza) que afecten a las plantaciones de pasto, contienen compuestos organoclorados persistentes que se quedan en el suelo afectando potencialmente el pH del mismo (Izquierdo, 2017).

El uso de fertilizantes inorgánicos (edáficos) causan acidez en el suelo, como se ha mencionado anteriormente la sobrecarga de nutrientes mediante fertilizantes edáficos o abonos orgánicos (gallinaza) hacen que se eleven los niveles de fósforo y como se evidencio en este estudio hace que los niveles de acidez alcancen un pH de 3.59. Estos valores se los puede constatar en los resultados obtenidos del análisis de calidad de suelo.

El pH es una de las variables más importantes pues tiene relación directa con la calidad del suelo, ya que en condiciones de bajo pH (<5) la capacidad de intercambio catiónico es bajo (Mendieta, 2017) y esto conlleva a la inmovilización de los macro y micronutrientes en el suelo, transportándolos por lixiviación o escorrentía hídrica a los cuerpos de agua afectando a las plantaciones o vegetaciones nativas del área de estudio y a la fauna.

En el caso del área de estudio el pH mínimo es de 3.59 y el máximo de 4.92, lo que de manera general el suelo de la microcuenca media presenta condiciones de pH bajo (acidez). Lo que también conlleva a una ineficiente absorción de nutrientes hacia la planta.

Muestras	PH
Testigo 1	5.2
Punto 1	4.57
Punto 2	3.59
Punto 3	4.89
Punto 4	4.92
Punto 5	4.64
Punto 6	4.63
Punto 7	4.58
Punto 8	4.66
Testigo 2	5.19

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
	1 /3	1/3	1/3
Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto			
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	capacidad de adaptación		

Encuesta de Evaluación de la vulnerabilidad ambiental del suelo de la microcuenca media del Río Irquis

La encuesta que se realizara tiene como finalidad evaluar el estado actual del suelo de la Microcuenca del Río Irquis, mediante una calificación cualitativa de los impactos ambientales presentados en la siguiente encuesta. Se requiere que se califique asignando valores de que tan alta es la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de adaptación, en un intervalo de 1 a 3, de menor a mayor impacto. La metodología consiste en analizar las preguntas propuestas para cada criterio a evaluar, analizar la información brindada y en base a su conocimiento y experiencia asignar un valor.

Antes de empezar el cuestionario, favor de completar la siguiente información.

Nombres:	Fabian Eduardo
Apellidos:	Samaniego Calle
Lugar de trabajo:	OT Cuenca - HAAFE
Cargo:	Especialista en Calidad Ambiental
Fecha de validación (día, mes y año):	17/08/2022

Metodología de Evaluación

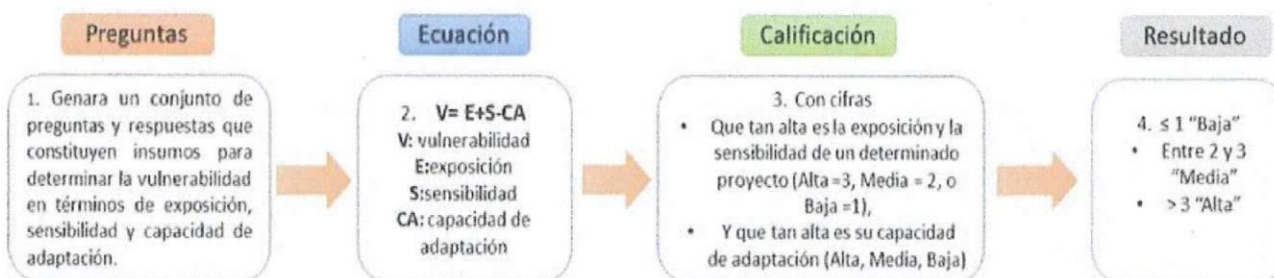


Gráfico 1. Mapa conceptual de la metodología para la valoración de riesgos (Ministerio del Ambiente, 2014).

El propósito de esta encuesta para la valoración de los impactos ambientales es la de cuantificar en cada una, la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación. A continuación se detalla cada criterio de valorización y se formulan ciertas preguntas que ayudaran a la calificación.

Evaluación de la Exposición

Exposición: Este criterio se refiere a, con que intensidad o en que extensión llega el ecosistema (suelo) de la microcuenca media del Río Irquis a ponerse en contacto con los impactos ambientales presentados.

- ¿El impacto ambiental descrito podría afectar a la flora y fauna, recursos hídricos y servicios ambientales?
- Y si es así, ¿Qué tan frecuente es este impacto ambiental en la microcuenca media y que tan grave puede ser su efecto?

Evaluación de la Sensibilidad

Sensibilidad: Este criterio se refiere al grado en que un ecosistema (suelo) es afectado de manera positiva o negativa, por el impacto ambiental.

- ¿Podría ser que el impacto ambiental descrito afecte al ecosistema de la microcuenca media?
- ¿La microcuenca media del río Irquis está sufriendo daño actualmente?

Evaluación de la Capacidad Adaptativa

Capacidad de Adaptación: Este criterio se refiere al grado en que los sistemas naturales o ambientales del suelo puede resistir cambios sin ser afectados en su normal funcionamiento.

- ¿El ecosistema de la microcuenca media del río Irquis tiene suficientes recursos como para enfrentar el impacto ambiental descrito?
- ¿Cuáles son las barreras que impiden que el ecosistema pueda resistir a cambios causados por el impacto ambiental descrito?

A continuación se exponen los impactos ambientales al suelo más importantes de los que se realizará la evaluación y en los que se basa el presente estudio. (La información propuesta en cada impacto ambiental está basada en las evidencias encontradas en las visitas técnicas realizadas al área de estudio, en la revisión bibliográfica que se realizó y que estará debidamente referenciada en el documento final del presente estudio).

I. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias

Algunos estudios han demostrado que la escorrentía de agua tiene el mayor efecto sobre la erosión, y la erosión aumenta a medida que disminuye la infiltración de agua en el suelo (Kraham, 2017). Las tierras de cultivo bajo sistemas de pastizales intensivos son particularmente susceptibles a la erosión debido a la remoción de la vegetación natural que de otro modo uniría el suelo, lo protegería del viento y mejoraría la infiltración. El impacto mecánico de maquinaria agrícola pesada en la tierra y el agotamiento de la fertilidad natural del suelo causan alteración en la calidad del suelo de la microcuenca (Steinfeld, 2006).

