



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DEL USO DE MEDIDAS DEL  
RESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES  
FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO PERTURBADAS POR LA  
ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÀREA DE COBERTURA DEL  
SISTEMA DE RIEGO SHOBOL-PASGUAZO CHIMBORAZO**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTOR:** ROBERT MAURICIO ERAZO PISCO

**DIRECTOR:** Ing. Agr. VICENTE JAVIER PARRA LEON, Msc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Robert Mauricio Erazo Pisco

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.

Yo, Robert Mauricio Erazo Pisco, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo 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, 10 de junio del 2024



**Robert Mauricio Erazo Pisco**  
**235004554-4**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DEL USO DE MEDIDAS DEL RESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO PERTURBADAS POR LA ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÁREA DE COBERTURA DEL SISTEMA DE RIEGO SHOBOL-PASGUAZO CHIMBORAZO**, realizado por el señor: **ROBERT MAURICIO ERAZO PISCO**, 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. Alex Vinicio Gavilanes Montoya, PhD.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

2024-06-10

Ing. Agr. Vicente Javier Parra Leon, Msc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

2024-06-10

Ing. Jorge Daniel Córdova Lliquín, Msc.  
**ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

2024-06-10

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo de integración curricular a mi familia. Principalmente a madre y abuelo que han sido el pilar fundamental en mis momentos buenos y malos que he pasado en el transcurso de mi carrera universitaria. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la meta principal. Me han enseñado y guiado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una dosis de amor y cariño sin pedir nada a cambio. También quiero dedicar este trabajo a mis amigos especialmente a Johao Cevallos y Paulina Erazo por su paciencia, sus palabras de alientos y su sabiduría en el transcurso que hemos vivido a lo largo de nuestras vidas universitarias por que como dicen un sabio refrán los amigos más cercanos son nuestra segunda familia que nos regala la vida y ustedes se han convertido eso para mí. Y por último y el más importante a Dios por guiarme en mi camino y estar a lado mío siempre y brindarme coraje, salud y fuerza para cumplir cada una de mis metas sé, que me faltan muchas, pero siempre contare con el apoyo de él, de mi familia y amigos.

Robert

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en mi trabajo de integración curricular a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme seguir avanzando en mis estudios y poder obtener mi título de tercer nivel. A los ingenieros Juan Carlos Carrasco y Daniel Córdova por permitirme formar parte de este proyecto de investigación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería para realizar mis practicas preprofesionales y mi trabajo de integración curricular. A mis compañeros de trabajo por todas las experiencias buenas y malas que obtuvimos al momento de realizar nuestras practicas preprofesionales. A la comunidad del sistema de riego Shobol-Pasguazo por abrirme las puertas para poder realizar y culminar mi trabajo de integración curricular

Robert

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLA .....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACION .....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 <i>Objetivo General</i> .....	4
1.2.2 <i>Objetivo Especifico</i> .....	4
1.3 Justificación .....	5
1.4 Hipótesis o pregunta de investigación .....	6
1.4.1 <i>hipótesis nula</i> .....	6
1.4.2 <i>hipótesis alterna</i> .....	6
1.4.3 <i>Pregunta de Investigación:</i> .....	6

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEORICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 El Suelo.....	7
2.1.1 <i>Factores de formación del suelo</i> .....	7
2.1.1.1 <i>Material parental</i> .....	8
2.1.1.2 <i>Relieve</i> .....	8
2.1.1.3 <i>Factores bióticos</i> .....	9

2.1.1.4	<i>Clima</i> .....	9
2.1.1.5	<i>Tiempo</i> .....	9
2.1.2	<b><i>Propiedades del suelo</i></b> .....	10
2.1.2.1	<i>Propiedades biológicas del suelo</i> .....	10
2.1.2.2	<i>Propiedades químicas del suelo</i> .....	11
2.1.2.3	<i>Propiedades físicas del suelo</i> .....	13
2.1.3	<b><i>Servicios ecosistémicos del suelo</i></b> .....	14
2.2	<b>La Ganadería</b> .....	17
2.2.1.1	<i>Ganadería extensiva</i> .....	18
2.2.1.2	<i>Ganadería intensiva</i> .....	18
2.2.2	<b>La ganadería y su impacto en los recursos naturales</b> .....	19
2.2.2.1	<i>La ganadería y el agua</i> .....	19
2.2.2.2	<i>La ganadería y el suelo</i> .....	20
2.2.2.3	<i>La ganadería y la biodiversidad</i> .....	20
2.3	<b>ANÁLISIS DE IMPACTOS MEDIANTE MÉTODOS ESTADÍSTICOS</b> .....	21
2.3.1	<b><i>Interpolación Bayesiana</i></b> .....	21
2.3.2	<b><i>Análisis espacial de superposición</i></b> .....	21
2.3.3	<b><i>Método Kriging empírico bayesiano</i></b> .....	22
2.4	<b>ENMIENDAS PARA EL RESTABLECIMIENTO DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO.</b> .....	23
2.4.1	<b><i>Prácticas de pastoreo sostenibles</i></b> .....	23
2.4.1.1	<i>Pastoreo rotativo</i> .....	23
2.4.1.2	<i>Pastoreo controlado</i> .....	23
2.4.2	<b><i>Aplicación de enmiendas</i></b> .....	24
2.4.2.1	<i>Enmiendas químicas</i> .....	24
2.4.2.2	<i>Enmiendas orgánicas</i> .....	24
2.4.2.3	<i>Enmiendas mecánicas</i> .....	25
2.4.2.4	<i>Enmiendas mixtas</i> .....	26

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>27</b>
3.1	<b>Área de Estudio.....</b>	<b>27</b>
3.2	<b>Ubicación.....</b>	<b>27</b>
3.3	<b>Metodología de cada objetivo planteado.....</b>	<b>28</b>
3.3.1	<i>Levantar una línea base de las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....</i>	<i>28</i>
3.3.2	<i>Comparar el uso de enmiendas mecánicas, orgánicas, químicas e integradas en el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo.....</i>	<i>30</i>
3.3.3	<i>Elaborar un protocolo para la transferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo.....</i>	<i>31</i>

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
4.1	<b>Levantar una línea base de las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....</b>	<b>33</b>
4.1.1	<i>Distribución de lotes.....</i>	<i>33</i>
4.1.2	<i>Productivo.....</i>	<i>35</i>
4.1.3	<i>Identificación de actores.....</i>	<i>36</i>
4.1.4	<i>Geomorfología.....</i>	<i>37</i>
4.1.5	<i>Clima.....</i>	<i>40</i>
4.1.5.1	<i>Bioclima.....</i>	<i>40</i>
4.1.6	<i>Ombrotipo.....</i>	<i>42</i>
4.1.7	<i>Suelo.....</i>	<i>44</i>
4.1.7.1	<i>Cobertura vegetal.....</i>	<i>44</i>
4.1.7.2	<i>Textura del suelo.....</i>	<i>47</i>
4.1.7.3	<i>Pendiente del suelo.....</i>	<i>49</i>
4.1.8	<i>Agua.....</i>	<i>51</i>

4.1.8.1	<i>Ríos</i> .....	51
4.1.9	<i>Toma de puntos de muestreos de la variable pH y compactación del suelo</i> .....	53
4.2	<b>Comparar el uso de enmiendas mecánicas, orgánicas, químicas e integradas en el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo</b> .....	62
4.3	<b>Elaborar un protocolo para la trasferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo</b> .....	67

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	68
	<b>INTRODUCCION</b> .....	69
	<b>OBJETIVO</b> .....	73
	<b>AMBITO</b> .....	73
	<b>MATERIALES Y METODOLOGIA</b> .....	73
	Materiales .....	73
	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	74
	Importancia de la Enmiendas .....	75
	Beneficios de las enmiendas .....	75
	Tipos de enmiendas.....	77
	Enmiendas Orgánicas.....	77
	Enmiendas inorgánicas .....	79
	Método para conocer la textura del suelo .....	81
	Cal agrícola .....	83
	Beneficios de la Cal Agrícola .....	84
	Como aplicar la cal en la tierra .....	85
	<b>Bibliografía</b> .....	88

## **CAPITULO VI**

	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	90
--	---	----

<b>Conclusiones</b> .....	90
<b>Recomendaciones</b> .....	91
<b>GLOSARIO</b> .....	92
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 2- 1:</b> Gradiente de pendiente según FAO.....	8
<b>Tabla 2- 2:</b> Ciclo de Nitrógeno .....	10
<b>Tabla 2- 3:</b> Escala de conductividad eléctrica según la salinidad .....	12
<b>Tabla 4- 1:</b> Tabla de los grupos de lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	34
<b>Tabla 4- 2:</b> Tabla de las actividades en el sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	35
<b>Tabla 4- 3:</b> Tabla de identificación de autores .....	37
<b>Tabla 4- 4:</b> Tabla de la geomorfología del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	37
<b>Tabla 4- 5:</b> Tabla del bioclima del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	41
<b>Tabla 4- 6:</b> Tabla de ombrotipo del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	43
<b>Tabla 4- 7:</b> Tabla de la cobertura vegetal del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	44
<b>Tabla 4- 8:</b> Tabla de la textura del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	48
<b>Tabla 4- 9:</b> Tabla de la pendiente del suelo.....	49
<b>Tabla 4- 10:</b> Tabla de enmiendas mecánicas en los rangos de la variable compactación del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	57
<b>Tabla 4- 11:</b> Tabla de enmiendas mecánicas en los rangos de la variable Ph del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	60
<b>Tabla 4- 12:</b> Tabla de Valores de la Variable pH del suelo .....	63
<b>Tabla 4- 13:</b> Tabla de Valores de la variable Compactación del suelo.....	65
<b>Tabla 5-1:</b> Tabla de aplicación de la cal agrícola en las diferentes texturas del suelo .....	86
<b>Tabla 5-2:</b> Aplicación de enmiendas orgánicas según su clase de la variable Compactación del suelo .....	86
<b>Tabla 5-3:</b> Tabla de aplicación de enmiendas orgánicas según su clase de la variable pH del suelo .....	87

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 3- 1:</b> Mapa de ubicación del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	27
<b>Ilustración 3- 2:</b> Distribución de parcelas para la colocación de los abonos para la variable pH .....	30
<b>Ilustración 3- 3:</b> Distribución de parcelas para la colocación de enmiendas mecánicas para la variable compactación del suelo .....	31
<b>Ilustración 4- 1:</b> Mapa de distribución de los lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	33
<b>Ilustración 4- 2:</b> Gráficas del área y porcentajes que tiene cada distribución de los lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	34
<b>Ilustración 4- 3:</b> Gráficas del área y porcentajes del sector productivo del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	36
<b>Ilustración 4- 4:</b> Mapa de la geomorfología del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	38
<b>Ilustración 4- 5:</b> Gráfica que representa el área en porcentajes del relieve del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	39
<b>Ilustración 4- 6:</b> Mapa del bioclima del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	40
<b>Ilustración 4- 7:</b> Gráfica que representa el área en porcentajes del bioclima del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	41
<b>Ilustración 4- 8:</b> Mapa del ombrotipo del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	42
<b>Ilustración 4- 9:</b> Gráfica que representa el área en porcentajes del ombrotipo del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	43
<b>Ilustración 4- 10:</b> Mapa de cobertura vegetal del sistema de riego shobol-pasguazo .....	45
<b>Ilustración 4- 11:</b> Gráfica que representa el área en porcentajes de la cobertura vegetal del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	46
<b>Ilustración 4- 12:</b> Mapa de la Textura del suelo del Sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	47
<b>Ilustración 4- 13:</b> Gráfica de las áreas en porcentaje de la textura del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	48
<b>Ilustración 4- 14:</b> Mapa de la pendiente del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	50
<b>Ilustración 4- 15:</b> Mapa de los ríos del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	52
<b>Ilustración 4- 16:</b> Mapa de ubicación de puntos de muestreo en los lotes del sistema riego Shobol- Pasguazo .....	53
<b>Ilustración 4- 17:</b> Mapa de interpolación de los valores netos de la variable Compactación del suelo en el sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	54

<b>Ilustración 4- 18:</b> Mapa interpolado de los valores netos de la variable pH del suelo en el sistema de riego Shobol-Pasguazo.....	55
<b>Ilustración 4- 19:</b> Mapa zonificado de la variable compactación del suelo.....	56
<b>Ilustración 4- 20:</b> Gráficas de los porcentajes obtenidos de la variable Compactación del suelo .....	57
<b>Ilustración 4- 21:</b> Mapa zonificado de la variable pH del suelo.....	59
<b>Ilustración 4- 22:</b> Gráficas de los porcentajes obtenidos de la variable pH del suelo .....	60
<b>Ilustración 4- 23:</b> Mapa zonificado del sistema de riego Shobol-Pasguazo .....	62
<b>Ilustración 4- 24:</b> Grafica de comparación de la variable Ph del suelo por meses .....	63
<b>Ilustración 4- 25:</b> Gráfica de comparación de la variable Compactación del suelo por meses ..	65
<b>Ilustración 4- 26:</b> Protocolo de información.....	67
<b>Ilustración 5- 1:</b> Enmiendas orgánicas e inorgánicas. ....	74
<b>Ilustración 5- 2:</b> Aplicación de enmienda en cultivos .....	75
<b>Ilustración 5- 3:</b> Beneficios de la aplicación de enmiendas.....	76
<b>Ilustración 5- 4:</b> Propiedades físicas y químicas de un suelo sano .....	76
<b>Ilustración 5- 5:</b> Cal agrícola.....	77
<b>Ilustración 5- 6:</b> Preparación del Biol.....	78
<b>Ilustración 5- 7:</b> Humus.....	78
<b>Ilustración 5- 8:</b> Enmienda húmica .....	79
<b>Ilustración 5- 9:</b> Enmiendas inorgánicas .....	80
<b>Ilustración 5- 10:</b> Resumen de la clasificación del tipo de enmiendas .....	80
<b>Ilustración 5- 11:</b> Procesos relacionados con enmiendas químicas y orgánicas.....	81
<b>Ilustración 5- 12:</b> Proceso del método del puño .....	82
<b>Ilustración 5- 13:</b> Técnica de la bola de arena en la mano .....	83
<b>Ilustración 5- 14:</b> Aplicación de la cal agrícola.....	84
<b>Ilustración 5- 15:</b> Beneficios de la cal en plantas .....	85

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ENCUENTRO CON LA COMUNIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO SHOBOL-PASGUAZO

**ANEXO B:** REALIZACION DE ENCUESTA PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA LA LINEA BASE

**ANEXO C:** UTILIZACION DE LOS SENSORES PORTATILES (PENETOMETRO, GPS Y SENSOR PORTATIL DE PH)

**ANEXO D:** TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES PH Y COMPACTACIÓN DEL SUELO

**ANEXO E:** SOCIALIZACION A LOS PROPIETARIOS DE LA APLICACIÓN DE LAS ENMIENDAS PARA CADA VARIABLE

**ANEXO F:** REALIZACION DE LAS PARCELAS

**ANEXO G:** COLOCACION DEL ABONOS Y LA CAL AGRICOLA EN LA PARCELA

## RESUMEN

En el sistema de riego Shobol-Pasguazo se encontró la extracción de carbonato de calcio conocida de igual manera la actividad ganadera, la mala ejecución de los desechos, las malas prácticas agrícola ,el avance de la frontera provocan grandes cambios a la comunidad ,a los recursos naturales y a las propiedades físicas químicas del suelo, por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de medidas de restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera en el área de cobertura del sistema de riego. Para la metodología se comenzó a levantar una línea base de la zona estudiada la que indicó un pH neutro y compactación alta mediante el software Arc Map con el que se diagnosticó una comparación de enmiendas orgánicas, químicas, físicas que ayude al mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera en un tiempo determinado para el desarrollo del protocolo de implementación de medidas del restablecimiento con base a los resultados obtenidos. Mediante esta metodología se logró obtener como resultado un pH neutro y una compactación mayor a 4 Mpa por la cual se implementó enmiendas como la cal agrícola y el rodillo aireador que ayudó al mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo con el fin de plasmarlo en un protocolo de transferencia de información. En este contexto se concluye que en el sistema de riego Shobol-Pasguazo cuenta con un pH neutro y una compactación muy alta por lo cual las enmiendas que ayudaron al mejoramiento de estas variables fue la cal agrícola y el rodillo aireador que se transmitió en el protocolo recordando la importancia de realizar prácticas sostenibles como la rotación de cultivos, el manteniendo constante de los recursos agua y suelo para mantener una equidad en la ocupación de los recursos naturales

**Palabras clave:** < ENMIENDAS>, < PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL SUELO >, < SENSORES PORTATILES>, < PRÁCTICAS SOSTENIBLES>, <RECURSOS NATURALES >, < ECOSISTEMAS DE PARAMO >, <SISTEMA DE RIEGO >, <FACTORES DEL SUELO >.

0738-DBRA-UPT-2024

13-06-2024



## ABSTRACT

In the Shobol-Pasguazo irrigation system, the extraction of calcium carbonate was found, also known as livestock activity, poor waste management, poor agricultural practices, and the advance of the border, causing major changes to the community, natural resources, and the physical-chemical properties of the soil. Therefore, the objective of this research was to evaluate the use of measures to restore the physicochemical properties of the soil disturbed by livestock activity in the area covered by the irrigation system. For the methodology, a baseline of the studied area was started, which indicated a neutral pH and high compaction using the Arc Map software, with which a comparison of organic, chemical, and physical amendments was diagnosed that would help improve the physicochemical properties of the soil disturbed by livestock activity in each time for the development of the implementation protocol for restoration measures based on the results obtained. Through this methodology, a neutral pH and compaction greater than 4 Mpa were achieved, for which amendments such as agricultural lime and an aerator roller were implemented, which helped improve the physicochemical properties of the soil to capture it in an information transfer protocol. In this context, it is concluded that the Shobol-Pasguazo irrigation system has a neutral pH and very high compaction, so the amendments that helped improve these variables were agricultural lime and the aerator roller that was transmitted in the protocol, recalling the importance of carrying out sustainable practices such as crop rotation, maintaining constant water and soil resources to maintain equity in the use of natural resources.

