



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE USO AGRÍCOLA EN LAS PARROQUIAS LA MATRIZ Y SAN FELIPE DE RUMIPAMBA DEL CANTÓN QUERO-2022”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: BUÑAY ESTRELLA CRISTIAN DAVID

CHIMBOLEMA CEPEDA ANDERSON DAVID

DIRECTORA: DRA. LOURDES CUMANDÁ CARRERA BELTRÁN, MGS.

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Cristian David Buñay Estrella & Anderson David Chimbolema Cepeda

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Cristian David Buñay Estrella y Anderson David Chimbolema Cepeda, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.


Riobamba, 5 de julio 2023



.....

Cristian David Buñay Estrella

C.I: 060455835-3



.....

Anderson David Chimbolema Cepeda

C.I: 100459027-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE USO AGRÍCOLA EN LA PARROQUIAS LA MATRIZ Y SAN FELIPE DE RUMIPAMBA DEL CANTÓN QUERO-2022**”, realizado por los señores: **CRISTIAN DAVID BUÑAY ESTRELLA** y **ANDERSON DAVID CHIMBOLEMA CEPEDA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Geoconda Marisela Velasco Castelo, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023/07/05
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán, Mgs. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023/07/05
Dr. Julio César Idrovo Novillo, PhD. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023/07/05

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios como piedra angular de mi vida, quien es mi fuerza cada uno de mis días, A mi madre Carmen quien siempre me ha apoyado incondicionalmente y me brinda su amor y responsabilidad para luchar día tras día para alcanzar mis metas y convertirme en el profesional que me estoy convirtiendo. A mi hermano Jorge que ha sido mi compañero de vida y una fuente motivación para alcanzar mis metas, a mis abuelos Jorge y Tomasa quienes han sido el ejemplo para que yo trazara mis sueños. Que día tras día me han apoyado en todo momento y siempre llenan de alegría a mi corazón.

Cristian

Quiero dedicar este trabajo a Dios y a mi familia ya que sin ellos nada de esto sería posible, son mi principal motivo para seguir adelante cada día y sirvieron de inspiración para culminar la carrera y alcanzar una meta más en mi vida. También quiero dedicarla a mi abuelita que en paz descanse, me hubiera gustado que ella sea participe de este logro, pero sé que ya está descansando en un mejor lugar.

David

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por toda la fuerza en mi carrera universitaria, Luego agradezco a las dos mujeres más grandes en mi vida Carmen Estrella y Tomasa Ríos, mi madre y mi abuelita, quienes me han brindado en todo momento su apoyo, no me alcanzaría toda mi vida para agradecer todo lo que han hecho por mí. Agradezco a mi abuelito Jorge, por ayudarme y motivarme a seguir en mi vida, a mi hermano, a mis tíos, mis primos y mi sobrino Héctor, quienes han sido parte de mi vida y me han motivado para seguir luchando hasta el fin.

Cristian

Agradezco primeramente a Dios por haberme ayudado en todo este proceso y brindarme la sabiduría y conocimientos necesarios para poder superar cada una de las dificultades presentadas en el transcurso de la carrera, al apoyo incondicional de mis padres que pese a la gran distancia que nos separaba siempre han estado para mí, a mis hermanos que de una u otra manera me apoyaron y animaron a seguir adelante. Finalmente, agradezco a mis amigos que han estado conmigo en las buenas y en las malas.

David

Agradecemos al Grupo GAIBAQ, especialmente a nuestra tutora la Dr. Cumandá Carrera por toda su predisposición y apoyo incondicional en la dirección y elaboración de esta tesis, gracias por ser el pilar fundamental en esta investigación que gracias a sus conocimientos y medios suficientes hemos podido culminar con éxito. También agradecemos al Ing. Cristian Chuquín por ser un maestro y guía en la dirección de los análisis de laboratorio de cada uno de los elementos necesarios en este estudio. Finalmente, al Dr. Julio Idrovo le agradecemos por ser el mentor en el ámbito estadístico y en la dirección de la tesis.

Cristian y David

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY/ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.3. Problema general de investigación.....	3
1.4. Problemas específicos de investigación.....	3
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.6. Justificación.....	4
1.6.1. <i>Justificación teórica</i>	4
1.7. Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de investigación.....	6
2.2. Referencias teóricas.....	8
2.2.1. <i>Cantón Quero</i>	8
2.2.2. <i>Actividad agrícola en el suelo</i>	8
2.2.3. <i>Suelo</i>	9
2.2.4. <i>Composición del suelo</i>	10
2.2.5. <i>Propiedades físicas de los suelos</i>	10
2.2.5.1. <i>Textura</i>	10
2.2.5.2. <i>Estabilidad estructural del suelo</i>	11
2.2.5.3. <i>Profundidad del suelo</i>	11

2.2.5.4.	<i>Densidad aparente</i>	11
2.2.5.5.	<i>Densidad real</i>	12
2.2.5.6.	<i>Porosidad</i>	12
2.2.5.7.	<i>Color</i>	12
2.2.6.	<i>Propiedades químicas de los suelos</i>	12
2.2.6.1.	<i>pH del suelo</i>	12
2.2.6.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	13
2.2.6.3.	<i>Materia orgánica</i>	14
2.2.6.4.	<i>Nitrógeno</i>	15
2.2.6.5.	<i>Fósforo</i>	15
2.2.6.6.	<i>Potasio</i>	16
2.2.6.7.	<i>Capacidad de intercambio catiónico</i>	16
2.2.6.8.	<i>Metales pesados</i>	16
2.2.7.	<i>Uso de la tierra y vegetación</i>	17
2.2.7.1.	<i>Uso de la tierra</i>	17
2.2.7.2.	<i>Cultivos</i>	17
2.2.7.3.	<i>Influencia humana</i>	17
2.2.7.4.	<i>Vegetación</i>	17
2.2.7.5.	<i>Material parental</i>	18
2.2.8.	<i>Calidad del suelo</i>	18
2.2.9.	<i>Indicadores de calidad del suelo</i>	18
2.2.10.	<i>Importancia de conocer la calidad del suelo</i>	19
2.2.11.	<i>Salud del suelo</i>	19
2.2.11.1.	<i>Degradación versus calidad</i>	20
2.2.12.	<i>Contaminación de los suelos agrícolas de Tungurahua por metales pesados</i>	20
2.2.12.1.	<i>Importancia del estudio de la contaminación de suelos</i>	20
2.2.12.2.	<i>Fuentes de contaminación por metales pesados</i>	21
2.2.13.	<i>Evaluación de Impacto Ambiental</i>	21
2.2.13.1.	<i>Impacto Ambiental</i>	21
2.2.13.2.	<i>Factores ambientales</i>	22
2.2.13.3.	<i>Indicadores de Impacto Ambiental</i>	22
2.2.13.4.	<i>Técnicas de análisis de Impacto Ambiental</i>	22
2.3.	Referencias legales	24
2.3.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	24
2.3.2.	<i>Código Orgánico del Ambiente</i>	24
2.3.3.	<i>Acuerdo Ministerial 097-A Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y sus criterios de remediación para suelos contaminados</i>	25

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	27
3.1.	Enfoque de investigación	27
3.2.	Nivel de investigación	27
3.3.	Tipo de estudio	27
3.4.	Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	28
3.4.1.	<i>Metodología de las encuestas</i>	28
3.4.2.	<i>Análisis y organización de datos</i>	28
3.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	29
3.5.1.	<i>Revisión Ambiental Inicial</i>	29
3.5.1.1.	<i>Identificación de los puntos de control ambiental</i>	29
3.5.1.2.	<i>Descripción del ambiente abiótico, biótico y socioeconómico</i>	29
3.5.1.3.	<i>Identificación de aspectos e impactos ambientales</i>	30
3.5.2.	<i>Matriz de Leopold</i>	30
3.5.3.	<i>Muestreo del suelo</i>	32
3.5.3.1.	<i>Localización de la zona de estudio</i>	32
3.5.3.2.	<i>Método de muestreo</i>	32
3.5.3.3.	<i>Preparación de las muestras de suelo</i>	34
3.5.4.	<i>Determinación de parámetros físicos y químicos de las muestras de suelo</i>	34
3.5.4.1.	<i>Determinación de pH</i>	34
3.5.4.2.	<i>Determinación de conductividad eléctrica</i>	34
3.5.4.3.	<i>Determinación de densidad aparente</i>	35
3.5.4.4.	<i>Determinación de densidad real</i>	35
3.5.4.5.	<i>Determinación de textura</i>	36
3.5.4.6.	<i>Determinación de materia orgánica</i>	37
3.5.4.7.	<i>Determinación de carbono oxidable</i>	38
3.5.4.8.	<i>Determinación de nitrógeno total</i>	39
3.5.4.9.	<i>Determinación de fósforo</i>	40
3.5.4.10.	<i>Determinación de cloruros</i>	42
3.5.4.11.	<i>Determinación de nitratos</i>	43
3.5.4.12.	<i>Determinación de sulfatos</i>	44
3.5.5.	<i>Digestión ácida de las muestras de suelo</i>	45
3.5.6.	<i>Determinación de macronutrientes, micronutrientes asimilables del suelo y metales pesados por absorción atómica</i>	46
3.5.6.1.	<i>Procesamiento de resultados de mg/l a mg/kg</i>	46

CAPÍTULO IV

4.1.	Revisión Ambiental Inicial	48
4.1.1.	<i>Identificación de los puntos de control ambiental</i>	48
4.1.2.	<i>Descripción del ambiente abiótico</i>	49
4.1.2.1.	<i>Agua</i>	49
4.1.2.2.	<i>Suelo</i>	49
4.1.2.3.	<i>Aire</i>	52
4.1.3.	<i>Descripción del ambiente biótico</i>	52
4.1.3.1.	<i>Flora</i>	52
4.1.3.2.	<i>Fauna</i>	53
4.1.4.	<i>Determinación del medio socioeconómico</i>	53
4.1.5.	<i>Identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales</i>	54
4.2.	Análisis de encuestas	56
4.2.1.	<i>Sección 1: Datos personales</i>	56
4.2.2.	<i>Sección 2: Desarrollo</i>	58
4.3.	Matriz de identificación y valoración de impactos ambientales	65
4.3.1.	<i>Matriz causa-efecto</i>	65
4.3.2.	<i>Matriz de Leopold</i>	68
4.3.2.1.	<i>Impactos sobre el componente físico</i>	73
4.3.2.2.	<i>Impactos sobre el componente biótico</i>	73
4.3.2.3.	<i>Impactos sobre el componente socioeconómico</i>	74
4.4.	Puntos de muestreo	74
4.5.	Análisis físicos de las muestras de suelo	76
4.5.1.	<i>Densidad</i>	76
4.5.2.	<i>Textura</i>	77
4.6.	Análisis fisicoquímicos de las muestras de suelo	78
4.6.1.	<i>pH</i>	78
4.6.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	79
4.6.3.	<i>Materia orgánica</i>	79
4.7.	Análisis químicos de las muestras de suelo	80
4.7.1.	<i>Cloruros</i>	81
4.7.2.	<i>Nitratos</i>	81
4.7.3.	<i>Sulfatos</i>	82
4.8.	Macronutrientes (nitrógeno total, fosforo, potasio y calcio)	83
4.8.1.	<i>Nitrógeno total</i>	83
4.8.2.	<i>Fósforo</i>	84

4.8.3.	<i>Potasio</i>	85
4.8.4.	<i>Calcio</i>	85
4.9.	Micronutrientes asimilables del suelo	86
4.9.1.	<i>Manganeso</i>	86
4.9.2.	<i>Zinc</i>	87
4.10.	Análisis de metales pesados en las muestras de suelo	87
4.10.1.	<i>Selenio, cadmio, plomo y mercurio</i>	88
4.10.2.	<i>Níquel</i>	88
4.10.3.	<i>Arsénico</i>	89
CONCLUSIONES		90
RECOMENDACIONES		91

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Valores de referencia para la clasificación de los suelos según su pH	13
Tabla 2-2:	Valores de referencia para la clasificación de los suelos para conductividad	14
Tabla 2-3:	Criterios de calidad del suelo	26
Tabla 3-1:	Ponderación de los impactos ambientales	31
Tabla 3-2:	Rangos de severidad	31
Tabla 3-3:	Concentraciones y volúmenes de estándares para analizar fósforo en suelo	41
Tabla 4-1:	Matriz para descripción de suelos	50
Tabla 4-2:	Flora representativa del cantón Quero.....	52
Tabla 4-3:	Fauna nativa del cantón Quero.....	53
Tabla 4-4:	Matriz de identificación de actividades, aspectos e impactos ambientales	54
Tabla 4-5:	Matriz causa-efecto principales actividades productivas del cantón Quero.....	66
Tabla 4-6:	Matriz de Leopold principales actividades productivas del cantón Quero	69
Tabla 4-7:	Identificación de los puntos de muestreo y sus coordenadas.....	75
Tabla 4-8:	Resultados de la densidad aparente y real obtenidos de la zona de estudio	76
Tabla 4-9:	Textura de suelo de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba	77
Tabla 4-10:	Resultados de los análisis fisicoquímicos de la zona de estudio	78
Tabla 4-11:	Resultados de los análisis químicos de cloruros, nitratos y sulfatos.....	80
Tabla 4-12:	Resultados de los macronutrientes en la zona de estudio	83
Tabla 4-13:	Resultados de los análisis de micronutrientes	86
Tabla 4-14:	Resultados de metales pesados analizados en la zona de estudio	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Clasificación de las diferentes clases texturales de los suelos	11
Ilustración 3-1:	Llenado de encuesta por un morador del sector de Rumipamba	28
Ilustración 3-2:	Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	32
Ilustración 3-3:	Recolección de muestras de suelo	33
Ilustración 3-4:	Medición in situ de la temperatura y humedad del suelo	33
Ilustración 3-5:	Secado de las muestras de suelo	34
Ilustración 3-6:	Determinación de densidad aparente	35
Ilustración 3-7:	Determinación de densidad real	36
Ilustración 3-8:	Determinación de textura del suelo	37
Ilustración 3-9:	Determinación de materia orgánica	38
Ilustración 3-10:	Determinación de carbono oxidable	39
Ilustración 3-11:	Determinación de nitrógeno	40
Ilustración 3-12:	Determinación de fósforo usando un espectrofotómetro UV-Visible	41
Ilustración 3-13:	Determinación de cloruros	43
Ilustración 3-14:	Determinación de nitratos.....	44
Ilustración 3-15:	Determinación de sulfatos	45
Ilustración 3-16:	Digestión ácidas de las muestras de suelo	46
Ilustración 4-1:	Ubicación de los puntos de control en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba, cantón Quero.....	48
Ilustración 4-2:	Edad de los pobladores encuestados	56
Ilustración 4-3:	Género de los pobladores encuestados	56
Ilustración 4-4:	Ocupación de la población encuestada	57
Ilustración 4-5:	Parroquia a la cual pertenece la población encuestada	57
Ilustración 4-6:	Motivos para vivir en el cantón Quero	58
Ilustración 4-7:	Tiempo en que los encuestados viven en la zona.....	58
Ilustración 4-8:	Consideración para análisis de suelos de uso agrícola en la zona	59
Ilustración 4-9:	Consideración del peligro de usar productos agroquímicos en el suelo	59
Ilustración 4-10:	Cultivo más empleado en la zona según la población encuestada	60
Ilustración 4-11:	Problema más recurrente debido al uso de agroquímicos	60
Ilustración 4-12:	Consideración de la afectación de los cultivos	61
Ilustración 4-13:	Consideración de los riesgos en la salud de las personas que implica el uso de agroquímicos	61
Ilustración 4-14:	Consideración del rango de afectación en la calidad del suelo por el uso de agroquímicos.....	62

Ilustración 4-15:	Apreciación de cambios susceptibles en los productos cultivados.....	62
Ilustración 4-16:	Cambio del suelo después de la incorporación de productos agroquímicos según la población encuestada.....	63
Ilustración 4-17:	Consideración de presencia de metales pesados en el suelo por el uso de productos agroquímicos	63
Ilustración 4-18:	Práctica agrícola más usada por la población encuestada	64
Ilustración 4-19:	Uso de biofertilizantes para mejorar la calidad del suelo.....	64
Ilustración 4-20:	Localización de los puntos de muestreo en la zona de estudio	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA APLICADA A LOS MORADORES DE LAS PARROQUIAS LA
MATRIZ Y SAN FELIPE DE RUMIPAMBA DEL CANTÓN QUERO

ANEXO B. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO

ANEXO C. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO

ANEXO D. DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS POR ESPECTROSCOPIA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA

RESUMEN

Quero es un cantón que pertenece a la provincia de Tungurahua, se caracteriza porque en los últimos años el suelo de uso agrícola se ha ido desgastando produciendo así bajos rendimientos en los cultivos lo que ha conllevado al uso excesivo de productos agroquímicos a fin de aumentar su productividad, es por eso que el objetivo de esta presente investigación fue determinar la calidad de suelo de uso agrícola para asegurar la calidad alimentaria de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba provincia de Tungurahua. La metodología implementada tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo. Primeramente, se realizó el levantamiento de una línea base para conocer el estado en el cual se encontraba el cantón Quero. Se identificaron 15 puntos de control en los cuales se realizó el muestreo de suelos en varios sectores distribuidos a lo largo de la zona de estudio para luego realizar análisis de parámetros físico, fisicoquímicos, químicos y metales pesados que determinaron el estado del suelo de uso agrícola para finalmente medir los impactos producidos por las actividades agrícolas mediante una matriz de Leopold. Los resultados obtenidos fueron que el suelo presenta una textura franco-arenoso con baja presencia de materia orgánica, con pH variable de extremadamente ácido a neutro con cantidades bajas de salinidad, lo que conlleva a tener bajos niveles de nitratos, nitrógeno y calcio, sin embargo, se reconoce altos niveles de fósforo y potasio. Además, no presenta valores significativos de Hg, Pb, Cd, Se y As, las concentraciones de níquel fueron de 18,97 a 39,39 mg/kg que sobrepasan los valores establecidos por la normativa ecuatoriana ambiental vigente. Se concluye que la calidad del suelo agrícolas de las parroquias es bajo y es necesario implementar una correcta dosificación de agroquímicos que ayuden a conservar el suelo y cultivos producidos.

Palabras clave: <AGROQUÍMICOS>, <METALES PESADOS>, <IMPACTOS AMBIENTALES>, <NIQUEL>, <ARSÉNICO>, <MATRIZ LEOPOLD>.

1471-DBRA-UPT-2023



SUMMARY / ABSTRACT

Quero is a canton that belongs to the province of Tungurahua; it is characterized because, in recent years, the soil for agricultural use has been wearing away, thus producing low crop yields, which has led to the excessive use of agrochemical products in order to increase their productivity. This study aimed to determine the soil quality for agricultural use to ensure food quality in the parishes of La Matriz and San Felipe de Rumipamba in the province of Tungurahua. This study had a qualitative and quantitative approach. First, the survey of a baseline was carried out to know the state in which the Quero canton was located. Fifteen control points were identified in which soil sampling was carried out in various sectors distributed throughout the study area to carry out an analysis of physical, physicochemical, chemical and heavy metal parameters that determined the state of the soil for agricultural use to finally measure the impacts produced by agricultural activities using a Leopold matrix. The results were that the soil has a loamy-sandy texture with a low presence of organic matter, with a variable pH from highly acidic to neutral with low amounts of salinity, leading to low levels of nitrates, nitrogen and calcium. However, high levels of phosphorus and potassium are recognized. In addition, it does not present significant Hg, Pb, Cd, Se and As values. Nickel concentrations were from 18.97 to 39.39 mg/kg, which exceeded the values established by current Ecuadorian environmental regulations. It is concluded that the quality of the agricultural soil of the parishes is low, and it is necessary to implement a correct dosage of agrochemicals that help to conserve the soil and the crops produced.

Keywords: <AGROCHEMICALS>, <HEAVY METALS>, <ENVIROMENTAL IMPACTS>, <NICKEL>, <ARSENIC>, <LEOPOLD MATRIX>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

Según Chirinos et al. (2005) sostiene que el suelo es la base de los ecosistemas terrestres y no solo apoya la cobertura vegetal, lo que permite que el planeta viva, sino también la base fundamental para la producción de alimentos en el mundo. Del mismo modo, se puede entender que la degradación del suelo, como la acción de un conjunto de factores biofísicos y antrópicos que comienzan los procesos de cambios en las cualidades y características de los suelos, este concepto integra el conjunto de suelos, la cobertura de la fauna y las donaciones de agua, que existen en un cierto paisaje fisiográfico (Sicard, 2001, p.32).

Del uso frecuente de sustancias agroquímicas que son sustancias que deben controlarse de manera responsable; el empleado debe cumplir con la implementación de leyes, normas y métodos durante la gestión de productos, incluidos el transporte, el almacenamiento, el uso, la provisión de contenedores vacíos, productos no utilizados y vencidos, así como el uso de elementos de protección personal. Por lo tanto, la entrada continua de estos compuestos en el ecosistema del suelo puede afectar los microorganismos y su actividad, lo que ocasiona modificación de los procesos fisicoquímicos y biológicos esenciales para la fertilidad y la productividad de los cultivos (Cycoñ et al., 2010, pp.316-323).

El presente estudio se enfoca en el análisis de la calidad del suelo agrícola de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba; con la finalidad de caracterizar las propiedades fisicoquímicas y condiciones ambientales del suelo de los medios que fueron estudiados. Determinando 15 puntos de monitoreo para la recolección de la muestra, formando muestras compuestas de un peso de 2 kg de forma triplicada para tener una mayor exactitud de la información, además de generar una matriz de Leopold con los impactos ambientales de acuerdo con las prácticas ambientales generadas en esta.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A partir de la segunda mitad del siglo XX, en Ecuador el proceso de extensión de la producción agrícola ha estado acompañado de la aplicación de tecnologías modernas, basadas en un alto uso de insumos químicos, entre los que destacan los insecticidas (Naranjo, 2017, pp. 35-37). Sin embargo, la aplicación de esas tecnologías químicas generalmente no está sustentada con suficiente investigación acerca del impacto del uso frecuente de insecticidas sobre la estructura y funcionamiento de los agroecosistemas. Debido a la gran cantidad de plaguicidas utilizados en los suelos ha incrementado los problemas de plagas lo que limita la biodisponibilidad del suelo conllevando a serios problemas de producción de los diferentes productos que se generan en el cantón Quero.

Además, en los últimos años las emisiones de gas y cenizas del volcán Tungurahua han liberado una gran cantidad de metales a los suelos cercanos que, en la actualidad, se emplean con fines agrícolas. La contaminación por metales pesados en suelos agrícolas puede generar un grave problema para la salud humana, debido a que muchas especies vegetales comestibles pueden absorber del suelo grandes cantidades de metales potencialmente tóxicos. La ingesta de metales, a través del consumo de alimentos contaminados, puede provocar malformaciones, disfunciones neuronales e incluso la muerte (Rai et al., 2019, pp. 370-372).

Dentro de la Provincia del Tungurahua, los productos que más se producen en Quero son: papas (*Solanum tuberosum*), habas (*Vicia faba*), maíz (*Zea mays*), cebolla (*Allium cepa*), zanahoria (*Daucus carota*) y arveja (*Pisum sativum*) (GAD Quero, 2017, pp. 35-36), pese a ello no existen estudios sobre el tipo de pesticida que aplican y el impacto que estos producen a los suelos por su aplicación.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

En el presente trabajo de investigación, se ha tomado como referente al suelo agrícola de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba del Cantón Quero, provincia de Tungurahua en el periodo 2022. En este cantón, la mayor parte de sistemas de producción son mercantiles mientras que en menor producción se encuentra la parroquia Yanayacu, por lo cual no se ha tomado en cuenta a la misma.

1.3. Problema general de investigación

En el cantón Santiago de Quero se evidencia que el 25% del suelo se encuentra afectado por procesos de deterioro, esto conlleva a una pérdida de la biodiversidad compuesta por la flora y fauna nativa de igual forma, compromete la capacidad de producción de alimentos. También se ve que los avances de erosión están causando que algunas áreas del cantón se vayan desertificando al punto de provocar la carencia de oportunidades en la generación de recursos económicos (GAD Quero, 2017, p. 36).

1.4. Problemas específicos de investigación

Se convierte en una necesidad determinar el uso del suelo y su calidad para tomar decisiones que permitan el ordenamiento en base a la aptitud de la zona y si en realidad se está utilizando en forma sostenible. Se evidencia que en el suelo debido a los procesos antrópicos se influyen en mayor o menor grado la degradación de los suelos, actividades como: el monocultivo, minifundio, el alto uso de agroquímicos, labranza total y movimiento mecánico del suelo, sin el manejo de buenas prácticas agrícolas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad de suelo de uso agrícola para garantizar la calidad alimentaria en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba del cantón Quero, provincia de Tungurahua.

1.5.2. Objetivos específicos

- Levantar un diagnóstico línea base de la zona de influencia del cantón Quero.
- Analizar los parámetros físicos, fisicoquímicos y químicos, además la concentración de metales pesados (Pb, Cd, Hg, Se y As) en los suelos de uso agrícola en la zona de estudio.
- Identificar los impactos ambientales relacionados con el uso de agroquímicos como prácticas agrícolas que se desarrollan en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación teórica

El término "contaminación del suelo" significa que existe en el piso de una sustancia química o a una concentración más alta que sale de la ubicación actual y tiene un efecto negativo en los organismos inmejorables. La cantidad y diversidad de contaminantes aumentan constantemente debido al desarrollo de pesticidas e industrias. Por investigación del suelo para identificar contaminantes en los complejos y caros, mediante esta diversidad y conversión del suelo debido a la actividad biológica de los componentes orgánicos en diversos metabolitos (FAO & ITIS, 2015, pp. 8-13).

La calidad del suelo se define como la capacidad de funcionar dentro de un ecosistema natural o mixto para mantener la productividad de las plantas y los animales, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, manteniendo la salud humana (Martin & Adad, 2006, pp. 345-365). El control adecuado del suelo para fines agrícolas es la determinación correcta y la característica de los suelos, por lo tanto, es necesario tener una forma sistemática de clasificación y sus características. Esta clasificación se puede obtener del análisis discriminador de los resultados de los parámetros analizados y el análisis factorial (Mamani et al., 2021, pp. 126-132).

El uso de agroquímicos como los fertilizantes y pesticidas usados en el suelo contribuyen en la presencia de metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio, tales son tóxicos para las plantas, los animales y los seres humanos que traen un impacto negativo a la fertilidad del suelo y la salud de los ecosistemas. El uso de excesivo de agroquímicos puede conducir a la contaminación y polución del suelo (FAO & ITIS. 2015, pp. 8-13).

El análisis del suelo no solo trata de cuantificar el contenido total de elementos y compuestos, sino que también determina el contenido de asimilación de varias plantas del suelo con diferentes características físicas y químicas. Una forma de evaluar el suelo es medir su calidad, generalmente se usa estas características físicas, químicas y biológicas específicas, que funciona como un índice (Debelis, 2003, pp. 1-3).