Según la cartografía del MAGAP, el área de estudio consta de 153.81 Ha de pasto cultivado que representa el 10.74% del área de estudio; sin embargo, el espacio donde los ganados se podrían alimentar puede incrementar hasta en un 30% debido que en el lugar también practican el libre pastoreo incluso fuera de sus áreas destinadas para actividades agropecuarias. Estas áreas están compuestas por zonas de paramos arbustivos y herbáceos, y vegetación herbácea de humedal y húmeda que tienen cierto grado de alteración debido a otras actividades productivas, entre ellas el pastoreo de ganado vacuno.

Uso de suelo	Área (ha)	% A. de Est.
Bosque húmedo muy alterado	885.22	61.83
Matorral húmedo medianamente alterado	18.46	1.29
Páramo arbustivo medianamente alterado	26.13	1.83
Páramo herbáceo medianamente alterado	301.9	21.09
Páramo herbáceo muy alterado	3.42	0.24
Pasto cultivado	153.81	10.74
Pino	4.07	0.28
Vegetación herbácea de humedal medianamente alterada	16.07	1.12
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	22.68	1.58
Área total de la Microcuenca media	1431.76	

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias	3	2	2
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Agricultores Agrícolas se exponen hacia sitios altos.		

II. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias

Cuando la cubierta vegetal se reduce tanto el contenido de materia orgánica del suelo, como la estabilidad de los agregados del suelo, disminuyen, con lo que se reduce también la capacidad de infiltración. La vegetación también influye sobre el proceso de infiltración al proteger el suelo de las gotas de lluvia, mientras su sistema radicular mejora la estabilidad y la porosidad del suelo. Cuando las capas del suelo se compactan por la acción del pisoteo, se reduce la porosidad y aumenta la impermeabilidad superficial, lo que provoca una drástica reducción de los niveles de infiltración. Por esta razón, cuando las prácticas de pastoreo no son adecuadas, se producen alteraciones en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos y de los ecosistemas, dando como resultado aumentos de la escorrentía, la erosión, la frecuencia de los eventos de caudal máximo, la velocidad del agua y disminución de los niveles freáticos. (Belsky, Matzke Yusel- man, 1999; Mwendera Y Saleem, 1997).

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Perdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias	2	2	1
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Ganadería extensiva con el pisoteo y pérdida de vegetación por retención de agua.		

III. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias

La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente (Siavosh, 2000).

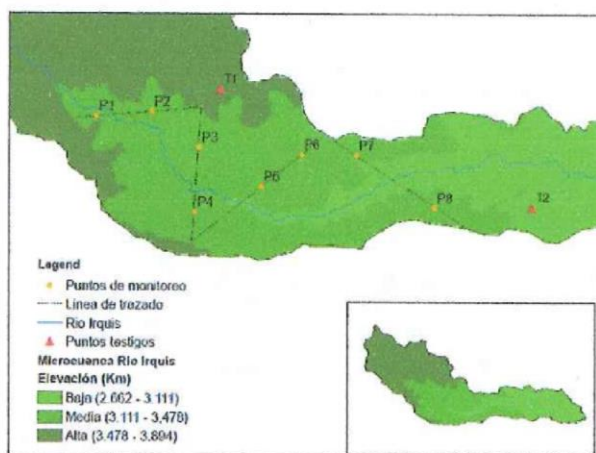
Por otro lado, los nutrientes obtenidos a través de fertilizantes edáficos, son los más usados debido a su facilidad de aplicación y porque contiene los requerimientos nutricionales necesarios para cubrir la demanda del consumidor en el crecimiento de los campos de pasto para ganado.

Se hicieron análisis de suelo, con 8 puntos de monitoreo dentro de la microcuenca media (ordenados mediante el método zigzag de manera descendente) y 2 puntos de monitoreos testigos (T1 en la microcuenca alta y T2 en la microcuenca baja).

Además, se puede deducir que estos altos niveles de nutrientes en el suelo no son causadas por las excretas de ganado (heces y orinas) pues el porcentaje de materia orgánica está por debajo de 4%. Esto quiere decir que los altos niveles de nutrientes son causados por los fertilizantes edáficos (NPK) usados para el crecimiento de pasto para ganado.

En algunos lugares cercanos al punto 3 de monitoreo se pudo evidenciar sacos con abono orgánico (gallinaza) que es usado fertilizante para preparar el suelo antes de un proceso de siembra, esta puede ser la razón por la que los valores de fósforo son altos.

Nutrientes del suelo							
Referencia	Muestras	NO3	P Total	K Total	Mg	Ca	M.O.
R1	Testigo 1	15	98	155	121	225	2.8
R1	Punto 1	12	84	199	209	598	2.1
R2	Punto 2	10	79	150	114	144	1.8
R2	Punto 3	7	110	163	238	203	1.9
R2	Punto 4	5	88	140	367	199	2
R2	Punto 5	8	87	139	294	412	2.2
R2	Punto 6	9	77	220	173	357	1.8
R2	Punto 7	6	55	278	247	458	1.4
R2	Punto 8	4	91	167	141	312	1.1
R3	Testigo 2	18	105	147	130	304	3.1
NO3, P, K, Mg, Ca en ppm y M.O. en %							
R1: Páramo herbáceo medianamente alterado							
R2: Bosque humedo muy alterado							
R3: Pato cultivado							



Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
	/3	/3	/3
Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias	2	2	2
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Solo se altera por uso de Fertilizantes		

IV. Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto

El uso de plaguicidas y herbicidas para eliminar plagas convencionales de los cultivos de ciclo corto y eliminar plantas de hoja ancha, arbustos u otro tipo de plantas (maleza) que afecten a las plantaciones de pasto, contienen compuestos organoclorados persistentes que se quedan en el suelo afectando potencialmente el pH del mismo (Izquierdo, 2017).

El uso de fertilizantes inorgánicos (edáficos) causan acidez en el suelo, como se ha mencionado anteriormente la sobrecarga de nutrientes mediante fertilizantes edáficos o abonos orgánicos (gallinaza) hacen que se eleven los niveles de fósforo y como se evidencio en este estudio hace que los niveles de acidez alcancen un pH de 3.59. Estos valores se los puede constatar en los resultados obtenidos del análisis de calidad de suelo.