**Keywords:** < AMENDMENTS>, < PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL >, < PORTABLE SENSORS>, < SUSTAINABLE PRACTICES>, < NATURAL RESOURCES >, < PARAMO ECOSYSTEMS >, < IRRIGATION SYSTEM >, < SOIL FACTORS >.



Lic. Lorena Cecilia Hernández Andrade, Msc.

CI: 180373788-9

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema dinámico que desarrolla múltiples interacciones a pasar de los años. El aumento de la población humana en las últimas décadas ha provocado cambios significativos en la calidad del suelo por tal el resultado es el aumento de los desechos y contaminantes. Desde la Revolución industrial en 1970 y la revolución verde en 1940 se estima que alrededor de 150 millones de hectáreas de suelos han sido afectadas por diversas sustancias toxicas como: metales pesados, compuestos orgánicos persistentes, gases efecto invernadero, plaguicidas que se han acumulado en el aire, el agua, el sedimento, el suelo, la biota e incluso, el hombre (Zanor,2018, pag.4).

El uso del suelo en el ecuador se lo conoce o se refiere a la forma en la que se utilizan las tierras en las zonas rurales Así, encontramos los siguientes datos: con un 29,85% es del sector urbano, seguido por pastos naturales 11,96%, los cultivos permanentes representan un 11,62% y cultivos transitorios y barbecho con el 8,58%. Además, podemos observar que un alto porcentaje del suelo está dedicado a bosques con 30,10%, tendencia porcentual presente en todas las regiones con más del 20% cada una. A nivel nacional la mayor superficie de tierra cultivada está destinada a los cultivos permanentes por tal motivo la ampliación de la frontera agrícola cada vez es más extensiva provocando que el suelo vaya perdiendo sus nutrientes y sus propiedades fisicoquímicas del suelo provocando cada vez que se vaya degradando (INEC, 2012 pág. 6).

En la provincia de Chimborazo se ha observado un acelerado proceso de la erosión del suelo debido a una mala distribución de la tierra caracterizada por la presencia extendida del minifundio como resultado de un proceso de colonización inadecuado e injusto que no mejoro la situación de los sectores rurales. En la provincia identificamos un 9,15% del territorio afectado por procesos susceptibles a erosión (alta, media o baja) siendo los cantones más afectados como Guamote, Riobamba, Alausí y Colta. Así, los minifundistas se ven obligados a sobre utilizar el suelo, suprimen el barbecho por falta de espacios disponibles y aceleran la degradación de los suelos; a veces extienden las zonas de cultivos a expensas de la vegetación natural con consecuencia desastrosas para el medio ambiente, como la perdida de especies, el desequilibrio climático, la baja de caudal de agua subterránea, la erosión hídrica de las laderas dando como resultado a la explotación extensivas de baja productividad ,expansión continua de la forma agrícola y a la mala administración de las tierras bajo cultivo (INEC, 2012 pág. 9).

La parroquia San Juan está ubicada en las faldas del nevado Chimborazo y por la naturaleza de la zona tiene gran potencialidad para el desarrollo turístico en la parroquia además dentro de la parroquia se encuentra la reserva faunística Chimborazo. La parroquia cuenta con una superficie total productiva de 3214 hectáreas, la mayor superficie está ocupada por pastos naturales con 1890 hectáreas que representa el 60% seguido de pasto cultivados con el 27%, plantaciones forestales un 7% y cultivos transitorios con el 6%. Aparte de la extracción de minería de metales por la empresa del cemento Chimborazo provocando una alteración al paisaje, contaminación del agua y erosión del suelo (Gadparroquial,2021, pag5-6)

Por medio de este proyecto de investigación se ejecutó el levantamiento de línea base de las variables pH y compactación del suelo para conocer el estado actual del recurso a estudiar para efectuar enmiendas orgánicas, químicas, mecánicas con el fin de mejorar las propiedades físico químicas del suelo perturbadas por la ganadería y plasmarlo en un protocolo de transferencia de tecnologías que será entregado al sistema de riego Shobol-Pasguazo

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACION

#### 1.1 Planteamiento del problema

En el sistema de riego Shobol-Pasguazo en la zona alta conocida como la cordillera se encuentra la extracción de carbonato de calcio conocida como cal agrícola por la empresa cemento Chimborazo provocando gran pérdida de suelo en la zona por ende en temporadas de fuertes precipitaciones todo el material extraído se va deslizando a la zona baja provocando que los comuneros pierdan sus pequeñas cosechas ,animales y vivienda por los efectos de la calcinación ,la tala de árboles, malas prácticas agrícolas, entre otras. El avance de la frontera agrícola generalmente va dejando atrás suelos fuertemente degradados y con una capacidad productiva escasas o muy limitadas lo que representa una gran amenaza para la estabilidad de cualquier ecosistema.

El manejo inadecuado de residuos y desechos generados en las granjas como estiércol, orina y restos de alimentos pueden contaminar suelos y aguas si no se manejan adecuadamente y requieren sistemas apropiados de recolección, almacenamiento y disposición. El pisoteo continuo del ganado especialmente en situaciones de sobrepastoreo puede compactar excesivamente el suelo por lo cual reduce la porosidad y afectando la capacidad de infiltración de agua y el desarrollo radicular de las plantas

La reducción de la materia orgánica se debe a la fertilización inadecuada de los potreros y pasturas con estiércol u otros fertilizantes puede reducir los niveles de materia orgánica a largo plazo, afectando la fertilidad, el pH y capacidad de intercambio catiónico. Un mal manejo de efluentes líquidos como la orina y el lavado de corrales con alto contenido de sales solubles pueden incrementar la salinidad del suelo volviéndose suelos compactados, así como la presencia excesiva del ion sodio en formas intercambiables

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo General***

Evaluar el uso de medidas de restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera en el área de cobertura del sistema de riego

### ***1.2.2 Objetivo Especifico***

- Levantar una línea base de las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo
- Comparar el uso de enmiendas orgánicas, mecánicas, químicas e integradas en el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo
- Elaborar un protocolo para la transferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo

### 1.3 Justificación

Dentro del sistema de riego Shobol-Pasguazo, las actividades productivas más importantes son la agricultura y ganadería causando algunas problemáticas como la degradación y erosión del suelo, la extensión de la frontera agrícola además de la extracción de minerales ocasiona un gran impacto visual de los paisajes, contaminación de los recursos suelo y agua a la comunidad provocando pérdidas de sus cosechas a los moradores en las zonas productivas y ocasiona gran pérdida económica en sus hogares.

Según el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente en el título VII capítulo II artículo 261 nos dice que “las actividades en los páramos deben desarrollarse en forma sostenible y ser compatibles con los objetivos de provisión de servicios ambientales esenciales que garanticen el mantenimiento de las poblaciones locales y la conservación de la biodiversidad”

Por lo que es importante este proyecto de investigación que ayudará a recuperar las propiedades fisicoquímicas del suelo, ya que evaluará la calidad de suelo donde se produce la actividad ganadera para luego comparará enmiendas orgánicas, químicas, físicas y mecánicas en un tiempo determinado y finalmente generará un manual de transferencia de conocimientos donde se explicará que enmienda fue la más apta para el mejoramiento de las propiedades físico químicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera.

El estudio de los recursos naturales renovables es primordial en el análisis de las variables pH y compactación por la preservación del suelo puesto que es vital para la producción de alimentos, el mantenimiento de los ecosistemas, entre otros factores por lo que la actividad ganadera provoca cambios significativos en el suelo como una alta compactación y un pH ácido igualmente nos brinda una buena sostenibilidad en las áreas afectadas por las actividades ganaderas por lo cual es fundamental promover las prácticas agrícolas sostenibles tales como rotación de cultivo, mantenimiento constante del suelo, uso del agua, eliminación de plagas entre otras (Chavez, 2022)

## **1.4 Hipótesis o pregunta de investigación**

### ***1.4.1 hipótesis nula***

La actividad ganadera no incide en la modificación de las propiedades fisicoquímico del suelo

### ***1.4.2 hipótesis alterna***

La actividad ganadera incide en la modificación de las propiedades fisicoquímico del suelo

### ***1.4.3 Pregunta de Investigación:***

¿Qué estrategias ayudan a mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera en un tiempo determinado?

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 El Suelo

El recurso suelo se puede expresar desde diferentes enfoques, desde la definición de ser un manto que cubre la tierra y permite el crecimiento de las plantas (CEC 2006, pág. 3), hasta algo más específico como la definición de suelo como un sistema completo y complejo, que es el resultado de las actividades humanas complementadas por factores bióticos y abióticos sobre el material parental de los diferentes (Bouma 2012, pág. 484).

La composición de este recurso es el resultado de la transformación de la roca madre por procesos químicos, físicos y biológicos a través del tiempo, convirtiendo al suelo en una combinación de agua, aire, minerales, y materia orgánica en diferentes proporciones dando como consecuencia las diferentes características como porosidad, color, etc(Casas 2012, pág. 11)

El estudio del suelo ha ido evolucionando tanto para intereses en el campo agrícola como para comprender la mejora de la calidad del ambiente (Trujillo et al., 2018, pág.30). Con el impulso del desarrollo sostenible desde el año 1960 en respuesta a la evidente degradación ambiental (Beyl & Rachel, 1992, pág.2), se ha buscado fortalecer las medidas de conservación de los diferentes recursos naturales, implementando el monitoreo ambiental, facilitando el conocimiento de sus propiedades y funciones, aprovechándolas como indicadores para el diagnóstico ambiental (Perevochtchikova 2013, pág. 304).

##### *2.1.1 Factores de formación del suelo*

La génesis del suelo es directamente el resultado de diferentes factores que afectan su constitución (Dokuchaev 1883), citado en(Hernández 2008, p. 15), por lo cual se propuso una formula binomial “Formula Dokuchaviana” en la que se establece que la formación de los suelos está determinada por la interacción de factores (clima, roca madre o material parental, relieve, organismos vivos y el tiempo de formación) teniendo como resultado tenemos los tipos de suelo (Hernández et al., 2008 pág.27).

### 2.1.1.1 *Material parental*

En la fase solida los suelos están formados por sustancias inorgánicas por los que obtenemos los diferentes minerales del suelo (Fassbender & Bornwmisza, 1987, pág.7). La variada litología que podemos encontrar, filitas (roca con metamorfosis entre pizarra y esquisto), grauvacas (rocas detríticas sedimentarias), y calizas atravesadas por diques mezclados de manera aleatoria (Sepúlveda, 2000, p.13), este material en conjunto a los procesos de meteorización forma el suelo y definirán el tamaño de sus partículas(Benavides.2012, pág. 27)

### 2.1.1.2 *Relieve*

La dinámica entre las propiedades físicas de agua y suelo influyen directamente en la composición granulométrica del suelo, de tal forma que dicha composición será influenciada por los distintos sedimentos resultantes de estos movimientos de agua en el suelo (Ragimov, et al., 2021, pág.2). Los regolitos que se originan en la erosión de áreas levadas son transportados por efecto de la gravedad destruyendo o modificando la roca madre (Waroszewski, et al., 2015, pág.211).

El relieve menciona cualquier formación en la superficie terrestre generada como resultado de procesos naturales (Vargas et al., 2009, p.10), la pendiente de la superficie del suelo influirá en los procesos de drenaje, escorrentía y erosión (Lytle 1968, pág. 4) para la medición del gradiente de una pendiente se puede usar un clinómetro o a través de las curvas de nivel (Vargas et al., 2009, pág.12) y su clasificación recomendada por la FAO es:

**Tabla 2- 1:**Gradiente de pendiente según FAO

<b>CLASE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>01</b>	Plano	0-0,2
<b>02</b>	Nivel	0,2-0,5
<b>03</b>	Cercano al nivel	0,5-1,0
<b>04</b>	Muy ligeramente inclinado	1,0-2,0
<b>05</b>	Ligeramente inclinado	2-5
<b>06</b>	Inclinado	5-10
<b>07</b>	Fuertemente inclinado	10-15
<b>08</b>	Moderadamente escarpado	15-30
<b>09</b>	Escarpado	30-60
<b>10</b>	Muy escarpado	>60

Fuente: (Vargas et al., 2009, pag.12)

Elaborado por: Erazo, R.2023

### *2.1.1.3 Factores bióticos*

Los horizontes del suelo están formados por elementos biológicos, químicos y físicos, dando como resultado las diferentes actividades como la descomposición de productos vegetales o la degradación de elementos contaminantes por parte de los microorganismos (Gómez y esmeralda 2008, pág. 77). La diversidad vegetal está altamente influenciada por los organismos y viceversa ya que estos generan microclimas aptos para el desarrollo de la fauna edáfica, la cual contribuye activamente en flujos de nutrientes propios de la biota de cada suelo (Sánchez et al., 2008, pag.10).

### *2.1.1.4 Clima*

Se considera al suelo como un cuerpo natural resultante de las condiciones litio-climáticas del ecosistema de estudio, intensificado por su capacidad de drenaje y su historia geomorfológica (Cotler, Sotelo y Dominguez 2007, pág. 5)(Cotler et al., 2007, pag.5). Los procesos de formación y degradación de suelos son influenciados el balance del agua y régimen del suelo mismos que son determinados por las condiciones climáticas (Sentís, 2010, pag.6).

La erosión climática en el suelo está causada por deforestación, sobreexplotación de suelos agrícolas o el abandono de los mismos y el sobrepastoreo, causando efectos negativos en el desarrollo de especies vegetales (Sentís, 2010, p.6), así mismo, para cada zona climática hay un diferente tipo de manejo de suelo con el objetivo de estabilizar el carbono orgánico del suelo lo cual será influenciado directamente por el clima resaltando la necesidad de medidas de mitigación al cambio climático (Valenzuela et al., 2018 pag.234).

### *2.1.1.5 Tiempo*

Se puede definir como tiempo al estado atmosférico en un determinado lugar y tiempo, este podrá ser medido por presión, temperatura, humedad y viento (San Gil et al., 1986, pág.2), este concepto se trata de manera diferenciada a “clima” por razón de que este último considera las variaciones en periodos de 30 años o mayores (Puente, 2019, pág.1). Para la edafología, la variación del tiempo debe ser constantemente monitoreada debido a que estos cambios afectarán al levantamiento de datos para estudios por la alteración de niveles de humedad y en la estructura del suelo (Vargas et al., 2009, pág.9).

## 2.1.2 Propiedades del suelo

### 2.1.2.1 Propiedades biológicas del suelo

#### - Ciclo del Nitrógeno

Este ciclo está directamente relacionado con la fauna del suelo y la actividad que se pueda encontrar a nivel microbiano, en esta parte los organismos descomponen la materia orgánica permitiendo la liberación de nutrientes para el posterior aprovechamiento desde las plantas, siendo que las bacterias intervienen en procesos importantes para el ciclo del nitrógeno como lo son la mineralización, la nitrificación, la fijación del nitrógeno y la desnitrificación (FAO 2023).

**Tabla 2- 2:** Ciclo de Nitrógeno

Mineralización	Las formas puras de N se transforman en $\text{NH}_4^+$ mediante la acción de descomponedores
Nitrificación	Se divide en tres partes <ul style="list-style-type: none"><li>• Transformación de nitrógeno a amonio</li><li>• Oxidación del amonio para convertirlo en nitrito</li><li>• Oxidación para formar nitrato</li></ul>
Fijación de nitrógeno	Consiste en la captación del nitrógeno atmosférico desde las bacterias e incorporándolas al suelo una vez muertas
Desnitrificación	Este proceso será realizado por las bacterias <i>Achromobacter</i> y <i>Pseudomonas</i> , participan en la conversión de nitratos y nitritos como óxido de nitrógeno

Fuente: FAO 2023

Realizado por: Erazo, R.2023

#### - El Ciclo de Carbono

Este ciclo se reconoce como el proceso más importante en nuestro planeta y está realizado por los organismos que habitan el suelo, los cuales consumen los desechos desde la superficie creando una reserva de carbono dentro del suelo con renovaciones constantes, como resultado de esta intervención microbiana son emisiones de  $\text{CO}_2$  y el agua y variedad de productos como el humus (FAO, 2023).

- Organismos del suelo (biota)

Una gran parte de la biodiversidad terrestre global se compone de organismos del suelo. Algunos ejemplos incluyen a los macroorganismos, lombrices de tierra, milpiés y microorganismos como las bacterias y los protozoos. Por ende, es muy importante que los organismos del suelo juegan un papel importante en descomponer la materia orgánica, reciclar nutrientes, generar humus, estructurar el suelo, fijar nitrógeno, promover el crecimiento de las plantas y controlar las plagas y enfermedades (FAO, 2023).

- La actividad enzimática

Se la define como los microorganismos del suelo producen enzimas que ayudan a catalizar las reacciones químicas importantes para el ciclo de nutrientes y la descomposición de compuestos orgánicos. Además, la actividad enzimática del suelo es responsable de la formación de moléculas orgánicas estables que contribuyen a la estabilidad del ecosistema del suelo y la intervención en los ciclos de elementos como la ureasa, proteasa, fosfatasa y B-glucosidasa. Un claro ejemplo en la actividad de la enzima deshidrogenasa se puede usar para calcular la cantidad total de microorganismos presentes en el suelo ya que estas enzimas desempeñan un papel crucial en el proceso de la respiración. Por ende, como resultado es comprender la actividad deshidrogenasa de un suelo nos da una idea general de la cantidad de energía en movimiento presente en el suelo (Ideagro, 2019).