El cantón Quero cuenta con una amplia producción agrícola en la zona de La Matriz y San Felipe de Rumipamba de manera manual, poco tecnificada y mecanizada, habitualmente se cultiva productos de ciclo corto, como es la papa, cebolla blanca y colorada, habas, zanahoria, mellocos y ocas, etc. De manera alternativa ha tomado fuerza el cultivo de ciclo largo, como lo es el pasto

para la ganadería especialmente en las zonas altas como la zona de Yanayacu para el engorde vacuno, ovino y la lechería (GAD Quero, 2017, p.33).

A través de lo antes mencionado, se debe analizar los niveles de las concentraciones de metales pesados en el suelo como Ni, Se, As, Pb y Hg determinando las concentraciones en cada uno de los puntos de muestreo en las zonas agrícolas resultado del uso de agroquímicos que conlleva a la bioacumulación y movilidad en cada uno de los productos que se dan en el lugar llegando a ser una problemática ambiental.

El presente estudio se lleva a cabo en la provincia de Tungurahua, cantón Quero en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba, con un tipo de muestro aleatorio de 15 puntos en la zona de estudio de manera triplicada para llegar a una mejor validez de la información. Además de identificar las concentraciones de los metales pesados, se revisará los valores en la normativa ambiental; así se relacionará los parámetros físicos y químicos analizados en los puntos propuestos. Dichos resultados nos ayudan a formar una línea base de los niveles de concentración de estos metales en la zona, los cuales no existe información necesaria sobre esta zona de estudio que se podrán usar en futuros proyectos. Con el fin de se pueda llegar a plantear medidas de mitigación, adaptación y monitoreo que ayuden en el uso de agroquímicos y su impacto en las parroquias de ser necesario.

1.7. Hipótesis

H₀: Existen altos niveles de concentración de metales pesados en los suelos de uso agrícola de las parroquias La matriz Quero y San Felipe de Rumipamba, Cantón Quero, provincia de Tungurahua.

H₁: No existen altos niveles de concentración de metales pesados en los suelos de uso agrícola de las parroquias La matriz Quero y San Felipe de Rumipamba, Cantón Quero, provincia de Tungurahua.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

A partir de 1950 que se inicia con el uso de agroquímicos en la agricultura como una solución a contrarrestar el ataque de las plagas en los cultivos, y así obtener mejores rendimientos en las cosechas (Gavilanes et al., 2014, p. 6). Existe el desconocimiento del gran impacto negativo que los agroquímicos producen en los componentes bióticos como el suelo y las condiciones negativas en la calidad de vida de los productores del campo, sobre todo en su salud.

El suelo es un recurso indispensable para la vida, que le permite desarrollar plantas, animales y humanos. Sin embargo, todas las funciones que realiza aún no se reconocen, por lo que es más probable que el concepto general de suelo fértil sea sus propiedades químicas, en particular, a la disponibilidad de codos macro primarios (nitrógeno, fósforo y potasio). En los últimos años, se han propuesto nuevas definiciones que integran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, así como su capacidad para ser estable, para producir alimentos saludables y mitigar la contaminación ambiental (García et al, 2012, p. 125).

Quero es un cantón perteneciente a la provincia de Tungurahua, su extensión territorial es de 173,81 km², de los cuales 99,323 km² se encuentra bajo la parroquia La Matriz, 39,467 km² corresponden a la Parroquia Yanayacu y 35,02 km² a la parroquia Rumipamba (GAD Quero, 2017, p. 1). Este cantón se destaca por su producción agrícola y ganadera mismos que se ven afectados debido a la contaminación generada por el uso de productos agroquímicos no comprometidos con el ambiente.

Debido a que las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba son netamente agrícolas de forma intensiva se basa en el uso permanente de agroquímicos provocando erosión del suelo, eliminación de la microflora, baja tasa de nutrientes, salinización y resistencia a plagas, entre otros factores, reduciendo la productividad y la rentabilidad del suelo. Debido al abuso, mal uso y desinformación de los agroquímicos han provocado una serie de problemas agronómicos. Además, que las plagas se van adaptando y toman resistencia con los agroquímicos que originan pérdidas en la seguridad alimentaria (Hidalgo, 2017, p. 26).

Los metales pesados constituyen un riesgo potencial para la salud pública, así como para la biodiversidad vegetal y animal. Las actividades agrícolas también pueden contaminar el suelo a largo plazo, debido al uso de fertilizantes y agroquímicos asimismo el uso prolongado de compost y aguas residuales sin tratar pueden conllevar al incremento de los niveles de metales pesados en el suelo, arrojando valores superiores a los permitidos en la legislación nacional e internacional. Por lo tanto, la evaluación de los niveles de metales pesados es una obligación para los productores agrícolas y los técnicos, dado que hoy en día los parámetros de calidad exigen productos libres de contaminantes, con el fin de garantizar a los consumidores un producto con calidad e inocuidad (Concentration of Heavy Metals in Soils Under Different Tillage Systems, 2021, pp. 3).

La mayoría de los agricultores del cantón usan los productos agroquímicos de forma rudimentaria y excesiva, lo que ocasiona un grave problema de contaminación al recurso suelo permitiendo su degradación hasta bajar su calidad, provocando pérdidas de cultivos parciales y totales, enfermedades dermatológicas y gastrointestinales del área de influencia directa e indirecta de los cultivos.

Muchas especies de plantas comestibles pueden absorber grandes cantidades de metales tóxicos del suelo, por lo que la contaminación de metales pesados en el suelo agrícola puede causar serios problemas con la salud humana. Si bien los metales pesados como cadmio, plomo, níquel, cobalto, cobre y zinc son considerados potencialmente tóxicos, para plantas, animales y hasta para los seres humanos (Rai et al, 2019, pp. 365-385), es cierto que otros metales, tales como potasio, magnesio, hierro y manganeso, son necesarios para el nutrimiento de plantas y cultivos agrícolas en general.

En la investigación realizada por Viteri y sus colaboradores en el año 2013, por medio de encuestas y métodos de observación evaluaron a un grupo de 279 agricultores del cantón Quero, la percepción de riesgo con respecto al uso de plaguicidas en los cultivos de papa, los resultados identificaron el uso de productos químicos prohibidos por ser altamente tóxicos, y la falta de las mínimas normas de seguridad para su implementación en los cultivos por desconocimiento en su mayoría, los mismos que están relacionados a un bajo nivel de educación, los agricultores no asocian enfermedad con mal uso de plaguicidas (Viteri et al., 2013, p. 43).

La calidad del suelo se utiliza como una estrategia y acción en la planificación territorial, toma de decisiones en el establecimiento de políticas, así mismo para el aprovechamiento y conservación del sistema del suelo que cuenta con un índice de calidad que permite identificar el estado y condición de este (García, y otros, 2012, p. 127). En el estudio se realizó una serie de encuestas y entrevista a los dueños de los terrenos y para el índice de calidad del suelo se analizaron las propiedades físicas y químicas.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Cantón Quero

El cantón Santiago de Quero se ubica en la parte suroeste de la provincia de Tungurahua, limitado por los cantones al norte por Cevallos, al sur por Guano, al este con Pelileo y al Oeste con el Mocha. Geográficamente se encuentra a 78° 30' latitud sur y 1° 15' longitud oeste, a una altura media de 3380 m.s.n.m., el clima de la zona es agradable, alcanzando temperaturas que fluctúan entre los 10° y 12° C. Su extensión territorial es de 173,81 Km². (GAD Quero, 2017, pp.1-2).

La gran diversidad de sus pisos climáticos, distribuidos en todo el territorio del cantón, ha dado lugar a la presencia de una gran variedad de especies de flora y fauna, lo que también ha permitido disponer de una gran extensión de zonas de protección y generación hídrica (paramos), que permite el desarrollo de la producción agropecuaria, ganadera y con el valor agregado el comercio (GAD Quero, 2017, pp.1-2).

2.2.2. Actividad agrícola en el suelo

Ecuador como un país en vía de desarrollo, la agricultura tiene una importancia en la economía debido a su significativa contribución a la producción interna y el empleo, así como por su aporte a la seguridad alimentaria. Por lo tanto, se puede decir que es la base de la seguridad alimentaria, los ingresos de exportación y el desarrollo rural casi en todos los países en desarrollo (García, 2006, p. 1).

Se sabe que el sector agrícola cumple un rol importante para el desarrollo, siendo capaz de reducir la pobreza en cualquier país. Es así como las estimaciones realizadas en varios países sobre el crecimiento del PIB agrícola son doblemente eficaces en reducir los índices de pobreza que otros sectores estratégicos de otro país, dándose cambios sustantivos de la concepción de la política agrícola en todo el mundo (Medina, 2017, p. 131).

Esta zona estratégica cuenta con un serio problema como la erosión presenta un bajo índice de productividad de la tierra dando a conocer ciertos problemas ecológicos, ambientales amenazando la seguridad alimentaria. Por lo tanto, suscita preocupaciones sobre la posibilidad de amenazar la sostenibilidad ecológica, incluida la calidad del suelo, lo que cuestionaría la sostenibilidad a largo plazo del medio ambiente (Rudel, 2015, pp. 752–753).

2.2.3. *Suelo*

El suelo es un recurso natural fundamental para la vida en la tierra. Es la capa superior de la corteza terrestre, que consiste en minerales, sustancia orgánica, agua y aire. El suelo es esencial para la producción de alimentos, la filtración de agua, la regulación del clima y la biodiversidad. Sin embargo, la gestión inadecuada del suelo puede llevar a la degradación de este, lo que puede tener consecuencias negativas para el medio ambiente y la sociedad. (Brady & Weil, 2016, pp. 30-35).

El suelo es la base de la producción agrícola y proporciona nutrientes, agua y apoyo físico necesarios para el crecimiento de las plantas. La calidad del suelo es fundamental para la sostenibilidad agrícola y la producción de alimentos. El suelo debe ser fértil y tener una buena capacidad para retener agua y nutrientes para garantizar el crecimiento de las plantas (Brady & Weil, 2016, pp. 30-35).

El suelo es la interfaz entre la atmósfera y la litosfera, además que comparte con cuerpos de agua fresca y salda. Sostiene crecimiento de muchas plantas y animales, a este conglomerado se le denomina la biosfera. En la agricultura, el suelo influye en el crecimiento de los cultivos, con frecuencia su interés no se extiende por debajo de la profundidad de suelo perturbado por un arado o labranza de 15 – 20 cm (White, 2006, pp. 30-35).

Según White (2006) sugiere que el suelo se distingue de la roca inerte debido a la presencia de vida vegetal y animal, a una organización estructural que refleja la acción de procesos pedogénicos, una capacidad para responder al cambio ambiental que podría alterar el equilibrio entre ganancias y pérdidas en el perfil que predetermina la formación de un suelo diferente en equilibrio con un nuevo conjunto de condiciones ambientales. Como último punto, indica que el suelo no tiene fija herencia ya que depende de las condiciones durante su formación.

La gestión adecuada del suelo es fundamental para mantener su calidad y capacidad para mantener la producción agrícola a largo plazo. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles y la educación pública son esenciales para promover la gestión adecuada del suelo y la sostenibilidad agrícola. Además, que el suelo actúa como un sumidero de carbono, almacenando grandes cantidades de carbón orgánico en forma de materia orgánica del suelo. La gestión adecuada del suelo puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la sostenibilidad ambiental (White, 2006, pp. 30-35).

2.2.4. Composición del suelo

El suelo cuenta con la acción de fuerzas químicas y bióticas que actúan sobre materiales orgánicos y la roca resistente para producir el suelo con una tela porosa que retiene agua y gases. Consiste en partículas de diferentes tamaños que van desde la más pequeña (arcilla), el limo, la arena, la grava, las piedras y algunas rocas. La densidad de partículas P_p varía según la mineralogía, pero el promedio es de $2,65 \text{ mg/m}^3$. La materia orgánica cuenta con una densidad más baja de $1,0 - 1,3 \text{ mg/m}^3$ dependiendo de la extensión de su descomposición, mientras el agua cuenta con una densidad de 10 mg/m^3 (White, 2006, pp. 30-35).

El suelo contiene solutos orgánicos e inorgánicos disueltos, se los llama solución del suelo. Asimismo, el aire del suelo consiste en N_2 y oxígeno, generalmente contiene concentraciones más altas de dióxido de carbono que la atmosfera, y rastros de otros gases que son productos del metabolismo microbiano (White, 2006, pp. 30-35).

El proceso de la formación del suelo se denomina pedogénesis, que culmina en la diferenciación notable de la variable del material del suelo en una serie de horizontes que constituyen los perfiles de este. Los horizontes del suelo se distinguen por sus propiedades visibles y tangibles como el color, dureza, textura y organización estructural (White, 2006, pp. 30-35).

Por consiguiente, el suelo es una mezcla íntima de material mineral y orgánico que forma una tela porosa, impregnada de agua y aire, que forma un hábitat favorable para una variedad de plantas y vida animal. Se convierte en un componente frágil del ambiente que permite la producción de alimentos y fibra, eliminación de residuos, siempre y cuando conservemos el suelo para las generaciones futuras.

2.2.5. Propiedades físicas de los suelos

2.2.5.1. Textura

Esto se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de varias formas y tamaños, como arena, barro y arcilla. La textura es una característica importante porque afecta la fertilidad como factor, así como la capacidad de retención de agua, la aireación, el drenaje, el contenido de materia orgánica y otras propiedades (ITPS, 2020, pp. 1-15).

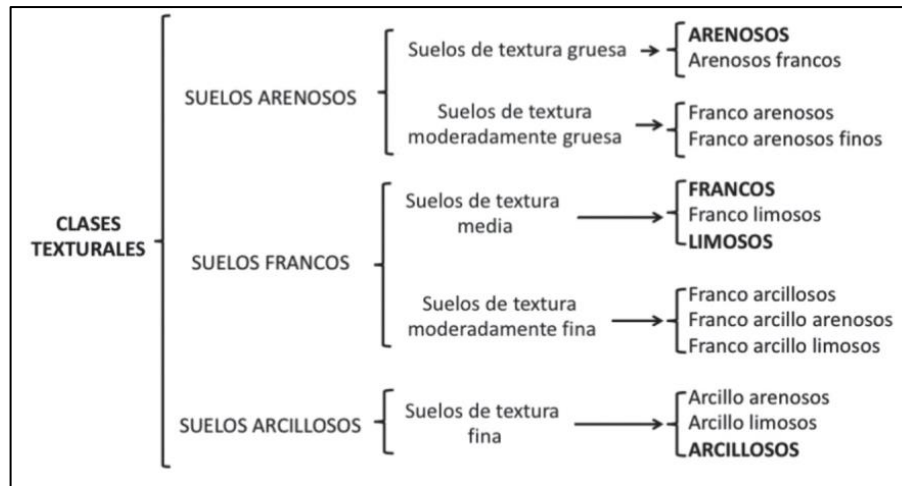


Ilustración 2-1: Clasificación de las diferentes clases texturales de los suelos

Fuente: Navarro et al., 2022

2.2.5.2. Estabilidad estructural del suelo

Las partículas de suelo texturizado como la arena, el limo y la arcilla se combinan para formar agregados y unidades más grandes llamadas perforaciones. La estructura del suelo afecta directamente la capacidad de aireación, el movimiento del agua del suelo, la conductividad térmica, el crecimiento de las raíces y la resistencia a la erosión. El agua es el elemento más importante que afecta la estructura del suelo porque disuelve y precipita los minerales y afecta el crecimiento de las plantas (ITPS, 2020, pp. 1-15).

2.2.5.3. Profundidad del suelo

Solum se denomina la capa superior del suelo (Horizonte A) junto con el suelo subyacente (E y B). El horizonte C se define como capas con poca formación de edafógenos. De esta manera, la profundidad efectiva del suelo se toma como el espesor del suelo. Sin embargo, la presencia de raíces y actividad biológica frecuente en el horizonte C refuerza la importancia de incluir esta capa en la definición de la profundidad del suelo (ITPS, 2020, pp. 1-15).

2.2.5.4. Densidad aparente

Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas (ITPS, 2020, pp. 1-15).

2.2.5.5. Densidad real

La densidad real de las partículas densas del suelo varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y en general está alrededor de 2,65. La relación entre la masa sólida seca y el volumen real ocupado por la partícula (ITPS, 2020, pp. 1-15). Determinando la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso por volumen de suelo.

2.2.5.6. Porosidad

Se refiere al porcentaje del volumen del suelo que no está ocupado por sólidos. En general, el volumen del suelo es 50% sólidos (45% minerales y 5% orgánicos) y 50% porosos. En el espacio poroso se distinguen macroporos y microporos por donde el agua, los nutrientes, el aire y los gases pueden circular o quedar atrapados. Los poros grandes no retienen el agua contra la gravedad, son los encargados de drenar y airear el suelo y formar el espacio radicular. Los pequeños poros retienen agua, parte de la cual está disponible para las plantas (ITPS, 2020, pp. 1-15).

2.2.5.7. Color

El color del suelo depende de su composición y cambia según el contenido de humedad, la materia orgánica existente y el grado de oxidación de los minerales existentes. Algunas propiedades del suelo pueden evaluarse como medidas indirectas. Se utiliza para distinguir secuencias en perfiles de suelos, para determinar el origen de la materia prima, la presencia de materia orgánica, el estado de drenaje y la presencia de sales y carbonatos (ITPS, 2020).

2.2.6. Propiedades químicas de los suelos

2.2.6.1. pH del suelo

El pH del suelo es un factor clave que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se refiere a la acidez o alcalinidad del suelo y se mide en una escala de 1 a 14, siendo 7 un pH neutral. La mayoría de las plantas prefieren un pH ligeramente ácido, entre 6 y 7, pero algunas plantas como las azaleas y los arándanos requieren un pH más bajo, entre 4 y 5. Por otro lado, algunas plantas como las hierbas y las hortalizas prefieren un pH más alto, entre 7 y 8 (Brady & Weil, 2016, pp. 10-20).

El pH del suelo puede ser influenciado por varios factores, como la lluvia ácida, la composición del suelo y la actividad microbiana. Por lo tanto, es importante medir el pH del suelo regularmente

y hacer los ajustes necesarios para asegurar un ambiente óptimo para el crecimiento de las plantas. Una forma común de ajustar el pH del suelo es agregar cal para aumentar el pH o azufre elemental para disminuirlo (Jones, Bento, & Vernon, 2016, pp. 20).

Tabla 2-1: Valores de referencia para la clasificación de los suelos según su pH

Propiedad	Clasificación	Valor
pH	Fuertemente ácido	<5
	Moderadamente ácido	5,1 - 6,5
	Neutro	6,6 – 7,3
	Medianamente alcalino	7,4 – 8,5
	Fuertemente alcalino	>8,5

Fuente: Navarro et al., 2022

2.2.6.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo es un parámetro importante que puede indicar la cantidad de sales disueltas en el suelo y su capacidad para conducir la electricidad. La conductividad eléctrica del suelo también puede estar relacionada con la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Según un estudio realizado por la Universidad de California, la conductividad eléctrica del suelo puede variar según la textura del suelo, la humedad, el contenido de materia orgánica y la presencia de sales y minerales en el suelo (University of California Division of Agriculture and Natural Resources, 2018, 15-25).

La medición de la conductividad eléctrica del suelo puede realizarse mediante un medidor de conductividad eléctrica, como el medidor de conductividad eléctrica de campo. Este tipo de medidor puede ser una herramienta útil para los agricultores y jardineros para determinar la fertilidad del suelo y tomar decisiones sobre la aplicación de fertilizantes y otros productos químicos. Según un estudio realizado por la Universidad de Wisconsin, la medición de la conductividad eléctrica del suelo también puede ser útil para detectar la presencia de contaminantes en el suelo, como metales pesados (University of Wisconsin-Madison, 2017).

En general, la conductividad eléctrica del suelo es un parámetro importante que puede indicar la fertilidad del suelo y la presencia de contaminantes en el suelo. La medición de la conductividad eléctrica del suelo puede realizarse mediante un medidor de conductividad eléctrica de campo y puede ser una herramienta útil para los agricultores y jardineros para tomar decisiones sobre la aplicación de fertilizantes y otros productos químicos (University of Wisconsin-Madison, 2017, 1-9).

Tabla 2-2: Valores de referencia para la clasificación de los suelos para conductividad

Propiedad	Valor (uS/cm)	Clasificación
Conductividad eléctrica	<1000	Efectos despreciables de salinidad
	1100 – 2000	Muy ligeramente salino
	2100 – 4000	Moderadamente salino
	4100 – 8000	Suelo salino
	8100 – 16000	Fuertemente salino
	>16000	Muy fuertemente salino

Fuente: Navarro et al., 2022

2.2.6.3. *Materia orgánica*

La materia orgánica del suelo juega un papel fundamental en la fertilidad y productividad del suelo. La materia orgánica es la fracción del suelo compuesta por restos de plantas y animales, microorganismos y sus productos de descomposición. Esta materia orgánica es importante ya que mejora la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes, y promueve la actividad biológica del suelo (Brady y Weil, 2016, pp. 10-20).

Según Brady y Weil (2016), en su libro "The Nature and Properties of Soils", la materia orgánica del suelo se forma a partir de la descomposición de restos vegetales y animales por microorganismos presentes en el suelo. Esta descomposición libera nutrientes y compuestos orgánicos que son utilizados por las plantas para su crecimiento y desarrollo. Además, la materia orgánica del suelo es importante para mantener la estructura del suelo, ya que actúa como un agente aglutinante que ayuda a mantener las partículas del suelo unidas.

Jones Jr. et al. (2016), en su libro "Soil Testing and Plant Analysis" destacan la importancia de medir el contenido de materia orgánica del suelo. La cantidad de materia orgánica presente en el suelo puede variar dependiendo de factores como el tipo de suelo, la vegetación presente y las prácticas de manejo del suelo utilizadas. Por lo tanto, medir el contenido de materia orgánica del suelo es importante para conocer el estado de fertilidad del suelo y tomar decisiones sobre las prácticas de manejo a implementar para mejorar la producción de cultivos.

2.2.6.4. *Nitrógeno*

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes que influyen en la calidad del suelo y en la producción de cultivos. Los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica y liberan nitrógeno, lo que contribuye a la fertilidad del suelo. Sin embargo, el nitrógeno también puede ser un contaminante ambiental si se libera en exceso, lo que puede causar problemas de calidad del agua y del aire. Por lo tanto, es importante medir los niveles de nitrógeno en el suelo y ajustarlos según sea necesario para evitar problemas ambientales y maximizar la producción de cultivos (Brady y Weil, 2016, pp. 10-20).

Según Jones Jr. et al. (2018), la medición de nitrógeno en el suelo se puede realizar mediante análisis químicos o biológicos. Los análisis químicos miden la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, mientras que los análisis biológicos miden la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y liberan nitrógeno. Además, Brady and Weil (2016) destacan que la adición de fertilizantes nitrogenados puede aumentar la cantidad de nitrógeno en el suelo, pero también puede contribuir a problemas ambientales si se usa en exceso. Por lo tanto, es importante equilibrar la cantidad de fertilizante con la cantidad de nitrógeno que el suelo necesita para maximizar la producción de cultivos y minimizar los impactos ambientales.

Según un estudio realizado por Liu et al. (2017), el nitrógeno es un nutriente clave para el crecimiento de las plantas y su disponibilidad en el suelo es esencial para la producción agrícola. Sin embargo, la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados puede causar problemas ambientales como la contaminación de agua y aire. Es por eso por lo que es importante medir los niveles de nitrógeno en el suelo y ajustar la cantidad de fertilizante que se aplica para mantener un equilibrio adecuado entre la producción de cultivos y el impacto ambiental. Además, es importante tener en cuenta que la disponibilidad de nitrógeno en el suelo puede variar en función de factores como el pH del suelo y la presencia de microorganismos que fijan el nitrógeno atmosférico.

2.2.6.5. *Fósforo*

El fósforo del suelo es un macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se encuentra en el suelo en forma de fosfatos, que son absorbidos por las raíces de las plantas. La disponibilidad de fósforo en el suelo puede estar limitada debido a factores como la baja pH del suelo y la falta de materia orgánica. La adición de fertilizantes ricos en fósforo puede mejorar la disponibilidad para las plantas. La falta de fósforo en el suelo puede provocar un crecimiento deficiente y una baja producción de cultivos (Brady & Weil, 2016, pp. 10-20).

2.2.6.6. Potasio

El potasio es un macronutriente esencial para el desarrollo de las plantas, que está presente en el suelo en forma de iones potasio (K^+). La disponibilidad del potasio en el suelo varía según factores como la textura del suelo, el pH y la presencia de minerales que lo retienen. La cantidad de potasio en el suelo puede ser medida y ajustada mediante la aplicación de fertilizantes potásicos (Wang et al., 2019, p. 386).

Sin embargo, la sobrealimentación de las plantas con potasio puede tener consecuencias negativas en el medio ambiente. El exceso de potasio en el suelo puede lixiviar y contaminar las aguas subterráneas, lo que puede tener un impacto en la calidad del agua y la salud humana. Es importante medir los niveles de potasio en el suelo y ajustar la aplicación de fertilizantes para mantener un equilibrio entre la producción de cultivos y el impacto ambiental. De acuerdo con un estudio de Wang et al. (2019), la gestión adecuada del potasio en el suelo puede mejorar la calidad del suelo y reducir la lixiviación de nutrientes en el medio ambiente.

2.2.6.7. Capacidad de intercambio catiónico

Se entiende por intercambio catiónico los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas de suelos adsorben iones de la fase acuosa y des adsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes y establecen un equilibrio entre ambas fases (Fitz, 1987, p. 430).

2.2.6.8. Metales pesados

Un suelo contaminado es considerado como aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias y, como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera y/o los organismos. Desde el punto de vista puramente químico, los metales pesados se definirían como aquellos elementos metálicos cuyo peso específico es mayor de 5 g/cm³ o con número atómico superior a 20. Pero una definición más práctica del metal pesado será la de clasificar como tales aquellos que por sus efectos tóxicos y persistencia son considerados como polucionantes ambientales. Todos los metales que pueden dar lugar a problemas de contaminación ambiental existen de forma natural en rocas, suelos, aguas y aire, aunque casi todos en concentraciones mínimas que no causan efectos adversos (García et al., 2002, p. 125).

La peligrosidad de un metal en el suelo se debe entender, en primer lugar, como el propio efecto de dicho metal sobre la calidad del mencionado suelo, y en concreto, sobre su actividad

microbiana. Este aspecto es complicado, pues aún hoy en día se tienen escasas referencias. Lo cual llevaron a cabo diversos estudios para la determinación de lo que se ha establecido en llamar “Dosis Ecológica” (EDSO), determinando la cantidad de metal necesaria para reducir a la mitad el valor de parámetros indicadores de actividad microbiana, tales como ATP o actividad deshidrogenasa (García et al., 2002, p. 133).