El pH es una de las variables más importantes pues tiene relación directa con la calidad del suelo, ya que en condiciones de bajo pH (<5) la capacidad de intercambio catiónico es bajo (Mendieta, 2017) y esto conlleva a la inmovilización de los macro y micronutrientes en el suelo, transportándolos por lixiviación o escorrentía hídrica a los cuerpos de agua afectando a las plantaciones o vegetaciones nativas del área de estudio y a la fauna.

En el caso del área de estudio el pH mínimo es de 3.59 y el máximo de 4.92, lo que de manera general el suelo de la microcuenca media presenta condiciones de pH bajo (acidez). Lo que también conlleva a una ineficiente absorción de nutrientes hacia la planta.

Muestras	PH
Testigo 1	5.2
Punto 1	4.57
Punto 2	3.59
Punto 3	4.89
Punto 4	4.92
Punto 5	4.64
Punto 6	4.63
Punto 7	4.58
Punto 8	4.66
Testigo 2	5.19

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto	3	3	1
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	El uso excesivo de agroquímicos altera y acidifica el suelo.		


140078466-0.

Encuesta de Evaluación de la vulnerabilidad ambiental del suelo de la microcuenca media del Río Irquis

La encuesta que se realizara tiene como finalidad evaluar el estado actual del suelo de la Microcuenca del Río Irquis, mediante una calificación cualitativa de los impactos ambientales presentados en la siguiente encuesta. Se requiere que se califique asignando valores de que tan alta es la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de adaptación, en un intervalo de 1 a 3, de menor a mayor impacto. La metodología consiste en analizar las preguntas propuestas para cada criterio a evaluar, analizar la información brindada y en base a su conocimiento y experiencia asignar un valor.

Antes de empezar el cuestionario, favor de completar la siguiente información.

Nombres:	Angel Vicente
Apellidos:	Peralta Cornejo
Lugar de trabajo:	Planta de tratamiento - Ucebamba
Cargo:	Gestión Ambiental - Etapa
Fecha de validación (día, mes y año):	20/06/22

Metodología de Evaluación

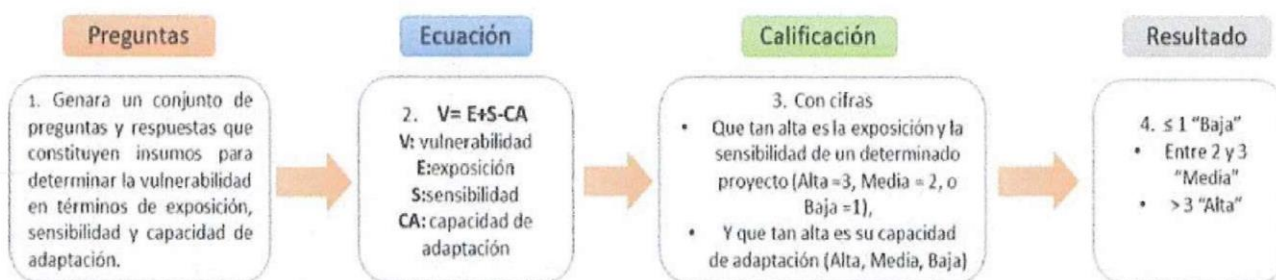


Gráfico 1. Mapa conceptual de la metodología para la valoración de riesgos (Ministerio del Ambiente, 2014).

El propósito de esta encuesta para la valoración de los impactos ambientales es la de cuantificar en cada una, la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación. A continuación se detalla cada criterio de valorización y se formulan ciertas preguntas que ayudaran a la calificación.

Evaluación de la Exposición

Exposición: Este criterio se refiere a, con que intensidad o en que extensión llega el ecosistema (suelo) de la microcuenca media del Río Irquis a ponerse en contacto con los impactos ambientales presentados.

- ¿El impacto ambiental descrito podría afectar a la flora y fauna, recursos hídricos y servicios ambientales?
- Y si es así, ¿Qué tan frecuente es este impacto ambiental en la microcuenca media y que tan grave puede ser su efecto?

Evaluación de la Sensibilidad

Sensibilidad: Este criterio se refiere al grado en que un ecosistema (suelo) es afectado de manera positiva o negativa, por el impacto ambiental.

- ¿Podría ser que el impacto ambiental descrito afecte al ecosistema de la microcuenca media?
- ¿La microcuenca media del río Irquis está sufriendo daño actualmente?

Evaluación de la Capacidad Adaptativa

Capacidad de Adaptación: Este criterio se refiere al grado en que los sistemas naturales o ambientales del suelo puede resistir cambios sin ser afectados en su normal funcionamiento.

- ¿El ecosistema de la microcuenca media del río Irquis tiene suficientes recursos como para enfrentar el impacto ambiental descrito?
- ¿Cuáles son las barreras que impiden que el ecosistema pueda resistir a cambios causados por el impacto ambiental descrito?

A continuación se exponen los impactos ambientales al suelo más importantes de los que se realizará la evaluación y en los que se basa el presente estudio. (La información propuesta en cada impacto ambiental está basada en las evidencias encontradas en las visitas técnicas realizadas al área de estudio, en la revisión bibliográfica que se realizó y que estará debidamente referenciada en el documento final del presente estudio).

I. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias

Algunos estudios han demostrado que la escorrentía de agua tiene el mayor efecto sobre la erosión, y la erosión aumenta a medida que disminuye la infiltración de agua en el suelo (Kraham, 2017). Las tierras de cultivo bajo sistemas de pastizales intensivos son particularmente susceptibles a la erosión debido a la remoción de la vegetación natural que de otro modo uniría el suelo, lo protegería del viento y mejoraría la infiltración. El impacto mecánico de maquinaria agrícola pesada en la tierra y el agotamiento de la fertilidad natural del suelo causan alteración en la calidad del suelo de la microcuenca (Steinfeld, 2006).

Según la cartografía del MAGAP, el área de estudio consta de 153.81 Ha de pasto cultivado que representa el 10.74% del área de estudio; sin embargo, el espacio donde los ganados se podrían alimentar puede incrementar hasta en un 30% debido que en el lugar también practican el libre pastoreo incluso fuera de sus áreas destinadas para actividades agropecuarias. Estas áreas están compuestas por zonas de paramos arbustivos y herbáceos, y vegetación herbácea de humedal y húmeda que tienen cierto grado de alteración debido a otras actividades productivas, entre ellas el pastoreo de ganado vacuno.