#### 2.1.2.2 *Propiedades químicas del suelo*

- pH del suelo

Es una de las propiedades de mayor interés entre las propiedades químicas para el sector agropecuario, debido a que muchas especies de plantas se desarrollan en condiciones más alcalinas que otras. (Tale & Ingole, 2015, pág. 59). El pH es un indicador de la cantidad de nutrientes disponibles, este potencial nos da la información de que tan ácido o alcalino es nuestro suelo que es de donde las raíces y los diferentes organismos del suelo absorben nutrientes (Osorio 2012, pág. 1).

El pH usa una escala en la que los valores van desde 0 a 14 y para el suelo normal, este valor oscila entre 4 a 8 donde se considera que con un  $\text{pH} < 7$  se los considera suelos ácidos, y si por el contrario el  $\text{pH} > 7$  se los considera suelos alcalinos, siendo este último el más común en zonas

secas tropicales a diferencia de las zonas húmedas tropicales donde normalmente se encuentran suelos más ácidos (Osorio, 2012, pág.2).

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Esta propiedad es en mayor parte la responsable de la fertilidad en los suelos, engloba cationes como el nitrógeno, potasio, calcio y el magnesio, mismos que se disuelven en el agua contenida en el suelo y permitir la absorción de estos por parte de las plantas (Bueno y Lizarazo 2019, p. 9). La intervención de los “cambiadores” en el suelo evalúa los niveles de degradación y los resultados de las enmiendas aplicadas (Otero et al., 1998, pág.189).

- Conductividad eléctrica (CE)

Esta se basa en la proporcionalidad entre la velocidad en la que la corriente eléctrica que atraviesa una solución salina y la concentración de sales en dicha solución, las cuales generaran iones positivos y negativos (Soriano, 2018, pág.4). Esta es una medida de las sales disueltas el agua presente en el suelo que pueden afectar para el desarrollo de microorganismos y plantas (Cremona y Enriquez 2020, pág. 6). Esta medida también sostiene un rango, mismo que será determinado por los factores de formación del suelo dejando como referencia la escala presentada en la tabla 2 de la relación sal-conductividad (Cremona et al., 2020, pág.7).

**Tabla 2- 3:**Escala de conductividad eléctrica según la salinidad

Relación agua-suelo	Conductividad eléctrica dS/m
No salina	0-1
Levemente salina	1-2
Moderadamente salina	2-4
Muy salina	4-8

**Fuente:** (Cremona et al., 2020, p.7).

**Elaborado por:** Erazo, R.2023

- **Materia orgánica**

Este producto dado de la descomposición tanto de especies de flora como de fauna es un proceso biológico en el que el carbono (C) se devuelve a la atmosfera como CO<sub>2</sub>, el nitrógeno

transformado en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) para disponibilidad de las plantas (Silva, 1998, pág.34). La comprensión de la función de la materia orgánica del suelo (MOS) facilitara el entendimiento de las dinámicas de carbono y nitrógeno (Matus y Maire 2000, pág. 1).

El suelo como sistema provee de muchos servicios a los seres humanos los cuales se darán con el correcto balance entre sus propiedades, de ahí la importancia de la recuperación y manejo adecuado, por consiguiente, se necesita tener un equilibrio entre una parte mineral o inorgánica y una parte orgánica que provea de energía y estructura para la circulación de agua y aire, roll que es cumplido por la MOS (Matus & Maire, 2000, pág.1).

### 2.1.2.3 *Propiedades físicas del suelo*

#### - Textura del suelo

La textura o granulometría tendrá origen según la roca madre la que podrá ser arcillosa, limosa o arenosa, en combinación con la vegetación, clima y demás factores de formación donde como resultado se formaran partículas de diferentes tamaños formando lo que podrá ser un suelo con tendencias a arcilloso, limoso, arenoso (Rucks et al., 2004, pág.2), el tamaño de estas partículas finas o gruesas serán las responsables de fijar el tamaño de los poros para la disponibilidad de agua (Fernández y Trillo 2005, pág. 173).

Para su clasificación las partículas que van desde nanómetros a milímetros consideraran para *ARENA*: 0,05 a 2 mm de diámetro; *LIMO*: 2 a 50  $\mu\text{m}$  y para *ARCILLA*: menos de 2  $\mu\text{m}$  y estos a su vez consideraran la proporción de las partículas para las fracciones como los suelos francos por ejemplo (Fernandez & Trillo, 2005, pág.173). para determinar la textura se conocen dos métodos basados en la ley de Stokes, el método de la pipeta y el método del hidrómetro los cuales consideran la velocidad de la sedimentación en relación con el tamaño de las partículas (Beretta et al., 2014, pág.263).

#### - Porosidad

La porosidad del suelo es una de las propiedades que pueden ser indicadores de la calidad del suelo por su característica de saturación de agua entre los poros y la influencia de estos en el intercambio fisicoquímico y biológico entre horizontes del suelo (Gonzales et al., 2011, pág.369), por lo tanto, el buen funcionamiento la relación dada en los poros entre aire-agua-suelo tendrá influencia directa en el desarrollo vegetal (Ellies, Ramírez y Mac Donald 1993, pág. 72).

Tomando en cuenta la conducción y el almacenamiento entre los poros la porosidad se categoriza en tres tipos, la porosidad submicroscópica que no permite el flujo continuo por consecuencia de sus poros extremadamente pequeños, la porosidad microscópica con poros que varían de 15 a 30  $\mu\text{m}$  y la macroporosidad que considera poros grandes no capilares (Gonzales et al., 2012, pág.21).

- Color

Esta característica permite tener una idea aproximada de la composición del suelo, además de algunas propiedades y procesos que se desarrollen en el mismo (Casas, 2012, pág.13), estas variaciones de color serán dadas por agentes cromógenos como el manganeso y los carbonatos, los cuales serán los responsables de que los colores de perfil del suelo sean una de las características más cambiantes del mismo (Moreno y Blanquer 2010).

Otro componente importante para la definición en la colorimetría del suelo será la materia orgánica, esta actúa como un intensificador de la parte oscura y según se avance en cuanto a profundidad del suelo esta irá palideciendo (Moreno y Blanquer, 2010, pág.3). Al contrario de los pigmentos férricos originados por la alteración del material parental dado colores más brillantes (Moreno y Blanquer, 2010, pág.4).

### **2.1.3 Servicios ecosistémicos del suelo**

Aquellas funciones de los recursos naturales que son aprovechadas por los seres humanos son conocidos como “servicios ecosistémicos” (Daily y Matson 2008, pág. 9455) y este concepto está directamente vinculado a la condición ambiental y su cuidado para la conservación (Tallis et al., pág.9457). Al igual que los demás recursos el suelo proporciona servicios a través de las funciones naturales que cumple (López 2016, pág. 10).

Los servicios ecosistémicos a partir de este punto SE, suelen clasificarse con la finalidad de obtener un valor agregado tomando decisiones importantes sobre el manejo de la tierra (Jónsson y Davíðsdóttir 2016, pág. 26), En este sentido, el suelo se considera un recurso finito que presta favores de manera continua e influye de forma directa en las actividades humanas, manteniendo las actividades tanto económicas como sociales a través de sus funciones o SE (Burbano 2016, pág. 119) los cuales se mencionan a continuación:

- Soporte

Se conoce de esta forma a todos los procesos que sirven como base para la generación de otros Servicios Ecosistémicos (González, et al., 2016, pág.28), por lo tanto, el suelo se considera el soporte del complejo modo de vida de los seres humanos a través de su historia(Orjuela 2010, pág. 82) aun así, la capacidad del suelo como soporte de infraestructuras y de las actividades humanas es muy poco valorada (Cram 2007, pág. 82)

El servicio de soporte contempla desde la formación del suelo, ciclo de nutrientes, es gracias a su contenido de MOS contribuye al crecimiento sano de las especies vegetales y es el responsable de contener los procesos biológicos que permiten el desarrollo adecuado en plantas (Gómez & Flores, 2015, p.16). Darle la importancia a este servicio fomentará un manejo óptimo para este recurso considerando que el correcto funcionamiento del sistema suelo asegurará la permanencia de los demás servicios ecosistémicos (Tovar et al., 2020, pág.20).

- Regulación del clima

Los servicios de regulación por parte del suelo se consideran incluso mayores a los servicios de abastecimiento como la materia prima y demás(Marañón y Madejón 2017, pág. 15), los ciclos biogeoquímicos mantienen el equilibrio climático y mantienen el ecosistema saludable (Gómez & Gil, pág.108) y muchos de estos procesos se realizan a través del suelo, por consecuencia el mayor problema ambiental que enfrenta la humanidad es la degradación (Cram et al., 2008, pág.82).

Al actuar como un filtro de contaminantes se considera al suelo como parte importante en la purificación de agua y atmosfera lo que resulta en una mejora a nivel climático (Trujillo et al., 2018, pág.32), normalmente este SE es atribuido directamente a las plantas y demás organismos fotosintéticos, pero uno de los mayores componentes para esta regulación es la biomasa vegetal presente en el suelo(Abouhamad et al. 2017, pág. 82).

- Secuestro de carbono

El ciclo del carbono es de interés científico por la relevancia de este elemento en el ciclo con el mismo nombre y el cambio climático, este recurso se encuentra disperso en zonas petroleras y la biomasa de los bosques (Pérez et al., 2021, pág.142) y en un estudio realizado por Vela et al en 2012 se estableció que el 25% de CO<sub>2</sub> atmosférico en las últimas décadas ha sido por los cambios

en el uso de la tierra y la pérdida forestal por la expansión agrícola-ganadera y la mecanización que llega consigo.

Los sistemas forestales además de generar microclimas para el desarrollo de la vida son el mayor depósito de carbono a nivel terrestre (Jandi, 2005, pág.57), a través del secuestro y almacenamiento de carbono ayuda en la mitigación de los efectos causados por el calentamiento global (IBRAHIM, y ANDRADE 2003, p. 109). En este sentido se responsabiliza a los sistemas ganaderos tradicionales que generan enormes cantidades de gas metano a la atmósfera, por lo cual se presenta a la forestería como método de promoción del almacenamiento y la sustitución del carbono (IBRAHIM, y ANDRADE 2003, p. 109).

Registros evidencian que la implementación de sistemas agroforestales en las fincas dedicadas a la ganadería contribuiría al secuestro de carbono y áreas como pasturas arboladas y otros usos de tierra con enfoque agrícola cumplen funciones de sumideros de carbono (Ibrahim et al., 2013, pág.28), y según modelos climáticos se prevé que para la primera mitad del siglo en el que vivimos estos sumideros aumentarían con el aumento de extensión forestal (Zambrano et al., 2004, pág.14).

- Provisión de materia prima

En la clasificación de los SE, los servicios de abastecimiento cumplen un rol crucial para los seres humanos suministrando fibras, alimentos, combustibles y agua apta para su uso y aprovechamiento (Montico 2021, pág. 2) específicamente entre los servicios mencionados se atribuye a los suelos de cultivo como los responsables del mayor suministro de alimentos a nivel mundial, la base para la generación de energías renovables de origen biológico y por su participación en el ciclo del agua abastece de este recurso a las poblaciones permitiendo filtrar posibles contaminantes que deterioren la calidad de este (HELMING 2018, pág. 2).

El suelo se encarga de la provisión de nutrientes a las plantas favoreciendo que la producción agrícola mantenga la capacidad de abastecimiento a las comunidades de alimentos (Bolaños 2020, p. 16), además que provee de otras materias primas para el aprovechamiento de los seres humanos entre los que están los combustibles, maderas y fibras (FAO 2017, pág. 3).

- Hábitat para organismos

El hábitat se considera un servicio de apoyo en el que el suelo proporciona espacios para la vida de especies de flora y fauna que a su vez tienen procesos que generaran otro tipo de servicios ecosistémicos (FAO 2023). Según el Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo (GTIS 2015, pág.

31), se establece que aproximadamente 360 000 especies animales habitan el suelo, añadiendo que la diversidad existente en el suelo representaría hasta el 25% del total de especies vivas en el mundo.

Este aporte también representa una ventaja en el sector salud debido a que aproximadamente el 80% de agentes bacterianos aprobados entre 1983 y 1994 provienen del suelo (Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo, 2015, pág.31).

- Patrimonio cultural

El suelo como base de las actividades humanas se presenta como una pieza importante en los diferentes paisajes y provee a los seres humanos de un “bien social” por su aporte como espacio de dispersión y actividades de entretenimiento, ameritando su cuidado y conservación, resaltando la relación del sistema natural en donde forma parte suelo y el sistema sociocultural (Burbano, 2016, pág.120).

- *Soporte de actividades productivas*

El suelo se presenta como un sistema multifuncional que permite el desarrollo de actividades antropogénicas de tipo económico, en el cual dependiendo del uso de suelo que se le dé será conservado o tendrá problemas de sellamiento o compactación (Año et al., 2005, pág.66). La importancia de los suelos se vio promovida con la aparición de la FAO y otras organizaciones que recalcan la importancia de este recurso para el cuidado de la producción mundial de alimentos (Cotler et al., 2007, pág.83).

## **2.2 La Ganadería**

La ganadería se define como una actividad económica en la cual se crían y reproducen diferentes especies pecuarias, siendo entre ellas especies ovinas, bovinas, equinas, porcinas, etc. (Rosato, 1988, pág.615). Mas sin embargo esta actividad representa uno de los mayores contaminantes ambientales por la ocupación tan extensa que necesitan estas especies tanto como la emisión de gases de efecto invernadero como el metano (Castaño et al. 2019, pág. 4).

Se estima que el 8% del PIB real total en Ecuador proviene del aprovechamiento de especies pecuarias, fuera de la cadena valor de los productos derivados de estos, que dé ser tomada en cuenta representaría aproximadamente 30%, entendiéndose como una de las actividades económicas más importantes en nuestro país (Garzón, 2022, pág.4), por otra parte, se asume que la

ganadería requiere 3.4 billones de hectáreas (Mora et al., pág.182) mas no presenta las mismas oportunidades laborales en comparación a la agricultura, sin embargo representa niveles mucho más altos en cuanto a contaminación (Vergara, 2010, pág.45).

La ganadería se ve estrechamente vinculada a las actividades agropecuarias siendo que desde la agricultura se obtienen los alimentos para estas especies y el ganado aporta con estiércol que puede ser usado como abono (Cabral de Báez 2013, pág. 1), por esta relación se considera a la ganadería como uno de los mayores responsables en el cambio de uso de suelo por el pastoreo teniendo consecuencias importantes en los paisajes rurales (Murgoitio 2003). Desde el enfoque de la sostenibilidad se han clasificado según su intensificación en ganadería extensiva e intensiva (Muñoz et al., 2018, pág. 2)

#### *2.2.1.1 Ganadería extensiva*

Se considera el tipo de ganadería más apegada al concepto de sostenibilidad debido a que la carga ganadera no tiene impactos directos sobre el suelo en donde se encuentra concentrada (Cingolani et al. 2008, pág. 254) este sistema es habitualmente aplicado en los sistemas de montaña que aprovecha eficientemente los recursos naturales del territorio, con una baja utilización de insumos externos y principalmente mediante pastoreo (Abad 1996, p. 134)

Entre sus principales características destacan el uso extensivo de tierras, el cual puede ser a su vez un punto débil para su implementación, debido a que se requieren grandes extensiones de pastizales. A su vez tiene ventajas para el bienestar animal pues los animales se crían en condiciones más cercanas a la naturaleza, existe una menor densidad animal y se requiere una menor intervención humana (Rodríguez et al., 2019, pág.10). Debido a esto, la ganadería extensiva genera productos de mayor calidad en comparación con la ganadería intensiva. En análisis de productos cárnicos, la carne derivada de la ganadería extensiva presenta mayores valores de ácidos grasos esenciales y poliinsaturados, lo cual provoca un efecto positivo en la salud humana (Pateiro et al. 2020, pág. 446).

#### *2.2.1.2 Ganadería intensiva*

La ganadería intensiva se caracteriza por una alta densidad de animales y una gran utilización de insumos externos. Se usan instalaciones cerradas y los animales reciben una alimentación controlada, concentrada y balanceada. Requiere un manejo sanitario intensivo para prevenir enfermedades y generalmente hace mayor uso de tecnología (Segrelles, 1991, pág.1).

Este tipo de ganadería tiene como objetivo generar una mayor productividad, en un espacio reducido, con menor costo de producción y con un mayor control sobre los animales (Goñi 2022, pág. 110). Entre sus desventajas destacan la afectación al bienestar animal. Al estar en un espacio confinado, su movilidad se ve limitada, y también el entorno puede propiciar la propagación de enfermedades, razón por la cual se requiere un uso intensivo de antibióticos y otros productos químicos. Adicionalmente tiene un considerable impacto ambiental, pues genera una gran cantidad de desechos, que, si no se gestionan adecuadamente, pueden contaminar el suelo y el agua (Manjavacas y Navarro 1995, pág. 49). También el ambiente se ve afectado por el ruido que suelen producir las granjas, además de los olores despedidos, y la contaminación del aire por gases como el amoníaco, el sulfuro de hidrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles (GUTIÉRREZ 2022, p. 114).

### ***2.2.2 La ganadería y su impacto en los recursos naturales***

La ganadería tiene un impacto significativo sobre los recursos naturales tanto a nivel local como global, estos pueden variar según la escala y las prácticas específicas, mismas que pueden acentuar o atenuar estos impactos (Zárate, 2012, pág.194).