2.2.7. Uso de la tierra y vegetación

2.2.7.1. Uso de la tierra

La ocupación implica el uso actual de la tierra, ya sea agrícola o no donde se encuentra el suelo. El uso de la tierra tiene gran influencia en la dirección y en la tasa de formación del suelo; su registro realza considerablemente el valor interpretativo de los datos del suelo. Para tierras de uso arable, se debe mencionar los tipos de cultivos que se siembran, y toda la información posible referida a manejo de suelos, uso de fertilizantes, duración del periodo de descanso, sistemas de rotación y rendimiento (FAO, 2009, p.13).

2.2.7.2. Cultivos

Los cultivos son plantas que se siembran por su valor económico. La información sobre el tipo de cultivos es importante porque da una idea de la naturaleza de la alteración del suelo como resultado de las prácticas de manejo, así como de los requerimientos de nutrientes y manejo de suelos por parte de estos. Esta información se puede dar de manera general o detallada, de acuerdo con las necesidades (FAO, 2009, p.13).

2.2.7.3. Influencia humana

Se refiere a alguna evidencia de la actividad humana que probablemente afectó el paisaje o las propiedades físicas y químicas del suelo. Cuando se tiene diferentes medios ambientes, es útil indicar el grado de alteración de la vegetación natural. La vegetación existente se describe en la sección de vegetación (abajo) (FAO, 2009, p.13).

2.2.7.4. Vegetación

La vegetación es un factor dominante en la información del suelo, ya que es la principal fuente de materia orgánica y su importante papel en la eliminación de nutrientes e hidrofolas del sitio. No existe aceptación uniforme de un sistema para la descripción de la vegetación natural o

seminatural. El tipo de vegetación puede ser descrito usando un sistema local, regional o internacional (FAO, 2009, p.15).

2.2.7.5. Material parental

Se considera como el material de donde presumiblemente el suelo se formó. El material parental debe ser descrito de la manera más precisa posible, indicando su origen y su naturaleza. Existen básicamente dos grupos de material parental sobre el cual el suelo se formó: materiales no consolidados (mayormente sedimentos) y material intemperizado que se encuentra sobre las rocas que le dio origen (FAO, 2009, p.20).

2.2.8. Calidad del suelo

La definición de calidad del suelo puede abordarse desde distintos enfoques de estudio, por lo cual hacer referencia acerca de este término conlleva a considerar la multifuncionalidad que tiene, y la importancia en la vida del ser humano y de otros seres vivos y recursos naturales que están relacionados con él (Singer & Ewing, 2000, p. 271).

La calidad del suelo incluye tres principios importantes: a) la productividad del suelo, que se refiere a la habilidad del mismo para promover la productividad del ecosistema o agroecosistema, sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas; b) la calidad medio ambiental, entendida como la capacidad de un suelo para atenuar los contaminantes ambientales y los patógenos aquí se incluyen los servicios ecosistémicos que ofrece (reservorio de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, recarga de acuíferos, etc.); y c) la salud, que se refiere a la capacidad de un suelo para producir alimentos sanos y nutritivos para los seres humanos y otros organismos (Astier et al., 2002, p. 605).

En cuanto al concepto que se retoma para referirse a la calidad del suelo para fines de este trabajo es el de: la calidad dinámica del suelo, pues está relacionado con los cambios en sus propiedades según el uso que se le proporcione, en un tiempo y espacio determinado para este caso dos: el forestal y agrícola, al mismo tiempo proporcionan datos que permiten evaluar las prácticas de manejo (Page et al., 2013, p. 50).

2.2.9. Indicadores de calidad del suelo

Un indicador de calidad es una herramienta que nos permite conocer y verificar información de las propiedades, procesos y características de un recurso, con la intención de su posterior

monitoreo, planificación y evaluación (Astier et al., 2002, p. 606), por lo cual deben presentar los siguientes atributos: sensibilidad a los cambios bajo diferentes prácticas, fáciles de medir e interpretar y accesibles para los usuarios.

Los indicadores para la evaluación de la calidad del suelo deben integrar aspectos químicos, físicos y biológicos, lo anterior para relacionar los datos que cada indicador muestra, lo que a su vez permita tener un panorama completo acerca de lo que sucede en el suelo y como es que cada variable se interrelaciona y puede explicar a otros fenómenos relacionados con sus propiedades (Astier et al., 2002, p. 606).

2.2.10. Importancia de conocer la calidad del suelo

Existen diversas actividades que ponen en peligro la calidad del suelo y con esto el inicio a otras problemáticas ambientales, esta problemática está presente a distintas escalas geográficas y en ella se reconocen ocho amenazas principales: contaminación, pérdida de materia orgánica, erosión, reducción de la biodiversidad del suelo, salinización, sellado del suelo, compactación e inundaciones y deslizamientos de tierras (Castillo, 2004, p.1).

2.2.11. Salud del suelo

La salud del suelo puede definirse como "la capacidad de mantener la productividad biológica, mantener la calidad del medio ambiente y promover la salud de las plantas y los animales dentro de los límites del ecosistema". Esta definición se puede considerar integral, ya que liga la capacidad funcional del suelo a todos los roles y circunstancias en los cuales se inscribe este recurso en la naturaleza (Doran & Parking, 1994, p. 6).

La salud del suelo también se refiere a las características biológicas, químicas y físicas de un suelo que son esenciales a largo plazo para la productividad sostenible de la agricultura con impacto mínimo sobre el ambiente. Por tanto, la salud del suelo da una imagen completa de la funcionalidad del suelo. No se puede medir directamente, pero se puede inferir midiendo propiedades específicas del suelo, o teniendo en cuenta la fertilidad de este (Doran & Parking, 1994, p. 6). Esta definición se remite a las propiedades básicas del suelo, liga la salud con la agricultura y el ambiente e insinúa que no es tan fácil su medición o evaluación.

En otra definición, la salud del suelo se considera como su capacidad para funcionar como un sistema vivo. Los suelos sanos mantienen una comunidad variada de organismos que ayudan a

que este cumpla con sus variadas funciones y servicios ecosistémicos. Un suelo vivo y sano es indispensable para la seguridad alimentaria y nutricional (Burbano, 2017, p. 123).

2.2.11.1. Degradación versus calidad

El suelo es la capa superficial de la tierra y constituye un recurso natural no renovable a la escala del tiempo humano y su lenta tasa de formación (100-400 años/cm de suelo para algunos autores) hace que se le considere un recurso no renovable y que debe preservarse. Alrededor del 15% de la superficie del planeta se ha degradado y cada vez es más frecuente encontrar suelos cuya degradación es tan extrema que se considera irreversible como cualquier pérdida de más de 1 tonelada/hectárea/año en un lapso de entre 50 y 100 años (González-Quíñonez, 2006, p. 6).

La degradación es un problema multidisciplinar y multicausal que esconde un conjunto de procesos interrelacionados (físicos, químicos, etc.) que se manifiestan a diferentes niveles de resolución tanto espacial como temporal. Los factores que lo controlan son múltiples por lo que si no lo frenamos podemos llegar a la ruptura del equilibrio entre el recurso natural y el sistema económico que lo explota (González-Quíñonez, 2006, p. 6).

La producción alimentaria en aumento representa el factor de mayor presión sobre este recurso debido al gran crecimiento demográfico existente. De tal modo que además de los factores climáticos son las actividades humanas las principales precursoras de la degradación del suelo. Así cabe citar las malas prácticas agrarias como el uso excesivo de fertilizantes, plaguicidas y productos químicos, cambios de cultivos de secano a regadío, abandono de cultivos, etc. (González-Quíñonez, 2006, p. 6).

2.2.12. Contaminación de los suelos agrícolas de Tungurahua por metales pesados

Los suelos del Ecuador tienen diversos usos dependiendo de la región, generalmente los usos más frecuentes son la agricultura, ganadería, urbanización, bosques, etc., es por ello por lo que las provincias de Tungurahua se caracterizan por poseer un elevado índice de producción agrícola y ganadera, ya que de ellas se expande para todo el país gran cantidad de alimentos como carnes, vegetales, hortalizas, frutas, etc., (Podwojewski, et al., 2008, p. 180).

2.2.12.1. Importancia del estudio de la contaminación de suelos

La contaminación del suelo por metales pesados es uno de los problemas más importantes que aquejan al siglo XXI, debido a que cuando estos metales rebasan las concentraciones máximas

permitidas desencadenan un descenso de la población microbiana y un impacto negativo en el desarrollo de las plantas y por ende afecta a la calidad de los alimentos que se ofertan a los consumidores (Navarro et al., 2007, p. 16).

La seguridad alimentaria se puede ver drásticamente afectada, pues los metales pesados absorbidos por las plantas generan problemas de biomagnificación y bioacumulación, y estas a la vez son consumidas a lo largo de la red trófica. Al presentar una elevada toxicidad, el impacto causado en la salud de los seres humanos por el consumo de estos alimentos causa afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollar problemas cancerígenos (Huerta & Armienta, 2012, p. 112).

2.2.12.2. Fuentes de contaminación por metales pesados

La concentración de metales pesados puede deberse a causas naturales que involucran procesos geogénicos y a causas antropogénicas que implican la generación de residuos, emisiones y vertidos al ambiente (Navarro et al., 2007, p. 16). Por otro parte, la concentración de metales pesados en el suelo se debe principalmente a actividades antropogénicas como la fundición, uso de fungicidas, galvanoplastia, aguas residuales de parques industriales o municipales y aguas procedentes de desechos mineros. El uso de aguas residuales para el riego de cultivos provoca el cambio de las propiedades fisicoquímicas del suelo, además las plantas al absorber estas aguas acumulan mayores concentraciones de estos metales pesados, similares efectos pueden generar la utilización de agroquímicos y estiércol fresco en la agricultura (Huerta & Armienta, 2012, p. 112).

2.2.13. Evaluación de Impacto Ambiental

2.2.13.1. Impacto Ambiental

Puede definirse como la alteración o efecto producido en el ambiente y sus procesos naturales por la actividad humana en un espacio y tiempo determinados. En otras palabras, se puede decir que el impacto ambiental implica las alteraciones adversas o positivas sobre el ecosistema debido a actividades antrópicas como la agricultura, extracción excesiva de recursos naturales, emisión de contaminantes, el cambio de uso de suelo, la disposición inadecuada de residuos, entre otros (Paredes et al., 2019, pp. 71-72).

Se reconocen que existen impactos directos o indirectos, esto ya dependiendo de la extensión del proyecto o actividad a ejecutarse, es por ello por lo que estos impactos poseen tres dimensiones comunes: significancia, magnitud e importancia. La variable en estos estudios es la cuantificación

de la alteración, pero esta palabra es un concepto relativo, ya que la misma puede ser positiva o negativa, inmediata o a largo plazo, pequeña o inmediata, permanente o transitoria (Paredes et al., pp. 71-72; Perevochtchikova, 2013, pp. 287-290).

2.2.13.2. Factores ambientales

El estudio del medio ambiente se puede realizar a partir del estudio de los factores ambientales. Se denomina factor ambiental o ecológico a todo elemento del medio ambiente que afecta directamente a un organismo o al menos a una etapa de su ciclo de vida. Se deben considerar los agentes y receptores del impacto ambiental (Paredes et al., 2019, p. 73). En resumen, pueden indicarse los siguientes factores: factores fisicoquímicos, factores ecológicos, factores estéticos y factores socioeconómicos.

2.2.13.3. Indicadores de Impacto Ambiental

Son los elementos o parámetros que dan una medida de la magnitud del impacto, pueden ser cualitativos o cuantitativos. La adopción de varios indicadores de impacto y su selección es un punto fundamental de los trabajos de evaluación. Los indicadores de impacto más fáciles de usar y más definidos son las normas o estándares para el agua, aire, ruido, etc., en especial si se encuentran aprobadas por una legislación (Paredes et al., p. 75; Perevochtchikova, 2013, p. 293).

Una vez definidos los indicadores de impacto, sus escalas y dimensiones o unidades de medida, es necesario calcular sus valores para cada actividad o proyecto, preferiblemente en varios períodos de tiempo, corto, mediano o largo plazo. Una de las dificultades en esta tarea es asignar pesos específicos, importancia específica o ponderaciones, a los distintos indicadores de impacto ambiental (Perevochtchikova, 2013, p. 293).

2.2.13.4. Técnicas de análisis de Impacto Ambiental

– Procedimientos Ad Hoc

Es un procedimiento realizado por expertos o especialistas que son convocados y encargados de hacer la identificación, cuantificación y evaluación de los impactos, generalmente hacen el procedimiento sin ninguna guía preestablecida (Paredes et al., p.76).

– *Superposición de mapas*

Consiste en el desarrollo de una serie de mapas transparentes de factores ambientales que se superponen para representar las áreas de mayor o menor impacto. El mapa resultante describe los factores ambientales o características del suelo y la distribución de la superficie en todas las operaciones de un proyecto u actividad. Este método resulta ser de mucha utilidad para realizar levantamientos topográficos de la ubicación de infraestructuras, carreteras, oleoductos, entre otros (Paredes et al., p. 76; Yáñez, 2008, p. 9).

– *Listas de chequeo*

Es también conocida como lista de control, presenta las acciones y los impactos comúnmente asociados con una fase particular de un proyecto en particular, de los cuales los analistas seleccionan los impactos potenciales para el proyecto bajo investigación. Algunos de estos métodos también incluyen criterios más o menos complejos para cuantificar y evaluar los impactos. La lista de verificación es un desarrollo adicional del cuestionario, que permite la identificación de actividades y factores de impacto que pueden afectar el medio ambiente, así como las categorías ambientales (Paredes et al., p. 77; Yáñez, 2008, p. 9).

– *Matrices de correlación*

Incluyen muchas de las características de los métodos anteriores, pero muestran información en forma de matrices para determinar las relaciones causales entre las acciones y los resultados. Uno de los ejemplos más conocidos es la matriz de Leopold, la cual contiene dos listas de control ambiental, una con 100 posibles medidas relacionadas con el proyecto propuesto y la otra es una lista de verificación que contienen 88 componentes ambientales sensibles, para un total de 8.800 impactos analizados. Otros ejemplos incluyen la Matriz de Moore, que requiere calificaciones en una escala ordinal de cuatro pasos (no significativo, bajo, moderado, alto), también la Matriz de Clarke, esta proporciona una evaluación cualitativa basada en 5 polaridades, las cuales son: beneficio / adverso, corto plazo/ largo plazo, reversible / irreversible, directo/ indirecto, local/ estratégico (Paredes et al., pp. 76-77).

Muestran las relaciones temporales y causales entre los impactos mediante la creación de un esquema que muestra cuáles son los impactos directos (de primer orden) e indirectos (de segundo orden, terciarios, etc.). Esta es una herramienta más sofisticada que se usa hoy en día y que introduce una cadena de causas y efectos, clasifica los impactos en categorías primarias, secundarias o terciarias y permite evaluar los impactos acumulativos (Paredes et al., p. 77).

2.3. Referencias legales

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, es la norma legal más importante del Estado y base del ordenamiento jurídico. Las normas constitucionales que se establecen son de carácter declarativo, en esta se detallan los derechos de los ciudadanos de manera general, en base a leyes y códigos de carácter secundario (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, pp. 8-9).

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

2.3.2. Código Orgánico del Ambiente

El Código Orgánico del Ambiente en el artículo 4 menciona que promoverá el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas a fin de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados

por el Estado. Además, el artículo 5 menciona que es un derecho de la población vivir en un ambiente sano (COA, 2017, p. 12).

En el artículo 26, a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales dentro de sus facultades y competencias ambientales, les corresponde: “*controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido*”, mismo que ejercerán en las respectivas áreas rurales de su circunscripción territorial (COA, 2017, p. 18).

En cuanto a los monitoreos de la calidad de los componentes bióticos, el artículo 191 ratifica que: “*La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto*” (COA, 2017, p. 54).

2.3.3. Acuerdo Ministerial 097-A Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y sus criterios de remediación para suelos contaminados

Este acuerdo se encuentra vigente y cumple todas las disposiciones emitidas por el Código Orgánico del Ambiente, su objetivo principal es preservar la salud de las personas y velar por la calidad ambiental y del recurso suelo con el fin de salvaguardar las funciones naturales de los ecosistemas que puedan verse afectadas por las diferentes actividades antrópicas (Acuerdo Ministerial 97, 2015, p. 18).

“*La norma se aplica para los siguientes usos del suelo: agrícola, pecuario, forestal, urbano, minero, recreativo, de conservación, industrial y comercial. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se establecen los siguientes criterios: ... b) utilizar sistemas de agricultura que no degraden, contaminen o desequilibren el ecosistema del área geográfica en que se desenvuelven, lo cual incluye el uso racional y técnico de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas; c) llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restaurar aquellos suelos que presenten contaminación, restableciendo las condiciones iniciales existentes anteriormente a la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad*” (Acuerdo Ministerial 97, 2015, pp. 18-19).

Tabla 2-3: Criterios de calidad del suelo

Parámetro	Unidades	Valor
Parámetros Generales		
Conductividad	uS/cm	200
pH		6 a 8
Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)		4
Parámetros Inorgánicos		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo Total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A, 2015

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

Este trabajo de investigación tuvo un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) debido a que se recolectó información del ambiente circundante al problema, mismo que nos ayudó a responder la interrogante principal del trabajo mediante una Revisión Ambiental Inicial (RAI), igualmente, se realizaron determinaciones y mediciones respecto a las muestras de suelo a nivel in situ y laboratorio.

Según los objetivos de investigación tomó dos enfoques paralelos, por un lado, dentro de la instancia de la RAI, se identificaron puntos de control ambiental en el cantón Quero. Esto permitió la evaluación de calidad del suelo que tienen relación cercana con la contaminación con agroquímicos lo cual justificó el levantamiento de la línea base por medio de revisión bibliográfica, observación directa y entrevistas personalizadas con dueños de los terrenos muestreados, a fin de recabar la información suficiente sobre las actividades humanas que contaminan de manera potencial el suelo de uso agrícola de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba.

3.2. Nivel de investigación

Fue de nivel descriptivo debido a que se dio a conocer el tipo de suelo y su debida caracterización misma que permitió conocer su calidad y como esta podría afectar a la población que vive en la zona de estudio.

3.3. Tipo de estudio

El presente trabajo de investigación fue un estudio no experimental, debido a que no hubo manipulación de alguna variable independiente para medir las causas y efectos de variables dependientes.

3.4. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.4.1. Metodología de las encuestas

La recopilación de información fue realizada mediante encuestas dirigidas a los habitantes de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba del cantón Quero, motivo por el cual se hizo un recorrido por varias comunidades de estas parroquias a fin de recolectar suficiente información relevante que sea representativa del cantón. Las encuestas fueron realizadas en la casa de las personas de esta manera se recopilieron 211 encuestas.

La encuesta se diseñó en base a un total de 15 preguntas, la gran mayoría de las preguntas eran cerradas solo una pregunta fue abierta. Se divide en dos secciones, la primera nos ayudó a recolectar información personal del encuestado (edad, género, ocupación y parroquia). La segunda sección nos permitió recolectar información acerca de nuestra de investigación, sobre todo con el uso de agroquímicos en los cultivos y afectaciones a la salud de los encuestados por el uso de este.



Ilustración 3-1: Llenado de encuesta por un morador del sector de Rumipamba

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.4.2. Análisis y organización de datos

El conjunto de respuestas obtenidas de la encuesta se identificó como un todo, sirviendo cada respuesta a un ítem específico de cada pregunta como unidad de análisis. Luego, se realizó una lectura rápida de todas las respuestas obtenidas para obtener un conocimiento general sobre los datos recopilados. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo sistemático que permitió clasificar cada respuesta a preguntas cerradas y considerar las principales tendencias que produjeron las preguntas semiabiertas para delimitar cada información obtenida.

Finalmente, los datos cuantitativos se organizaron y agruparon en frecuencias y porcentajes ejemplificados en gráficos de pasteles, lo que permitió una mejor síntesis para el análisis de la información recolectada con el fin de extraer conclusiones adecuadas a cada pregunta planteada.

3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.5.1. Revisión Ambiental Inicial

3.5.1.1. Identificación de los puntos de control ambiental

Basándonos en el concepto de principio de control, el cual supone que el daño ambiental puede evitarse controlando la duración, forma y velocidad de la emisión de contaminantes al medio ambiente (Spiegel & Maystre, 1998, p. 55). Para ello la identificación de los puntos de control ambiental se realizaron mediante la compilación y revisión de material bibliográfico, observación y reconocimiento de la zona de estudio (las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba) además de la interacción verbal con los habitantes de dichas parroquias.

3.5.1.2. Descripción del ambiente abiótico, biótico y socioeconómico

– Descripción del ambiente abiótico

Para la determinación de la calidad del recurso agua, suelo o aire se debe realizar una serie de análisis mismos que se compraron con la normativa nacional vigente. Las calidades de dichos recursos dependen de las distintas actividades que se llevan a cabo en la zona de estudio. Cuando los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles según la normativa nacional vigente hablamos de una buena calidad del recurso, en cambio, si los parámetros se encuentran fuera de estos límites, estaríamos hablando de una mala calidad.

– Descripción del ambiente biótico

Para determinar la flora y fauna que se ha desarrollado y adaptado dentro de la zona de estudio fue necesario hacer una recopilación de información bibliográfica de investigaciones y estudios realizados previamente sobre la diversidad biológica que existe en el cantón Quero. Entre los documentos revisados se encuentran “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santiago de Quero 2017” y “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santiago de Quero Actualización 2020”.

– *Descripción del medio socioeconómico*

Se realizó una compilación y análisis de datos secundarios obtenidos a través de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial con la finalidad de realizar una recopilación de los antecedentes demográficos, económicos y del medio social de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba.

3.5.1.3. Identificación de aspectos e impactos ambientales

Se utilizó una matriz para identificar los aspectos e impactos ambientales. En esta matriz hemos identificado interacciones existentes entre el medio ambiente y la actividad agrícola con el fin de conocer aspectos del medio ambiente y posibles impactos derivados de esta interacción. Esta se denomina “Matriz Causa-Efecto” y se utiliza para identificar las actividades, aspectos e impactos de cada sector previamente definido. Esta matriz es de gran ayuda para analizar, definir y estudiar los principales problemas ambientales y sus impactos, y se utiliza para identificar los factores que contribuyen a los problemas, ya sean positivos o negativos, y encontrar soluciones a los mismos (Culqui, 2015, p.145).

3.5.2. Matriz de Leopold

En el presente estudio se identificó y ponderó los impactos ambientales que se desarrollan en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba del cantón Quero, donde se realizó un diagnóstico en los cuales se determinaron las actividades y factores ambientales que se hallan correlacionados entre sí. Partiendo de los factores ambientales y acciones se disponen como entradas de la matriz para determinar un impacto significativo de la matriz de causa – efecto. Se permitió calificar de manera cualitativa y subjetiva cada uno de los cruces que se generan como interacciones entre los componentes ambientales ubicados en las filas y las acciones se sitúan en columnas de esta.

Por consiguiente, los impactos generados en el cantón se evaluarán de manera cuantitativa en una matriz de Leopold, se calculó la magnitud de cada uno de los impactos. Se considera las variables de intensidad, extensión y duración; así como también se toma en cuenta el valor de la reversibilidad y riesgo conforma a la ponderación de la tabla:

Tabla 3-1: Ponderación de los impactos ambientales

Variable	Símbolo	Carácter	Valor
Intensidad	I	Alto	3
		Moderado	2
		Bajo	1
Extensión	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
Duración	D	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódico	1
Reversibilidad	R	Irreversible	3
		Recuperable	2
		Reversible	1
Riesgo	Ri	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1

Fuente: Culqui, 2015, p.145

Realizado por: Buñay C., Chimbolema A. 2023

El grado total de afectación de cada una celda se evalúa dependiendo a su interacción sobre el componente ambiental, es decir, el criterio de severidad. Si en la matriz se muestran celdas vacías se infiere que no existe interacción entre los factores ambientales y las actividades desarrolladas en el cantón Quero. Conforme a los rangos de severidad se muestra en la parte derecha, el resultado total de la evaluación ambiental. Si la ponderación es baja o media se puede denominar un impacto no significativo, mientras que, si se allá dentro de un criterio severo o crítico se denomina un impacto significativo.

Tabla 3-2: Rangos de severidad

Criterio	Calificación
Compatible	9-19
Moderado	20-35
Severo	36-55
Crítico	>56

Fuente: Culqui, 2015, p.145

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.3. Muestreo del suelo

3.5.3.1. Localización de la zona de estudio

El cantón Quero se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua limitando al norte y oeste con los cantones Mocha y Cevallos, al sur limita con la provincia de Chimborazo y al este con el cantón Pelileo. Posee una superficie territorial de 173,81 km² lo cual representa el 5% de la provincia de Tungurahua. La altitud del cantón va desde los 2760 a 3380 msnm es por ello por lo que sus temperaturas sean en promedio de 10 a 12° C (GAD Quero, 2017 p. 35). Este cantón posee tres parroquias La Matriz, San Felipe de Rumipamba y Yanayacu, los cuales se destacan por su producción agrícola y ganadera mismos que se ven afectados debido a la contaminación generada por el uso de agroquímicos no comprometidos con el ambiente. Para el desarrollo de este estudio se ha optado por estudiar dos de las tres parroquias del cantón, siendo así las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba que se encuentran dentro de nuestra zona de estudio (GAD Quero, 2017 p. 35).

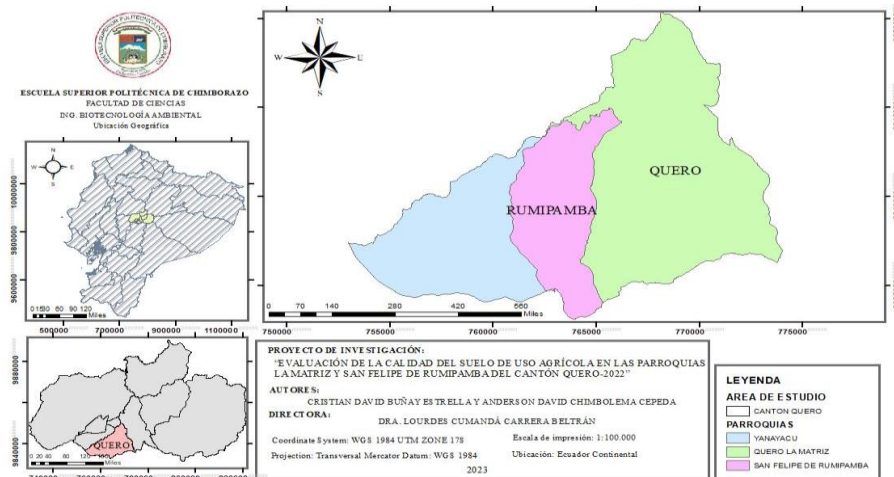


Ilustración 3-2: Ubicación geográfica de la zona de estudio

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.3.2. Método de muestreo

Como método de muestreo empleamos el probabilístico por conglomerados para el cual seleccionamos de forma aleatoria ciertas comunidades de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba, cantón Quero. A continuación, se escogieron sectores más pequeños para finalmente seleccionar terrenos como unidades de muestreo (Otzen & Manterola, 2017, pp. 229-231). Una vez establecidas las unidades de muestreo se realizó un muestreo sistemático en zig-zag, en

donde se consideraron distancias uniformes con puntos equidistantes de 50 metros que abarcaron todas las áreas de los terrenos seleccionados.