Uso de suelo	Área (ha)	% A. de Est.
Bosque húmedo muy alterado	885.22	61.83
Matorral húmedo medianamente alterado	18.46	1.29
Páramo arbustivo medianamente alterado	26.13	1.83
Páramo herbáceo medianamente alterado	301.9	21.09
Páramo herbáceo muy alterado	3.42	0.24
Pasto cultivado	153.81	10.74
Pino	4.07	0.28
Vegetación herbácea de humedal medianamente alterada	16.07	1.12
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	22.68	1.58
Área total de la Microcuenca media	1431.76	

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias	1	2	3
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Las condiciones naturales de la microcuenca media.		

III. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias

La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente (Siavosh, 2000).

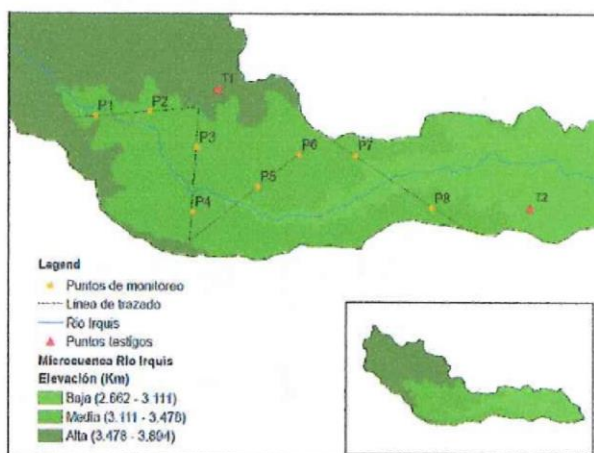
Por otro lado, los nutrientes obtenidos a través de fertilizantes edáficos, son los más usados debido a su facilidad de aplicación y porque contiene los requerimientos nutricionales necesarios para cubrir la demanda del consumidor en el crecimiento de los campos de pasto para ganado.

Se hicieron análisis de suelo, con 8 puntos de monitoreo dentro de la microcuenca media (ordenados mediante el método zigzag de manera descendente) y 2 puntos de monitoreos testigos (T1 en la microcuenca alta y T2 en la microcuenca baja).

Además, se puede deducir que estos altos niveles de nutrientes en el suelo no son causadas por las excretas de ganado (heces y orinas) pues el porcentaje de materia orgánica está por debajo de 4%. Esto quiere decir que los altos niveles de nutrientes son causados por los fertilizantes edáficos (NPK) usados para el crecimiento de pasto para ganado.

En algunos lugares cercanos al punto 3 de monitoreo se pudo evidenciar sacos con abono orgánico (gallinaza) que es usado fertilizante para preparar el suelo antes de un proceso de siembra, esta puede ser la razón por la que los valores de fósforo son altos.

Nutrientes del suelo							
Referencia	Muestras	NO3	P Total	K Total	Mg	Ca	M.O.
R1	Testigo 1	15	98	155	121	225	2.8
R1	Punto 1	12	84	199	209	598	2.1
R2	Punto 2	10	79	150	114	144	1.8
R2	Punto 3	7	110	163	238	203	1.9
R2	Punto 4	5	88	140	367	199	2
R2	Punto 5	8	87	139	294	412	2.2
R2	Punto 6	9	77	220	173	357	1.8
R2	Punto 7	6	55	278	247	458	1.4
R2	Punto 8	4	91	167	141	312	1.1
R3	Testigo 2	18	105	147	130	304	3.1
NO3, P, K, Mg, Ca en ppm y M.O. en %							
R1: Páramo herbáceo medianamente alterado							
R2: Bosque húmedo muy alterado							
R3: Pato cultivado							



Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
	/3	/3	/3
Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias	2	3	1
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Interacción en un suelo de estas características, tienen muy baja Resiliencia.		

II. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias

Cuando la cubierta vegetal se reduce tanto el contenido de materia orgánica del suelo, como la estabilidad de los agregados del suelo, disminuyen, con lo que se reduce también la capacidad de infiltración. La vegetación también influye sobre el proceso de infiltración al proteger el suelo de las gotas de lluvia, mientras su sistema radicular mejora la estabilidad y la porosidad del suelo. Cuando las capas del suelo se compactan por la acción del pisoteo, se reduce la porosidad y aumenta la impermeabilidad superficial, lo que provoca una drástica reducción de los niveles de infiltración. Por esta razón, cuando las prácticas de pastoreo no son adecuadas, se producen alteraciones en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos y de los ecosistemas, dando como resultado aumentos de la escorrentía, la erosión, la frecuencia de los eventos de caudal máximo, la velocidad del agua y disminución de los niveles freáticos. (Belsky, Matzke Yusel-man, 1999; Mwendera Y Saleem, 1997).

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Perdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias	1	2	3
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Los suelos orgánicos son poco profundos y poseen gran capacidad de adaptación.		

IV. Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto

El uso de plaguicidas y herbicidas para eliminar plagas convencionales de los cultivos de ciclo corto y eliminar plantas de hoja ancha, arbustos u otro tipo de plantas (maleza) que afecten a las plantaciones de pasto, contienen compuestos organoclorados persistentes que se quedan en el suelo afectando potencialmente el pH del mismo (Izquierdo, 2017).

El uso de fertilizantes inorgánicos (edáficos) causan acidez en el suelo, como se ha mencionado anteriormente la sobrecarga de nutrientes mediante fertilizantes edáficos o abonos orgánicos (gallinaza) hacen que se eleven los niveles de fósforo y como se evidencio en este estudio hace que los niveles de acidez alcancen un pH de 3.59. Estos valores se los puede constatar en los resultados obtenidos del análisis de calidad de suelo.

El pH es una de las variables más importantes pues tiene relación directa con la calidad del suelo, ya que en condiciones de bajo pH (<5) la capacidad de intercambio catiónico es bajo (Mendieta, 2017) y esto conlleva a la inmovilización de los macro y micronutrientes en el suelo, transportándolos por lixiviación o escorrentía hídrica a los cuerpos de agua afectando a las plantaciones o vegetaciones nativas del área de estudio y a la fauna.