#### ***2.2.2.1 La ganadería y el agua***

Los principales impactos de la ganadería sobre el recurso hídrico se basan en el consumo de agua y la contaminación de esta. El tipo de sistema de producción ya sea extensivo o intensivo, se relacionan directamente con el impacto, la ganadería intensiva consume más agua que su contraparte, debido a que los animales necesitan más agua para beber y para mantener su higiene. Adicionalmente se necesita agua para cultivar la materia prima con la que se elaboran los piensos (Blarasin, 2014, pág.4).

El tipo de animal y su producto final influyen en el consumo de agua, los animales más grandes consumen más agua que los pequeños, en este sentido, según estimaciones de la FAO, se necesitan alrededor de 15.000 litros de agua para producir un kilo de carne (FAO 2012). Las zonas con climas cálidos y secos necesitan más agua que los climas fríos y húmedos(Schnabel et al. 2010, pág. 229) .

Existen diversas maneras en las que la ganadería contamina el agua y entre ellas destacan la contaminación por nutrientes de los excrementos animales, los purines y los residuos de los piensos, que son ricos en elementos como nitrógeno y fósforo, pueden llegar a contaminar las aguas superficiales y subterráneas provocando su eutrofización (Felip 2016, pág. 64).

El ganado también puede excretar patógenos como parásitos, virus y bacterias que al contaminar el agua pueden provocar enfermedades en animales y humanos que la consuman (Blarasin, 2014, p. pág.29). La ganadería puede también erosionar el suelo, provocando una liberación de sedimentos al agua (Chagas, 2007, pág.133).

#### 2.2.2.2 *La ganadería y el suelo*

La ganadería provoca una serie de efectos negativos en el suelo, entre ellos la compactación, erosión, contaminación, cambio en su composición química y una reducción de la biodiversidad. Uno de los mayores problemas que provoca la ganadería es la compactación del suelo, la cual reduce la porosidad y afecta su capacidad para retener agua y nutrientes, afectando la actividad biológica que se desarrolla en él. Los organismos que habitan en el suelo requieren una aireación adecuada, además de un espacio poroso por el cual puedan moverse, desarrollarse y cumplir sus funciones biológicas (Torres et al., 2017, pág.19). Las especies forrajeras también se ven afectadas, pues la compactación limita su desarrollo radicular, lo que repercute en la producción y calidad nutritiva del forraje (Roncallo, 2012, pág.90).

Cabe mencionarse que la compactación del suelo, al dificultar la absorción de agua y promover la erosión, tiene un papel indirecto en el aumento del riesgo de desastres naturales como inundaciones, sedimentaciones, y deslizamientos de tierra (Sentís, 2011, pág.9). Se distinguen dos tipos de compactación del suelo de acuerdo con su profundidad en el perfil del suelo y con su origen, la de “Pie de arado”, que se caracteriza por presentar una capa endurecida a más de 20cm de profundidad y se asocia a suelos usados para cultivos que después pasan a una actividad ganadera, y la de “Pie de pezuña” que se origina dentro de los 10cm de profundidad y se asocia al pisoteo del ganado mientras pastan (Muñoz et al., 2018, pág.31).

El cambio de la composición química y la alteración del pH del suelo es el resultado de varios procesos, entre ellos, el aporte de nutrientes provenientes de restos de piensos, y excrementos de los animales que aportan nitrógeno, fósforo y potasio, y que también pueden contener sustancias químicas como pesticidas, hormonas y antibióticos. La erosión del suelo también contribuye a la alteración de su composición química (Marín 2017, pág. 7).

#### 2.2.2.3 *La ganadería y la biodiversidad*

La ganadería se ve relacionada con varios problemas como deforestación, contaminación, fragmentación de hábitats, introducción de especies exóticas y emisiones de gases de efecto invernadero. Todos estos problemas al final afectan la biodiversidad propia de una zona. La

ganadería necesita de grandes extensiones de tierra de manera directa o indirecta, pues necesita tierras para el pastoreo o bien para el cultivo de piensos, ambas situaciones a menudo conllevan la destrucción de bosques que albergan gran variedad de flora y fauna. La destrucción de bosques puede fragmentar hábitats continuos, dificultando el movimiento de las especies, afectando el intercambio genético y reduciendo así la diversidad, pudiendo incluso provocar la extinción local de especies (Noy-Meir, 2005, pág.1-2).

Habitualmente se introducen especies exóticas en hábitats nuevos, esto con fines de aumentar la productividad. Estas especies pueden competir por los recursos con las especies nativas de la zona, y pueden provocar su desplazamiento y extinción (Casinello, 2012, pág.49). A nivel global la ganadería es una gran fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente metano y óxido nitroso, los cuales contribuyen al cambio climático que afecta a los ecosistemas y a la biodiversidad (Saíz, 2010, pág.10).

## **2.3 Análisis de impactos mediante métodos estadísticos**

### **2.3.1 Interpolación Bayesiana**

La interpolación bayesiana es una técnica estadística que se utiliza para estimar valores desconocidos a partir de valores conocidos, permite la a generación de mapas de variabilidad espacial contribuyendo al ajuste de regresiones con datos espaciales (Giannini, pág.13, 2021). En el contexto de la implementación de enmiendas orgánicas del suelo, la interpolación bayesiana se puede utilizar para estimar la distribución de propiedades del suelo, como la fertilidad, la textura o la materia orgánica, en áreas donde no se han realizado mediciones.

La interpolación bayesiana se basa en la suposición de que las propiedades del suelo en un área siguen una distribución probabilística (Giannini 2021, pág. 22), esta distribución se puede estimar a partir de los valores conocidos, utilizando un modelo estadístico bayesiano, este modelo relaciona las propiedades del suelo con las variables que influyen en ellas, como la topografía, el tipo de suelo o el clima. Una vez estimado el modelo bayesiano, se puede utilizar para estimar las propiedades del suelo en áreas donde no se han realizado mediciones.

### **2.3.2 Análisis espacial de superposición**

Es un método estadístico utilizado para realizar comparaciones, la superposición y las divisiones lógicas permitiendo determinar zonas homogéneas y su relación con las variables del entorno, esta metodología esta apegada estrictamente a la geografía, este proceso se puede realizar a través

del análisis comparativo o a través de la vinculación cualitativa de los valores (Baxendale y Buzai 2011, p. 9)

La superposición de mapas en diferentes puntos de la historia refleja las variaciones espaciales que se han presentado en las zonas y los cambios de uso de suelo que estas han tenido permitiendo la identificación de los patrones que se desarrollan en torno a los espacios geográficos (Humacata & Buzai, pág.1002, 2018). El análisis espacial de superposición se puede realizar utilizando software de sistemas de información geográfica y su uso en la implementación de enmiendas orgánicas del suelo tiene el potencial de mejorar la productividad agrícola y la sostenibilidad del medio ambiente.

### ***2.3.3 Método Kriging empírico bayesiano***

Es un método de interpolación que se da a partir de la integración del conocimiento previo, anteponiéndola a la observación lo que la convierte en una interpolación de valores adecuadas en una, esta metodología se ajusta al semivariograma experimental de manera automática simulando situaciones considerando como valor los datos de entrada que son probabilidades a priori (Gonzales, et al., pág.36, 2020).

El método Kriging empírico bayesiano (EBK) según datos de(Granados 2017, pág. 55)se basa en dos supuestos principales:

- Suposición de normalidad: Los datos observados siguen una distribución normal multivariable (Granados, pag.53, 2017).
- Suposición de dependencia espacial: Los valores de la propiedad del suelo en puntos cercanos son más similares que los valores de puntos distantes (Granados, pag.53, 2017)

Esta metodología utiliza un modelo de regresión lineal para estimar la distribución normal multivariable de los datos observados, el modelo de regresión lineal se ajusta a los datos observados utilizando un algoritmo iterativo (Gonzales, et al., pág.36, 2020). Una vez estimado el modelo de regresión lineal, se puede utilizar para estimar los valores desconocidos de las propiedades del suelo. Para ello, se utilizan los valores conocidos de las variables independientes para predecir los valores desconocidos de la variable dependiente, esto puede ayudar a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre la aplicación de enmiendas orgánicas.

## **2.4 Enmiendas para el restablecimiento de propiedades fisicoquímicas del suelo**

El devolverle la salud a un suelo deteriorado por la compactación y todo lo que conlleva, puede ser un desafío, pero existen varias intervenciones que pueden realizarse, además de la adopción de nuevas prácticas que en conjunto ayudan a restaurar las características del suelo y por ende a recuperar un ecosistema. Las actividades que se realicen dependerán de las características específicas del suelo y de las condiciones locales, es por ello que como primer paso deben realizarse pruebas en el suelo a fin de diagnosticarlo y tratarlo adecuadamente (Muñoz et al., 2018, p pág.31).

### **2.4.1 *rácticas de pastoreo sostenibles***

El pastoreo sostenible es definido como una serie de prácticas que buscan un equilibrio entre una adecuada producción ganadera y la conservación del medio ambiente, preservando la salud de los pastizales, conservando la biodiversidad y reduciendo los impactos negativos en el ecosistema.

#### **2.4.1.1 *Pastoreo rotativo***

Consiste en dividir el área total de pastoreo en secciones más pequeñas por las cuales rotará el ganado regularmente. Esta práctica ayuda a que los pastizales crezcan saludablemente, que el suelo tenga el tiempo necesario para recuperarse y que el ganado tenga siempre disponible alimento abundante y fresco. Se recomienda que cada parcela se pastoree hasta que el forraje alcance una altura de 3cm a 5cm, y dejarla descansar hasta que el pasto alcance una altura entre 12cm a 18cm. El tiempo que esto tarde dependerá del clima propio de la zona, la calidad del suelo, el tipo de pasto, la estación del año y la intensidad del pastoreo. El número de parcelas necesarias se relaciona directamente con el tiempo de descanso e inversamente con el tiempo de descanso (Ortíz y Silva 2006, p. 15,16)(Ortíz y Silva, 2006, pág.15,16).

$$\text{Número de parcelas} = (\text{semanas de pastoreo} \div \text{semanas de permanencia}) + 1$$

#### **2.4.1.2 *Pastoreo controlado***

Es una variante del pastoreo rotativo, en el que se pone énfasis en la regulación del número de animales que permanece en un área determinada, del tiempo que pastan ahí, y la cantidad de pasto que consumen. Los tiempos de descanso y de permanencia son definidos según los objetivos de la producción. Algunas de sus desventajas se relacionan con la mayor atención que requiere,

mayor mano de obra, mejor infraestructura, y una mayor inversión. Su aplicación más beneficiosa en terrenos de alta heterogeneidad vegetal y muy desparejos (Portillo y Zabala, 2010, pág.24).

## **2.4.2 Aplicación de enmiendas**

Las enmiendas son materiales o sustancias que se añaden al suelo con el fin de corregir o mejorar sus propiedades físicas, químicas o biológicas.

### **2.4.2.1 Enmiendas químicas**

Son sustancias o compuestos que se agregan al suelo principalmente para ajustar el pH o suministrar nutrientes. Para el primer caso el más usado es la cal, para corregir suelos con pH bajo, y arenisca, azufre elemental, sulfato de amonio o urea para disminuir el pH en suelos alcalinos (Changoluisa 2020, p. 35-38)

Para suministrar nutrientes se usan comúnmente urea y nitrato de amonio, que aportan nitrógeno, fosfato monoamónico, que aporta fósforo, sulfato de potasio, que proporciona potasio, yeso agrícola, que aporta calcio y azufre, fosfato monocálcico, que aporta calcio además de fósforo, entre otros (INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION, 2002, pág.6-9).Las enmiendas químicas deber ser administradas previo estudio de las necesidades específicas del suelo, con precaución, y siguiendo las dosis recomendadas para evitar que se presenten efectos adversos o se conviertan en un contaminante(Gómez 2005, pág. 78).

### **2.4.2.2 Enmiendas orgánicas**

Son sustancias de origen biológico que se añaden al suelo para mejorar sus propiedades. Al ser materia orgánica, además de aportar nutrientes ayudan mejorar la estructura del suelo, incrementan la fertilidad, promueven una actividad biológica beneficiosa, aumentan la retención de agua y reduce la erosión (Montoya, et al2020, pág. 59). Entre los más comunes tenemos:

- Estiércol: Proviene de animales como, vacas, caballos, ovejas, cerdos, entre otros. Es una materia orgánica rica en nutrientes (Montoya et al., 2020, pág.61).
- Compostaje: Se produce a partir de material orgánico descompuesto derivado de restos de alimentos, estiércol, paja, residuos de jardín, y otros materiales orgánicos (Montoya et al., 2020, pág.62).
- Residuos vegetales: Los restos de plantas, hojas, tallos y otros desechos vegetales pueden utilizarse para mejorar la estructura y fertilidad del suelo (Montoya et al., 2020, pág.60).

- Humus: Es el resultado final de la descomposición de la materia orgánica por microorganismos, como hongos y bacterias. El humus se puede encontrar en diferentes colores, desde negro hasta marrón, depende de su composición y de las condiciones en las que se ha formado (Luna y Mendoza 2002, pág. 50).
- Turba: Es un material orgánico formado a partir de la descomposición de plantas acuáticas en ambientes húmedos y pantanosos, comúnmente usado como enmienda para mejorar la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua. Al ser un recurso natural no renovable el Real Jardín Botánico de Kew en Inglaterra, desaconseja su uso (Huaylla, 2020, pág.16).
- Harina de huesos: Es una fuente de fósforo orgánico que se obtiene a partir de la calcinación de huesos animales y puede ser utilizada para enriquecer el suelo (Sembrera, 2020, pág.11).
- Guano: Se obtiene a partir de excremento de aves marinas o murciélagos, es rico en nutrientes, como nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales.
- Bokashi: resulta de la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos. Es rico en nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales (Ambrocio et al. 2023, pág. 26).
- Biol: abono orgánico líquido producido a partir de la fermentación de residuos orgánicos en condiciones anaeróbicas. Durante su producción los microorganismos producen la liberación de nutrientes, enzimas y compuestos beneficiosos desde la materia orgánica (Barros et al. 2020, pág. 2)

#### 2.4.2.3 *Enmiendas mecánicas*

Las enmiendas mecánicas del suelo se basan en métodos físicos que modifican la estructura del suelo, buscando mejorar sus propiedades físicas. El método a utilizar dependerá del tipo de compactación, de su profundidad, y del suelo (Alonso et al., 2023, pág.79).

El rastrillo californiano es una herramienta de gran utilidad cuando la compactación es superficial (Mendoza 2021, p. 23). El renovador de praderas es un equipo agrícola que rompe las capas compactas, mejora la oxigenación, la infiltración del agua y la absorción de nutrientes. Esta herramienta no levanta la capa de pasto y puede penetrar hasta 40cm de profundidad en condiciones adecuadas (Lerma Lasso et al. 2022, pág. 38).

El subsolador remueve las capas profundas del suelo sin provocar la inversión del perfil. Penetra a mayor profundidad que el renovador y fragmenta el suelo en forma de “V”, mejorando la infiltración de agua, y la penetración de las raíces (Osuna et al., 2019, pág.2).

Los arados de cincel, vibratorios o rígidos rompen la compactación del suelo, producto del uso excesivo del arado a una misma profundidad, del paso del tractor o del pisoteo del ganado. La función de vibración tiene una ventaja adicional al descompactar el suelo, pues su movimiento oscilatorio hace estallar la capa compacta (Lerma et al., 2022, pág.37).

Es importante destacar el papel de la humedad del suelo mientras se realizan las tareas de arado. En un suelo con exceso de humedad el paso de la maquinaria puede provocar o empeorar una compactación, o los cinceles pueden abrir una herida en el suelo sin romper las zonas de compactación. Un suelo con poca humedad puede dificultar las tareas de la maquinaria pues se requiere de mayor potencia para lograr los resultados deseados (Muñoz et al., 2018, pág.34).