Ilustración 3-3: Recolección de muestras de suelo

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

Antes de realizar el muestreo se midieron algunos parámetros en campo con ayuda de un termohigrómetro, los parámetros en campo recolectados fueron la temperatura y humedad relativa del lugar de muestreo, dichos datos fueron registrados en una ficha de muestreo al igual que los puntos tomados de altitud y latitud obtenidos con ayuda de un GPS.



Ilustración 3-4: Medición in situ de la temperatura y humedad del suelo

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

El muestreo se realizó en el año 2022, donde se recogieron 45 muestras de suelo, fueron recolectadas con un barreno a una profundidad de 10 a 30 cm, cada muestra con un peso de 2 kg y compuesta por 10 submuestras, la profundidad de muestreo concuerda con la profundidad de la capa arable en la cual se colocan fertilizantes y enmiendas o se agregan los residuos de cosecha, además, en dicha profundidad es donde suceden con mayor frecuencia los cambios en las características químicas del suelo (INS/SFA/10, p.8). Finalmente, las muestras recolectadas fueron

almacenadas en fundas ziploc y fueron etiquetadas con un marcador permanente con su respectivo código.

3.5.3.3. Preparación de las muestras de suelo

Las muestras recolectadas se trasladaron a los laboratorios del GAIBAQ, se colocaron en bandejas de aluminio y se dejaron secar a temperatura ambiente por 48 horas hasta obtener un porcentaje de humedad constante, luego de ello fueron desagregadas, homogenizadas, molidas y pasadas por un tamiz de 2 mm de diámetro para su posterior almacenamiento y análisis.



Ilustración 3-5: Secado de las muestras de suelo

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4. Determinación de parámetros físicos y químicos de las muestras de suelo

3.5.4.1. Determinación de pH

Previo a la determinación de pH se procedió a calibrar el pH-metro utilizando soluciones tampón de 7, 4 y 10. Se pesó 4 g de suelo con una precisión de 0,0001 g en tubos para centrífuga, agregando 40 ml de agua destilada, con ayuda de un agitador magnético se agitaron las muestras por 2 horas, luego se retiró del agitador y se centrifugó por 10 minutos a 1000 RPM, posterior a ello se filtró la muestra en tubos falcon, para luego medir el pH directamente en el líquido sobrenadante. Finalmente, se anotaron los resultados obtenidos.

3.5.4.2. Determinación de conductividad eléctrica

Se pesó 4 g de suelo con una precisión de 0,0001 g en tubos para centrífuga, agregando 40 ml de agua destilada, con ayuda de un agitador magnético se agitaron las muestras por 2 horas, luego se retiró del agitador y se centrifugó por 10 minutos a 1000 RPM, posterior a ello se filtraron las

muestras en tubos para falcon y se midió la conductividad eléctrica directamente en el líquido sobrenadante. Finalmente, se anotaron los resultados fijándonos en las unidades obtenidas.

3.5.4.3. *Determinación de densidad aparente*

Para la determinación de densidad aparente se utilizó una probeta de 25 ml. Primero, pesamos la probeta vacía y enceramos la balanza. En la misma probeta utilizada (encerada) se puso la muestra de suelo (previamente molida y tamizada) dentro de la probeta, hasta llegar a un volumen de 25 ml, se procuró que la muestra de suelo colocada no presente espacios de aire notorios, o grandes, y que la probeta se vaya llenado de manera uniforme sin ejercer presión sobre la muestra de suelo, de tal manera que no se comprima el suelo. Una vez colocado el suelo en la probeta, se volvió a pesar la probeta (previamente encerada), a fin de obtener la masa de suelo contenida en la probeta.

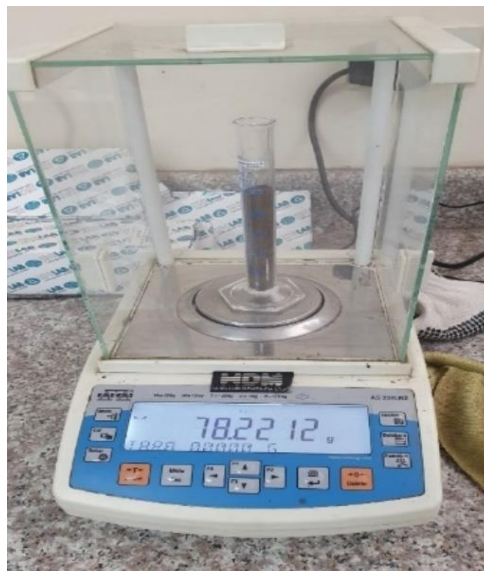


Ilustración 3-6: Determinación de densidad aparente

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4.4. *Determinación de densidad real*

Con ayuda de una balanza analítica se pesó un balón aforado vacío, mismo que se encontraba limpio, seco y con peso constante. Registramos el peso del balón vacío (peso 1). Posteriormente con ayuda de un embudo y con mucho cuidado añadimos dentro del balón de aforo, 10 g de suelo (secado a temperatura ambiente), registramos el peso de la muestra (Peso 2). Nuestro peso 3 fue la suma del peso 1 y 2 (balón + muestra).

En el balón con la muestra se añadió 25 ml de agua destilada procurando lavar residuos de suelo de las paredes del balón, seguidamente se agitó por 5 minutos para eliminar el aire retenido por la muestra. Luego se aforó el balón a 50 ml con agua destilada asegurándonos que no se formen burbujas y dejamos reposar por 30 minutos, luego de transcurrido ese tiempo pesamos el balón + muestra + agua, registramos el peso (Peso 4). Finalmente, se lavó el balón y se llenó con agua, aforamos y registramos el peso (Peso 5). Los resultados fueron introducidos en una hoja de cálculo para la obtención de la densidad real.



Ilustración 3-7: Determinación de densidad real

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A. 2023.

3.5.4.5. *Determinación de textura*

Para la determinación de la textura se usó el método de Bouyoucos. Primero se pesó 100 g de suelo y se colocó en un vaso de precipitación de 500 ml, se añadió 5 ml de solución dispersante sobre toda la muestra de suelo, seguidamente se añadió agua destilada y con ayuda de una varilla de agitación, agitamos la muestra durante 5 minutos para luego tapar la muestra y se deja en reposo por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo se traspasa la muestra a una probeta de 1000 ml y con ayuda de una piseta nos aseguramos de que no se queden restos de la muestra en el vaso de precipitación.

Luego se colocó el densímetro en la probeta y llevamos a 1000 ml con agua destilada. Retiramos el equipo y agitamos la probeta con el fin de que la muestra de suelo no quede asentada en la base de la probeta. Volvemos a colocar el densímetro y termómetro, luego de 40 segundos se anotan los datos obtenidos. Finalmente, se dejó reposar las muestras por dos horas y se volvió a medir la densidad y temperatura.

Para determinar la textura del suelo se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Arena} = 100 - \left(\frac{\text{Primera Lectura Corregida del Densímetro}}{\text{gramos de Muestra}} \right) * 100$$

$$\% \text{ Arcilla} = 100 - \left(\frac{\text{Segunda Lectura Corregida del Densímetro}}{\text{gramos de Muestra}} \right) * 100$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ de Arcilla})$$



Ilustración 3-8: Determinación de textura del suelo

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4.6. Determinación de materia orgánica

Primero se procedió a codificar los crisoles en la base con un lápiz, luego se tararon los crisoles a 105 °C durante dos horas con el objetivo de eliminar toda la humedad, los pasamos al desecador por 30 minutos hasta que alcancen una temperatura ambiente, pesamos los crisoles vacíos y anotamos su peso. Luego se añade 3,0000 g de muestra de suelo, anotamos su peso y colocamos los crisoles con las muestras en una mufla durante 24 horas a 430 °C (la mufla se programó por rampas de temperatura de manera que la temperatura subía y bajaba de manera gradual). Transcurridas las 24 horas colocamos los crisoles con las muestras en el desecador por 30 minutos. Finalmente, pesamos el crisol con la muestra calcinada y se anotan los datos obtenidos. Para calcular %MO aplicamos la siguiente fórmula:

$$\%MO = \frac{(\text{peso crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso crisol} + \text{muestra calcinada})}{(\text{peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol vacío})} \cdot 100$$



Ilustración 3-9: Determinación de materia orgánica

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4.7. *Determinación de carbono oxidable*

– *Preparación de reactivos*

Solución 1 N de Dicromato de Potasio: Se disolvió en agua destilada 49,04 g de dicromato de potasio y se aforó en un matraz volumétrico a 1000 ml.

Solución 0,5 N de Sulfato Ferroso: se pesó 139 g sulfato ferroso heptahidratado, se agregó 800 ml de agua destilada y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, aforamos a 1000 ml.

– *Procedimiento*

Para la determinación de carbono oxidable se pesó 0,1 g de suelo en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Con la ayuda de una pipeta y dentro de una campana extractora, se adicionó 5 ml de la solución de dicromato de potasio 1N. Luego se adicionó lentamente con una pipeta volumétrica de 10 ml de ácido sulfúrico concentrado, se procuró que el ácido se esparza por toda la muestra de suelo, evitando que la muestra se adhiera a las paredes del matraz. Luego se deja reposar por 30 minutos, una vez que el tiempo transcurrió se añadió 50 ml de agua destilada y 5 ml de ácido fosfórico al 85%.

Antes de la titulación se añadió 5 gotas de Difenilamina en el Erlenmeyer (la solución cambió de color de amarillo a negro). Luego de ello se realizó la titulación gota a gota desde una bureta con la solución de Sulfato Ferroso 0,5 N agitando constantemente. Al inicio de la valoración se tuvo una mezcla de color pardo oscuro que varió por distintas tonalidades de azul durante la valoración hasta el punto final cambiando a color verde esmeralda. Ya hecho el cambio de color

se anotó el volumen de sulfato ferroso utilizado en la valoración y procedimos a realizar los cálculos correspondientes.



Ilustración 3-10: Determinación de carbono oxidable

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4.8. *Determinación de nitrógeno total*

Primero encendimos el reactor DRB200 y lo calentamos a 105° C. Mediante un embudo, añadimos el contenido de un sobre de reactivo de persulfato de nitrógeno total en polvo a dos tubos de reactivo de digestión de hidróxido de nitrógeno total RA. Limpiamos bien el reactivo que haya podido quedar en la tapa o en la tosca del tubo. Luego se añadió 0,5 ml de muestra a un tubo (muestra preparada). Añadimos 0,5 ml de agua destilada a otro tubo (el blanco de reactivo). Tapamos ambos tubos y agitamos vigorosamente durante al menos 30 segundos para mezclar. Luego colocamos los tubos en el reactor y calentamos durante exactamente 30 minutos. Con ayuda de dediles, sacamos inmediatamente los tubos calientes del reactor y enfriamos los tubos a temperatura ambiente.

Seleccionamos el test “394 N total RA TNT” y colocamos el protector de luz en el compartimento número 2 de la cubeta. Luego destapamos los tubos digeridos y se añadió el contenido de un sobre A de reactivo de nitrógeno total (TN) en polvo a cada tubo. Tapamos los tubos y agitamos durante 15 segundos. Seleccionamos en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsamos OK. Después de eso comienza un periodo de reacción de 3 minutos. Cuando sonó el temporizador, se destaparon los tubos y se añadió un sobre B de reactivo TN en polvo a cada tubo.

Luego tapamos los tubos y agitamos durante 15 segundos, se pudo observar que la solución adoptó un color amarillo. Después, seleccionamos en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsamos OK. comienza un periodo de reacción de 2 minutos. Después de que sonó el temporizador, destapamos dos tubos C de reactivo TN y añadimos 2ml de muestra digerida y

tratada a un tubo. Añadimos 2 ml de Blanco de reactivo digerido y tratado al otro tubo C de reactivo TN.

Tapamos los tubos e invertimos diez veces para mezclar. Aplicamos inversiones lentas y cuidadosas para conseguir una completa recuperación. Seleccionamos en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsamos OK. Al instante inició un periodo de reacción de 5 minutos y el color amarillo se intensificará. Limpiamos bien el exterior del blanco de reactivo y lo colocamos en el soporte portacubetas circular de 16 mm. Seleccionamos en la pantalla “cero” al instante la pantalla indicó: 0 mg/L N. Finalmente, se volvió a limpiar bien el exterior del tubo de reactivo y se colocó en el soporte portacubetas circular de 16 mm. Seleccionamos en la pantalla “medición”, los resultados se expresaron en mg/L N.



Ilustración 3-11: Determinación de nitrógeno

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4.9. Determinación de fósforo

– Preparación de reactivos

Solución A: Disolvimos 60 g de Molibdato de Amonio en 200 ml de agua, luego se añadió 1,455 g de tartrato de Antimonio y Potasio, se añade 700 ml de ácido sulfúrico. Finalmente, aforamos a 1 litro.

Solución B: se disolvió 132 g de ácido ascórbico en agua destilada y le aforó a 1 litro.

Solución de trabajo: se tomó 35 ml de la solución A y se agregó 800 ml de agua destilada, luego de mezclar bien se añadió 10 ml de la solución B y se aforó a 1 litro.

– *Procedimientos*

Tomamos 5 ml de las muestras digestadas (apartado 3.5.5.) y con ayuda de hidróxido de sodio se van a llevar a un pH de entre 3 a 3,5. Cuando el pH se haya estabilizado aforamos a 50 ml. Antes de realizar la medición se preparan los estándares de fósforo para la curva de calibración. Una vez que aforamos y preparamos los reactivos, se tomó 5 ml de la solución previamente aforada y 5 ml de cada estándar para luego añadir 5 ml de la solución de color para fósforo. Se esperó 15 minutos para que se dé la reacción de color.

Tabla 3-3: Concentraciones y volúmenes de estándares para analizar fósforo en suelo

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
STOCK	1000	0.25	25	100
1	25	0.2	0.1	50
2	25	0.8	0.4	50
3	25	1.6	0.8	50
4	25	3	1.5	50
5	25	4	2	50

Fuente: Laboratorio GAIBAQ, 2023.

Para la medición en el equipo, se preparó el espectrofotómetro a 880 nm con la finalidad de leer los estándares y muestras. Finalmente, una vez ya preparado y calibrado el equipo se leyeron las muestras.



Ilustración 3-12: Determinación de fósforo usando un espectrofotómetro UV-Visible

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4.10. Determinación de cloruros

– Preparación de reactivos

Para preparar un litro de AgNO_3 0,01 N, se pesó 1,6987 g, se recomienda leer la etiqueta de reactivo que se disponga para conocer la pureza de este (ya que puede cambiar dependiendo del fabricante).

Para preparar un 100 ml de K_2CrO_4 al 5% se pesó 5 g, se recomienda leer la etiqueta de reactivo que se disponga para conocer la pureza de este (ya que puede cambiar dependiendo del fabricante).

– Procedimiento

Primero se prepararon extractos de las muestras de suelo en proporción 1:20 en tubos para centrifuga, llevamos al agitador mecánico durante 2 horas se retiró y centrifugó por 4 minutos a 1000 RPM, luego se filtró por gravedad. Se usó una micropipeta para extraer 2 ml de extracto y aforamos a 50 ml, se tomó 25 ml de la nueva solución y se trasvasó en un matraz Erlenmeyer, seguidamente se añadió 5 gotas del indicador de K_2CrO_4 al 5%. Se tituló con la solución de AgNO_3 0,01 N hasta la formación de un color ladrillo, finalmente medimos el volumen de AgNO_3 consumido y anotamos los resultados.

Para el cálculo de las concentraciones de cloruros se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Cl}^- = \frac{(A - B) \cdot N \cdot 34,45}{\text{mL muestra}} \cdot 1000$$

Donde:

A= mL valoración para la muestra

B= mL valoración para el blanco

N= normalidad de AgNO_3



Ilustración 3-13: Determinación de cloruros

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4.11. Determinación de nitratos

Se pesó 4 g de suelo con una precisión de 0,0001 g en tubos para centrífuga, agregando 40 ml de agua destilada, con ayuda de un agitador magnético se agitaron las muestras por 2 horas, luego se retiró del agitador y se centrifugó por 5 minutos a 1000 RPM, posterior a ello se filtró la muestra usando filtros de 0,45 μm de porosidad y se almacenaron en recipientes plásticos para su posterior lectura usando el espectrofotómetro HACH.

Una vez que se preparó la muestra, en el espectrofotómetro HACH, elegimos el método para nitratos en el menú de equipos. Enceramos el equipo tomando la celda y colocamos en el compartimiento del espectrofotómetro, tapamos para que no exista interferencia de la luz externa y presionamos “cero”.

Luego se colocó el polvo Nitra-ver Hach sobre los 10 ml de la muestra acuosa, después se agitó hasta que se disuelva todo el reactivo y hasta que se complete toda la reacción. Una vez transcurrido el tiempo, tomamos la celda y se colocó en el compartimiento del espectrómetro, tapar para que no exista interferencia de la luz externa y presionar “MEDIR”. El valor que aparece en pantalla fue anotado para la realización de los cálculos pertinentes ya que las unidades fueron transformadas por tratarse de un sólido.



Ilustración 3-14: Determinación de nitratos

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.4.12. Determinación de sulfatos

Se pesó 4 g de suelo con una precisión de 0,0001 g en tubos para centrífuga, agregando 40 ml de agua destilada, con ayuda de un agitador magnético se agitaron las muestras por 2 horas, luego se retiró del agitador y se centrifugó por 5 minutos a 1000 RPM, posterior a ello se filtró la muestra usando filtros de 0,45 μ m de porosidad y se almacenaron en recipientes plásticos para su posterior lectura usando el espectrofotómetro HACH.

Una vez que se preparó la muestra, en el espectrofotómetro HACH, elegimos el método para sulfatos en el menú de equipos. Enceramos el equipo tomando la celda y colocamos en el compartimiento del espectrofotómetro, tapamos para que no exista interferencia de la luz externa y presionamos “cero”.

Luego se colocó el polvo Sulfaver Hach sobre los 10 ml de la muestra acuosa, después se agitó hasta que se disuelva todo el reactivo y hasta que se complete toda la reacción. Una vez transcurrido el tiempo, tomamos la celda y se colocó en el compartimiento del espectrómetro, tapar para que no exista interferencia de la luz externa y presionar “MEDIR”. El valor que aparece en pantalla fue anotado para la realización de los cálculos pertinentes ya que las unidades deberán ser transformadas por tratarse de un sólido.



Ilustración 3-15: Determinación de sulfatos

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.5. Digestión ácida de las muestras de suelo

Antes de la determinación de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados, las muestras de suelo fueron sometidas a una digestión ácida a fin de conseguir un extracto del mismo que nos facilite los respectivos análisis ya mencionados. Dichas digestiones fueron realizadas tomando en cuenta como método de referencia el EPA 3050 B.

Primero pesamos 2 g de muestra de suelo y registramos el peso para cálculos posteriores, luego se colocó la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml, seguidamente se añadió 5 ml de ácido nítrico y 3 ml de agua destilada. Luego se calentó la muestra a $95^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ manteniendo en reflujo con ayuda de un vidrio reloj durante 2 horas sin hervir. Una vez transcurrido el tiempo se espera a que las muestras se enfríen a temperatura ambiente y se añadió 3 ml de H_2O_2 al 30% para nuevamente calentar las muestras a $95^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ manteniendo en reflujo con ayuda de un vidrio reloj durante 2 horas más.

Posteriormente se dejó que la muestra se enfríe a temperatura ambiente y se filtraron con papel filtro normal. Finalmente, el extracto resultante de la filtración se aforó a 50 ml y se trasvasó en envases plásticos sellando y acondicionando las muestras dependiendo del analito que se quiera determinar, para que la lectura y calibración se vayan desarrollando sin ningún inconveniente.



Ilustración 3-16: Digestión ácida de las muestras de suelo

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

3.5.6. Determinación de macronutrientes, micronutrientes asimilables del suelo y metales pesados por absorción atómica

Previo al análisis se tuvo que preparar las muestras de suelo haciendo digestiones ácidas (apartado 3.5.5.) que luego fueron almacenadas hasta el momento de realizar los análisis correspondientes y previo a ello se realizaron distintas curvas de calibración dependiendo de los elementos a analizar.

Después de haber preparado los estándares y de hacer las curvas de calibración para los diferentes análisis tanto de metales pesados como de macro y micronutrientes, se llevaron los extractos de la digestión ácida de las muestras de suelo al laboratorio de Química Instrumental. El método por el cual se analizaron las muestras es por espectroscopia de absorción atómica con atomización de llama, al finalizar cada análisis los resultados fueron guardados y luego pasados a hojas de cálculo de Excel para los cálculos correspondientes. Los macronutrientes analizados fueron Ca y K, para micronutrientes se analizaron Mn y Zn. Para metales pesados se analizaron Cd, Pb, Hg, Se, As y Ni.

3.5.6.1. Procesamiento de resultados de mg/l a mg/kg

Luego de que se hayan hecho las lecturas correspondientes en el equipo, se procedió a realizar el cambio de unidades ya que estamos trabajando con un sólido (suelo), para ello se usó la siguiente fórmula:

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1 l}{1000 ml})}{P_m * \frac{1 kg}{1000 g}}$$

Donde:

C: Concentración a obtener del analito en mg/kg

C_{Equipo}: Concentración del analito obtenido en el equipo en mg/l

FD: Factor de dilución

V_m: Volumen de la muestra en mililitros

P_m: Peso de la muestra en gramos

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Revisión Ambiental Inicial

4.1.1. Identificación de los puntos de control ambiental

En la provincia de Tungurahua, cantón Quero se han tomado en cuenta 2 parroquias específicas denominados áreas de influencia directa. Las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba que comprenden más del 50% del área total del cantón. En el presente estudio, fue tomada geográficamente buscando los puntos equidistantes entre comunidades, ayudados por un GPS de precisión.

La parroquia Quero La Matriz cuenta con puntos de control en las comunidades: San José de Sabañag, La Calera, Santa Anita, Hualcanga Chico, El Empalme, Shaushi, Puñachizac y Yayulihú Centro. Dentro de las comunidades de la parroquia San Felipe de Rumipamba se cuenta: Yayulihú Alto, Rumipamba, Cruz de Mayo Chócalo Centro, San Vicente de Rumipamba, Chócalo El Mirador y Pilco. La ubicación de los puntos de control ambiental se proyectó con ayuda de los programas Arc GIS y Google Earth Pro, como se muestra a continuación:

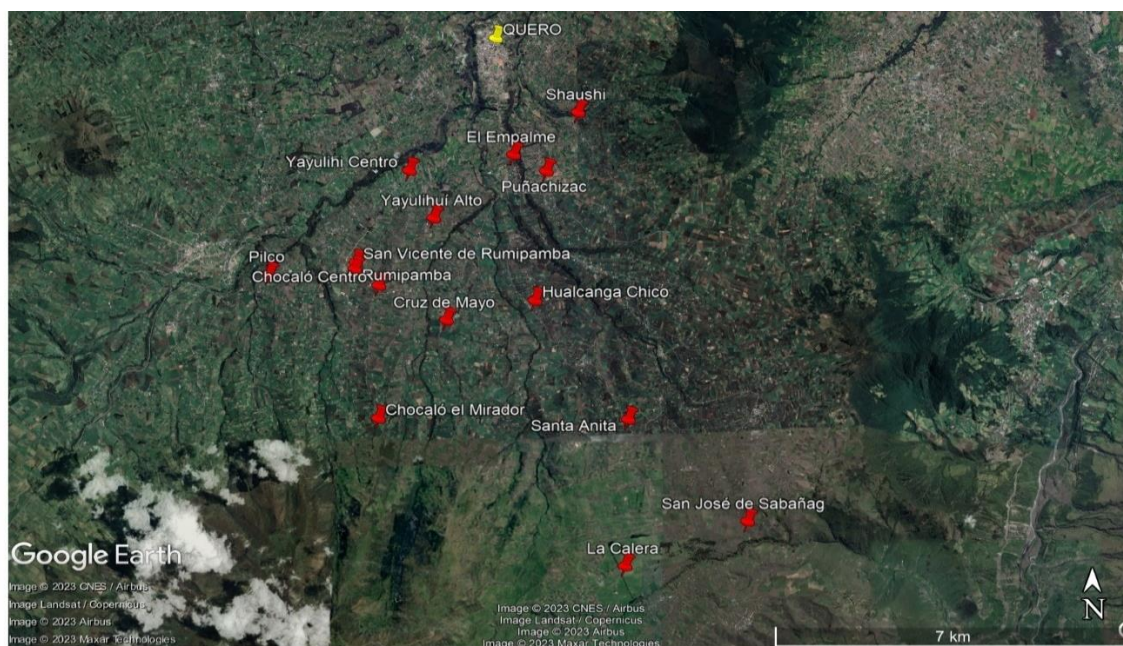


Ilustración 4-1: Ubicación de los puntos de control en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba, cantón Quero.

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

4.1.2. Descripción del ambiente abiótico

4.1.2.1. Agua

La degradación y deterioro de las cuencas hidrográficas es uno de los principales problemas ambientales que afronta el cantón Quero. En épocas de estiaje, la disminución de los caudales de agua son una consecuencia directamente visible debido a la destrucción de los ecosistemas páramo que se viene evidenciando en los últimos años. Provocando así que la oferta de agua disminuya considerablemente (GAD Quero, 2017, pp. 77-86; Morales y Erazo, 2020, p. 55).

Debido a su geomorfología no se puede encontrar contaminación por aguas infiltradas, sin embargo, se evidencia afectación del recurso por el uso no adecuado de productos fitosanitarios, aplicación excesiva de fertilizantes, desperdicios municipales e industriales, residuos de la agricultura, la crianza de animales y otros desperdicios sólidos urbanos, generando así, un escenario no favorable para la salud de la población y una influencia negativa en los recursos hidrológicos del cantón Quero (GAD Quero, 2017, pp. 89-90).

El cantón cuenta con 12 plantas de tratamiento de aguas residuales las cuales se encuentran en buenas condiciones de infraestructura, sin embargo, su funcionamiento no es óptimo debido a que ninguna de las plantas cumple con el límite permisible establecido en la legislación ambiental para los parámetros: aceites y grasas y coliformes fecales. La PTAR Shaushi no cumplen con el límite permisible establecido para el parámetro DQO. De igual manera, la PTAR Hualcanga Santa Anita no cumple con los límites permisibles establecidos para los parámetros: pH, sólidos totales, sólidos suspendidos, DQO y DBO5 (GAD Quero, 2017, pp. 58-60).

4.1.2.2. Suelo

Dentro del cantón Quero, la variable suelo se analizó en base a la información generada por el MAGAP, con base al Sistema Soil Taxonomy (USDA) a nivel de subgrupo y fase climática. Se presenta nomenclatura de clasificación de suelos definida por el MAGAP, como entidad normativa de levantamientos de suelos a nivel nacional.