En el caso del área de estudio el pH mínimo es de 3.59 y el máximo de 4.92, lo que de manera general el suelo de la microcuenca media presenta condiciones de pH bajo (acidez). Lo que también conlleva a una ineficiente absorción de nutrientes hacia la planta.

Muestras	PH
Testigo 1	5.2
Punto 1	4.57
Punto 2	3.59
Punto 3	4.89
Punto 4	4.92
Punto 5	4.64
Punto 6	4.63
Punto 7	4.58
Punto 8	4.66
Testigo 2	5.19

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto	1	1	3
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Son suelos que se recuperan rapido, por que la gente no utiliza abonos continuamente.		

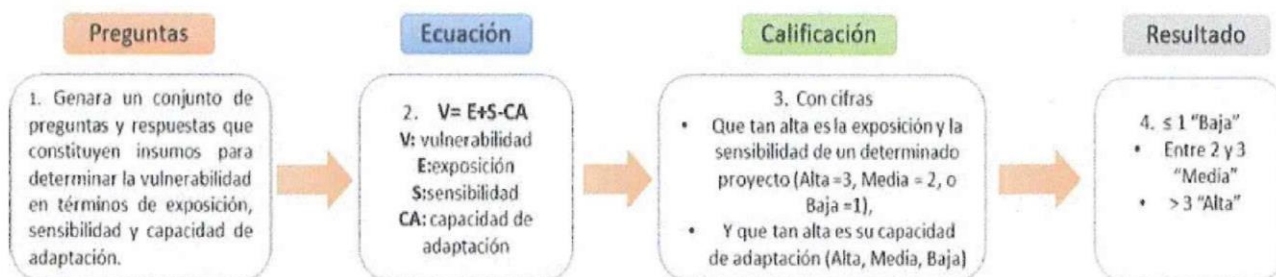
Encuesta de Evaluación de la vulnerabilidad ambiental del suelo de la microcuenca media del Rio Irquis

La encuesta que se realizara tiene como finalidad evaluar el estado actual del suelo de la Microcuenca del Rio Irquis, mediante una calificación cualitativa de los impactos ambientales presentados en la siguiente encuesta. Se requiere que se califique asignando valores de que tan alta es la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de adaptación, en un intervalo de 1 a 3, de menor a mayor impacto. La metodología consiste en analizar las preguntas propuestas para cada criterio a evaluar, analizar la información brindada y en base a su conocimiento y experiencia asignar un valor.

Antes de empezar el cuestionario, favor de completar la siguiente información.

Nombres:	PEONO GUILLERMO
Apellidos:	WEBSTER JARAMILLO
Lugar de trabajo:	U.P.S.
Cargo:	DOCENTE
Fecha de validación (día, mes y año):	21-06-2022.

Metodología de Evaluación



Gráfica 1. Mapa conceptual de la metodología para la valoración de riesgos (Ministerio del Ambiente, 2014).

El propósito de esta encuesta para la valoración de los impactos ambientales es la de cuantificar en cada una, la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación. A continuación se detalla cada criterio de valorización y se formulan ciertas preguntas que ayudaran a la calificación.

Evaluación de la Exposición

Exposición: Este criterio se refiere a, con que intensidad o en que extensión llega el ecosistema (suelo) de la microcuenca media del Rio Irquis a ponerse en contacto con los impactos ambientales presentados.

- ¿El impacto ambiental descrito podría afectar a la flora y fauna, recursos hídricos y servicios ambientales?
- Y si es así, ¿Qué tan frecuente es este impacto ambiental en la microcuenca media y que tan grave puede ser su efecto?

Evaluación de la Sensibilidad

Sensibilidad: Este criterio se refiere al grado en que un ecosistema (suelo) es afectado de manera positiva o negativa, por el impacto ambiental.

- ¿Podría ser que el impacto ambiental descrito afecte al ecosistema de la microcuenca media?
- ¿La microcuenca media del río Irquis está sufriendo daño actualmente?

Evaluación de la Capacidad Adaptativa

Capacidad de Adaptación: Este criterio se refiere al grado en que los sistemas naturales o ambientales del suelo puede resistir cambios sin ser afectados en su normal funcionamiento.

- ¿El ecosistema de la microcuenca media del río Irquis tiene suficientes recursos como para enfrentar el impacto ambiental descrito?
- ¿Cuáles son las barreras que impiden que el ecosistema pueda resistir a cambios causados por el impacto ambiental descrito?

A continuación se exponen los impactos ambientales al suelo más importantes de los que se realizará la evaluación y en los que se basa el presente estudio. (La información propuesta en cada impacto ambiental está basada en las evidencias encontradas en las visitas técnicas realizadas al área de estudio, en la revisión bibliográfica que se realizó y que estará debidamente referenciada en el documento final del presente estudio).

I. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias

Algunos estudios han demostrado que la escorrentía de agua tiene el mayor efecto sobre la erosión, y la erosión aumenta a medida que disminuye la infiltración de agua en el suelo (Kraham, 2017). Las tierras de cultivo bajo sistemas de pastizales intensivos son particularmente susceptibles a la erosión debido a la remoción de la vegetación natural que de otro modo uniría el suelo, lo protegería del viento y mejoraría la infiltración. El impacto mecánico de maquinaria agrícola pesada en la tierra y el agotamiento de la fertilidad natural del suelo causan alteración en la calidad del suelo de la microcuenca (Steinfeld, 2006).

Según la cartografía del MAGAP, el área de estudio consta de 153.81 Ha de pasto cultivado que representa el 10.74% del área de estudio; sin embargo, el espacio donde los ganados se podrían alimentar puede incrementar hasta en un 30% debido que en el lugar también practican el libre pastoreo incluso fuera de sus áreas destinadas para actividades agropecuarias. Estas áreas están compuestas por zonas de paramos arbustivos y herbáceos, y vegetación herbácea de humedal y húmeda que tienen cierto grado de alteración debido a otras actividades productivas, entre ellas el pastoreo de ganado vacuno.