#### *2.4.2.4 Enmiendas mixtas*

Consisten en el manejo conjunto de las enmiendas químicas u orgánicas potenciadas por las enmiendas mecánicas. Al crear un espacio poroso por el cual puedan fluir los gases, agua, se favorece un desarrollo adecuado del sistema radical. Las enmiendas de tipo orgánicas ayudan a mantener una estructura favorable del suelo, además de nutrirlo. La elección de los fertilizantes y la maquinaria a usarse dependerá de las características del suelo a restaurar (Escobar, et al., 2019, pág. 46)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLOGICO

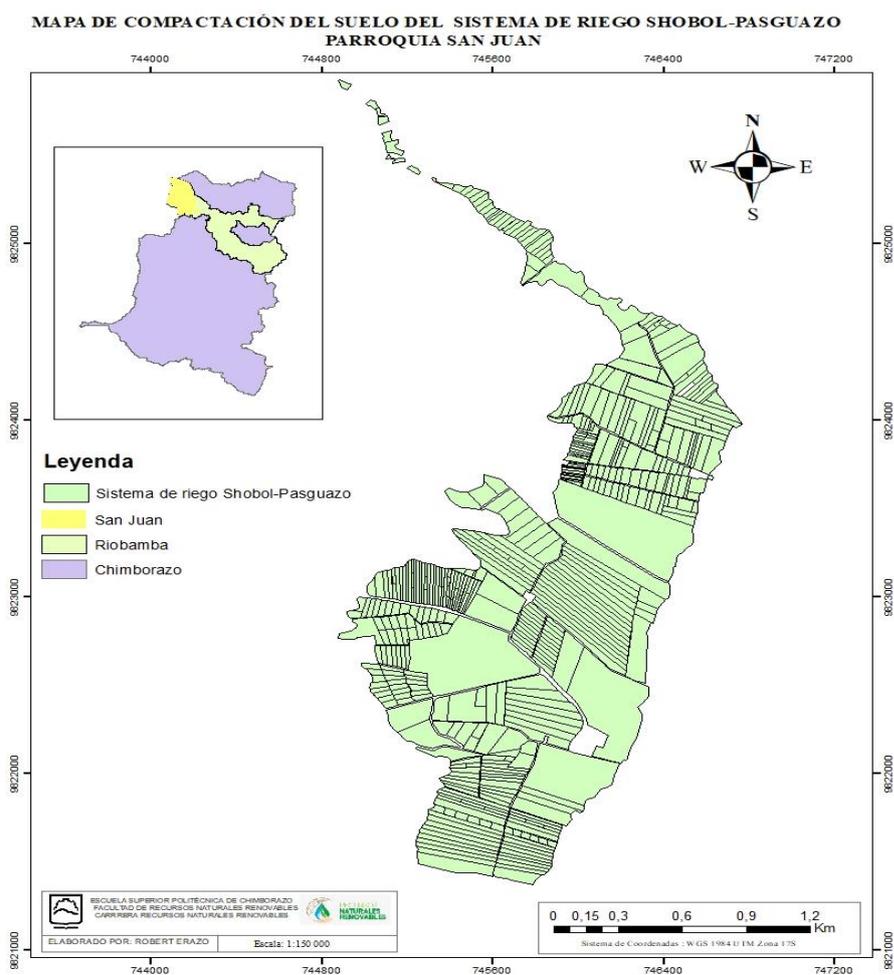
#### 3.1 Área de Estudio

El sistema de riego Shobol-Pasguazo se encuentra ubicada en la parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo cuenta con una extensión de 288,50 hectáreas de terreno

#### 3.2 Ubicación

Latitud: 1° 36' 1,084" S

Longitud: 78° 47' 58,429" W



**Ilustración 3- 1:** Mapa de ubicación del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Elaborado por: Erazo, R.2023

### **3.3 Metodología de cada objetivo planteado**

#### **3.3.1 *Levantar una línea base de las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo***

Se ejecutó encuentros con los propietarios de los lotes del sistema de riego Shobol.Pasguazo con el fin de obtener información para el levantamiento de la línea base por la cual elaboramos mapeos de la comunidad de forma colaborativa, identificando elementos como: la división política, la identificación de autores, geográficos, recursos como agua, aire y suelo, servicios ecosistémicos, etc. Se formaron grupos representativos de la comunidad (mujeres, jóvenes, agricultores, etc.) para identificar temas y problemas percibidos como prioritarios través de discusiones formales, una vez explicado y tener el permiso de los propietarios de los lotes, se comenzó con el levantamiento de información en la zona de estudio para desarrollar los siguientes procedimientos en el software Arc gis para lo cual se ejecutaron los siguientes pasos:

Se comenzó abriendo el software Arc gis colocando la capa de lotes donde se encuentran los terrenos del sistema del riego Shobol -Pasguazo una vez colocada la capa de lotes ocupamos la herramienta Create fishnet en el que se generó la grilla de muestreo con las medidas de 50 x 50 metros luego recortamos la capa con la figura de nuestros lotes para obtener los puntos del muestreo en campo.

Una vez generados los puntos de muestreo, se comenzó con las salidas de campo para levantar la información de las variables mediante sensores portátiles, se utilizó un penetrómetro de reloj (Newton) para relevar la información puntal de compactación del suelo y un medidor de pH portátil para levantar el potencial hidrogeno del suelo. Con la ayuda del GPS nos trasladamos a la ubicación de nuestros puntos para las tomas de muestras

Se registró los valores obtenidos de la variable compactación del suelo a una base de datos con el fin de transformarlos a las unidades establecidas (Megapascales) mediante la siguiente formula: (el dato obtenido en campo / diámetro de la punta \*100/1000) una vez transformados nuestros datos ingresamos al Arc Map para el siguiente paso

Para llevar a cabo la elaboración de los mapas, primero se ingresa los datos al software Arc gis en el que se efectuó el análisis exploratorio de datos para determinar la distribución normal de los mismos se revisó los valores de curtosis, media ,mediana y como se visualiza los datos en el histograma para ver la campana de Gauss luego interpolamos las variable pH y compactación del suelo con el método de Kriging empírico bayesiano en el cual introducimos los siguientes parámetros: número de simulaciones, número máximo de vecinos, número mínimo de vecinos, radio de vecindad, tipo y una vez introducida estos parámetros interpolamos las variable para así poder reclasificar mediante un rango determinado que se observa en las siguientes tabla.

<b>CLASE</b>	<b>PH</b>
<b>ÁCIDO</b>	< 5
<b>MODERADAMENTE ÁCIDO</b>	5 a 6,5
<b>NEUTRO</b>	6,5 a 7 5
<b>MODERADAMENTE ALCALINO</b>	7,5 a 9
<b>ALCALINO</b>	> 9

Elaborado por: Erazo, R.2023

<b>CLASE</b>	<b>RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (MPA)</b>
<b>MUY BAJO</b>	< 0,1
<b>BAJO</b>	0,1 a 1
<b>MODERADO</b>	1 a 2
<b>ALTO</b>	2 a 4
<b>MUY ALTO</b>	> 4

Elaborado por: Erazo, R.2023

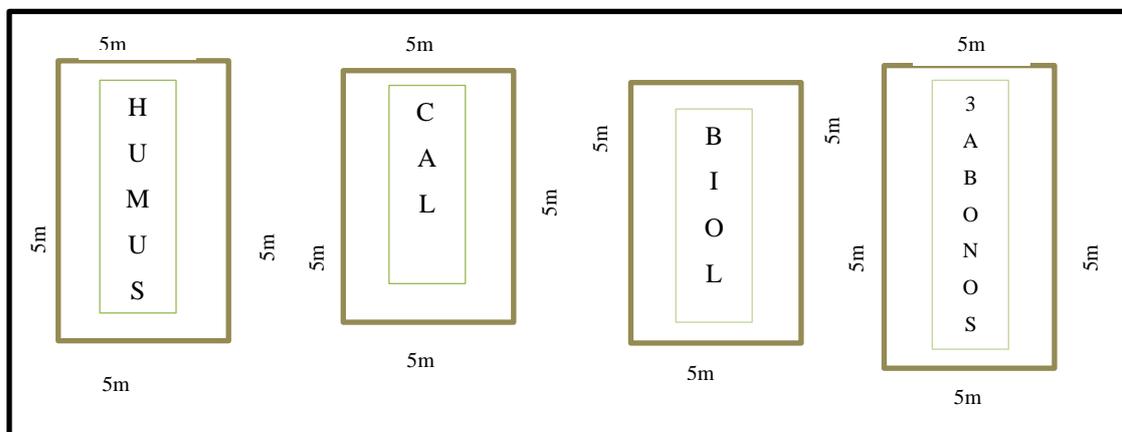
Se elaboró el análisis de la superposición de los rasters por la cual primero se cargó los dos conjuntos de datos raster de las variables pH y compactación del suelo en Arc Map una vez colocado los raster recortamos los raster a una área común de interés (lotes del sistema) con la herramienta Extract by Mask después utilizamos la herramienta Raster Calculator para crear un nuevo archivo raster que resulte de una operación entre ambos valores de raster en nuestro caso la operación que utilizamos es la suma y comparamos visualmente el resultado con los rasters de entrada para verificar su coherencia por la cual finalizamos creando un mapa de análisis de priorización de las zonas donde se deben actuar de manera más rápida y las zonas donde se debe actuar de manera moderada

### 3.3.2 Comparar el uso de enmiendas mecánicas, orgánicas, químicas e integradas en el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo

Se efectuó la socialización en el sistema del riego Shobol-Pasguazo en la cual se mostraron los resultados de cómo se encuentra los lotes en el sistema de riego y se priorizó los lotes donde se aplicará las enmiendas que deben tener características como la no ejecución de actividades ganaderas y agropecuarias durante 6 meses

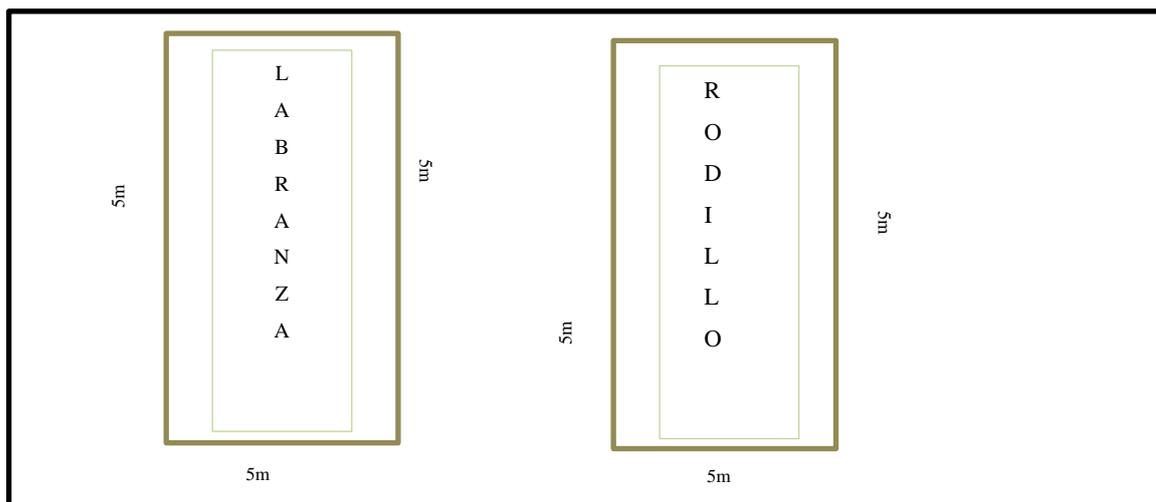
Se realizó 4 parcelas con las medidas de 5x5 donde en cada parcela se implementó los diferentes tipos de abonos (Biol, humus), cal agrícola y la última parcela será una combinación de los tres abonos con el fin de comparar cuál de los abonos ayudan a mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo en un tiempo determinado.

Se colocó la primera parcela con quicuyo, se comenzó con la aplicación del abono orgánico Biol y continuamos el mismo proceso con las demás parcelas aplicando los diferentes tipos de abonos y la cal agrícola para la variable pH. Se operó el mismo procedimiento con la variable compactación del suelo, pero para esta variable utilizamos el rodillo aireador y la labranza mínima



**Ilustración 3- 2:**Distribución de parcelas para la colocación de los abonos para la variable pH

**Realizado por:** Erazo, R.2023



**Ilustración 3- 3:** Distribución de parcelas para la colocación de enmiendas mecánicas para la variable compactación del suelo

Elaborado por: Erazo, R.2023

Se tomó los datos de las variables pH y compactación del suelo durante 6 meses con el fin de comparar que enmienda ayudó a la variable pH y compactación del suelo para realizar el análisis estadístico descriptivo de los resultados obtenidos lo que favoreció a definir la enmienda que mejor efecto al restablecimiento de las variables pH y compactación del suelo

### 3.3.3 *Elaborar un protocolo para la transferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo*

Se ejecutó la reunión donde se habló del formato que vamos a utilizar para la elaboración del protocolo donde se define los objetivos generales, el marco teórico, la metodología y los resultados que obtuvimos al desarrollar.

Se la revisión bibliográfica de la enmienda que favoreció al mejoramiento de las propiedades físico químicas del suelo en donde se explicó la cantidad del abono se incorporó en el suelo, los beneficios, la importancia y como ayuda al suelo a que recupere sus propiedades

Se elaboró el manuscrito donde se incluye la introducción de manera general, los objetivos específicos al proyecto, diagramas que explican la importancia, beneficios, usos de abono que ayudó al mejoramiento de las propiedades físico químicas del suelo y las ilustraciones que explican el proceso de la implementación de las enmiendas con los diferentes tipos de abonos.

Una vez efectuada la revisión bibliológica y aceptado el formato del protocolo se ejecutó la socialización con la comunidad entregándoles el protocolo para la transferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo

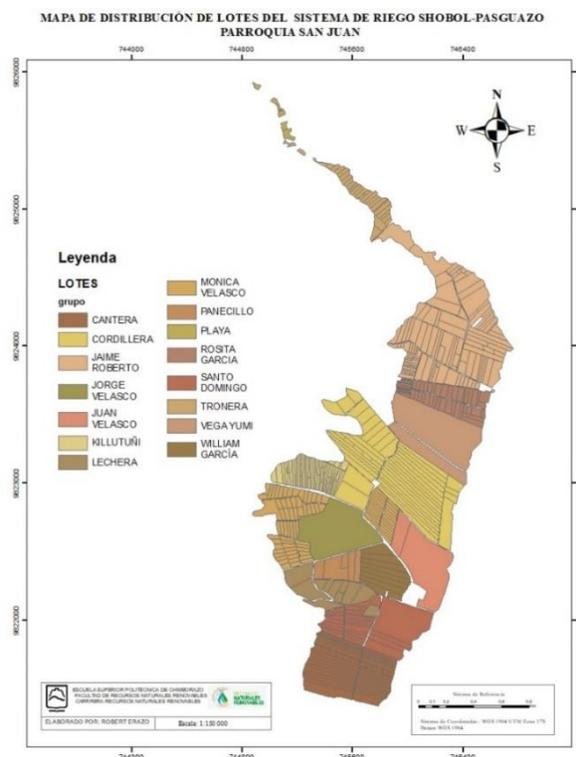
## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Levantar una línea base de las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

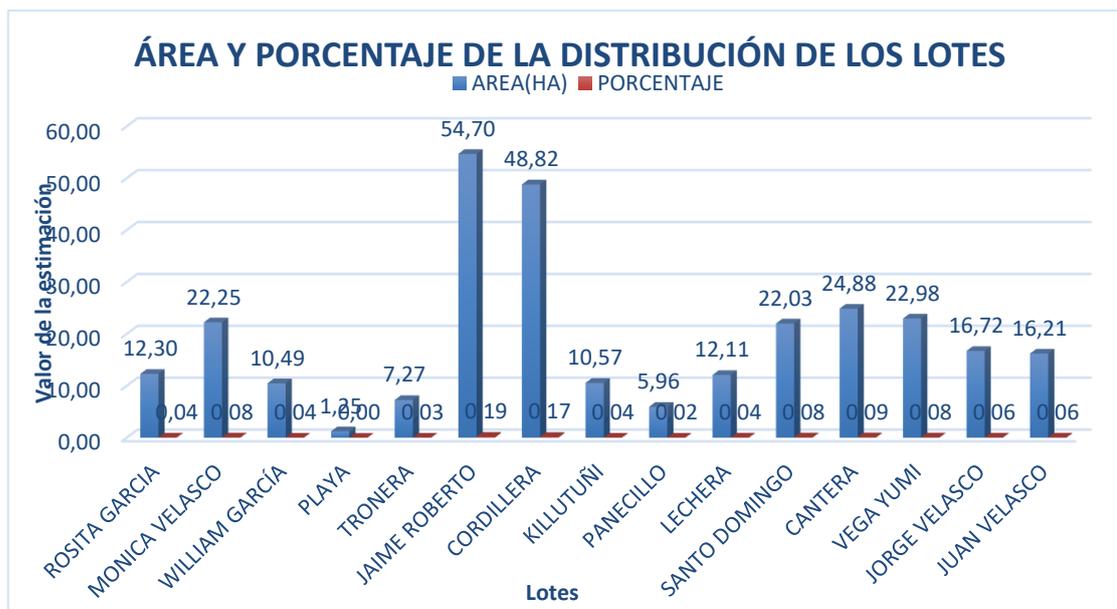
##### 4.1.1 Distribución de lotes

Por medio de las técnicas conocidas como las metodologías participativas por entrevistas semiestructuradas en el sistema de riego Shobol-Pasguazo se encontró la siguiente distribución 462 lotes en las cuales se dividen en 14 grupos que son los siguientes: 6 lotees en el grupo La Playa ,30lotes en el grupo tronera ,108 lotes en el grupo Jaime Romero ,51 lotes en el grupo Rosita García ,44 lotes en el grupo Cordillera, 84 lotes en el grupo Mónica Velasco, 2 lotes en el grupo Juan Velasco, 51 lotes en el grupo Killutuni,1lote en Jorge Velasco ,5 lote en Panecillo ,8 lote en William García ,11 lotes en la Lechera ,27 lotes en Santo domingo y 33 lotes en Cantera



**Ilustración 4- 1:** Mapa de distribución de los lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 2:** Gráficas del área y porcentajes que tiene cada distribución de los lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

**Tabla 4- 1:** Tabla de los grupos de lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo

GRUPO	AREA(HA)	PORCENTAJE
ROSITA GARCIA	12,30	0,04
MONICA VELASCO	22,25	0,08
WILLIAM GARCÍA	10,49	0,04
PLAYA	1,25	0,00
TRONERA	7,27	0,03
JAIME ROBERTO	54,70	0,19
CORDILLERA	48,82	0,17
KILLUTUÑI	10,57	0,04
PANECILLO	5,96	0,02
LECHERA	12,11	0,04
SANTO DOMINGO	22,03	0,08
CANTERA	24,88	0,09
VEGA YUMI	22,98	0,08
JORGE VELASCO	16,72	0,06
JUAN VELASCO	16,21	0,06
<b>TOTAL</b>	<b>288,55</b>	<b>100</b>

Realizado por: Erazo, R.2024

la distribución de lotes que se encuentra en el sistema de riego Shobol-Pasguazo es la siguiente rosita García cuenta 11,24 ha y representa el 0,04% luego el grupo de Mónica Velasco que cuenta con 22,25 ha y representa el 0,08%, seguimos con el grupo de William García que cuenta con 0,49 ha y representa el 0,04% continuamos con el grupo la playa que cuenta con 1,25ha y

representa 0,00%, el grupo la tronera que cuenta con 7,27ha y representa el 0,03%, el grupo Jaime Roberto cuenta con 54,70 ha y representa el 0,19%, el grupo la cordillera cuenta con 48,82 ha y representa el 0,17%, el grupo killutuñi cuenta con 10,57 ha y representa el 0,04% , el grupo del panecillo cuenta con 5,96 ha y representa el 0,02%, el grupo la lechera cuenta con 12,11ha y representa el 0,04%, el grupo santo domingo cuenta con 22,03ha y representa 0,08%, el grupo cantera cuenta con 24,88ha y representa el 0,09% el grupo vega yumi cuenta con 22,98 ha y representa el 0,08%, continuamos con el grupo Jorge Velasco que cuenta con el 16,72ha y representa el 0,06% y para finalizar tenemos el grupo juan Velasco que cuenta con el 16,21ha y representa el 0,06%

Según (Mzuku et al. 2005, pág. 3) establece que es muy importante conocer la distribución de los lotes debido a que no en todos los lotes se encuentran los mismos rangos del estudio de las variables a analizar ya que se identifican patrones espaciales de variabilidad que pueden influir en las características del suelo por lo cual al momento de diseñar o implementar estrategias de muestreo es crucial conocer dicha distribución.