Tabla 4-1: Matriz para descripción de suelos

Textura de los suelos	Descripción	Descripción Ha	%
Arenas	Disgregaciones de la cangagua a 30, 40 o 70cm de profundidad, son arena media a gruesa. Textura arenosa con presencia de rocas, menos del 50%, suelo arenoso, con estratos de granulometría, irregular, arena media o gruesa. Generalmente con una capa de agua a menos de 2 m. de profundidad suelo completamente erosionado por el viento, con afloramiento de una capa de piedra pómez gruesa, muy poco meteorizada, en algunos lugares suelo de ceniza volcánica, arenoso, profundo, con arena media a gruesa más de 0,5 mm. y menos de 2 mm. Menos de 1% de materia orgánica, son suelos de color negro profundo (de más de 1m), arena fina a media con presencia de limo, pH en agua cerca de 6, en KCl cerca de 5, Textura arenosa con presencia de roca suelos arenosos derivados de materiales piroclásticos, poco meteorizados, con baja retención de humedad. Muy negros en régimen frígido y mésico; negros en régimen térmico. Los rasgos de taxonomía varían entre: USTIPSAMMENTS, ISOTHERMIC, UMBRIC, USTIPSAMMENTUSTIPSAMMENT (rocas), VITRANDEPT, USTIFLUVENT, isomesic entre otros.	3397	20
Franco Arenoso	Suelos muy negros, profundos, arenosos, derivados de materiales piroclásticos, con menos de 30% de arcilla en el primer metro. Estos suelos tienen una taxonomía HAPLUDOLLS, se localizan en la sierra alta (páramo).	6320	36
Franco	Suelos derivados de materiales piroclásticos, alofónico, franco arenoso, gran capacidad de retención de agua; saturación de bases <50%; densidad aparente <0,85 g/cc. La taxonomía de estos suelos es DYSTRANDEPTS y/o CRYANDEPTS.	3120	18
Franco Arcilloso	Con un 20 a 45% de limo, y entre 15 y 25% de arcilla. Esta textura ya tiene bastante arcilla que la hace bastante coherente. Se pueden hacer todas las figuras, pero se rompen a presión moderada. Se adhiere usualmente a los dedos y es muy común en los suelos más desarrollados.	575	3
Nieve Hielo	Rocas y nieve, sin presencia de suelo.	3835	22
Poblaciones	Asentamientos humanos dispersos.	120	0,7
Cuerpos de Agua	Lugares que presentan acumulaciones de agua.	14	0,1
Total		17380	100

Fuente: GAD Quero, 2017, p. 33

La clasificación de acuerdo con la Soil Taxonomy y que se recoge en el proyecto de generación de información básica y temática para Planes de Desarrollo Provinciales, indica que el principal orden de suelo predominante son los Inceptisoles. Las cenizas volcánicas constituyen el material de origen predominante dentro del cantón. Considerando su edad, textura y permeabilidad encontramos los siguientes tipos: suelos derivados de ceniza volcánica antigua, dura y cementada (cangahua), suelos arenosos derivados de ceniza reciente, gruesa y permeable, suelos derivados de ceniza volcánica reciente, fina y permeable y suelos de material orgánico sobre ceniza volcánica fina y reciente. (GAD Quero, 2017, p. 37).

La variable del uso y cobertura vegetal cumple un rol muy importante porque nos permite determinar el uso, donde se puede tomar decisiones que permitan el ordenamiento en base a cada una de la aptitud de la zona de manera sostenible y sustentable. Dentro del mismo, se ha podido visualizar cobertura del suelo con biomasa de diferentes características, por ejemplo: pastizales, cultivos agrícolas, cultivos mixtos y paramos (GAD Quero, 2017, p. 36).

Se ha evidenciado procesos antrópicos en zonas de gran importancia, lo que ha ido generando en mayor o menor grado la degradación de los suelos, actividades como: el alto uso de agroquímicos, labranza total y movimiento mecánico del suelo, sin contar cada uno de ellos sin buenas prácticas agrícolas (GAD Quero, 2017, p. 36).

Según el PDyOT cantón Quero (2017) sugiere que: “Se evidencia que alrededor del 25% del suelo está afectado por algún proceso de degradación, por tal razón se está perdiendo su biodiversidad compuesta por su flora y de la fauna nativa. El avance de la erosión está provocando que varias zonas del cantón se estén desertificando y con ello se provoque la carencia de oportunidades en la generación de recursos económicos.”

Dentro del PDyOT cantón Quero (2017) al analizar los datos, se desea conocer la calidad del suelo del 16% del suelo agrícola del total, asimismo dichos suelos tienen una cobertura vegetal 70% frutales / 30% cultivos de ciclo corto (13%) y cultivos de ciclo corto (87%) con un área total 2804,68 ha. Por lo tanto, se puede decir que los suelos son de manera neutros, con una mayoría de francos arenosos a francos (en la parte superior), ricos en materia orgánica y con una profunda capa arable.

4.1.2.3. Aire

La calidad del aire por el momento no se encuentra amenazada ya que dentro del perímetro urbano de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba aún no se evidencia la polución que normalmente causa el parque automotor. Además, no existen actividades de carácter industrial que perjudiquen la calidad del aire. Esto es una gran ventaja para los habitantes del cantón (GAD Quero, 2017, p. 92).

4.1.3. Descripción del ambiente biótico

4.1.3.1. Flora

La flora del cantón Quero se encuentra amenazada por factores endógenos como la intolerancia a cambios ambientales y por factores extrínsecos relacionados con la invasión de las fronteras agrícolas, lo que lleva a la reducción del ecosistema páramo. Estos factores han llevado a la pérdida o disminución de especies de plantas nativas y se puede evidenciar el cambio actual de los paisajes del cantón (GAD Quero, 2017, pp. 74-75).

Tabla 4-2: Flora representativa del cantón Quero

Tipo	Nombre común	Nombre científico
Forestal	Pumamaqui	<i>Oreopanax sp. FMBL</i>
	Quishuar	<i>Buddkeja incana Ruiz Pav</i>
	Yagual	<i>Polylepis sp. Van Lanata</i>
Arbustivas	Achupalla	<i>Puya lanata Belongs</i>
	Almohadilla	<i>Azorella trifulca</i>
	Pajilla	<i>Agrostiss.p</i>
	Paja	<i>Festucas.p</i>
	Orejuelo	<i>Lachemillaorbiculatarydb</i>
	Líquenes	<i>Leptodontium</i>
	Estrella	<i>Plantagorigida</i>

Fuente: GAD Quero, 2017, pp. 74-75

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

4.1.3.2. Fauna

La gran diversidad de relieves que presenta el cantón Quero ha permitido que este desarrolle la formación de pisos altitudinales que se encuentran influenciados por diversos factores físicos como la presión atmosférica, precipitación y temperatura. Dichos factores permiten el desarrollo de vegetación silvestre donde conviven muchas especies de animales. Actualmente en el cantón la presencia de vegetación silvestre se ha visto mermada provocando así que la vida se vuelva insostenible, repercutiendo así, en la disminución de la fauna nativa o incluso hasta su desaparición (GAD Quero, 2017, pp. 76-77).

Tabla 4-3: Fauna nativa del cantón Quero

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común
Mamíferos	Canidae	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Lobo de páramo
	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo silvestre
	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Chucuri
	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Raposa común
Aves	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Gligle o veranero
	Falconidae	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	Curiquingue
	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Guarro
	Cardinalidae	<i>Pheuticus auriventris</i>	Huiracchuro
	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión
	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Perdiz
	Columbidae	<i>Columba fasciata</i>	Paloma collarota
	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola orejuda
	Hirundinidae	<i>Notiochelidon murina</i>	Golondrina
	Trochilidae	<i>Oreotrochilus estella</i>	Colibrí
Pez	Astroblepidae	<i>Astroblepus cyclopus</i>	Preñadilla
Anfibio	Craugastoridae	<i>Eleutherodactylus curtipes</i>	Sapo de páramo
Reptil	Tropiduridae	<i>Microlophus peruvianus</i>	Lagartija

Fuente: GAD Quero, 2017, pp. 76-77

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

4.1.4. Determinación del medio socioeconómico

De la información del Sistema Nacional de Información INEC, en el censo de población y vivienda del 2010, se indica que el cantón Santiago de Quero cuenta con población de 19.205 habitantes distribuidas en sus tres parroquias, dentro de las parroquias de este, se encuentra Quero La Matriz con 15.254 habitantes, Rumipamba cuenta con 2.973 habitantes y Yanayacu con 1.978

habitantes. De acuerdo con la proyección al año 2015 se cuenta con 20.304 habitantes, mediante el método estadístico geométrico donde se obtuvo una tasa de crecimiento del 1,12%. Según la dinámica de población se estimó que la población para el 2020 fue de 21.467 (GAD Quero, 2017, pp. 108-111).

Dentro del PDyOT cantón Quero (2017) sostiene que: en base a la proyección poblacional del 2010 se cuenta con una tasa del 13,9% de población urbana y un 86,1% rural. Mientras que en la proyección realizada al año 2015 se cuenta con un 25,69% de población urbana y un 74,31% rural. Dentro del sistema de educación, en el cantón Quero se identifica que existe una gran cantidad de alumnos dentro del nivel de educación básica, pero disminuye significativamente en el nivel de bachillerato, dentro del nivel de educación básica se identifica 3432 alumnos, donde un 89,33% de asistencia del total de habitantes por grupo de edad en el rango de 5-14 años; en el nivel de educación bachillerato existe tan solo un 51,87% de asistencia, es decir 595 alumnos de 1147 habitantes en el grupo de edad entre 15-17 años.

Por lo tanto, se puede decir que el analfabetismo afecta al 9,91%, con predominancia en la población femenina con 12,07%, mientras que con el 7,94% en la población masculina, valores mayores en un 2,44% con relación a la provincia de Tungurahua (GAD Quero, 2017, pp. 123-131). Dentro del ámbito de la salud, se cuenta con tres unidades operativas adscritas al Ministerio de Salud y tres unidades de atención del seguro campesino ubicadas en Huancalga Santa Anita, La Matriz Quero, parroquia Yanayacu, Jaloa La Playa, Llimpe Grande y Puñachizag. Dentro de la niñez, se presenta una tasa de desnutrición de 4,29% (GAD Quero, 2017, pp. 139-145).

Las 5 principales causas de mortalidad en el cantón se pueden denotar las siguientes: hipertensión arterial (20,83%), insuficiencia cardiaca (12,50%) y cáncer al estómago (8,33%) que representan a la tasa de mortalidad con un porcentaje del 0,14% de la población total. Mientras tanto se presenta una tasa de natalidad del 4,33% (GAD Quero, 2017, pp. 139-145).

4.1.5. Identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales

Tabla 4-4: Matriz de identificación de actividades, aspectos e impactos ambientales

ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES DEL CANTÓN QUERO, PARROQUIA LA MATRIZ Y SAN FELIPE DE RUMIPAMBA			
Zona	Actividad	Aspecto	Impactos
Agrícola	Uso de agroquímicos		Contaminación del suelo
			Contaminación del agua

		Presencia de metales pesados	Acidificación del suelo
			Disminución de la adsorción específica de otros cationes
			Desequilibrio en la composición de materia orgánica
			Baja acumulación de nutrientes en el suelo
			Reducción de la diversidad microbiana
			Aumento de microorganismos resistentes a metales pesados
			Perdida de microfauna del suelo
			Deficiencia de macronutrientes para cultivos
			Reducción en el crecimiento de cultivos
			Disminución de acción fotosintética en los cultivos
			Reducción de la producción de cultivos
Socioeconómica	Uso de agroquímicos	Presencia de metales pesados	Limitación de la comunicación vial
			Rendimiento para la comercialización
			Falta de información sobre agroquímicos
Social	Uso de agroquímicos	Alteración de la salud humana	Enfermedades
		Alteración de la calidad de vida	Pobreza

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

4.2. Análisis de encuestas

4.2.1. Sección 1: Datos personales

– Edad

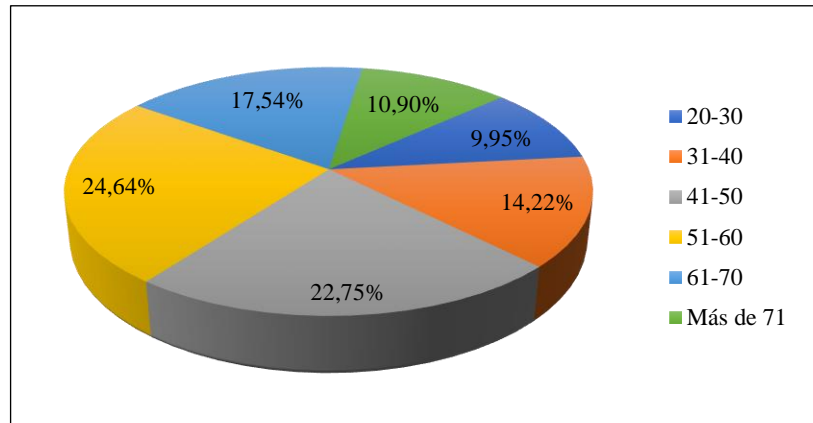


Ilustración 4-2: Edad de los pobladores encuestados

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

Las encuestas indican que la mayor parte de la población encuestada tiene de 41 a 60 años, le sigue el rango de 61-70 años con 17,54%, el 14,22% tiene de 31 a 40 años, con el 10,90% lo conforman los rangos de edad de más de 71 años. Finalmente, el 9,95% lo comprenden la población de 20 a 30 años.

– Género

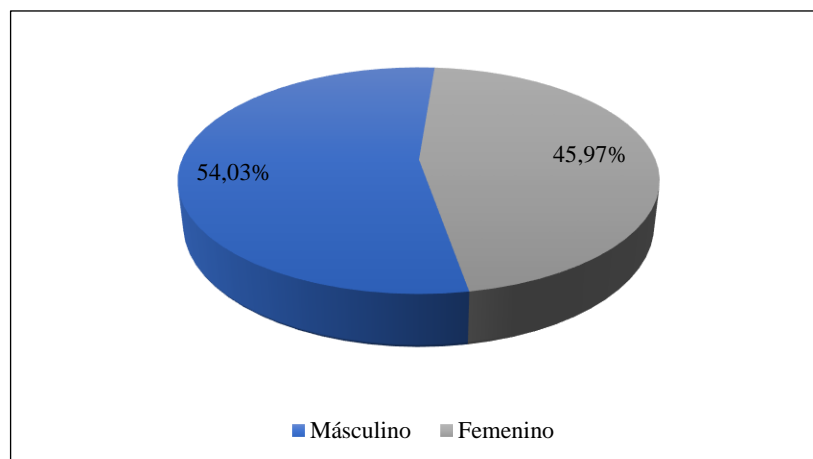


Ilustración 4-3: Género de los pobladores encuestados

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

La ilustración anterior muestra claramente que, de la población total encuestada, la mayor parte de ellos corresponden a personas del género masculino con un 54,03% y el restante corresponde al género femenino con un 45,97%.

– *Ocupación*

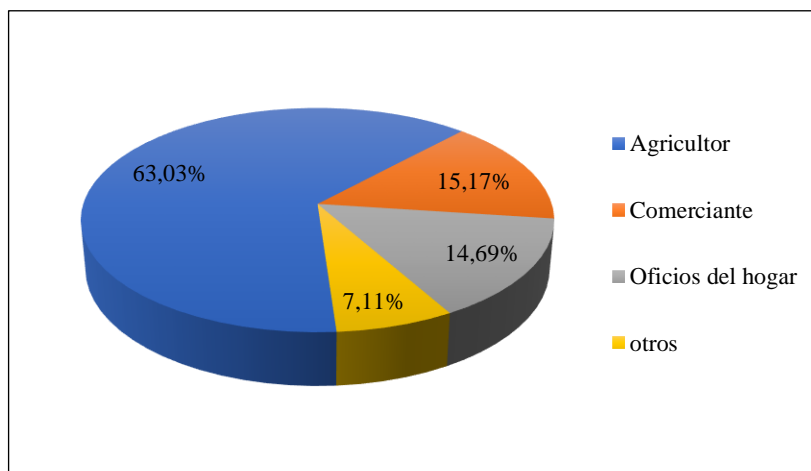


Ilustración 4-4: Ocupación de la población encuestada

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

La ocupación de “agricultor” es la que predomina en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba ya que representa el 63,03% de la población encuestada. Seguido de ello tenemos la ocupación de “comerciante” con un 15,17%, otro porcentaje del 14,69% se dedica a realizar diferentes oficios del hogar, por último, el 7,11% de la población encuestada se dedica a efectuar otras actividades económicas.

– *Parroquia*

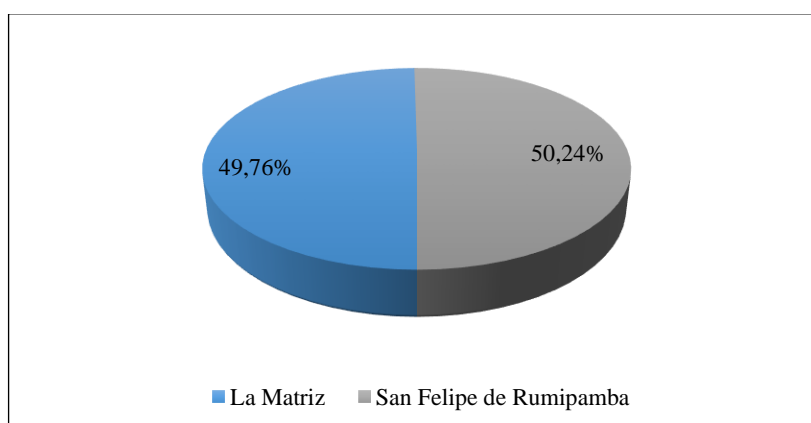


Ilustración 4-5: Parroquia a la cual pertenece la población encuestada

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

La ilustración anterior muestra notoriamente que, de la población total encuestada, casi la mitad de ellos corresponden a personas que pertenecen a la parroquia La Matriz con un 49,76% y el 50,24% restante corresponde a moradores de la parroquia San Felipe de Rumipamba.

4.2.2. Sección 2: Desarrollo

– *Motivos para vivir en la zona*

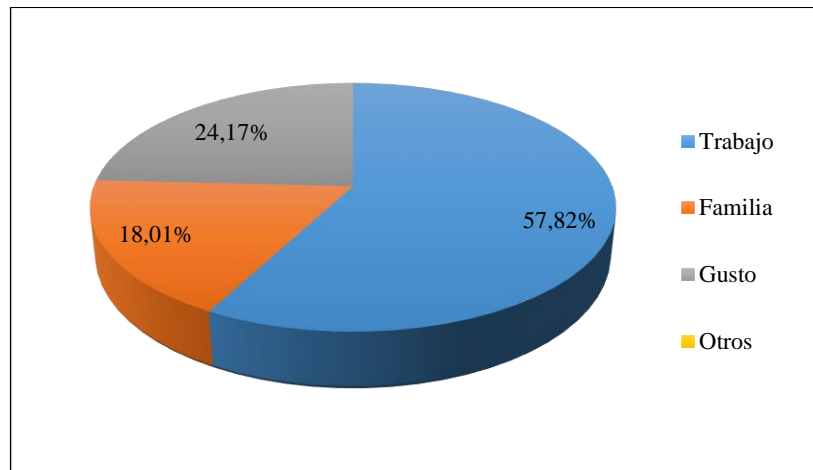


Ilustración 4-6: Motivos para vivir en el cantón Quero

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

El principal motivo para vivir en el cantón es debido al trabajo con un 57,82% de la población encuestada, el 24,17 % menciona que el motivo es por gusto, finalmente el 18,01% vive en el cantón por la familia

– *Tiempo que vive en la zona*

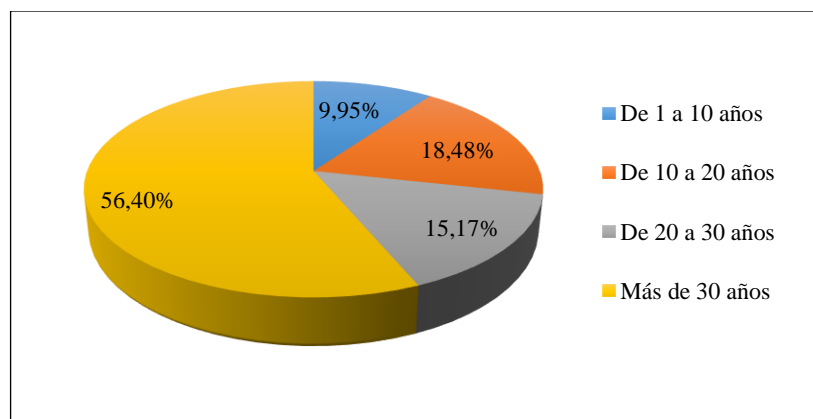


Ilustración 4-7: Tiempo en que los encuestados viven en la zona

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

En la ilustración anterior se puede apreciar que el 56,40% de la población va viviendo en la zona más de 30 años. Con valores casi similares, van viviendo de 10 a 20 años y de 20 a 30 años con porcentajes de 18,48% y 15,17% respectivamente y el 9,95% solamente residen en la zona de 1 a 10 años.

- ¿Considera que es necesario realizar análisis a los suelos de uso agrícola de su zona a fin de evaluar su calidad?

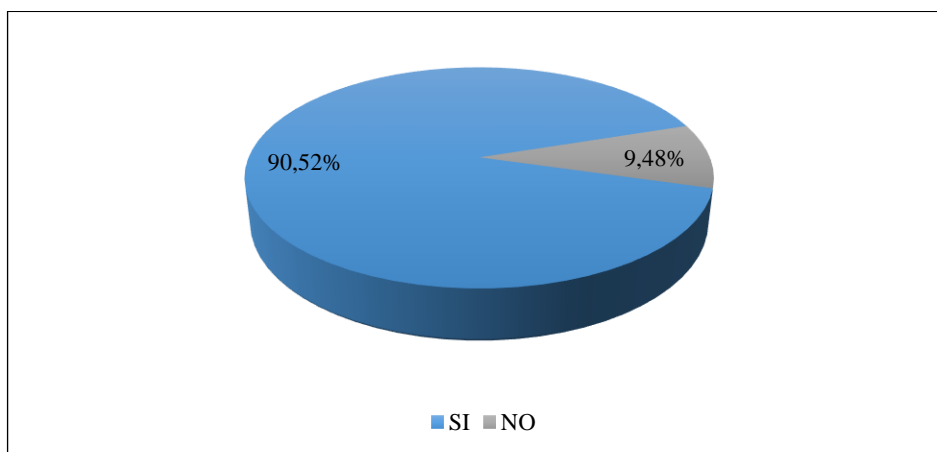


Ilustración 4-8: Consideración para análisis de suelos de uso agrícola en la zona

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Con respecto a esta pregunta el 90,52 % de la población encuestada sostiene que sí es necesario realizar análisis en los suelos de uso agrícola de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba mientras que tan solo el 9,48% no lo cree necesario.

- ¿Considera que los productos agroquímicos son un peligro para el suelo?

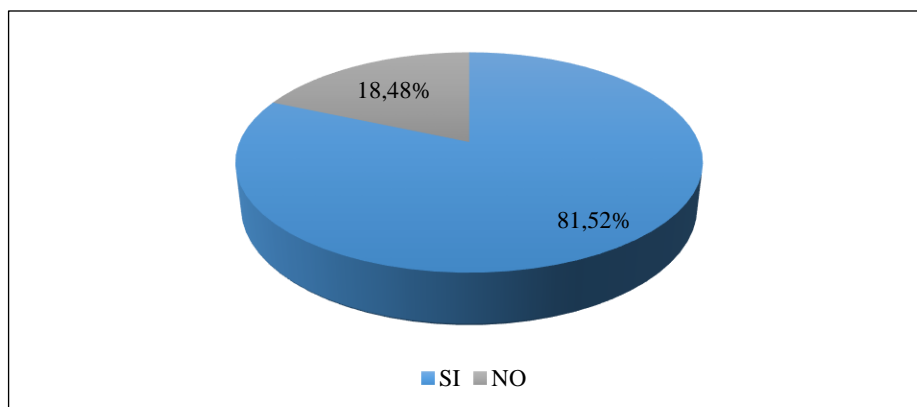


Ilustración 4-9: Consideración del peligro de usar productos agroquímicos en el suelo

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

El 81,52% de la población considera que el uso de los productos agroquímicos son un peligro para el suelo y el 18,48% de la población no lo cree así ya que sostiene que esa es la única manera en la cual el suelo rinde con productos de “buena calidad”.

– *¿Cuál considera usted que es el cultivo más empleado en esta zona?*

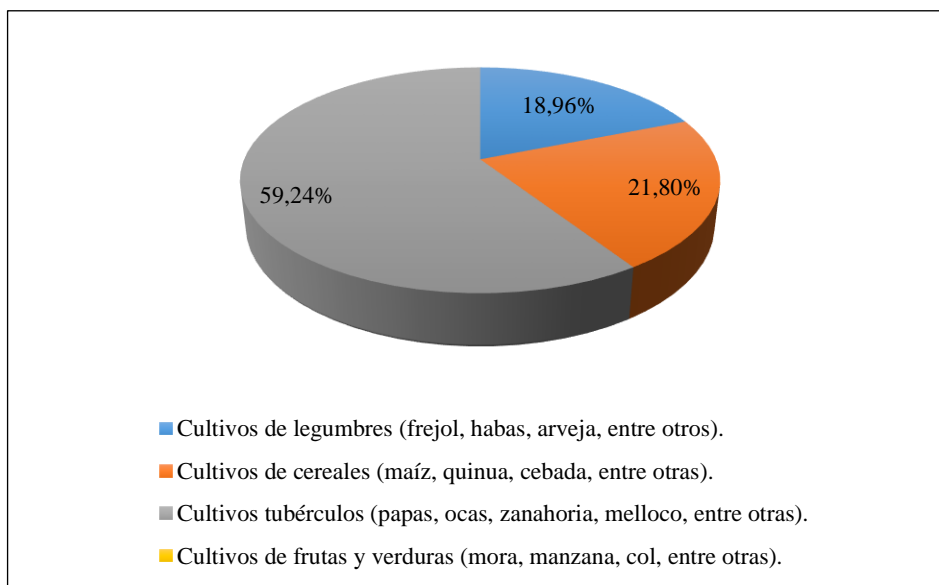


Ilustración 4-10: Cultivo más empleado en la zona según la población encuestada

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Los resultados indican que el 59,24% considera que el tipo de cultivo más empleado en la zona son los tubérculos, el 21,80% dice que es el cultivo de cereales y el 18,96% de la población encuestada menciona que son los cultivos de legumbres.