Uso de suelo	Área (ha)	% A. de Est.
Bosque húmedo muy alterado	885.22	61.83
Matorral húmedo medianamente alterado	18.46	1.29
Páramo arbustivo medianamente alterado	26.13	1.83
Páramo herbáceo medianamente alterado	301.9	21.09
Páramo herbáceo muy alterado	3.42	0.24
Pasto cultivado	153.81	10.74
Pino	4.07	0.28
Vegetación herbácea de humedal medianamente alterada	16.07	1.12
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	22.68	1.58
Área total de la Microcuenca media	1431.76	

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias	1	1	1
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Valores bajos en contrados		

II. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias

Cuando la cubierta vegetal se reduce tanto el contenido de materia orgánica del suelo, como la estabilidad de los agregados del suelo, disminuyen, con lo que se reduce también la capacidad de infiltración. La vegetación también influye sobre el proceso de infiltración al proteger el suelo de las gotas de lluvia, mientras su sistema radicular mejora la estabilidad y la porosidad del suelo. Cuando las capas del suelo se compactan por la acción del pisoteo, se reduce la porosidad y aumenta la impermeabilidad superficial, lo que provoca una drástica reducción de los niveles de infiltración. Por esta razón, cuando las prácticas de pastoreo no son adecuadas, se producen alteraciones en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos y de los ecosistemas, dando como resultado aumentos de la escorrentía, la erosión, la frecuencia de los eventos de caudal máximo, la velocidad del agua y disminución de los niveles freáticos. (Belsky, Matzke Yusel- man, 1999; Mwendera Y Saleem, 1997).

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Perdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias	1	1	1
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Niveles bajos de Materia Org.		

III. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias

La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente (Siavosh, 2000).

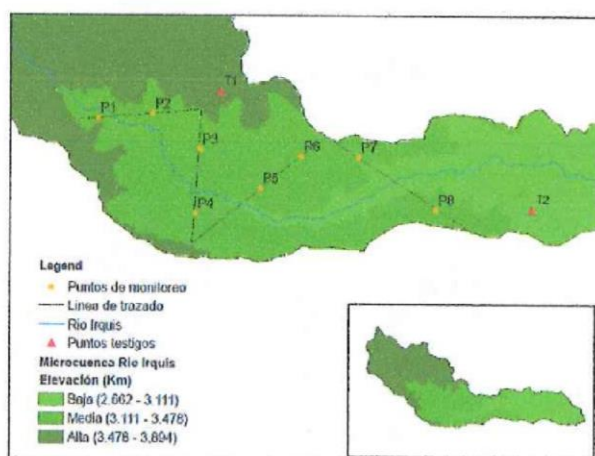
Por otro lado, los nutrientes obtenidos a través de fertilizantes edáficos, son los más usados debido a su facilidad de aplicación y porque contiene los requerimientos nutricionales necesarios para cubrir la demanda del consumidor en el crecimiento de los campos de pasto para ganado.

Se hicieron análisis de suelo, con 8 puntos de monitoreo dentro de la microcuenca media (ordenados mediante el método zigzag de manera descendente) y 2 puntos de monitoreos testigos (T1 en la microcuenca alta y T2 en la microcuenca baja).

Además, se puede deducir que estos altos niveles de nutrientes en el suelo no son causadas por las excretas de ganado (heces y orinas) pues el porcentaje de materia orgánica está por debajo de 4%. Esto quiere decir que los altos niveles de nutrientes son causados por los fertilizantes edáficos (NPK) usados para el crecimiento de pasto para ganado.

En algunos lugares cercanos al punto 3 de monitoreo se pudo evidenciar sacos con abono orgánico (gallinaza) que es usado fertilizante para preparar el suelo antes de un proceso de siembra, esta puede ser la razón por la que los valores de fosforo son altos.

Nutrientes del suelo							
Referencia	Muestras	NO3	P Total	K Total	Mg	Ca	M.O.
R1	Testigo 1	15	98	155	121	225	2.8
R1	Punto 1	12	84	199	209	598	2.1
R2	Punto 2	10	79	150	114	144	1.8
R2	Punto 3	7	110	163	238	203	1.9
R2	Punto 4	5	88	140	367	199	2
R2	Punto 5	8	87	139	294	412	2.2
R2	Punto 6	9	77	220	173	357	1.8
R2	Punto 7	6	55	278	247	458	1.4
R2	Punto 8	4	91	167	141	312	1.1
R3	Testigo 2	18	105	147	130	304	3.1
NO3, P, K, Mg, Ca en ppm y M.O. en %							
R1: Páramo herbáceo medianamente alterado							
R2: Bosque humedo muy alterado							
R3: Pato cultivado							



Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
	/3	/3	/3
Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias	2	2	1
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Desconocimiento en la utilización de abonos orgánicos		

IV. Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto

El uso de plaguicidas y herbicidas para eliminar plagas convencionales de los cultivos de ciclo corto y eliminar plantas de hoja ancha, arbustos u otro tipo de plantas (maleza) que afecten a las plantaciones de pasto, contienen compuestos organoclorados persistentes que se quedan en el suelo afectando potencialmente el pH del mismo (Izquierdo, 2017).

El uso de fertilizantes inorgánicos (edáficos) causan acidez en el suelo, como se ha mencionado anteriormente la sobrecarga de nutrientes mediante fertilizantes edáficos o abonos orgánicos (gallinaza) hacen que se eleven los niveles de fósforo y como se evidencio en este estudio hace que los niveles de acidez alcancen un pH de 3.59. Estos valores se los puede constatar en los resultados obtenidos del análisis de calidad de suelo.

El pH es una de las variables más importantes pues tiene relación directa con la calidad del suelo, ya que en condiciones de bajo pH (<5) la capacidad de intercambio catiónico es bajo (Mendieta, 2017) y esto conlleva a la inmovilización de los macro y micronutrientes en el suelo, transportándolos por lixiviación o escorrentía hídrica a los cuerpos de agua afectando a las plantaciones o vegetaciones nativas del área de estudio y a la fauna.

En el caso del área de estudio el pH mínimo es de 3.59 y el máximo de 4.92, lo que de manera general el suelo de la microcuenca media presenta condiciones de pH bajo (acidez). Lo que también conlleva a una ineficiente absorción de nutrientes hacia la planta.

Muestras	PH
Testigo 1	5.2
Punto 1	4.57
Punto 2	3.59
Punto 3	4.89
Punto 4	4.92
Punto 5	4.64
Punto 6	4.63
Punto 7	4.58
Punto 8	4.66
Testigo 2	5.19

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto	3	3	1
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	La composición química orgánica.		