Pero (Gronward,2002) dice que la importancia del pH del suelo en la producción de cultivos y enfatiza como la distribución de lotes puede afectar la variabilidad del pH en el campo por lo cual destaca la necesidad de evaluar la distribución de lotes para identificar áreas con pH subóptimo y tomar medidas correctivas para optimizar la producción agrícola

De igual modo (Tillotson y Weindorf,2027) expresan que explorar el papel del manejo del suelo como en la distribución de lotes pueden influir en la compactación del suelo por lo cual sugiere que al comprender la distribución espacial de los lotes es esencial para implementar practicas de manejo del suelo que reduzcan la compactación y promuevan una estructura del suelo saludable

#### 4.1.2 Productivo

El sistema de riego cuenta con 288,50 ha de las cuales se dividen en las siguientes actividades:  
Como se observa en la tabla 4-2

**Tabla 4- 2:** Tabla de las actividades en el sistema de riego Shobol-Pasguazo

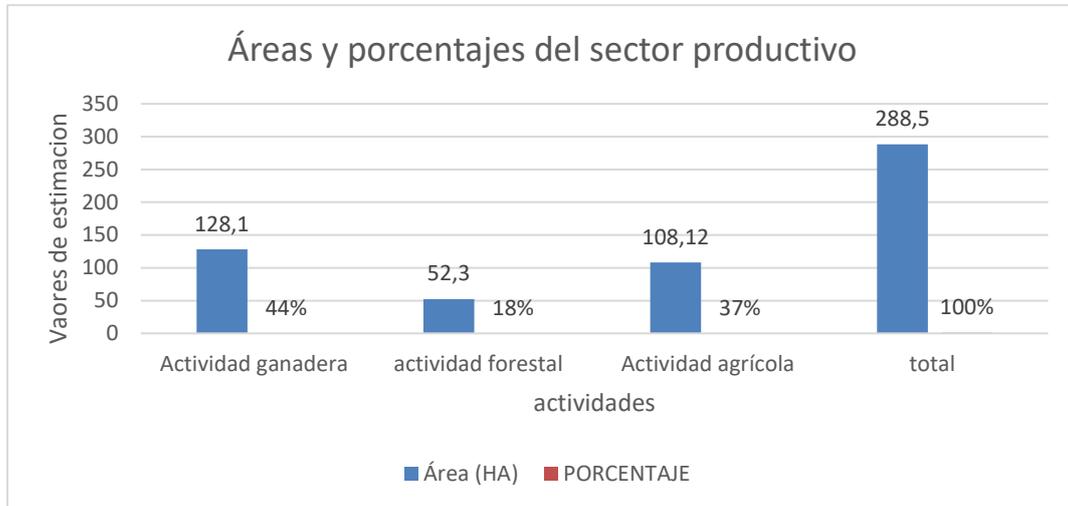
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>ÁREA (HA)</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>ACTIVIDAD GANADERA</b>	128,1	44%
<b>ACTIVIDAD FORESTAL</b>	52,3	18%
<b>ACTIVIDAD AGRÍCOLA</b>	108,12	37%

**TOTAL**

288,5

100%

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 3:** Gráficas del área y porcentajes del sector productivo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

En el sistema de riego la actividad que mayor resalta es la ganadería ya que la ganadería a nacional es producida por 800 millones de pequeños productores ya que depende de la ganadería para sus actividades agrícolas como la cría de una amplia gama de animales como vacas, búfalos, ovejas, cabras, cerdos, aves de corral entre otros

Según la inversión de la población rural (Ifad,2022) se prevé que en los próximos 20 años la demanda de productos ganaderos se incrementara significativamente debido a la urbanización, el desarrollo económico y los cambios en los patrones de consumo de los países que se encuentra en vía al desarrollo por los cual los países que están en desarrollo la ganadería es unos de los subsectores agrícolas con el mayor crecimiento por lo que se esta representado el 30% del producto interno bruto PIB agrícola

#### 4.1.3 Identificación de actores

**Tabla 4- 3:**Tabla de identificación de autores

<b>ACTORES PRIMARIOS</b>	<b>AUTORES SECUNDARIOS</b>
<b>COMUNIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO SHOBOL-PASGUAZO</b>	Ministerio de agricultura y ganadería
<b>GAD PARROQUIAL DE SAN JUAN</b>	Ministerio del Ambiente

Realizado por: Erazo, R.2024

Es muy importante conocer los autores primarios y secundarios es crucial para establecer una línea base salida y comprensiva en cualquier área de estudio o investigación por ende proporcionar una comprensión profunda de los fundamentos teóricos y empíricos permitirá un análisis crítico y facilita la identificación de oportunidades para contribuciones nuevas y significativas

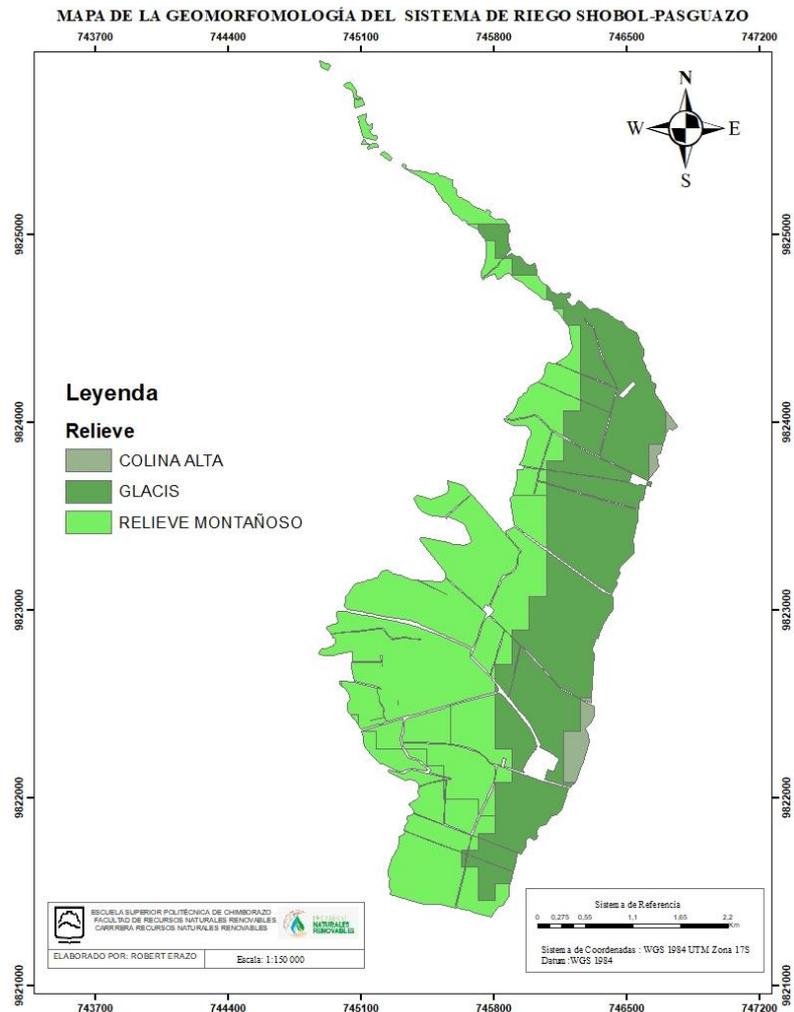
#### 4.1.4 Geomorfología

El relieve que se encuentra en el sistema de riego es relieve de montaña de lo cual se subclasifica en macrorrelieve (valle y cordillera) y mesorelieve con glacis con 121,33ha que representa el 42.04% luego le sigue relieves montañosos con 50ha y representa el 17,33, continuamos con colina alta que tiene 5,14ha y representa el 1,78%, continuamos con relieve montañoso que tiene 112,04 ha y representa el 38,82% en la zona de estudio como se observa en la tabla 4-4

**Tabla 4- 4:**Tabla de la geomorfología del sistema de riego Shobol-Pasguazo

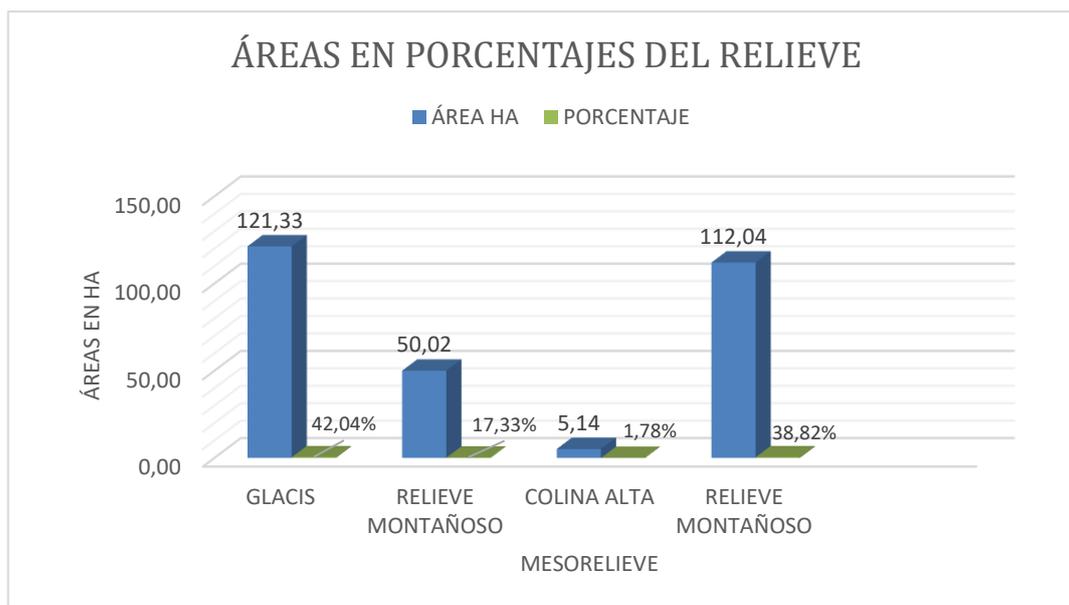
<b>RELIEVE</b>	<b>MACRORELIEVE</b>	<b>MESORELIEVE</b>	<b>AREA HA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>DE MONTAÑA</b>	VALLE	GLACIS	121,33	42,04%
<b>DE MONTAÑA</b>	CORDILLERA	RELIEVE MONTAÑOSO	50,02	17,33%
<b>DE MONTAÑA</b>	CORDILLERA	COLINA ALTA	5,14	1,78%
<b>DE MONTAÑA</b>	CORDILLERA	RELIEVE MONTAÑOSO	112.04	38,82%
		TOTAL	288,50	100

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 4:** Mapa de la geomorfología del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 5:** Gráfica que representa el área en porcentajes del relieve del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

La geomorfología del páramo que abarca aspectos como la topografía, la geología y la morfología del terreno, desempeñan un papel crucial en la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo un claro ejemplo sería la pendiente del terreno puede influir en la erosión del suelo y por lo tanto en su compactación, mientras que la geología subyacente puede afectar el pH del suelo al determinar la disponibilidad de minerales y la capacidad de intercambio catiónico (Gutiérrez,2018).

Por su parte (Martinez,2019) establece que las interacciones entre la geomorfología y el pH del suelo en los páramos de alta montaña puede ser compleja y multifacéticas por la presencia de rocas calizas en el sustrato geológico puede elevar el pH del suelo, mientras que la presencia de materia orgánica en áreas deprimidas puede acidificar el suelo.

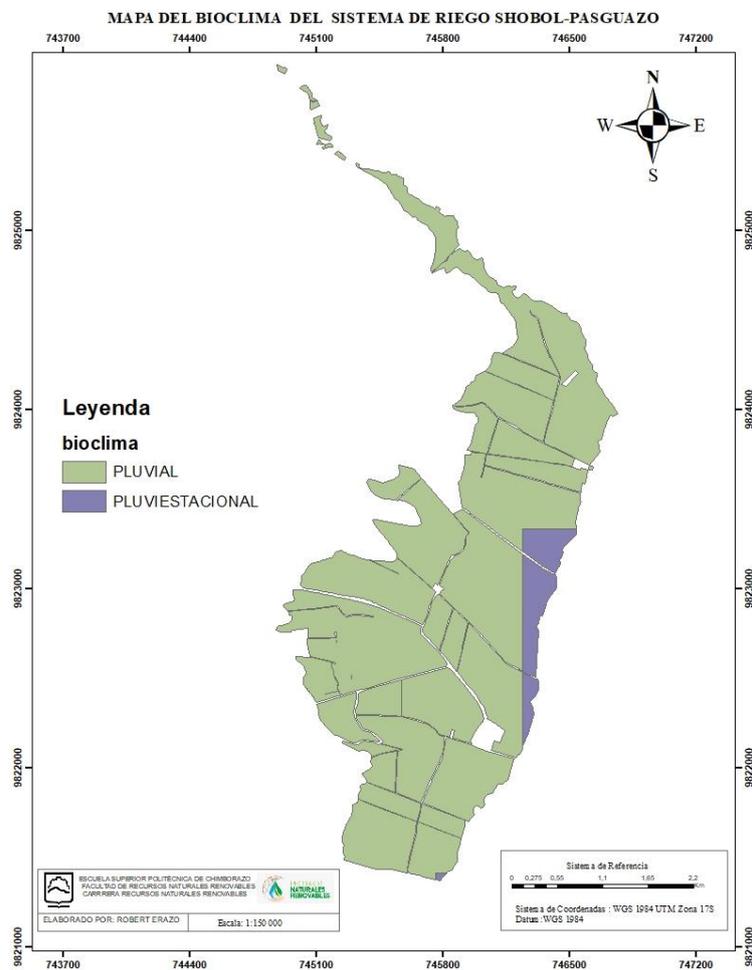
Pero (Sanchez,2020) dice que el impacto de la geomorfología en la dinámica de nutrientes y compactación del suelo en los páramos de montaña puede tener implicaciones significativas para la productividad y la biodiversidad de estos ecosistemas un claro ejemplo sería la erosión del suelo en áreas de pendiente pronunciadas pueden llevar a la partida de nutrientes, mientras que la compactación del suelo puede afectar la infiltración de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas

#### 4.1.5 Clima

El clima que se encuentra en el sistema de riego es un clima frío alta montaña está determinado por las precipitaciones que son muy abundantes y se caracteriza por el alto frío de vegetación es muy variable. Este tipo de clima se hace presente en la zona alta del sistema

##### 4.1.5.1 Bioclima

En el sistema de riego Shobol-Pasguazo cuenta con 288,50 hectáreas de las cuales 274,4 ha pertenece al bioclima pluvial que representa el 95,12% mientras las 14,1ha restantes pertenecen al bioclima pluvial estacional que representa un 4,88% como se observa en la tabla 4-5



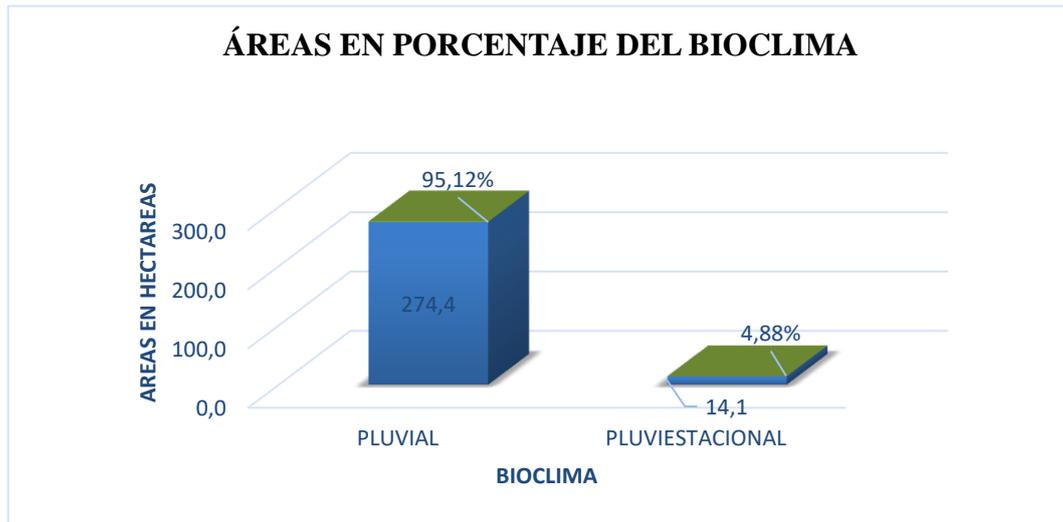
**Ilustración 4- 6:** Mapa del bioclima del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

**Tabla 4- 5:**Tabla del bioclima del sistema de riego Shobol-Pasguazo

BIOCLIMA	ÁREA HA	PORCENTAJE
PLUVIAL	274,4	95,12%
PLUVIESTACIONAL	14,1	4,88%
TOTAL	288,5	100

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 7:**Gráfica que representa el área en porcentajes del bioclima del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

Para (Martinez,2018, pág. 67) nos dice que en los bioclimas del páramo se incluyen factores como la temperatura, la humedad y la radiación solar, tiene un impacto directo en la formación y las características de los suelos un claro ejemplo son las bajas temperaturas pueden ralentizar la descomposición de la materia orgánica, afectando el pH del suelo mientras que la alta humedad puede favorecer la compactación debido a la mayor saturación de agua en el suelo.