– *¿Debido al uso de agroquímicos en los terrenos, cuál cree usted que es el problema más recurrente en el suelo?*

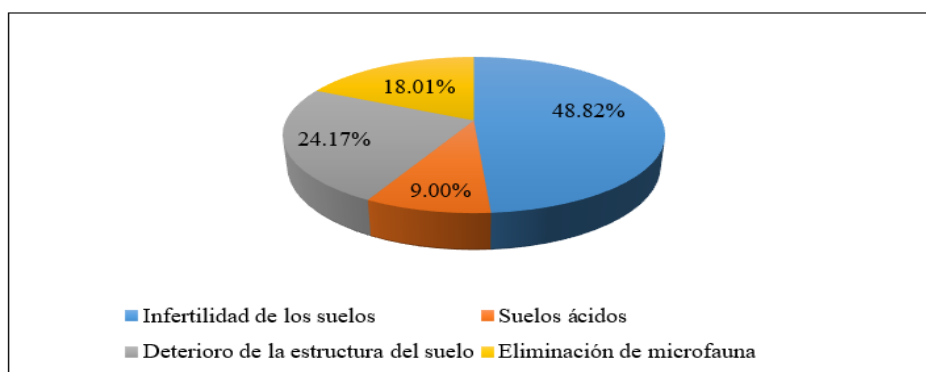


Ilustración 4-11: Problema más recurrente debido al uso de agroquímicos

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Según el 48,82% de la población encuestada, la infertilidad de suelo es el problema más recurrente en el suelo por el uso de productos agroquímicos. Mientras que el 24,17% dice que causa deterioro en la estructura del suelo, el 18,01% manifiesta que el uso de los agroquímicos produce la eliminación de la microfauna del suelo y el 9% dice que produce suelos más ácidos.

– *¿Considera usted que el uso de agroquímicos puede afectar la calidad de los cultivos?*

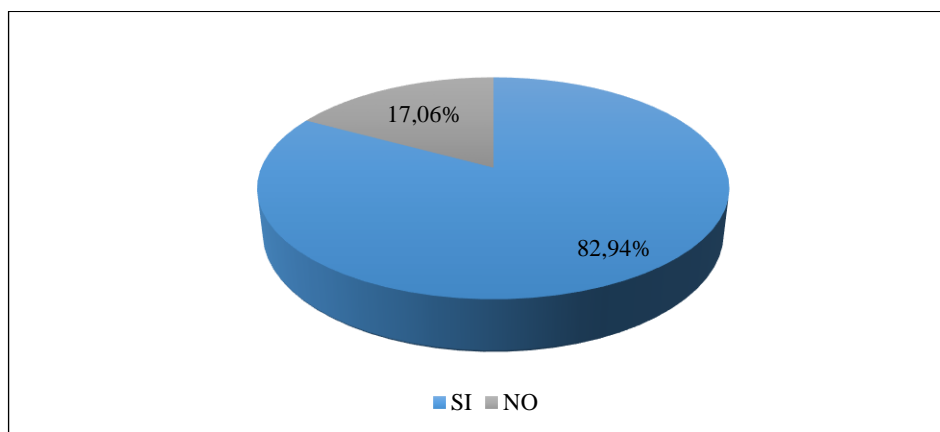


Ilustración 4-12: Consideración de la afectación de los cultivos

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

Con respecto a esta pregunta del total de la población encuestada el 82,94% considera que los productos agroquímicos pueden afectar la calidad de los cultivos y el grupo restante del 17,06% no considera que el uso de los agroquímicos afecte la calidad de los cultivos.

– *¿Usted considera que existen riesgos para la salud de las personas por el uso de agroquímicos en los diferentes cultivos?*

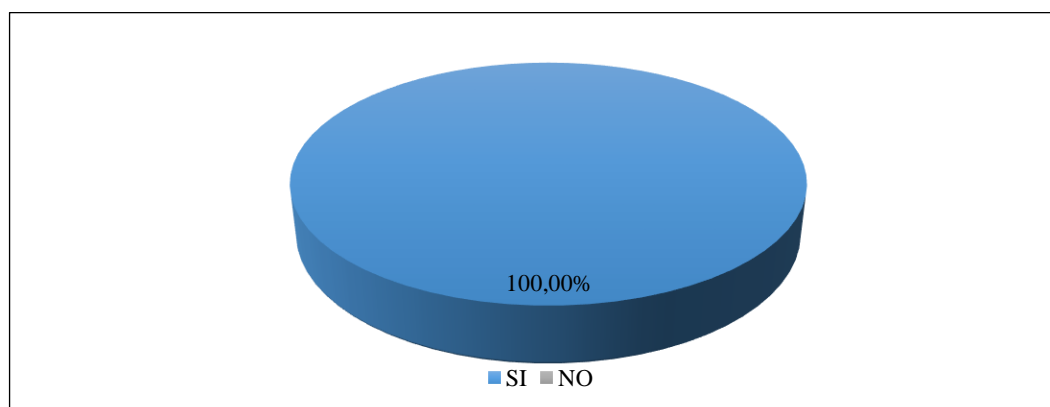


Ilustración 4-13: Consideración de los riesgos en la salud de las personas que implica el uso de agroquímicos

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Como se puede apreciar en la ilustración, toda la población encuestada considera que sí existen riesgos para la salud de las personas por el uso de productos agroquímicos.

- *¿Cuál considera que es el rango de afectación en la calidad del suelo que provoca el uso de agroquímicos?*

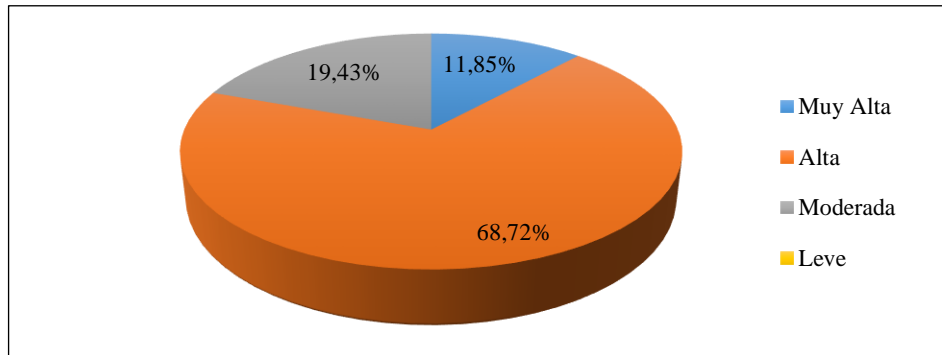


Ilustración 4-14: Consideración del rango de afectación en la calidad del suelo por el uso de agroquímicos

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Las encuestas indican que el 68,72% dice que el rango de afectación en la calidad del suelo es alto, el 19,43% dice que este rango de afectación es moderado y el 11,85% manifiesta que el rango de afectación de la calidad del suelo es muy alto.

- *¿Dentro del tiempo que ha vivido en esta zona, usted ha observado cambios susceptibles en los productos cultivados en esta zona?*

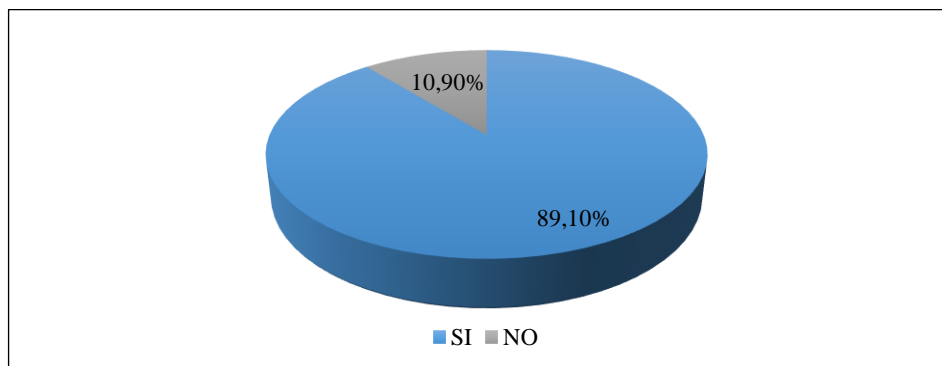


Ilustración 4-15: Apreciación de cambios susceptibles en los productos cultivados

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Con respecto a esta pregunta el 89,10% ha observado cambios susceptibles en los productos cultivados en estas parroquias y tan solo el 10,90% restante no ha observado algún cambio.

- *Tras la incorporación de agroquímicos en los suelos agrícolas, el cambio de este es de forma:*

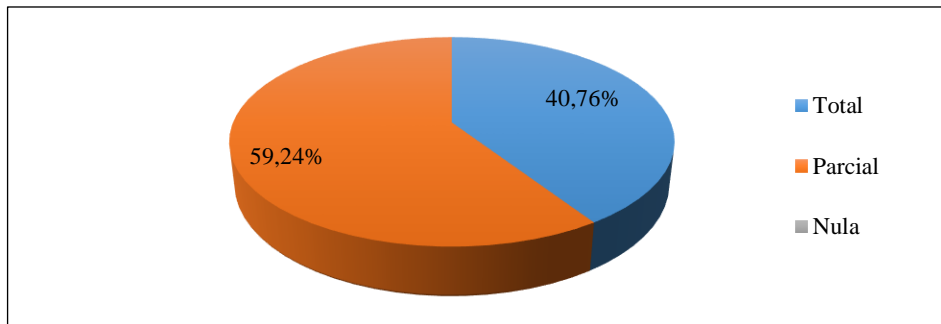


Ilustración 4-16: Cambio del suelo después de la incorporación de productos agroquímicos según la población encuestada

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

La ilustración muestra que un 59,24% de la población encuestada considera que el cambio de suelo es de forma parcial luego de la incorporación de productos agroquímicos, sin embargo, el 40,76% considera que el cambio del suelo es de forma total.

- *¿Considera usted que el suelo de su zona se halla influenciado por metales pesados debido a la incorporación de agroquímicos?*

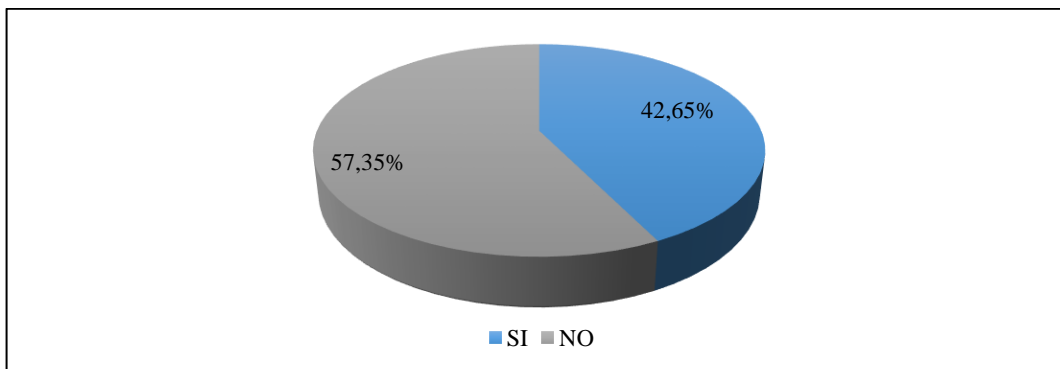


Ilustración 4-17: Consideración de presencia de metales pesados en el suelo por el uso de productos agroquímicos

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

El 57,35% de la población encuestada considera que después del uso excesivo de productos agroquímicos a lo largo de tantos años, el suelo, sí se encuentra influenciado con metales pesados mientras que para el resto de la población encuestada que corresponden al 42,65% no lo creen así.

- ¿Tras el periodo de siembra, cual es la práctica agrícola más usada en la zona donde usted reside?

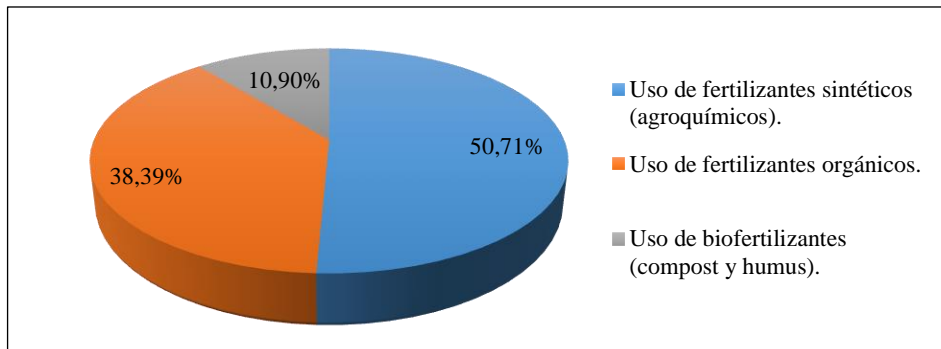


Ilustración 4-18: Práctica agrícola más usada por la población encuestada

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

En cuanto a la práctica agrícola más empleada por los moradores de la zona de estudio el 50,71% opta por el uso de fertilizantes sintéticos, seguido por el uso de fertilizantes orgánicos que corresponde al 38,39% de la población encuestada y tan solo el 10,90% hace uso de biofertilizantes como alternativa a las opciones ya antes mencionadas.

- ¿Cuál es el producto agroquímico más usado?

Esta fue la única pregunta abierta de la encuesta, se tuvieron varios resultados para esta pregunta, pero la mayoría de la población encuestada coinciden que los agroquímicos más usados son el Endosulfan, Meramidophos y Parathion. También nos mencionaron que utilizan la fumigación como método de aplicación de plaguicidas.

- ¿Considera usted que el uso de biofertilizantes (compost y humus) mejorara la calidad del suelo?

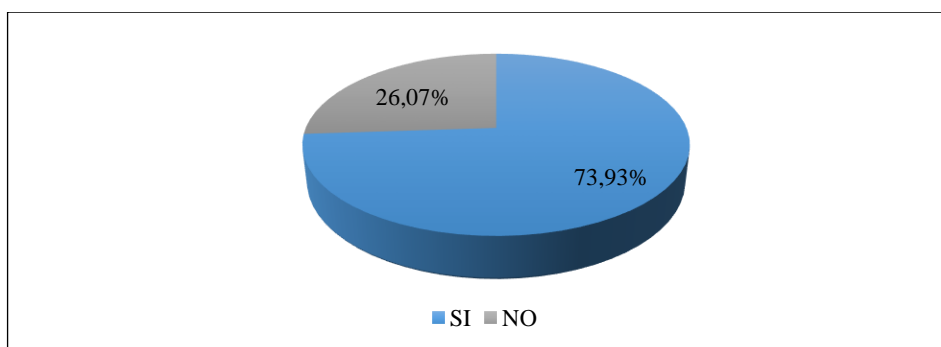


Ilustración 4-19: Uso de biofertilizantes para mejorar la calidad del suelo

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Según la ilustración anterior, el 73,93% considera que el uso de los biofertilizantes tales como el compost y humus ayudan a mejorar la calidad del suelo, sin embargo, el 26,07% menciona que estos no mejoran la calidad del suelo.

4.3. Matriz de identificación y valoración de impactos ambientales

4.3.1. Matriz causa-efecto

Tabla 4-5: Matriz causa-efecto principales actividades productivas del cantón Quero

Componente	Factor Ambiental	Aspecto	Actividad	Zona
		Contaminación del suelo	Uso de agroquímicos	Agrícola
		Contaminación del agua		
		Acidificación del suelo		
		Disminución de la adsorción específica de otros cationes		
		Desequilibrio en la composición de materia orgánica		
		Inhibición de procesos de mineralización en suelos		
		Baja acumulación de nutrientes en el suelo		
		Reducción de la diversidad microbiana		
		Aumento de microorganismos resistentes a metales pesados		
		Pérdida de microfauna del suelo		
		Deficiencia de macronutrientes para cultivos		
		Reducción en el crecimiento de cultivos		
		Disminución de acción fotosintética en los cultivos		
		Reducción de la producción de cultivos		
		Limitación de la comunicación vial		
		Rendimiento para la comercialización		
		Falta de información sobre agroquímicos		
		Enfermedades	Uso de agroquímicos	Social
		Pobreza		

Físico	Suelo	Presencia de metales pesados	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
		Uso del Suelo	X		X	X	X	X	X	X		X	X								
		Relieve															X				
	Agua	Calidad del agua	X	X	X	X		X	X				X			X				X	
		Percepción del paisaje	X	X													X				
Biótico	Flora	Cultivos										X	X	X	X						
		Microflora			X		X	X	X												
	Fauna	Microfauna			X		X	X	X												
		Macrofauna													X						
Socioe	Econó	Economía Local													X	X	X	X		X	

Social	Calidad de vida																	X	X	X	X		X	
	Salud	X	X																				X	
	Relaciones sociales																			X	X	X		X
	Cambio de patrón de vida																							X

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

4.3.2. Matriz de Leopold

Tabla 4-6: Matriz de Leopold principales actividades productivas del cantón Quero

Componente	Zona	Agrícola	Socioeconómica	Social
	Factor Ambiental	Actividad	Uso de agroquímicos	Uso de agroquímicos
Aspecto	Contaminación del suelo	Uso de agroquímicos	Uso de agroquímicos	Uso de agroquímicos
	Contaminación del agua			
	Acidificación del suelo			
	Disminución de la adsorción específica de otros cationes			
	Desequilibrio en la composición de materia orgánica			
	Inhibición de procesos de mineralización en suelos			
	Baja acumulación de nutrientes en el suelo			
	Reducción de la diversidad microbiana			
	Aumento de microorganismos resistentes a metales pesados			
	Perdida de microfauna del suelo			
	Deficiencia de macronutrientes para cultivos			
	Reducción en el crecimiento de cultivos			
	Disminución de acción fotosintética en los cultivos			
	Reducción de la producción de cultivos			
	Limitación de la comunicación vial			
	Rendimiento para la comercialización			
	Falta de información sobre agroquímicos			
	Enfermedades			
	Pobreza			

Físico	Suelo	Presencia de metales pesados	- 5 6	- 5 6	- 4 2	- 4 2	- 5 6	- 3 5	- 4 9	- 5 6	- 3 0	- 4 2	- 5 6	- 5 6	- 4 2	- 5 6					
		Uso del Suelo	- 5 6		- 4 9	- 1 5	- 4 9	- 1 5	- 3 5	- 4 2		- 1 5	- 5 6								
		Relieve															- 4 9				
	Agua	Calidad del agua	- 5 6	- 5 6	- 3 5	- 1 5		- 1 5	- 3 5				- 3 5			- 1 5				- 9	
	Percepción	Modificación del paisaje	- 1 5	- 1 5													- 1 5				
Biótico	Flora	Cultivos											- 5 6	- 5 6	- 5 6	- 6 6					

	Fauna	Microflora			-15		-15	-9	-15												
		Microfauna			-15		-15	-9	-15												
		Macrofauna												-18							
Socioeconómico	Económico	Economía Local												-42	-12	-42	-18		-25		
		Calidad de vida													-42	-12	-42	-16		-25	
	Social	Salud	-56	-56															-45		

		Relaciones sociales														-16	-25	-42		-25	
		Cambio de patrón de vida																		-56	
																Compatible (9 -19)				24	
																Moderado (20 -35)				10	
																Severo (36 -55)				15	
																Crítico (>56)				18	
																Total				67	

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Mediante la valoración cualitativa se evaluó cada una de las interacciones de los impactos ambientales a través de la matriz causa-efecto, que permitió relacionar cada factor ambiental afectado por el uso de agroquímicos en suelos agrícolas de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba.

Mediante nuestra valoración cuantitativa y subjetiva de cada una de las actividades registradas en la matriz de Leopold, como se observa en la tabla, se observa un total de 67 interacciones de carácter negativo con los componentes ambientales. De acuerdo con el grado de afectación, se puede obtener una recuperación inmediata en los 24 impactos compatibles, se obtuvieron 10 impactos moderados, cuyo tiempo de recuperación es más prolongado; Por otro lado, se generó 15 impactos severos, cuya magnitud e importancia exige unas buenas prácticas de protección, mitigación y recuperación para llegar a sus condiciones estables. Finalmente se generaron 18 impactos críticos, con una magnitud superior a los límites admisibles.

4.3.2.1. Impactos sobre el componente físico

Dentro de los factores ambientales que conforman el componente físico de las parroquias la Matriz y San Felipe de Rumipamba que se agruparon de mayor número en impactos negativos generados por el uso de agroquímicos con respecto a los demás componentes analizados. Es así como existe un total de 10 impactos compatibles, 6 impactos moderados, 9 impactos severos y 11 impactos críticos.

El factor ambiental con una mayor interacción es la presencia de metales pesados, generando una cantidad de 14 impactos negativos. Dichos impactos generan efectos negativos en la dinámica y geoquímica del suelo agrícola, así como en la producción de alimentos. Se denota que existe contaminación del suelo y agua, baja porcentaje de materia orgánica, reducción de biota microbiana, deficiencia de macronutrientes que reducen el crecimiento y producción de los cultivos

4.3.2.2. Impactos sobre el componente biótico

Dentro del componente biótico, los impactos generados de la interacción con los factores ambientales son negativos y se constituyen en: 9 impactos compatibles y 4 impactos críticos. Siendo de nuestro interés la biota del suelo se ha visto una influencia directa en el mantenimiento de la biodiversidad de este, para lo cual, se debe intensificar actividades agrícolas con adecuadas prácticas agrícolas.

4.3.2.3. Impactos sobre el componente socioeconómico

El componente socioeconómico presenta impactos negativos donde se determinó 5 impactos compatibles, 4 impactos moderados, 6 impactos severos y 2 impactos críticos. De hecho, el uso de agroquímicos como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas ha influido de manera directa en la economía local, calidad de vida, salud y cambio de patrón de vida en la población ya que la mayoría de los agricultores lo usan frecuentemente, siendo Quero unos de los cantones más productivos de la provincia de Tungurahua. En el mismo se necesita la adopción de medidas de corrección, mitigación y protección sobre los 9 impactos severos y críticos.

4.4. Puntos de muestreo

Los resultados que se muestran a continuación corresponden a 15 puntos de muestreo de los cuales 8 fueron en la parroquia La Matriz y 7 corresponden a la parroquia San Felipe de Rumipamba. Dentro de los puntos de muestreo se encuentran suelos cultivables y suelos en reposo, es decir, que no se encontraron influenciados por alguna actividad antropogénica.

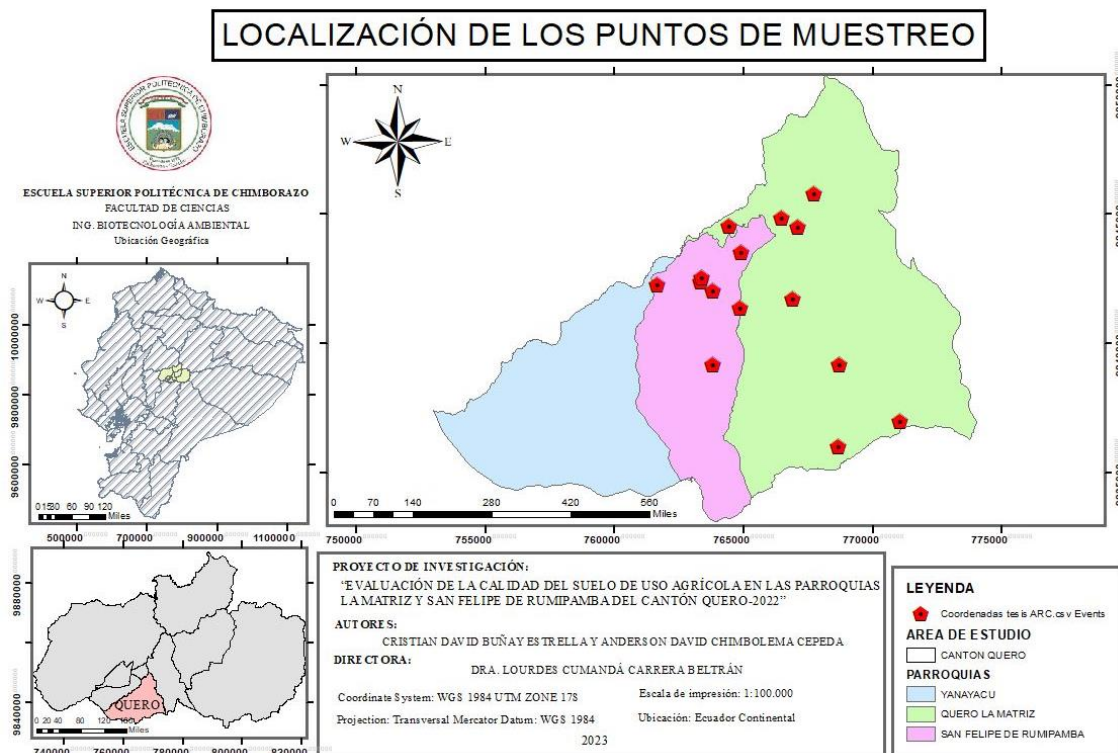


Ilustración 4-20: Localización de los puntos de muestreo en la zona de estudio

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

Tabla 4-7: Identificación de los puntos de muestreo y sus coordenadas

Punto	Localidad	Código	Coordenadas (UTM)		Uso/Cultivo
			X	Y	
Parroquia La Matriz					
1	San José de Sabañag	QSAB	771088,8	9836980,4	Cultivo de papa
2	La Calera	QCAL	768669,2	9836020,3	Cultivo de haba
3	Santa Anita	QSA	768736,2	9839174,9	Cultivo de papa
4	Hualcanga Chico	QHCH	766906,2	9841736,4	Cultivo de zanahoria
5	El Empalme	QEE	766486,2	9844883,2	Suelo no cultivado
6	Shaushi	QSH	767758,8	9845793,6	Cultivo de papa
7	Puñachizac	QPC	767133	9844526,4	Cultivo de alverja
8	Yayulihuí Centro	QYC	764444,5	9844545,4	Cultivo de papa
Parroquia San Felipe de Rumipamba					
9	Yayulihuí Alto	RYA	764920,6	9843520	Cultivo de papa
10	Rumipamba	RRM	763370,6	9842417,4	Cultivo de maíz
11	Cruz de Mayo	RCM	764874,3	9841361,6	Cultivo de papa
12	Chocaló Centro	RCC	763840,1	9842059,4	Cultivo de lenteja
13	San Vicente de Rumipamba	RSVR	763391,4	9842559,4	Cultivo de papa
14	Chocaló el Mirador	RCEM	763828,8	9839203,9	Suelo no cultivado
15	Pilco	RPIO	761681,3	9842297,4	Cultivo mixto para y alverja

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

4.5. Análisis físicos de las muestras de suelo

4.5.1. Densidad

Tabla 4-8: Resultados de la densidad aparente y real obtenidos de la zona de estudio

CÓDIGO	Da (g/cm ³)	Dr (g/cm ³)
QSAB	1,070	2,646
QCAL	1,068	2,695
QSA	1,072	2,696
QHCH	1,039	2,517
QEE	1,254	2,994
QSH	1,185	2,522
QPC	1,133	2,737
QYC	1,076	2,706
RYA	1,016	2,740
RRM	1,068	2,758
RCM	1,080	2,809
RCC	1,194	2,845
RSVR	1,038	2,693
RCEM	1,164	2,718
RPIO	1,135	2,789
F-ANOVA	6,152***	4,875***
DMS	0,07931	0,153682

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

*** Diferencia significativa

Como se muestra en la tabla 4-8, la densidad aparente varía significativamente entre valores de 1,016 (Yayulihuí Alto) a 1,194 g/cm³ (Chocaló Centro) con una media de 1,106 g/cm³. Resultados similares fueron obtenidos en los agroecosistemas estudiados en Cundinamarca-Colombia en suelos de cultivo de café (Ardila et al, 2022, p. 23). La normativa ambiental vigente no establece límites para densidad del suelo, sin embargo, Hossne y Américo (2008), mencionan que rangos de 0,628 a 0,986 g/cm³ se han notado relevantes para la funcionalidad y sensibilidad del suelo (Hossne y Américo, 2008, pp. 195-202). De acuerdo con los análisis se puede determinar que estos suelos presentan una densidad aparente dentro de 1,0 a 1,2 g/cm³ debido al uso agrícola. A diferencia de las muestras QEE y RCEM los cuales son suelos que no se someten a ningún proceso de labranza, es decir que son suelos no cultivados presentando así una densidad menor a los suelos cultivados (Zúñiga et al., 2018, pp. 3-4).