Encuesta de Evaluación de la vulnerabilidad ambiental del suelo de la microcuenca media del Rio Irquis

La encuesta que se realizara tiene como finalidad evaluar el estado actual del suelo de la Microcuenca del Rio Irquis, mediante una calificación cualitativa de los impactos ambientales presentados en la siguiente encuesta. Se requiere que se califique asignando valores de que tan alta es la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de adaptación, en un intervalo de 1 a 3, de menor a mayor impacto. La metodología consiste en analizar las preguntas propuestas para cada criterio a evaluar, analizar la información brindada y en base a su conocimiento y experiencia asignar un valor.

Antes de empezar el cuestionario, favor de completar la siguiente información.

Nombres:	Johanna Carolina
Apellidos:	Quezada Cigales
Lugar de trabajo:	Elcaystra S.A. - Cuenca - Ecuador
Cargo:	Jug. Ambiental
Fecha de validación (día, mes y año):	21-jun-2022.

Metodología de Evaluación



Gráfico 1. Mapa conceptual de la metodología para la valoración de riesgos (Ministerio del Ambiente, 2014).

El propósito de esta encuesta para la valoración de los impactos ambientales es la de cuantificar en cada una, la Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación. A continuación, se detalla cada criterio de valorización y se formulan ciertas preguntas que ayudaran a la calificación.

Evaluación de la Exposición

Exposición: Este criterio se refiere a, con que intensidad o en que extensión llega el recurso suelo de la microcuenca media del Rio Irquis a ponerse en contacto con los impactos ambientales presentados.

- ¿El impacto ambiental descrito podría afectar a la flora y fauna, recursos hídricos y servicios ambientales?
- Y si es así, ¿Qué tan frecuente es este impacto ambiental en la microcuenca media y que tan grave puede ser su efecto?

Evaluación de la Sensibilidad

Sensibilidad: Este criterio se refiere al grado en que el recurso suelo es afectado de manera positiva o negativa, por el impacto ambiental.

- ¿Podría ser que el impacto ambiental descrito afecte al recurso suelo de la microcuenca media?
- ¿La microcuenca media del río Irquis está sufriendo daño actualmente?

Evaluación de la Capacidad Adaptativa

Capacidad de Adaptación: Este criterio se refiere al grado en que los sistemas naturales o ambientales del suelo puede resistir cambios sin ser afectados en su normal funcionamiento.

- ¿El suelo de la microcuenca media del río Irquis tiene suficientes recursos ambientales para enfrentar el impacto ambiental descrito?
- ¿Cuáles son las barreras que impiden que el suelo pueda resistir a cambios causados por el impacto ambiental descrito?

A continuación, se exponen los impactos ambientales al suelo más importantes de los que se realizará la evaluación y en los que se basa el presente estudio. (La información propuesta en cada impacto ambiental está basada en las evidencias encontradas en las visitas técnicas realizadas al área de estudio, en la revisión bibliográfica que se realizó y que estará debidamente referenciada en el documento final del presente estudio).

I. Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias

Algunos estudios han demostrado que la escorrentía de agua tiene el mayor efecto sobre la erosión, y la erosión aumenta a medida que disminuye la infiltración de agua en el suelo (Kraham, 2017). Las tierras de cultivo bajo sistemas de pastizales intensivos son particularmente susceptibles a la erosión debido a la remoción de la vegetación natural que de otro modo uniría el suelo, lo protegería del viento y mejoraría la infiltración. El impacto mecánico de maquinaria agrícola pesada en la tierra y el agotamiento de la fertilidad natural del suelo causan alteración en la calidad del suelo de la microcuenca (Steinfeld, 2006).

Según la cartografía del MAGAP, el área de estudio consta de 153.81 Ha de pasto cultivado que representa el 10.74% del área de estudio; sin embargo, el espacio donde los ganados se podrían alimentar puede incrementar hasta en un 30% debido que en el lugar también practican el libre pastoreo incluso fuera de sus áreas destinadas para actividades agropecuarias. Estas áreas están compuestas por zonas de paramos arbustivos y herbáceos, y vegetación herbácea de humedal y húmeda que tienen cierto grado de alteración debido a otras actividades productivas, entre ellas el pastoreo de ganado vacuno.

Uso de suelo	Área (ha)	% A. de Est.
Bosque húmedo muy alterado	885.22	61.83
Matorral húmedo medianamente alterado	18.46	1.29
Páramo arbustivo medianamente alterado	26.13	1.83
Páramo herbáceo medianamente alterado	301.9	21.09
Páramo herbáceo muy alterado	3.42	0.24
Pasto cultivado	153.81	10.74
Pino	4.07	0.28
Vegetación herbácea de humedal medianamente alterada	16.07	1.12
Vegetación herbácea húmeda muy alterada	22.68	1.58
Área total de la Microcuenca media	1431.76	

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Degradación y erosión del suelo por actividades agropecuarias	3	2	2
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	El 10% de ocupación ganadera por no ha adecuado o modificar gran extensión de veg. nativa; por lo cual puede controlarse mediante manejo ganadero y gestión de masas forestales sin comprometer a tener las zonas convencionales.		

II. Pérdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias

Cuando la cubierta vegetal se reduce tanto el contenido de materia orgánica del suelo, como la estabilidad de los agregados del suelo, disminuyen, con lo que se reduce también la capacidad de infiltración. La vegetación también influye sobre el proceso de infiltración al proteger el suelo de las gotas de lluvia, mientras su sistema radicular mejora la estabilidad y la porosidad del suelo. Cuando las capas del suelo se compactan por la acción del pisoteo, se reduce la porosidad y aumenta la impermeabilidad superficial, lo que provoca una drástica reducción de los niveles de infiltración. Por esta razón, cuando las prácticas de pastoreo no son adecuadas, se producen alteraciones en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos y de los ecosistemas, dando como resultado aumentos de la escorrentía, la erosión, la frecuencia de los eventos de caudal máximo, la velocidad del agua y disminución de los niveles freáticos. (Belsky, Matzke Yusel- man, 1999; Mwendera Y Saleem, 1997).

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Perdida de permeabilidad del suelo por actividades agropecuarias	3	3	2.
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	Presión por pisoteo y ruptura de matrices de conglomerados propician la desconexión hidráulica del suelo.		

Al no disponer de acuífero se ve elevado superior el sistema de porosidad para conservación de flujo lipodérmico.

Cargos de control se puede controlar también los flujos de escorrentía y erosión → provocando mantenerla en el punto más bajo de la cuenca de estudio

↓
Zona.

III. Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias

La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente (Siavosh, 2000).

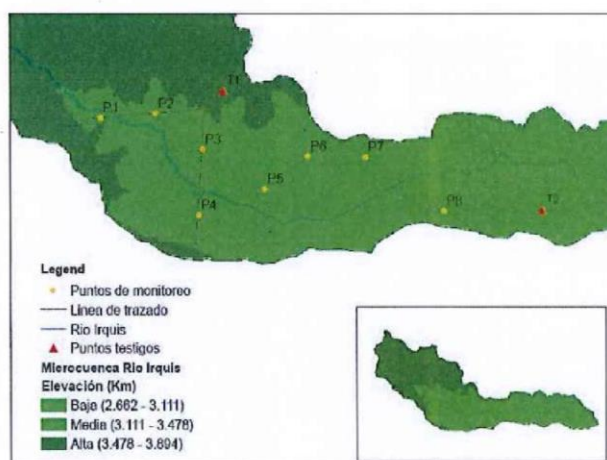
Por otro lado, los nutrientes obtenidos a través de fertilizantes edáficos, son los más usados debido a su facilidad de aplicación y porque contiene los requerimientos nutricionales necesarios para cubrir la demanda del consumidor en el crecimiento de los campos de pasto para ganado.

Se hicieron análisis de suelo, con 8 puntos de monitoreo dentro de la microcuenca media (ordenados mediante el método zigzag de manera descendente) y 2 puntos de monitoreos testigos (T1 en la microcuenca alta y T2 en la microcuenca baja).

Además, se puede deducir que estos altos niveles de nutrientes en el suelo no son causados por las excretas de ganado (heces y orinas) pues el porcentaje de materia orgánica está por debajo de 4%. Esto quiere decir que los altos niveles de nutrientes son causados por los fertilizantes edáficos (NPK) usados para el crecimiento de pasto para ganado.

En algunos lugares cercanos al punto 3 de monitoreo se pudo evidenciar sacos con abono orgánico (gallinaza) que es usado fertilizante para preparar el suelo antes de un proceso de siembra, esta puede ser la razón por la que los valores de fosforo son altos.

Nutrientes del suelo							
Referencia	Muestras	NO3	P Total	K Total	Mg	Ca	M.O.
R1	Testigo 1	15	98	155	121	225	2.8
R1	Punto 1	12	84	199	209	598	2.1
R2	Punto 2	10	79	150	114	144	1.8
R2	Punto 3	7	110	163	238	203	1.9
R2	Punto 4	5	88	140	367	199	2
R2	Punto 5	8	87	139	294	412	2.2
R2	Punto 6	9	77	220	173	357	1.8
R2	Punto 7	6	55	278	247	458	1.4
R2	Punto 8	4	91	167	141	312	1.1
R3	Testigo 2	18	105	147	130	304	3.1
NO3, P, K, Mg, Ca en ppm y M.O. en %							
R1: Páramo herbáceo medianamente alterado							
R2: Bosque húmedo muy alterado							
R3: Pato cultivado							



Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación
	/3	/3	/3
Alteración de los niveles de nutrientes a nivel superficial (N, P, K) por actividades agropecuarias	3	3	4
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	conforme el contexto, no se da recálculo de nutrientes efectivo, por lo que se sugiere revisar la caracterización del suelo (fertilidad).		

IV. Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto

El uso de plaguicidas y herbicidas para eliminar plagas convencionales de los cultivos de ciclo corto y eliminar plantas de hoja ancha, arbustos u otro tipo de plantas (maleza) que afecten a las plantaciones de pasto, contienen compuestos organoclorados persistentes que se quedan en el suelo afectando potencialmente el pH del mismo (Izquierdo, 2017).

El uso de fertilizantes inorgánicos (edáficos) causan acidez en el suelo, como se ha mencionado anteriormente la sobrecarga de nutrientes mediante fertilizantes edáficos o abonos orgánicos (gallinaza) hacen que se eleven los niveles de fósforo y como se evidencio en este estudio hace que los niveles de acidez alcancen un pH de 3.59. Estos valores se los puede constatar en los resultados obtenidos del análisis de calidad de suelo.

El pH es una de las variables más importantes pues tiene relación directa con la calidad del suelo, ya que en condiciones de bajo pH (<5) la capacidad de intercambio catiónico es bajo (Mendieta, 2017) y esto conlleva a la inmovilización de los macro y micronutrientes en el suelo, transportándolos por lixiviación o escorrentía hídrica a los cuerpos de agua afectando a las plantaciones o vegetaciones nativas del área de estudio y a la fauna.

En el caso del área de estudio el pH mínimo es de 3.59 y el máximo de 4.92, lo que de manera general el suelo de la microcuenca media presenta condiciones de pH bajo (acidez). Lo que también conlleva a una ineficiente absorción de nutrientes hacia la planta.

Muestras	PH
Testigo 1	5.2
Punto 1	4.57
Punto 2	3.59
Punto 3	4.89
Punto 4	4.92
Punto 5	4.64
Punto 6	4.63
Punto 7	4.58
Punto 8	4.66
Testigo 2	5.19

Calificación

Permítase completar la siguiente matriz para la calificación del impacto ambiental definido.

Impacto Ambiental	Exposición /3	Sensibilidad /3	Capacidad de Adaptación /3
Acidificación del suelo por uso de agroquímicos y fertilizantes edáficos en los cultivos de pasto para ganado y cultivos de ciclo corto	3	2	2
CRITERIO DE EVALUACIÓN (Factor principal que influyó en la calificación)	debido a que la ocupación de pastos es solamente del 10% de toda la microcuenca, la variación de pH y calidad no es representativa; sin embargo, tiene potencial alto de convertirse en cuenca a un sistema de protección.		

debido a que la ocupación de pastos es solamente del 10% de toda la microcuenca, la variación de pH y calidad no es representativa; sin embargo, tiene potencial alto de convertirse en cuenca a un sistema de protección.

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Karina Elizabeth Tigre Tenesaca portadora de la cédula de ciudadanía N.º 0105959258. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Resiliencia del suelo de la microcuenca media del río Iruquis frente a actividades antrópicas en el Cantón Cuenca, provincia del Azuay." 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, 31 de agosto de 2022

F: 

Karina Elizabeth Tigre Tenesaca

0105959258