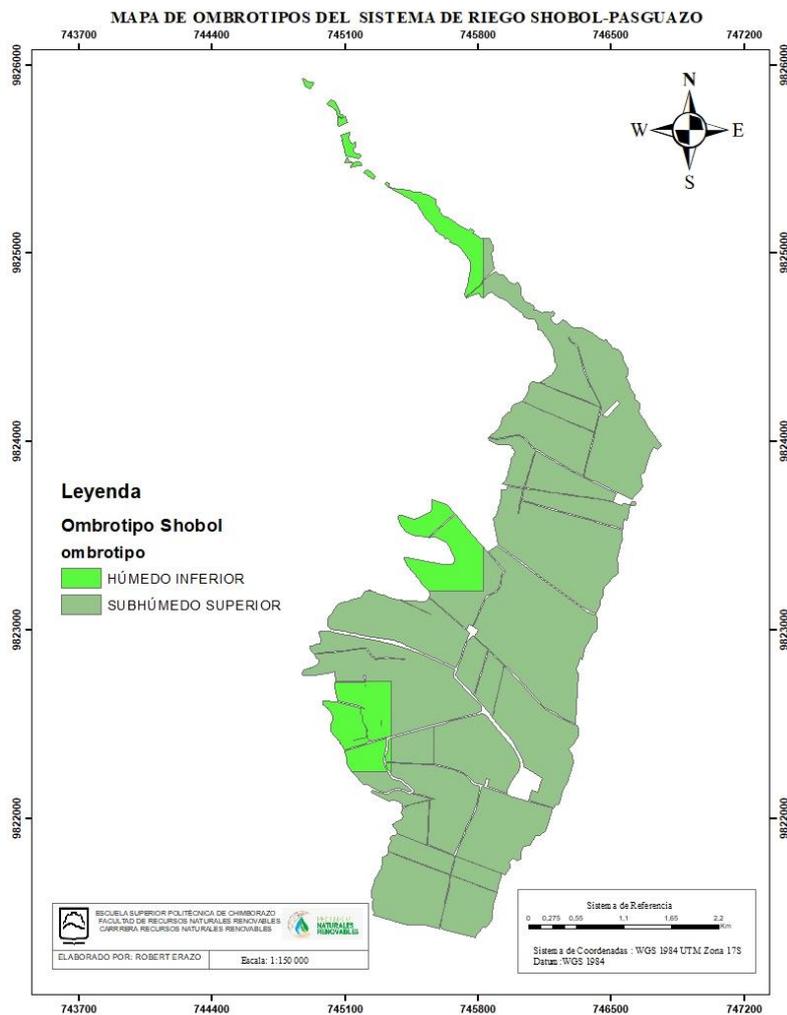
En el contexto del bioclima de paramo influye en la dinámica de nutrientes y la compactación del suelo a través de sus efectos en la vegetación, la actividad microbiana y los procesos de erosión por eso las condiciones climáticas extremas pueden limitar el crecimiento de la vegetación y aumentar la erosión del suelo, lo que a su vez afecta la disponibilidad de nutrientes y la estructura del suelo (Garcia,2020, pág.102)

Para finalizar (fernandez,2027, pág.78) la interacción entre el bioclima influye en la dinámica de nutrientes y la compactación del suelo a través de sus efectos en la vegetación, la actividad microbiana y los procesos de erosión por eso las condiciones climáticas extremas pueden limitar

el crecimiento de la vegetación y aumentar la erosión del suelo, lo que a su vez afecta la disponibilidad de nutrientes y la estructura del suelo.

#### 4.1.6 Ombrotipo

En el sistema de riego Shobol-Pasguazo cuenta con 288,50 hectáreas de las cuales 255,64 ha pertenece al ombrotipo subhúmedo que representa el 88,61% mientras las 32,90 ha restantes pertenecen al ombrotipo húmedo inferior que representa un 11,39% como se observa en la tabla 4-6



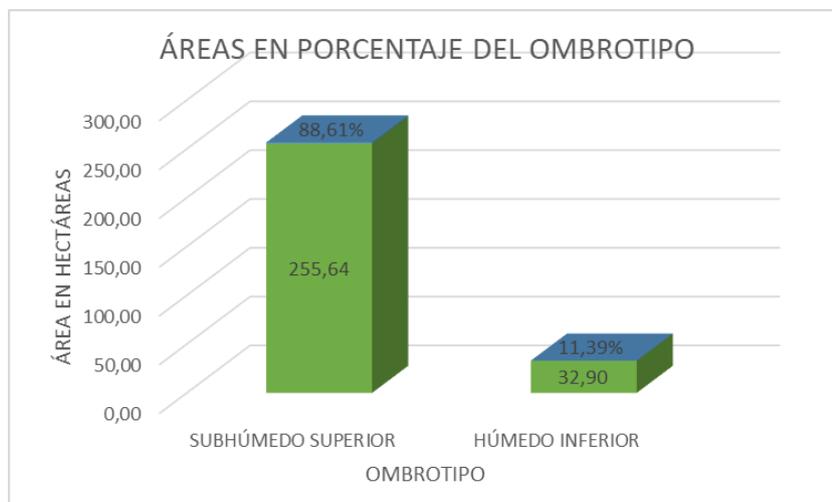
**Ilustración 4- 8:** Mapa del ombrotipo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

**Tabla 4- 6:** Tabla de ombrotipo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

OMBROTIPO	AREA HA	PORCENTAJE
SUBHÚMEDO SUPERIOR	255,64	88,61%
HÚMEDO INFERIOR	32,90	11,39%
<b>TOTAL</b>	<b>288,50</b>	<b>100%</b>

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 9:** gráfica que representa el área en porcentajes del ombrotipo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

Según (Bronick y Lal,2005) señalan que el ombrotipo influye en los procesos de acidificación del suelo debido al lavado de bases y la lixiviación de iones de hidrogeno por lo cual en las regiones de alta precipitación se favorece la Re movilización de cationes básico, disminuyendo el pH y esto es relevante en suelos sobre pastoreados donde hay poco aporte de materia orgánica para amortiguar la acidez pero (ozgoz et al ,2013) indica que el contenido de humedad del suelo ,determinado por el ombrotipo es un factor clave que afecta su susceptibilidad a la compactación por el pisoteo del ganado por lo cual en suelos muy secos o saturados son más propensos a compactarse que aquellos en un rango óptimo de humedad

#### 4.1.7 Suelo

##### 4.1.7.1 Cobertura vegetal

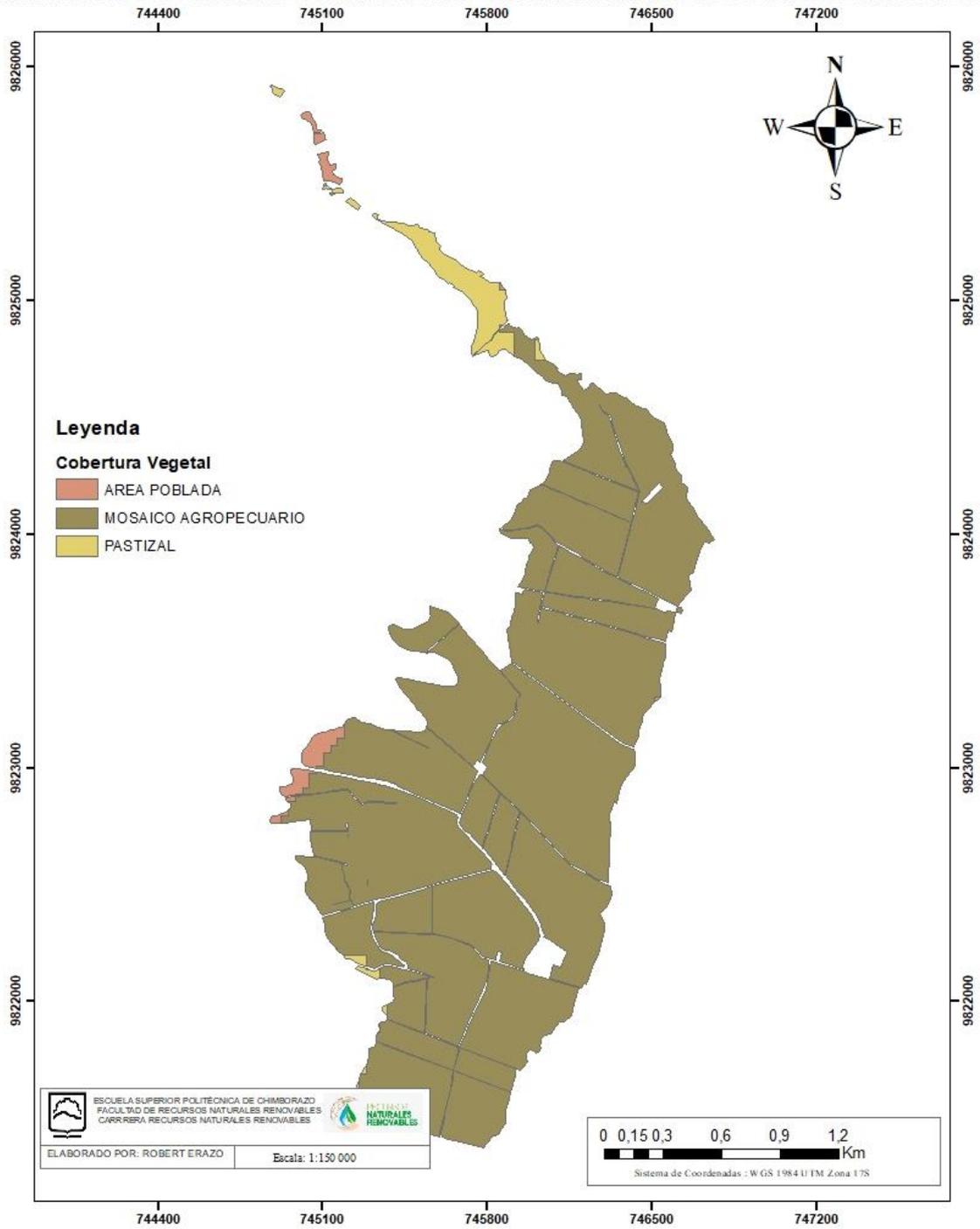
En el sistema de riego Shobol-Pasguazo la cobertura vegetal está representada en dos clases que son zonas antrópicas y tierras agrícolas de cuales cada uno tiene la siguiente clasificación en la zona antrópica encontramos al área poblado que cuenta con 1,16;2,90;0,03 ha que son representados con 0,4%;1%;0,01% respectivamente las hectáreas que ocupan en el sistema mientras que las tierras agrícolas encontramos a los pastizales con el 8,55 y 0,813 hectáreas ocupadas que representan 2,96% y 0,01% continuando con los mosaicos agropecuarios que ocupan el mayor valor de 275,08 hectáreas y que representa el 95,34% de las hectáreas del sistema como se observa en la tabla 4-7

**Tabla 4- 7:** Tabla de la cobertura vegetal del sistema de riego Shobol-Pasguazo

CTN1	CTN2	AREA HA	PORCENTAJE
ZONA ANTROPICA	AREA POBLADA	1,16	0,4
TIERRA AGROPECUARIA	PASTIZAL	8,55	2,96
TIERRA AGROPECUARIA	MOSAICO AGROPECUARIO	275,08	95,34
TIERRA AGROPECUARIA	PASTIZAL	0,813	0,28
ZONA ANTROPICA	AREA POBLADA	2,90	1
ZONA ANTROPICA	AREA POBLADA	0,03	0,01
		288,5408	100,0

Realizado por: Erazo, R.2024

### MAPA DE LA COBERTURA VEGETAL DEL SUELO DEL SISTEMA DE RIEGO SHOBOL-PASGUAZO



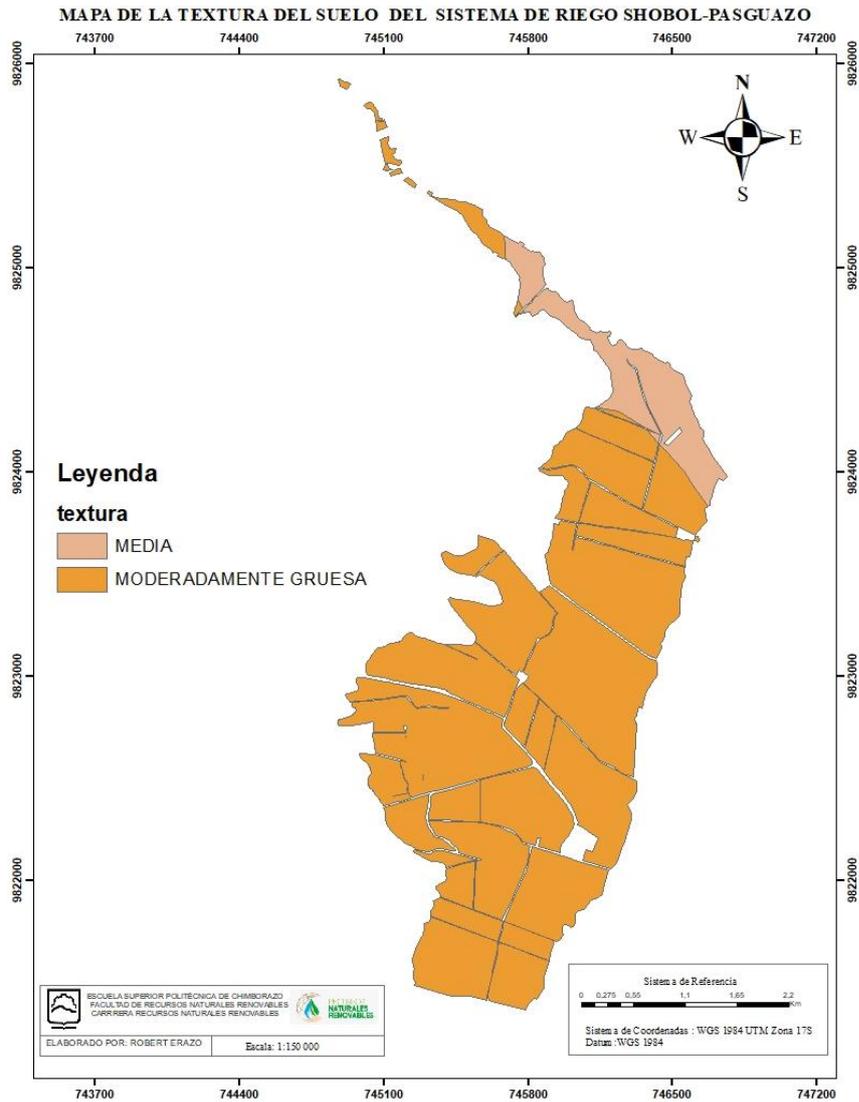
**Ilustración 4- 10:** Mapa de cobertura vegetal del sistema de riego shobol-pasgUAZO

Realizado por: Erazo, R.2024



#### 4.1.7.2 Textura del suelo

La textura del suelo que se encuentra en el sistema de riego Shobol-Pasguazo consta de dos tipos la media que ocupa 26,91 de hectáreas que representa el 9,32% mientras que la textura moderadamente gruesa ocupa las  $\frac{3}{4}$  partes de las hectáreas con un valor de 261,64 hectáreas y representa el 90,68 como se observa en la tabla 4-6



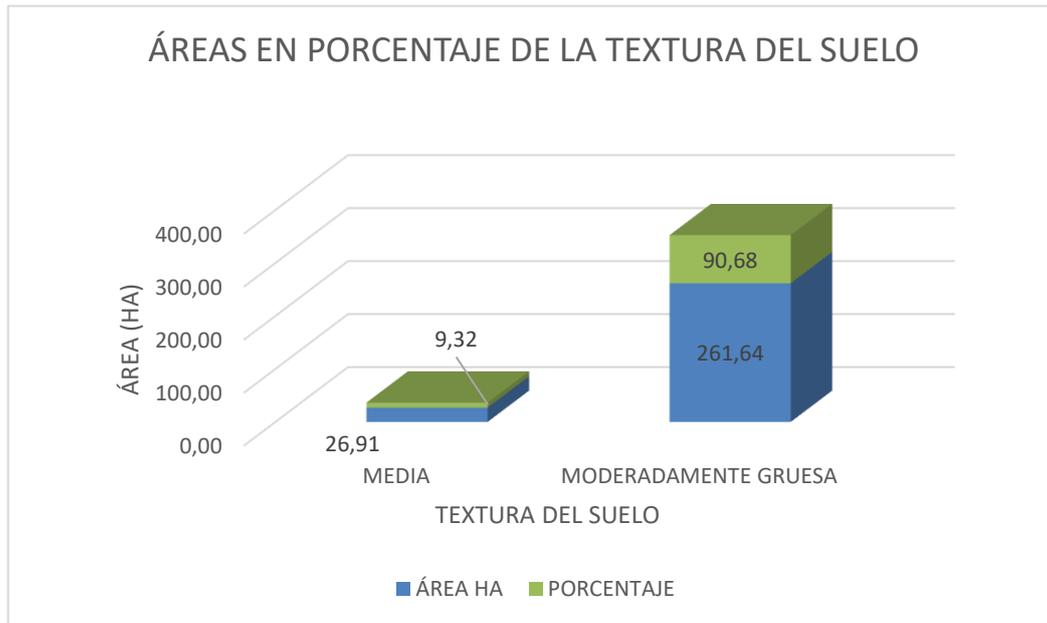
**Ilustración 4- 12:** Mapa de la Textura del suelo del Sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

**Tabla 4- 8:** Tabla de la textura del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

TEXTURA	ÁREA HA	PORCENTAJE
<b>MEDIA</b>	26,91	9,32%
<b>MODERADAMENTE GRUESA</b>	261,64	90,68%
<b>TOTAL</b>	288,5	100%

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 13:** Gráfica de las áreas en porcentaje de la textura del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

Según la el departamento de agricultura de estados unidos (USDA,2022) nos dice que se considera textura media o mediana se le conoce como la clase suelo franco limosos debido a que estas texturas a sus componentes establecidos por el dicho departamento lo clasificamos así por ende en nuestra investigación esta clase se encuentra en la zona alta del sistema de riego mientras que a las texturas de moderadamente gruesa considerada por el departamento consideramos los suelos de clase arenosa y franco arenosos que ocupa el mayor porcentaje del suelo del sistema de riego por lo cual se debe al uso que le damos.