4.5.2. Textura

En la tabla 4-9, se muestran las texturas presentes en la zona de estudio donde existe mayor índice de predominancia de suelos francos arenosos, con excepción de las muestras: El Empalme (QEE); Shaushi (QSH) y Puñachizac (QPC), las texturas de estos suelos tienden a ser arenosa franca. La clasificación de las diferentes clases estructurales de los suelos indicada en la ilustración 2-1, señala que estos suelos analizados entran en el grupo de suelos arenosos, los cuales se caracterizan por tener excelentes propiedades físicas y son altamente permeables debido al predominio de macroporos (Navarro et. al, 2022).

Debido a su baja microporosidad, tienen baja capacidad de retención de agua, así como agua disponible y aprovechable para las plantas. Se desmorona fácilmente debido a su baja plasticidad y tenacidad. Por lo tanto, debe regarse con frecuencia. Como ventaja, se puede destacar que es fácil de trabajar y no genera problemas de ventilación. La mayor limitación es la baja fertilidad natural (Liotta, 2009, pp. 15-16).

Según el PDyOT cantón Quero (2017), sugiere que los suelos franco-arenosos son derivados de materiales piroclásticos con un valor de relación arena-limo-arcilla (%) de 65-25-10. Su localización se encuentra en el páramo. Mientras que el suelo arenoso franco contiene arena media a gruesa de textura gruesa con una relación 80-15-5 respectivamente. Los suelos estudiados presentes son incepstisoles que empiezan a mostrar el desarrollo de los horizontes, con procesos de translocación de materiales o meteorización extrema. Se ve reflejado en ecosistemas forestales, terrenos agrícolas y praderas.

Tabla 4-9: Textura de suelo de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba

Código	Textura	Código	Textura
QSAB	Franco arenoso	RYA	Franco arenoso
QCAL	Franco arenoso	RRM	Franco arenoso
QSA	Franco arenoso	RCM	Franco arenoso
QHCH	Franco arenoso	RCC	Franco arenoso
QEE	Arenoso franco	RSVR	Franco arenoso
QSH	Arenoso franco	RCEM	Franco arenoso
QPC	Arenoso franco	RPIO	Franco arenoso
QYC	Franco arenoso		

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

4.6. Análisis fisicoquímicos de las muestras de suelo

Tabla 4-10: Resultados de los análisis fisicoquímicos de la zona de estudio

CÓDIGO	pH	CE (uS/cm)	Materia Orgánica	
			%MO	%Cox
QSAB	4,49	87,30	2,83	0,73
QCAL	4,77	64,65	2,79	0,82
QSA	5,24	61,50	2,23	0,63
QHCH	4,30	123,25	1,75	0,28
QEE	4,83	54,80	1,37	0,82
QSH	5,16	62,50	2,04	1,01
QPC	5,78	69,60	1,69	0,91
QYC	6,22	60,35	1,95	1,74
RYA	6,25	69,00	1,42	1,01
RRM	6,96	83,50	2,87	1,83
RCM	7,18	72,85	1,47	1,28
RCC	7,02	53,50	1,99	1,19
RSVR	5,36	75,65	1,77	1,65
RCEM	6,17	39,40	3,94	1,93
RPIO	7,03	109,65	2,30	1,91
F-ANOVA	18,125***	14,673***	340,570***	26,419***
DMS	0,669863	16,28	0,109292	0,29144

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

*** Diferencia significativa

4.6.1. pH

Podemos apreciar que existe una diferencia significativa, entre los suelos agrícolas de la parroquia La Matriz y San Felipe de Rumipamba. Basándonos en la clasificación de la tabla 1-2, la mayoría de los suelos se encuentran entre fuertemente ácido y moderadamente ácido, tales condiciones favorecen la solubilidad de elementos metálicos que permite una mejor solubilidad por parte de las plantas (Briceño et al., 2020, p. 118). Las muestras de suelo RRM, RCM, RCC y RPIO presentan valores de pH neutro, estos pertenecen a San Felipe de Rumipamba.

En cuanto a los parámetros establecidos por la normativa ambiental vigente en el acuerdo ministerial 097-A, se menciona que el pH de los suelos debe oscilar entre 6 a 8, por ende, los suelos de la parroquia la Matriz no cumplen con lo establecido en la normativa ambiental a

diferencia de San Felipe de Rumipamba donde si se cumple con lo establecido en la normativa a excepción de la muestra de suelo RSVR.

Algunos autores señalan que, para el cultivo, el pH juega un papel muy importante ya que puede inhibir o facilitar procesos biológicos y químicos que son llevados a cabo en el suelo, tal es el caso de la nitrificación, la cual desaparece en pH inferior a 4,5 y superior a 9 (Soriano, 2018, pp. 6-7). De igual forma, compuestos como Mn, Fe y Zn se vuelven más solubles a pH ácido, sin embargo, su elevada solubilidad a pH muy ácido puede llegar a causar intoxicaciones a las plantas (Navarro et al., 2022, pp. 97-99).

4.6.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de los suelos analizados varía de 39,40 a 123,25 uS/cm, se puede ver que estos valores presentan diferencias significativas, con una media de 72,5 uS/cm. Los suelos no cultivados QEE y RPIO, poseen una conductividad baja en comparación de los demás suelos que son usados para actividades agrícolas, Cremona y Enríquez (2020), mencionan que esto se debe al riego y al uso de fertilizantes o abonos que se dan en los suelos de cultivo.

En cuanto a los valores de conductividad eléctrica obtenidos, se considera estos suelos analizados tienen efectos despreciables de salinidad (Briceño et al., 2020, p. 118). En la normativa ambiental vigente en el acuerdo ministerial 097-A, se establece que los valores permisibles no deben superar los 200 uS/cm, ninguno de los suelos analizados se ha excedido de este límite, esto es muy favorable ya que la salinidad es un fenómeno indeseable, pues su exceso afecta el crecimiento de las plantas al igual que la actividad de los microorganismos del suelo, por la misma razón, un aumento de la conductividad eléctrica conducirá a rendimientos más bajos (Cremona y Enríquez, 2020, p. 6).

4.6.3. Materia orgánica

Según Sparks et al. (1996), los laboratorios químicos agrícolas de Latinoamérica se debe realizar estudios del suelo que establezcan la cantidad de materia orgánica como un requisito básico de la calidad del suelo para elaborar una recomendación de un plan de fertilización para los cultivos deseados. Con respecto a los análisis se denota que el porcentaje de estos son bajos teniendo en cuenta a El Empalme (1,37%) y Yayulihui Alto (1,42%) en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba respectivamente.

Según el método de Walkey-Black se estima que los valores se consideran: Baja (< 2), Media (2 a 4) y Alta (> 4). En suelos calcáreos en Estados Unidos, el coeficiente de variación fue alto con un valor de 55,10% y WB (3,38% ±1,86), producto de heterogeneidad del CO en los suelos cultivados con cacao, lo cual es normal (Snoeck et al., 2016, pp. 1–34) y de acuerdo con Estrada et al. (2017) sugiere que los suelos agrícolas de esta zona, la MO varió de moderadamente baja a media (1,7 a 2,3 %) y en los degradados de moderadamente baja a baja (< 1,4 %) en México. En la determinación de MO en los suelos de la provincia El Oro se dio una media de 1,96% con un rango entre 0,75% a 4,87% (Barrezueta et al., 2020, p. 33) con una relación en los análisis de nuestro estudio con un valor medio de 2,16% que se considera en un nivel intermedio medianamente rico.

4.7. Análisis químicos de las muestras de suelo

Tabla 4-11: Resultados de los análisis químicos de cloruros, nitratos y sulfatos

CÓDIGO	Cl⁻ (mg/kg)	NO₃⁻ (mg/kg)	SO₄²⁻ (mg/kg)
QSAB	800,820	26,332	346,652
QCAL	283,277	21,664	206,641
QSA	94,411	21,330	86,652
QHCH	306,758	10,332	83,328
QEE	330,425	7,666	79,994
QSH	435,859	9,997	79,973
QPC	588,424	10,663	79,975
QYC	649,059	16,661	79,971
RYA	992,026	11,664	89,979
RRM	718,558	17,998	89,993
RCM	483,456	15,665	89,993
RCC	482,573	10,665	89,992
RSVR	979,674	17,999	79,994
RCEM	141,626	10,330	89,975
RPIO	977,947	12,662	89,970
F-ANOVA	15,157***	219,600***	1774,597***
DMS	220,8365	1,054	4,967

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

*** Diferencia significativa

4.7.1. Cloruros

La concentración promedio obtenida fue de 550,99 mg/kg de igual manera las concentraciones presentan una diferencia significativa. El máximo valor lo tenemos en el punto RYA con 979,67 mg/kg y como mínimo en el punto QSA con una concentración de 94,41 mg/kg. Este parámetro no se encuentra contemplado en la normativa ambiental vigente por lo que no se tienen valores mínimos y máximos permisibles para cloruros, por ende, no se puede determinar si existe o no contaminación del suelo por cloruros.

Chapman y Pratt (1979), señalan que, en suelos agrícolas es normal encontrar valores de cloruros comprendido entre 10 y 300 mg/kg. Los valores encontrados en la zona de estudio exceden los valores ya mencionados, este excedente puede ser por la incorporación de fertilizantes como el cloruro de potasio, abonos orgánicos y aguas de riego, este último resulta ser en varios casos el principal problema al contener altos niveles de cloruros y otras sales nocivas para los cultivos (Arrieché, Ruiz y León, 2013, p. 383).

Al igual que otros elementos esenciales en las plantas, este elemento mejora la calidad y el rendimiento de las plantas cuando se incorpora al suelo. Sin embargo, el análisis de cloruros en suelos no es común debido a que existen pocos datos e información, dificultando así la correcta interpretación de los valores resultantes (Aguilar, Etchevers y Castellanos, 1987, p.27).

4.7.2. Nitratos

Se determinó que la concentración media de nitratos es de 14,775 mg/kg la variabilidad es muy significativa entre los puntos de muestreo siendo de valor máximo el punto QSAB (Sabañag) de 26,332 mg/kg y como valor mínimo se encuentra QEE (El Empalme) cuyo valor es de 7,666 mg/kg, ambos puntos pertenecientes a la parroquia La Matriz. Estos valores resultan ser muy bajos considerando que los suelos agrícolas deben contener una mayor concentración para el desarrollo óptimo de los cultivos (Aruani et al., 2007, pp. 27).

Estas concentraciones bajas probablemente serían producidas por la textura del suelo ya que se trata de suelos franco-arenosos lo cual provoca que los nutrientes sean lixiviados con gran facilidad. El balance hídrico es un factor primordial en la lixiviación de los nitratos, las muestras de suelo fueron tomadas en épocas lluviosas, esto justificaría en parte las bajas concentraciones de nitratos en el suelo (Briceño et al., 2020, pp.118-120; Aruani et al., 2007, pp. 29-31).

En los estudios realizados por Mazzilli (2015), se observaron que las concentraciones de nitratos disminuyen en época de lluvia ya que reportaron concentraciones medias de 6 mg/kg con una acumulación de 216 mm de lluvia previa a 50 días de realizar sus muestreos, llegando a la conclusión de que suelos a menores concentraciones promedio de nitratos requerirán una mayor cantidad de fertilización nitrogenada.

De igual manera Aruani et al. (2007), en sus estudios evidenciaron que, al mes de fertilizar el suelo la concentración de nitratos disminuye notablemente, llegando a cubrir el inicio del período de activa división celular del fruto y el comienzo del desarrollo vegetativo. También mencionan que dicha disminución puede ser ocasionada en parte al consumo de las plantas y también al consumo de la biota del suelo, o es lavado por el riego o las precipitaciones.

4.7.3. Sulfatos

Como se observa en la tabla 4-11, la concentración promedio del sulfato en el suelo es de 110,872 mg/kg, los valores varían significativamente entre los puntos QSAB y QCAL respecto a los demás puntos, que mantienen valores entre 79 a 89 mg/kg. En la normativa ambiental ecuatoriana no se encuentran valores para este parámetro, sin embargo, Lora (1992), clasifica la valoración de azufre disponible (sulfatos) en 4 rangos en el cual las concentraciones mayores que 15 mg/kg las clasifica como alto (Lora, 1992, p. 65).

Los resultados obtenidos son altos basándonos en la clasificación ya mencionada anteriormente, estudios realizados en 17 suelos representativos de la zona cafetera colombiana por González et al. (2005), han reportado concentraciones muy variables en cuanto al azufre disponible (sulfatos) se refiere, 12 de las 17 localidades presentaron niveles inferiores a 10 mg/kg y el resto presentaban niveles de entre 33 a 61 mg/kg.

Dicha variabilidad fue asociada con otras características del suelo como el pH y materia orgánica ya que en los lugares con mayor concentración de sulfatos presentaban un pH de entre 4,9 a 5,2 con un contenido de materia orgánica de 2,6 a 7,4 %. Los niveles de sulfato también pueden oscilar a través del tiempo por la aplicación de fertilizantes azufrados, estiércol y orina animal y por la pérdida de azufre por procesos de lixiviación a través del perfil del suelo (González et al., 2005, pp. 4-7; Vistoso y Martínez, 2020, p.2).

4.8. Macronutrientes (nitrógeno total, fósforo, potasio y calcio)

Tabla 4-12: Resultados de los macronutrientes en la zona de estudio

CÓDIGO	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	P (mg/kg)	N (%)
QSAB	740,96	207,45	682,23	0,02
QCAL	878,91	459,22	398,99	0,01
QSA	745,35	224,15	605,42	0,01
QHCH	1027,23	327,91	538,73	0,02
QEE	898,05	371,42	303,32	0,07
QSH	411,67	345,12	770,23	0,07
QPC	897,07	263,32	486,40	0,03
QYC	1227,57	441,87	313,40	0,02
RYA	1780,35	143,44	634,30	0,02
RRM	889,31	486,83	522,92	0,05
RCM	981,81	334,38	337,93	0,04
RCC	595,79	541,81	336,68	0,05
RSVR	862,76	285,37	396,45	0,05
RCEM	574,76	92,96	293,88	0,11
RPIO	702,18	227,06	450,54	0,05
F-ANOVA	10851,223***	2378,976***	4700,782***	
DMS	8,851	7,6275	6,34535	

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

*** Diferencia significativa

4.8.1. Nitrógeno total

Dentro de los valores estimados se puede observar que existe un rango inferior de concentración de nitrógeno total en los puntos La Calera y Santa Anita con una lectura de 1 mg/L y las lecturas superiores corresponden a QEE, QSH y QCEM, de las cuales El Empalme (7 mg/L) y Chocaló El Mirador (11 mg/L) que corresponden a suelos no cultivados. Siendo la absorción de N, una herramienta que ayuda en el manejo y crecimiento de las plantas que obtiene una mejora más significativa cuando se suministra nitrógeno en forma de NO_3^- que cuando se suministra en forma de NH_4^+ (Mengel et al., 2001, p. 849).

Como consecuencia el análisis de nitrógeno es fundamental ya que es utilizado por las plantas para sintetizar aminoácidos que lo convierten en proteínas. Por consiguiente, es necesario suplementarlo en forma de fertilizantes, para lo cual se debe tener un buen manejo de fertilizantes

nitrogenados (Garrido, 2006, pp.33-34). Por lo tanto, la materia orgánica (2,61%) se relaciona directamente con el nitrógeno que presenta una media de 0,04 % que proporcionaron información sobre el nitrógeno asimilable en cada uno de los cultivos.

Los suelos de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba cuentan con un bajo índice de relación por lo cual necesita un buen uso de fertilizantes con buenas prácticas agrarias para que exista un balance en el suelo. Conforme a la Norma Mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), el N debe estar entre 1 % y 4 %, y el promedio obtenido no se encuentra dentro del intervalo, de manera que la aplicación de fertilizantes es necesaria.

4.8.2. Fósforo

Las estimaciones de fósforo se encuentran con una media de 471,43 mg/kg con un rango entre 293,88 a 770,23 mg/kg teniendo un alto nivel de significancia. La fertilidad fosforada y la disponibilidad de P para las plantas puede verse reflejada en respuestas de la calidad y el rendimiento del cultivo, mejorando la absorción de otros nutrientes, y contribuyendo a la tolerancia a la sequía (Rubio et al., 2012, pp. 810-871; Suñer & Galantini, 2012, pp.57-66).

Se puede denotar que en la Región Semiárida Pampeana cuenta con características similares con una textura franco-arenosas con valores de concentración de P en la loma (4,4 mg/kg) y la media loma (4,8 mg/kg) fue significativamente inferior a la observada en el bajo (8,8 mg/kg). Por lo tanto, la mejora en la disponibilidad de P contribuye a un incremento en la absorción de P lo cual se ve reflejado en un aumento en la producción de materia seca y por lo tanto incrementaría el rendimiento de grano del cultivo (Suñer & Galantini, 2012, pp.57-66).

Sin embargo, al mejorar las condiciones de disponibilidad de agua y el nivel de materia orgánica, no habría diferencias entre el uso de fertilizantes granulados como superfosfato triple y líquidos como polifosfato (Álvarez & Noellemeyer, 2022, pp.38-48). La baja concentración de P_{ext} puede deberse al hecho de que es inusual fertilizar fertilizantes con fósforo, y las restricciones generadas por el material de alta lima existente en estos suelos. Por lo tanto, para mejorar el aprovechamiento del fósforo se recomienda usar fertilizantes fosfatados con baja relación Ca/P (Estrada et al, 2017, pp. 813-831).

4.8.3. Potasio

Con respecto al análisis estadístico se presentó una diferencia significativa ($p \leq 0,001$) con una media de 880,92 mg/kg surgiendo valores mínimos en Shaushi (411,67 mg/kg) y valores máximos en Yayulihuí Alto (1780,35 mg/kg). Debido a que el potasio ha sido asociado como nutrimento de calidad para producción de cultivos llegando a ser los requerimientos similares a los del nitrógeno (Intagri, 2017, p.4).

Para los cationes intercambiables se sugiere deficiencia nutricional con valores inferiores a 0,4 cmol/kg para K (Haby et al., 1990, p. 190). Además, Larrea (2018), determinó que el contenido de cationes intercambiables y la relación entre ellas puede presentar una elevada variabilidad sitio-específica generada por el tipo de suelo y por la actividad antrópica. Por lo tanto, nuestro estudio mostró un valor de 2,2588 cmol/kg, así como el estudio que se realizó en suelos agrícolas de cultivos de soja con valores inferiores o iguales a 1,34 cmol/kg (Diovisalvi et al, 2021, pp.63-78) por lo tanto, este comportamiento podría deberse a la mayor frecuencia y rendimiento de los cultivos.

4.8.4. Calcio

Dado a los valores obtenidos se representa una diferencia muy significativa con una media 316,82 mg/kg dando rango mínimo (92,96 mg/kg) en la zona de Chocaló El Mirador y un rango máximo (541,81 mg/kg) en la zona de Chocaló Centro dentro de la parroquia San Felipe de Rumipamba. El Ca^{2+} como ion intercambiable se relaciona directamente con el crecimiento de la raíz y la calidad del producto. Además de ser considerado por su inestabilidad en el suelo, así como su deficiencia nutricional con un valor inferior a 2,5 cmol/kg (Haby et al., 1990).

Dado al análisis estadístico se presentó un valor entre 0,2384 a 1,3893 cmol/kg que no cumple con los valores mínimos necesarios para los cultivos en la zona. En el estudio que se realizó en suelos agrícolas de cultivos de soja se presentó valores diferentes inferiores o iguales a 5,96 y 8,40 cmol/kg de Ca (Diovisalvi et al, 2021, pp.63-78), para eso en las parroquias de La Matriz y San Felipe de Rumipamba se debe presentar un Manejo Integral de calcio asegurando la buena estabilidad y disponibilidad de este elemento, estimulando la formación del complejo arcillo-húmico-cálcico, que mejorara las características fisicoquímicas de toda esta zona (Estrada et al, 2017, pp. 813-831).

4.9. Micronutrientes asimilables del suelo

Tabla 4-13: Resultados de los análisis de micronutrientes

CÓDIGO	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
QSAB	89,599	11,382
QCAL	103,598	9,879
QSA	97,549	9,747
QHCH	138,242	19,822
QEE	130,488	10,833
QSH	159,548	20,711
QPC	148,057	15,044
QYC	149,583	13,627
RYA	77,578	9,814
RRM	137,690	18,706
RCM	119,401	12,289
RCC	144,147	11,054
RSVR	131,012	13,930
RCEM	111,640	10,231
RPIO	136,116	16,997
F-ANOVA	4180,475***	1540,421***
DMS	1,0775	0,2810765

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023

*** Diferencia significativa

4.9.1. Manganeso

En la tabla 4-13 se presentan las concentraciones de Mn en mg/kg suelo, presente en el suelo agrícola de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba, como resultados se obtuvo valores entre 77,578 y 159,548 mg/kg en Yayulihuí Alto y Shaushi respectivamente; dichos resultados se calcularon a partir de una curva de calibración para Mn. En el análisis estadístico se identificó un nivel de confianza del 99% donde se encuentra una leve diferencia significativa con respecto a la variación de datos en la concentración.

Dentro del Acuerdo Ministerial 097-A Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo no se encontró información sobre el límite permisible para la calidad del suelo de uso agrícola a nivel nacional. Sin embargo, según Kabata & Pendias (2000), en el estudio se considera que el Mn para suelos a nivel mundial es de 437 mg/kg como límite permisible. Por lo tanto, en el nuestro estudio

se estimó una media de 124,950 mg/kg y este se encuentra dentro de los niveles internacionales de la concentración del metal en los suelos de la zona de estudio.

En la afectación del Mn en las plantas, se recomienda que un suelo entra en un valor crítico cuando el metal posee una limitante con un valor mínimo de 0.1 mg/kg. En cultivos de espinaca, se determina valores menores a 500 mg/kg de Mn activo intercambiable, así se evita la toxicidad en las plantas (Prato & Gomez, 2014, pp. 262-271).

4.9.2. Zinc

En el Acuerdo Ministerial 097-A Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo se denota un criterio referencial en zinc de 60 mg/kg. Dentro de los cultivos, el Zn es uno de los elementos menores más importantes en la nutrición de plantas y su deficiencia ha sido diagnosticada en buena parte de los suelos y zonas agrícolas. Los valores de concentración de zinc se encuentran entre 9,814 y 20,711 mg/kg que se calcularon a partir de una curva de calibración de zinc.

Los resultados obtenidos son relativamente bajos en comparación a cultivos en México, donde se analizó suelos de origen de tipo inceptisoles obteniendo valores de concentración de Zn muy altos entre los 30 mg/kg suelo, donde se asume la elevada concentración de la aplicación de agroquímicos durante y después de la producción de los cultivos (López et al, 2017, pp. 28-33). Donde los suelos de la parroquia La Matriz y San Felipe de Rumipamba se encuentran entre los límites permisibles.

4.10. Análisis de metales pesados en las muestras de suelo

Tabla 4-14: Resultados de metales pesados analizados en la zona de estudio

CÓDIGO	Ni (mg/kg)	As (mg/kg)
QSAB	39,390	0,529
QCAL	22,429	0,577
QSA	19,504	0,508
QHCH	30,946	0,630
QEE	18,969	0,549
QSH	37,451	0,547
QPC	36,772	0,757
QYC	28,253	0,554
RYA	19,025	0,684

RRM	29,073	0,838
RCM	30,151	0,510
RCC	28,674	<L.D.
RSVR	37,556	<L.D.
RCEM	20,615	<L.D.
RPIO	28,649	<L.D.
F-ANOVA	628,708***	34,544***
DMS	0,825405	0,1526945

Realizado por: Buñay, C.; Chimbolema, A., 2023.

*** Diferencia significativa, L.D.: Límite de detección

4.10.1. Selenio, cadmio, plomo y mercurio

Para estos metales no se han reportado valores debido a que sus concentraciones son tan bajas que no alcanzan a ser leídas por el equipo ya el límite de detección (L.D.) del espectrofotómetro de absorción atómica para Se es <0,2 mg/kg, para Cadmio es <0,25 mg/kg, para Pb es de <4 mg/kg y para Hg es de <0,05 mg/kg.

4.10.2. Níquel

Las concentraciones obtenidas varían significativamente dando como media 28,497 mg/kg, con un valor muy alto en el punto QSAB (Sabañag) de 39,390 mg/kg y como valor mínimo en el punto QEE (El Empalme) con una concentración de 18,969 mg/kg, ambos puntos pertenecientes a la parroquia la Matriz. Según la normativa ambiental vigente en el acuerdo ministerial 097-A, el límite permisible para suelos es de 19 mg/kg, en este sentido se estaría hablando de una contaminación de los suelos de la zona de estudio a excepción del punto QEE.

Estudios realizados por (Briceño et al, 2020) en el año 2018, reportaron que las concentraciones en suelos de la parroquia la Matriz, oscilaban de 13,90 a 18,60 mg/kg, los resultados obtenidos por (Morales y Erazo, 2020) se elevaron un poco donde las concentraciones para este metal fueron de 17,61 a 18,59 mg/kg, sin embargo, como se puede apreciar en la tabla 4-11, estos valores han incrementado con el paso del tiempo obteniendo así concentraciones de 18,969 a 39,390 mg/kg.

Las concentraciones altas se encuentran en los suelos de uso agrícola ya que en suelos no cultivables se reportan concentraciones bajas de 18,969 mg/kg en QEE y 20,61mg/kg en RCEM, el aumento de la concentración se debería a las actividades agrícolas desarrolladas en ambas parroquias ya que el níquel se encuentra vinculado con compost derivado de residuos sólidos

convencionales (Morales y Erazo, 2020, pp. 108-109). La solubilidad del níquel depende de las características del suelo y se encuentra influenciada directamente por el pH, el cual tiene un efecto en la movilidad de los metales pesados dentro del suelo, ya que bajo condiciones ácidas los metales son más móviles y por tanto más disponibles (Galán y Romero, 2008, pp. 51-52).

4.10.3. Arsénico

Los resultados obtenidos muestran una gran variabilidad en cuanto al contenido de arsénico de los suelos analizados, se puede ver que estos valores oscilan en un rango de 0,508 a 0,838 mg/kg, también podemos observar que 4 puntos de muestreo RCC, RSVR, RCEM y RPIO no presentaron valores debido a que sus concentraciones fueron menores a 0,125 mg/kg que es el límite de detección del equipo usado para el respectivo análisis, estos suelos pertenecen a la parroquia San Felipe de Rumipamba.

En el acuerdo ministerial 097-A se establece que los suelos no deben tener concentraciones superiores a 12 mg/kg, por ende, los suelos del cantón Quero cumplen con lo establecido en la normativa ya que presentan bajos contenidos de arsénico que no se consideran como contaminantes, ya que las concentraciones son de 0,508 – 0,838 mg/kg. Martínez et al. (2021), manifiestan que el As se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, su rango normal es de 1 a 40 mg/kg y en áreas agrícolas pueden acumularse concentraciones de hasta 600 mg/kg.

Sin embargo, Aguilar et al. (1999), mencionan que para suelos agrícolas los valores máximos permitidos deben ser menores a 20 mg/kg y que por encima de este valor los suelos presuntamente se encuentren contaminados, por lo que proponen una serie de parámetros para evaluar la posible toxicidad de la contaminación, entre estos se encuentran la textura, pH, materia orgánica, carbonatos y oxi-hidróxidos de Fe libre.

Una de las posibles causas de las bajas concentraciones de este metal se debería por el nivel de pH que presentan los suelos de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba, suelos que están clasificados como fuertemente ácido a moderadamente ácido, normalmente los metales se encuentran disponibles a pH ácido, sin embargo, el arsénico se encuentra disponible a pH alcalino (Galán y Romero, 2008, p. 51-52).

CONCLUSIONES

- Se realizó la línea base mediante la compilación y revisión de material bibliográfico, encuestas, observación, reconocimiento e interacción verbal con los habitantes de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba. La información obtenida fue de carácter ambiental, social y económico, que permitió conocer el contexto actual en el cual se encontraban el cantón con respecto a los aspectos e impactos ambientales relacionados con las actividades agrícolas.
- La textura del suelo que predomina en la zona de estudio es franco arenoso a excepción de ciertos sectores, presentando valores bajos de salinidad, materia orgánica y carbono orgánico. El 53,3% de los suelos analizados tienen un pH entre fuertemente ácido a moderadamente ácido incumpliendo con la normativa ambiental mientras que el resto de los suelos sí cumplen. De igual manera, estos suelos presentan bajos niveles de nitratos, nitrógeno y calcio, sin embargo, muestran altos niveles de fósforo y potasio. Finalmente, los análisis de metales pesados indican valores despreciables para Se, Hg, Cd y Pb; para As se reportan concentraciones promedio bajas que no se exceden con lo estipulado por la normativa ambiental, mientras que las concentraciones de Ni sí sobrepasan los límites permisibles, por ende, se habla de una contaminación del suelo por dicho metal.
- Dentro del estudio se identificaron un total de 67 impactos de carácter negativo que ha sido generado por las prácticas agrícolas sobre cada uno de los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos que poseen las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba, dando un total de 18 interacciones sobre los límites permisibles que se vinculan a impactos críticos en relación con la presencia de metales pesados en el suelo, siendo así el recurso ambiental más afectado por el uso de agroquímicos, ya que los mismos disminuyen la actividad enzimática e influyen en las reacciones bioquímicas, así como procesos de mineralización, nitrificación, desnitrificación, amonificación, reacciones redox y metanogénesis.
- Se evaluó la calidad del suelo agrícola con respecto a indicadores de función física y química, los mismos que se analizaron en el laboratorio dando un valor que oscila entre 0,20 – 0,39 que corresponde a un suelo de baja calidad, debido al pH, C.E., fósforo asimilable, nitrógeno total y presencia de metales pesados. El monitoreo de estos valores se basó en ICS de escala única que pueda ayudar a la toma de decisiones de las localidades de La Matriz y San Felipe de Rumipamba para definir estrategias agronómicas correctivas.

RECOMENDACIONES

- Realizar varias visitas de campo a la zona de estudio a fin de hacer un buen reconocimiento previo a establecer los puntos de muestreo, con esto se permitirá tener una mayor exactitud del área de estudio y las interacciones que existan con la finalidad de minimizar errores y tomar puntos que acojan la cobertura total de estudio.
- Asegurarse de que las encuestas tengan un lenguaje comprensivo para los moradores de la zona en la que se vaya a aplicar, evitando palabras técnicas que dificulten la obtención de información requerida.
- Continuar con las investigaciones en la zona de estudio por medio de la recolección de muestras de la cobertura vegetal para posteriores análisis y ver si existe presencia de contaminantes entra la interacción suelo-planta.
- Divulgar la información obtenida acerca del estado en el cual se encuentran los suelos de uso agrícola a los habitantes de las parroquias la Matriz y San Felipe de Rumipamba con la finalidad de concientizar a los moradores y desarrollar buenas prácticas agrícolas mejorando así la calidad del suelo obteniendo mejores productos.

GLOSARIO

Inceptisoles: son aquellos suelos que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes puesto que los suelos son bastante jóvenes todavía en evolución (Ibañez et al, 2006, p. 3).

Mercantil: Pertenciente o relativo al mercader, a la mercancía o al comercio (RAE,2023).

Microflora del suelo: organismos pluricelulares compuestos por bacterias, hongos, algas, actinomicetos y líquenes, cumplen una tarea importante en la construcción del suelo (García & Bello, 2004, pp. 211-212).

Minifundio: Finca rustica que, por su reducida extensión, no puede ser objeto por sí misma de cultivo en condiciones remuneradas (RAE, 2023).

Monocultivo: es la práctica de plantar vastas extensiones de tierra con cultivos de una sola especie, aplicando los mismos patrones de cultivo, riego, fertilización y recolección (Cabrera & Zuaznábar, 2010, p. 6).

Pedogénesis: se refiere al estudio de la génesis/origen de un suelo (Llona et al., 2007, p. 49).

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, A.; ETCHEVERS, J. D.; & CASTELLANOS, J. *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*. México: Ed. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo., 1987. pp. 1-251.

AGUILAR, J.; et al. “Los criterios y estándares para declarar un suelo como contaminado en Andalucía y la metodología de toma de muestras y análisis para su investigación”. *Investigación y Desarrollo Medioambiental en Andalucía*, vol. 2, n° 1 (1999), pp. 61-64.

ÁLVAREZ, L.; & NOELLEMEYER, E. “Dinámica del fósforo con fertilizante líquido y granulado en suelos de la región semiárida pampeana”. *Ciencia del suelo* [online], 2022, 40(1), pp.38-48. [Consulta: 20 abril 2023]. ISSN 1850-2067. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v40n1/1850-2067-cds-40-01-38.pdf>

ARDILA, V.; et al. “Conservation Agriculture as a Potential Strategy to Increase Soil Quality in Colombian Agroecosystems”. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria* [online], 2022, (Colombia),23(3), pp. 20-39. [Consulta: 6 junio 2023]. ISSN 0122-8706. Disponible en: https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num3_art:2674

ARRIECHE, I.; RUIZ, M.; & LEÓN, M. “Interferencia de cloruros en la determinación del carbono orgánico en suelos agrícolas”. *Multiciencias* [en línea], 2013, 13(4), pp. 381-388. [Consulta: 3 junio 2023]. ISSN 1317-2255. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90430055006.pdf>

ARUANI, M.; et al. “Variación de la concentración de nitratos en un suelo franco limoso de Alto Valle de Río Negro”. *FCA UNCuyo* [en línea], 39(2), 2007 pp. 25-33. [Consulta: 1 junio 2023]. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1554/aruaniagrarias39-2.pdf.

ASTIER, M.; MAASS, M.; & ETCHEVERS, J. “Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable”. *Agrociencia*, vol. 36, n° 005 (2002), pp. 605-620.

BARREZUETA, S.; et al. “Evaluación de ignición para determinar materia orgánica en suelos de la provincia del Oro-Ecuador”. *Revista FAVE- Ciencias Agrarias* [en línea], 19(2), (Ecuador) 2020 pp. 25-36. [Consulta: 16 mayo 2023]. ISSN 2346-9129. Disponible en: <https://doi.org/10.14409/fa.v19i2.9747>

BRICEÑO, J.; et al. “Impact of metal content in agricultural soils near the Tungurahua volcano on the cultivation of *Allium fistulosum* L”. *La Granja* [en línea], 32(2), (Ecuador), 2020, pp. 114-126. [Consulta: 11 mayo 2023]. ISSN 1390-8596. Disponible en: <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/32.2020.09>.

BURBANO, H. “La calidad y salud del suelo influyen sobre la naturaleza y la sociedad”. *Tendencias* [en línea], 2017,18 (1), pp. 118-136. [Consulta: 5 abril 2023]. ISSN 0124-8693. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-86932017000100007&script=sci_abstract&tlng=es

CABRERA, J.; & ZUAZNÁBAR, R. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 1 (2010), (Cuba) pp. 5-13.

CASTILLO, V. “La estrategia temática para la protección del suelo: un instrumento para el uso sostenible de los suelos en Europa”. *Ecosistemas*, vol. 13, n° 1 (2004), pp. 1-5.

CHAPMAN, H.; & PRATT, P. *Análisis de disponibilidad y pruebas rápidas. En: Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas.* México: Editorial Trillas, S.A., 1979. pp. 1-157.

CREMONA, M.; & ENRIQUEZ, A. “ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO QUE CONDICIONAN SU COMPORTAMIENTO: El pH y la conductividad eléctrica”. *EEE Bariloche*, vol. 1, (2020), (Argentina) pp. 5-8.

CULQUI, W. “Estudio de impacto Ambiental ex post Y plan de manejo ambiental de curtiembre”. *Bioactivo* [en línea], 2015, (Ecuador), pp. 1-295 [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: <https://maetungurahua.files.wordpress.com/2015/09/es-i-a-produccion-de-cuero.pdf>

DEBELIS, S. “Evaluación de tierras”. *FCA-UNLZ*, vol. 3, n° 1 (2003), (Argentina) pp. 1-4.

DIOVISALVI, N.; et al. “Relevamiento de calcio, magnesio, potasio y micronutrientes en zonas con diferente productividad de soja”. *Ciencia del suelo* [online], 2021, (Argentina) 39(1), pp.63-78. [Consulta: 6 junio 2023]. ISSN 1850-2067. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v39n1/1850-2067-cds-39-01-63.pdf>

DORAN, J.; & PARKING, T. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment* [en línea]. Madison: Soil Science Society of America, 1994. [Consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>

ESTRADA, I.; et al. “Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad”. *Agrociencia* [en línea]. 2017, 51(8), pp. 813-831. [Consulta: 16 mayo 2023]. ISSN: 1405-3195. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30253817001>

FAO & ITPS. “Status of the World’s Soil Resources (SWSR) - Main Report. Rome, Italy, food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils”, 2015, pp. 8-13. [Consulta: 6 junio 2023]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>

FAO. “Guía para la descripción de suelos”. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*, vol. 3, n° 4 (2009), (United State of America) pp. 1-100.

GAD QUERO. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santiago de Quero.*

GALÁN, E.; & ROMERO, A. “Contaminación de Suelos por Metales Pesados”. *Sociedad Española de mineralogía* [en línea], 2008, (España) 10 (8), pp. 48-60. [Consulta: 5 junio 2023]. ISSN 1885-7264. Disponible en: https://www.semineral.es/websem/PdfServlet?mod=archivos&subMod=publicaciones&archivo=Macla10_48.pdf.

GARCÍA, A.; & BELLO, A. “Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica”. *SoilACE*, vol. 2, n° 1 (2004), (España) pp. 211-212.

GARRIDO, S. *Interpretación de análisis de suelos. Volumen 5.* Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. Madrid-España: Dirección General de Infraestructuras y Cooperación, 2006, pp. 33-34.

GONZÁLEZ, H.; SADEGHIAN, S.; & MEJÍA, B. “El azufre en los suelos de la zona cafetera colombiana”. *Cenicafé* [en línea], 2005, pp. 1-8. [Consulta: 3 junio 2023] ISSN 0120-0178. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/355/1/avt0332.pdf>.

GONZÁLEZ-QUÍÑONEZ, V. Metodología, formulación y aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla - La Mancha. [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España. 2006. pp. 6-10 [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=30483>

HABY, V.; RUSSELLE, M.; & SKOGLEY, E. *Testing soils for potassium, calcium, and magnesium*. 3th Edition. Wisconsin-USA: R. Westerman, 1990, pp. 181-227.

HOSSNE G.; & AMÉRICO J. “La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo”. *Terra Latinoamericana* [online], 2008, (México) 26(3), pp. 195-202. [Consulta: 1 junio 2023]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313050001>

HUERTA, H.; & ARMIENTA, M. “Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros”. *Revista internacional de contaminación ambiental* [en línea], 2012, 28(2), pp. 103-117 [Consulta: 17 abril 2023]. ISSN 0188-4999. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n2/v28n2a1.pdf>

IBAÑEZ, S.; GISBERT, J.; & MORENO, H. “Inceptisoles”. Valencia-España: Universitat Politècnica de València, 2006, pp. 1-10.

INT/SFA/10. *Rev. 3 MUESTREO PARA ANÁLISIS DE SUELOS*

INTAGRI. 2017. “Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal” Núm. 100. México: Artículos Técnicos de Intagri. pp. 1-4.

KABATA, A.; & PENDIAS, H. *Trace Elements Soils and Plants* [en línea]. Ed. CRC Press Inc., 2000. [Consulta: 6 junio 2023]. Disponible en: [https://hwbdocuments.env.nm.gov/Los Alamos National Labs/References/9372.PDF](https://hwbdocuments.env.nm.gov/Los%20Alamos%20National%20Labs/References/9372.PDF)

LARREA, G. 2018. Disponibilidad y variabilidad espacial de calcio, magnesio y potasio en suelos agrícolas y prístinos de la región pampeana. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Nacional Mar del Plata, Buenos Aires - Argentina. pp. 62-70.

LIOTTA, M. “La aplicación de la técnica del riego en función del tipo de suelo y requerimientos de los cultivos”. *INTA*. vol. 9, n° 4 (2009), pp. 10-23.

LLONA, M.; ARAYA, J.; & VERA, W. “Relacion entre morfogénesis y pedogénesis en la cuenca del río Clarillo, Region Metropolitana de Santiago de Chile”. *Geografía Norte Grande*, vol. 37, n° 1, (2007), (Chile) pp. 37-47.

LÓPEZ, G.; et al. “Cuantificación de metales pesados en el cultivo de la fresa (fragaria xananassa Duch. Var. Festival) en Tenancingo y Villa Guerrero estado de México”. *Agroproductividad*, vol. 10, n° 10 (2017), (México) pp. 28–33.

LORA, S. *El Azufre en la agricultura colombiana*. Bogotá-Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario, 1992, pp. 1-65.

MAMANI, R.; et al. “Análisis multivariante en la clasificación de suelos para la agricultura en el valle y altiplano boliviano”. *Revista Boliviana de Química* [en línea], 2021, (Bolivia) 38(3), pp. 126-132 [Consulta: 6 junio de 2023]. ISSN 0250-5460. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426369074004>

MARTIN, N.; & ADAD, I. *Generalidades más importantes de las ciencias del suelo, En Disciplina Ciencias del Suelo*. Cuba: Universidad Agraria de La Habana, 2006, pp. 345-365.

MARTÍNEZ, S.; et al. “Emineralogy and dynamics of arsenic in mine soils”. *Afinidad*, vol. 595, n° 79 (2021), pp. 257-265.

MAZZILLI, S.; et al. “Disponibilidad de nitratos en sistemas agrícolas sin laboreo y su relación con variables ambientales y de manejo”. *Agrociencia Uruguay* [en línea], (Uruguay) 19(1), 2015, pp. 131-139. [Consulta: 1 junio 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v19n1/v19n1a15.pdf>.

MENGEL, K.; & KIRKBY, E. *Principles of Plant Nutrition* [en línea]. 5th Edition. Dordrecht-Paises Bajos: Kluwer Academic Publishers, 2001. [Consulta: 6 junio 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2>

MORALES, V.; & ERAZO, E. *Evaluación de la Incidencia de la Ceniza del volcán Tungurahua y su Impacto Ambiental en Suelos Agrícolas de las provincias de Tungurahua y Chimborazo*. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020. pp. 108-109. [Consulta: 31 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14491>

NARANJO, A. *La otra guerra: la situación de los plaguicidas en el Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: Acción Ecológica, 2017. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: http://www.swissaid.org.ec/sites/default/files/images/plaguicidas_web.pdf.

NAVARRO, G.; PÉREZ, G.; & NAVARRO, S. *Análisis de suelos y aguas: aplicación agrícola*. [online]. Madrid-España: Dextra Editorial, 2022. [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/espoch/228505?page=41>

NAVARRO, J.; AGUILAR, A.; LÓPEZ, J. “Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas”. *Ecosistemas* [en línea], 2007, 16(2), pp. 1-17 [Consulta: 17 abril 2023]. ISSN 1132-6344. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/540/54016203.pdf>

NMX-FF-109-SCFI-2008. *Norma mexicana humus de lombriz (lombricomposta) especificaciones y métodos de prueba.*

PAGE, D.; ABBOOTT, A.; & RICE, T. *Protocolo para la evaluación de disturbios en suelos forestales. Volumen II: Métodos complementarios, estadística y recolección de datos.* [en línea]. Fort Collins, CO- USA: Gen. Tech. Rep., 2013. [Consulta: 2 marzo 2023]. Disponible en: https://forest.moscowfsl.wsu.edu/smp/solo/documents/GTRs/RMRS_301/Spanish_Version_Monitoring_Protocols_RMRS-GTR-301.pdf

PAREDES, M.; URIBE, F.; & ROSALES, V. *Manual de impacto ambiental* [en línea]. Bogotá-Colombia: Ediciones de la U, 2019 [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/espoch/127100?page=72>.

PEREVOCHTCHIKOVA, M. “La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales”. *Gestión y Política Pública* [en línea], 2013, XXII(2), pp. 283-312 [Consulta: 17 mayo 2023]. ISSN 1405-1079. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v22n2/v22n2a1.pdf>

PODWOJEWSKI, P.; JANEAU, J.; & LEROUX, Y. “Effects of agricultural practices on the hydrodynamics of a deep tilled hardened volcanic ash–soil (Cangahua) in Ecuador”. *Catena* [en línea], 2008, 72(1), pp. 179-190 [Consulta: 13 abril 2023]. ISSN 0341-8162. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.05.003>.

PRATO, A., & GOMEZ, M. “Aplicación líquida edáfica y foliar de manganeso en espinaca (*Spinacia oleraceae* L.) cultivada en sustrato vermicompost”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícola* [en línea], (Colombia)2014, 8(2), pp. 262–271. [Consulta: 6 junio 2023]. Disponible en: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3219>

RAI, P.; et al. “Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management”. *Environment International* [en línea], 2019, 125(2), pp. 365-385 [Consulta: 17 abril 2023]. ISSN 1873-6750. Disponible en: DOI 10.1016/j.envint.2019.01.067.

RUBIO, G.; et al. “Rhizosphere phosphorus depletion by three crops differing in their phosphorus critical levels”. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 17, n° 5 (2012), pp. 810-871.

SINGER, M.; & EWING, S. “Soil Quality”. *Handbook of Soil Science*, vol. 11, n° 1(200), pp. 271-298.

SNOECK, D.; et al. *Sustainable Agriculture Reviews* [en línea]. Volumen 16. USA: Eric Lichtfouse, 2016. [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26777-7>

SORIANO, M. “pH del suelo”. Valencia-España: Universitat Politècnica de València, 2018, pp. 1-10.

SPARKS, D.; et al. *Organic Matter Characterization. Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods* [en línea]. USA: Soil Science Society of America, 1996. [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c35>

SPIEGEL, J.; & MAYSTRE, L. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* [en línea]. Traducido por Celer Pawlowsky. Madrid-España: Chantal Dufresne, BA, 1998. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.insst.es/tomo-i>

SUÑER, L.; & GALANTINI, J. “Fertilización fosforada en suelos cultivados con trigo de la Región Sudoeste Pampeana”. *Ciencia del suelo*, vol. 30, 2012, pp. 57-66.

VISTOSO, E.; & MARTÍNEZ, J. “Fertilización azufrada en suelos agrícolas de la Región de Los Ríos”. INIA [en línea], 2020, pp. 1-4. [Consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: [https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4036/Informativo INIA N° 253?sequence=1&isAllowed=y](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4036/Informativo_INIA_Nº_253?sequence=1&isAllowed=y)

YÁÑEZ, A. “Environmental impact and analysis methodologies”. BIOCYT [en línea], 2008, (México), 1(2), pp. 7-15 [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.iztacala.unam.mx/biocyt>.

ZÚÑIGA, F.; et al. "Caracterización física y química de suelos de origen volcánico con actividad agrícola, próximos al volcán Tungurahua". *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuaria*, vol. 1, n° 1 (2018), (Ecuador) pp. 1-4.



ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA APLICADA A LOS MORADORES DE LAS PARROQUIAS LA MATRIZ Y SAN FELIPE DE RUMIPAMBA DEL CANTÓN QUERO

ENCUESTA PILOTO APLICADA A MORADORES DE LA PARROQUIA LA MATRIZ Y SAN FELIPE DE RUMIPAMBA - QUERO

La presente encuesta forma parte del desarrollo de tesis denominada: Evaluación de la calidad del suelo de uso agrícola en las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba del cantón Quero – 2022; previo a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología Ambiental.

INSTRUCCIONES GENERALES:

- Esta encuesta es confidencial y su información será empleada únicamente con fines académicos.
- Por favor lea las preguntas al inicio de cada sección y marque con una X dentro de los casilleros la respuesta según su criterio.

SECCIÓN 1: Datos Personales

EDAD

20 - 30 31 - 40 41 - 50 51 - 60 60 - 70 Más de 71

GÉNERO

Masculino Femenino

OCUPACIÓN

Agricultor Ganadero Comerciante Oficios del hogar
 Otros ¿Cuál? _____

PARROQUIA

La Matriz San Felipe de Rumipamba

SECCIÓN 2: DESARROLLO

1. Motivos para vivir en la zona

Trabajo Familia Gusto Otro
¿Cuál? _____

2. ¿Tiempo en que vive en la zona?
- () De 1 a 10 años () De 10 a 20 años () De 20 a 30 años () Más de 30 años
3. ¿Considera que es necesario realizar análisis a los suelos de uso agrícola de su zona a fin de evaluar su calidad?
- () Si () No
4. ¿Considera que los productos agroquímicos son un peligro para el suelo?
- () Si () No
5. ¿Cuál considera usted que es el cultivo más empleado en esta zona?
- () Cultivos de legumbres (frejol, habas, arveja, entre otros).
 () Cultivos de cereales (maíz, quinua, cebada, entre otras).
 () Cultivos tubérculos (papas, ocas, zanahoria, melloco, entre otras).
 () Cultivos de frutas y verduras (mora, manzana, col, entre otras).
6. ¿Debido al uso de agroquímicos en los terrenos, cuál cree usted que es el problema más recurrente en el suelo?
- () Infertilidad de los suelos
 () Suelos ácidos
 () Deterioro de la estructura del suelo
 () Eliminación de microfauna
7. ¿Considera usted que el uso de agroquímicos puede afectar la calidad de los cultivos?
- Si () No ()
8. ¿Usted considera que existen riesgos para la salud de las personas por el uso de agroquímicos en los diferentes cultivos?
- Si () No ()
9. ¿Cuál considera que es el rango de afectación en la calidad del suelo que provoca el uso de agroquímicos?
- Muy alta () Alta () Moderada () Leve ()
10. ¿Dentro del tiempo que ha vivido en esta zona, usted ha observado cambios susceptibles en los productos cultivados en esta zona?
- Si () No ()

11. Tras la incorporación de agroquímicos en los suelos agrícolas, el cambio de este es de forma:

Total () Parcial () Nula ()

12. ¿Considera usted que el suelo de su zona se halla influenciado por metales pesados debido a la incorporación de agroquímicos?

Si () No ()

13. ¿Tras el periodo de siembra, cual es la practica agrícola más usada en la zona donde usted reside?

() Uso de fertilizantes sintéticos (agroquímicos).

() Uso de fertilizantes orgánicos.

() Uso de biofertilizantes (compost y humus).

14. ¿Cuál es el producto agroquímico más usado en sus cultivos? _____

15. ¿Considera usted que el uso de biofertilizantes (compost y humus) mejorara la calidad del suelo?

Si () No ()

ANEXO B. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO

	
Determinación del área de muestreo sobre suelo cultivado con papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	Recolección de la muestra de suelo usando el método de zigzag.
	
Determinación de humedad relativa y temperatura del suelo con ayuda de un termohigrómetro.	Etiquetado de las muestras con sus respectivos códigos.
	
Recolección de submuestra en suelo cultivado con maíz (<i>Zea mays</i>).	Reelección de submuestra en suelo no cultivado (blanco).

ANEXO C. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO



Secado de las muestras a temperatura ambiente previo a realizar los análisis correspondientes.



Determinación de pH y conductividad con ayuda del multiparámetro.



Determinación de densidad real mediante método volumétrico.



Determinación de textura del suelo mediante método de Bouyoucus.



Determinación de cloruros mediante método volumétrico.



Determinación de materia orgánica de las muestras de suelo.

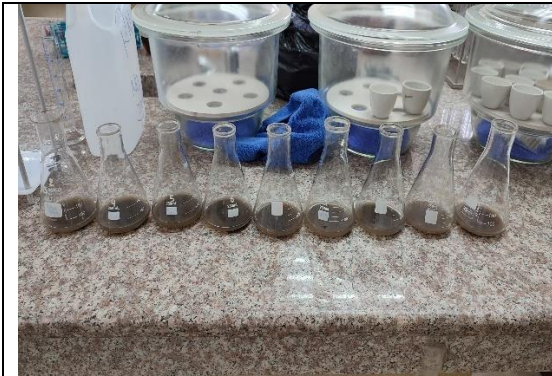


Preparación de muestras para determinar carbono oxidable.

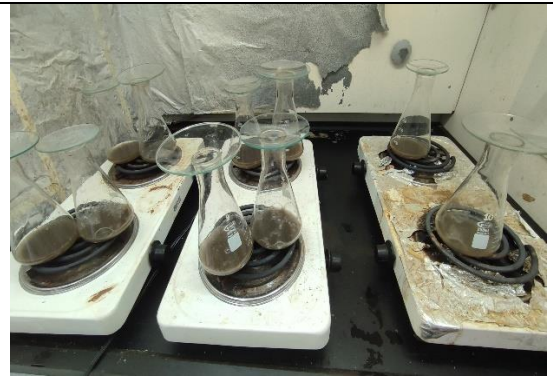


Preparación de muestras para determinar potasio.

ANEXO D. DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA



Preparación de muestras para realizar digestiones ácidas.



Digestión acida de muestras hechas en un extractor de gases.



Muestras digeridas filtradas para obtener el extracto requerido para los diferentes análisis.



Espectrofotómetro de absorción atómica del laboratorio de Química Instrumental.



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 08 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Cristian David Buñay Estrella Anderson David Chimbolema Cepeda
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



1471-DBRA-UPT-2023