En particular, la textura permite predecir el comportamiento del suelo frente a cambios en la acidez y laboreos inadecuados que conducen a su compactación. En suelos arcillosos presentan

mayor amortiguamiento de variaciones de pH, pero son más susceptibles a la compactación. En suelos arenosos son menos propensos a compactarse, pero más vulnerable a la acidificación (García y Rodríguez,2020)

Según (Lopez,2019) nos dice que la textura del suelo en proporción de arena, limo y arcilla tiene una influencia determinada en propiedades como la capacidad de intercambio catiónico, retención de humedad, permeabilidad del aire, el agua y susceptibilidad a la compactación

por su parte (Fernández y Torres ,2021) señalan que caracterizar las texturas de los suelos de páramo es necesario para desarrollar estrategias efectivas de control de acidez mediante encalado y labranza conservacionista para preservar estos frágiles ecosistemas. Finalmente, (Duque et al.,2022) reiteran que se no puede entender y manejar adecuadamente la acidez, fertilidad y compactación de un suelo sin tener en cuenta su textura, especialmente en ecosistemas únicos como los paramos

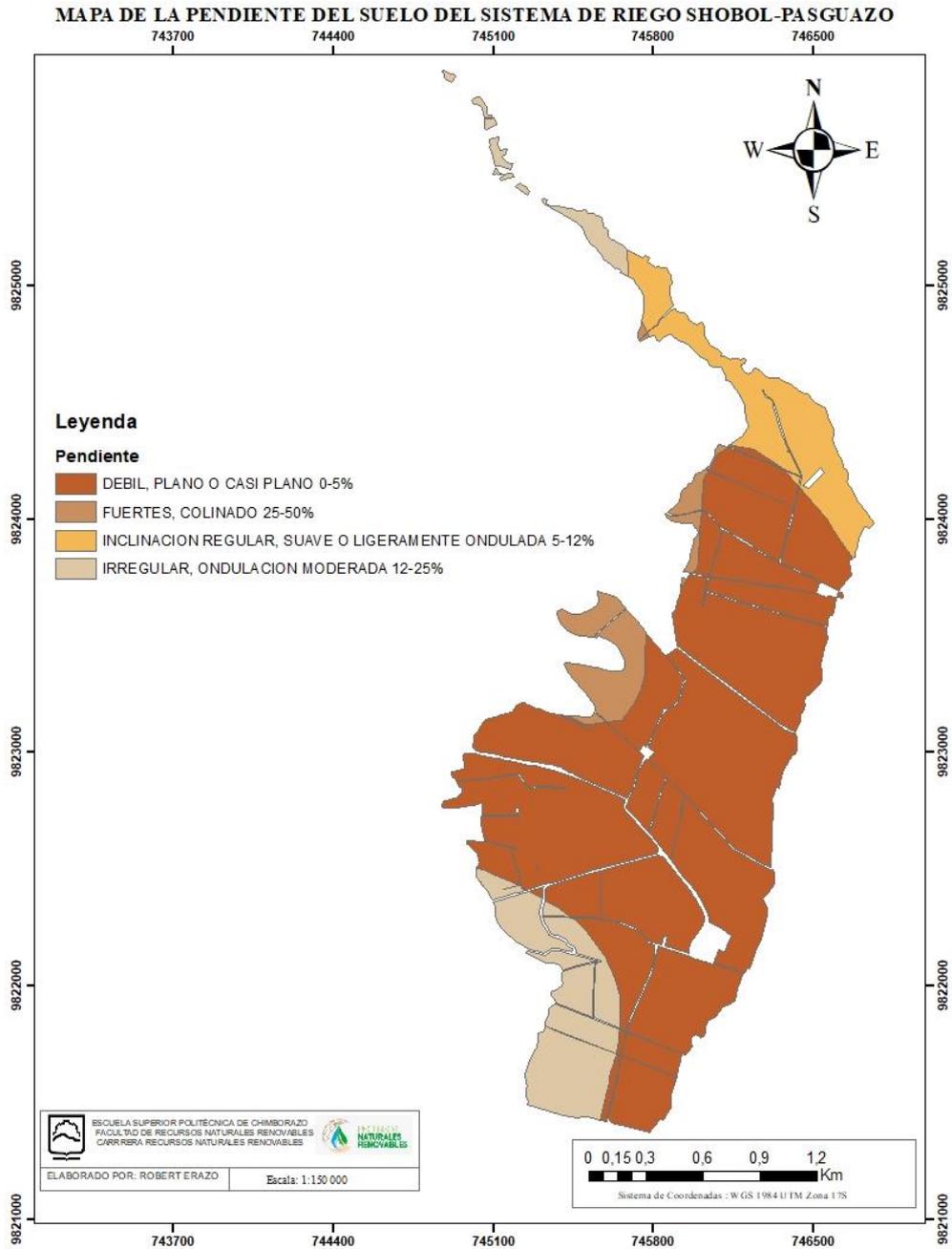
#### 4.1.7.3 *Pendiente del suelo*

La pendiente que encontramos en el sistema de riego son las siguientes la pendiente débil, plazo o casi plano que representa del 0-5% y la pendiente irregular, ondulación moderada representada del 12.25% se encuentra en la zona baja del sistema mientras las pendientes fuertes colinadas, inclinación regular, suave o ligeramente ondulada se encuentra en la zona alta del sistema llamada la cordillera como se observa en la tabla 4-7

**Tabla 4- 9:** Tabla de la pendiente del suelo

<b>FID</b>	<b>PENDIENTE</b>
<b>0</b>	DEBIL, PLANO O CASI PLANO 0-5%
<b>1</b>	FUERTES, COLINADO 25-50%
<b>2</b>	INCLINACION REGULAR, SUAVE O LIGERAMENTE ONDULADA 5-12%
<b>3</b>	IRREGULAR, ONDULACION MODERADA 12-25%

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 14:** Mapa de la pendiente del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R.2024

La pendiente del terreno es un factor determinante en los procesos erosivos que dan origen a los suelos de ladera en ecosistema de paramo por lo cual la inclinación del terreno modifica procesos edafogénicos primordiales para el desarrollo de horizontes fértiles como se observa en el mapa.

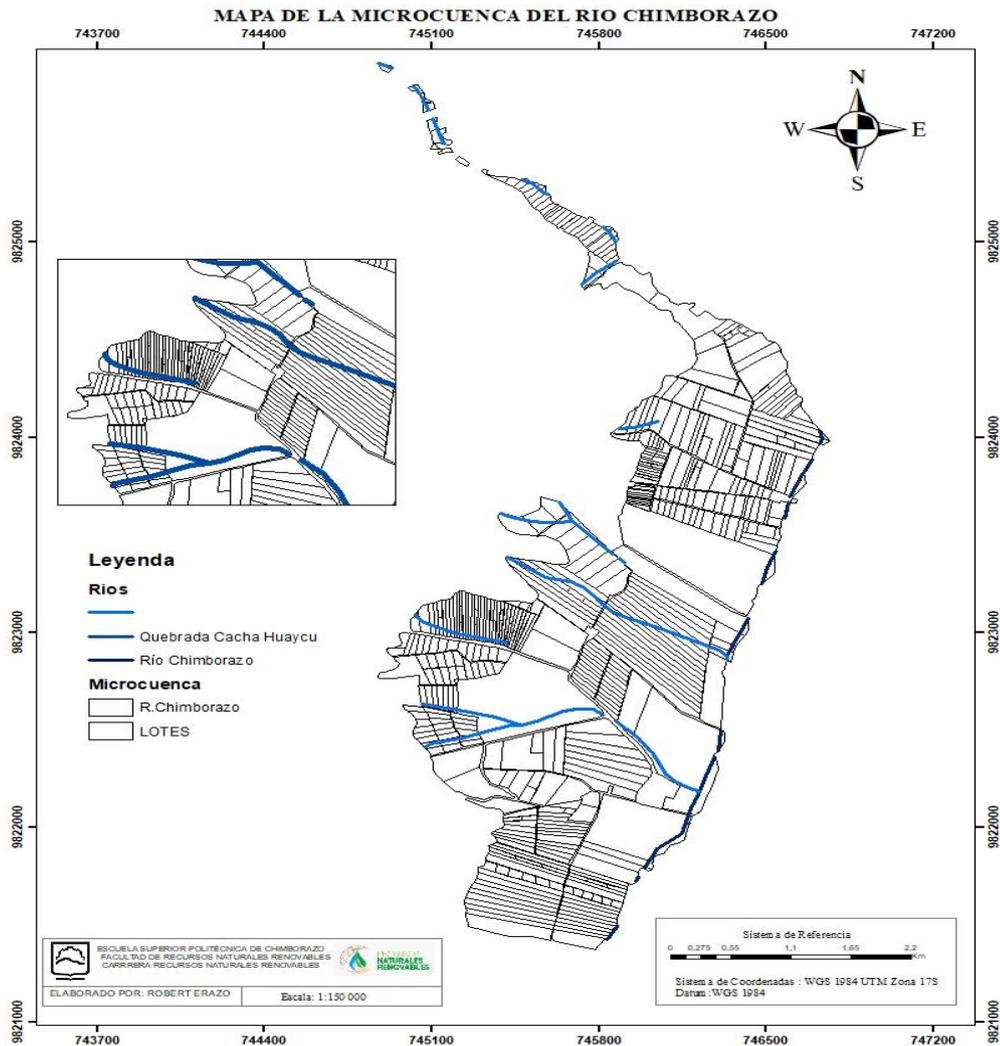
En pendientes más pronunciadas la pérdida de suelos superficiales y nutrientes por escorrentía es mayor, reduciendo pH, materia orgánica y fertilidad en estratos más profundos del perfil (Ramírez y Torres,2020). Así mismo a mayor inclinación del terreno mayores son los riesgos de compactación subsuperficial y remoción en masas ante labranzas inadecuadas por ello la pendiente resulta determinante al definir practicas mecanizadas o manuales más sostenible (Lara y Sanchez,2021).

Considerando estas complejas interacciones entre pendiente, erosión y propiedades fisicoquímicas en suelos de ladera de paramo resulta fundamental sus estudios detallados para definir estrategias situadas de manejo acordes a cada realidad topoedáfica (Gonzales,2021).

#### **4.1.8 Agua**

##### **4.1.8.1 Ríos**

En el sistema de riego Shobol-Pasguazo encontramos la presencia del el rio Chimborazo que desemboca de la microcuenca del rio Chimborazo que cuentan con una longitud de 1,61 km dividido en 7 tramos en todo el sistema además cuenta con la Quebrada Cacha Huaycu que cuenta con una longitud de 0,017 en el sistema además tiene un caudal natural que observamos en la figura a continuación



**Ilustración 4- 15:** Mapa de los ríos del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Realizado por: Erazo, R. 2024

Los ríos influyen las características fisicoquímicas de los suelos debido a que son fuente de sedimentos y nutrientes por lo cual conocer su cercanía y dinámica de inundaciones es esencial para entender procesos edafogénicos

La textura y composición mineral de los suelos próximos a los ríos está condicionada por el tamaño de las partículas transportadoras en su caudal esto repercute en el pH, capacidad de intercambio catiónico y fertilidad nos comenta (Gutiérrez et al ,2020).por lo contrario (Pérez y Gomez,2021) es fundamental considerar la influencia fluvial para implementar practicas acordes de enclado ,fertilización y labranza conservacionista ,y prevenir la degradación fisicoquímica en zonas con dinámicas fluviales intensas.

Los ríos determinan también las características de drenaje en suelos aledaños, lo cual modula la aireación, lixiviación de nutrientes, acidez y susceptibilidad a la compactación (Lara y Sánchez 2022). Pero (Hernández y Torres,2021) dice que la recurrencia y la magnitud de las inundaciones fluviales modela los ciclos hídricos del suelo, con efecto sobre compactación, erosión, lavado de nutrientes y acidificación

#### 4.1.9 Toma de puntos de muestreos de la variable pH y compactación del suelo

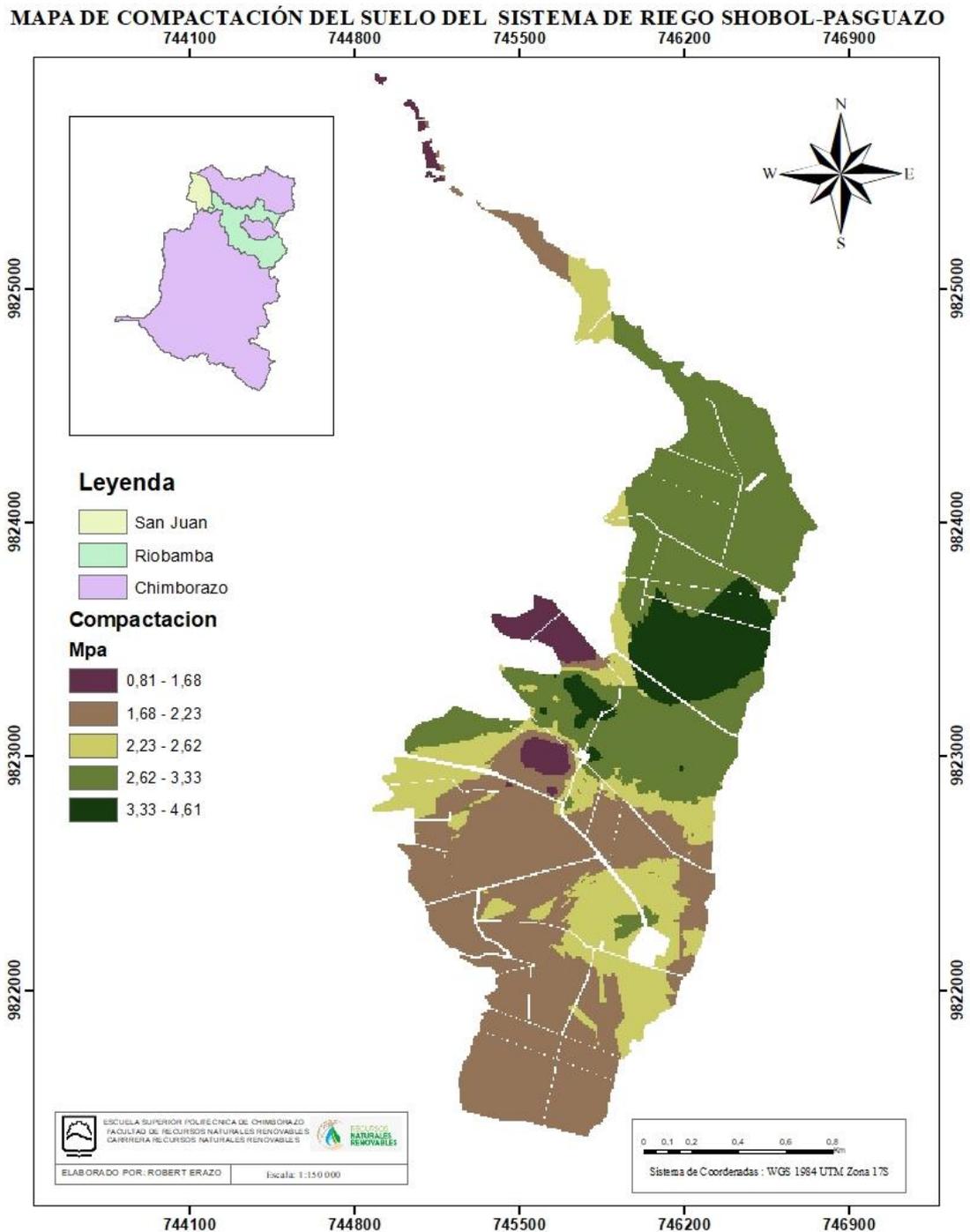
Una vez producida la grilla de muestreo con las medidas establecidas se obtiene el mapa de los puntos donde se obtuvo los puntos de muestreo de las variables pH y compactación del suelo



**Ilustración 4- 16:** Mapa de ubicación de puntos de muestreo en los lotes del sistema riego Shobol-Pasguazo

Elaborado por: Erazo, R.2024

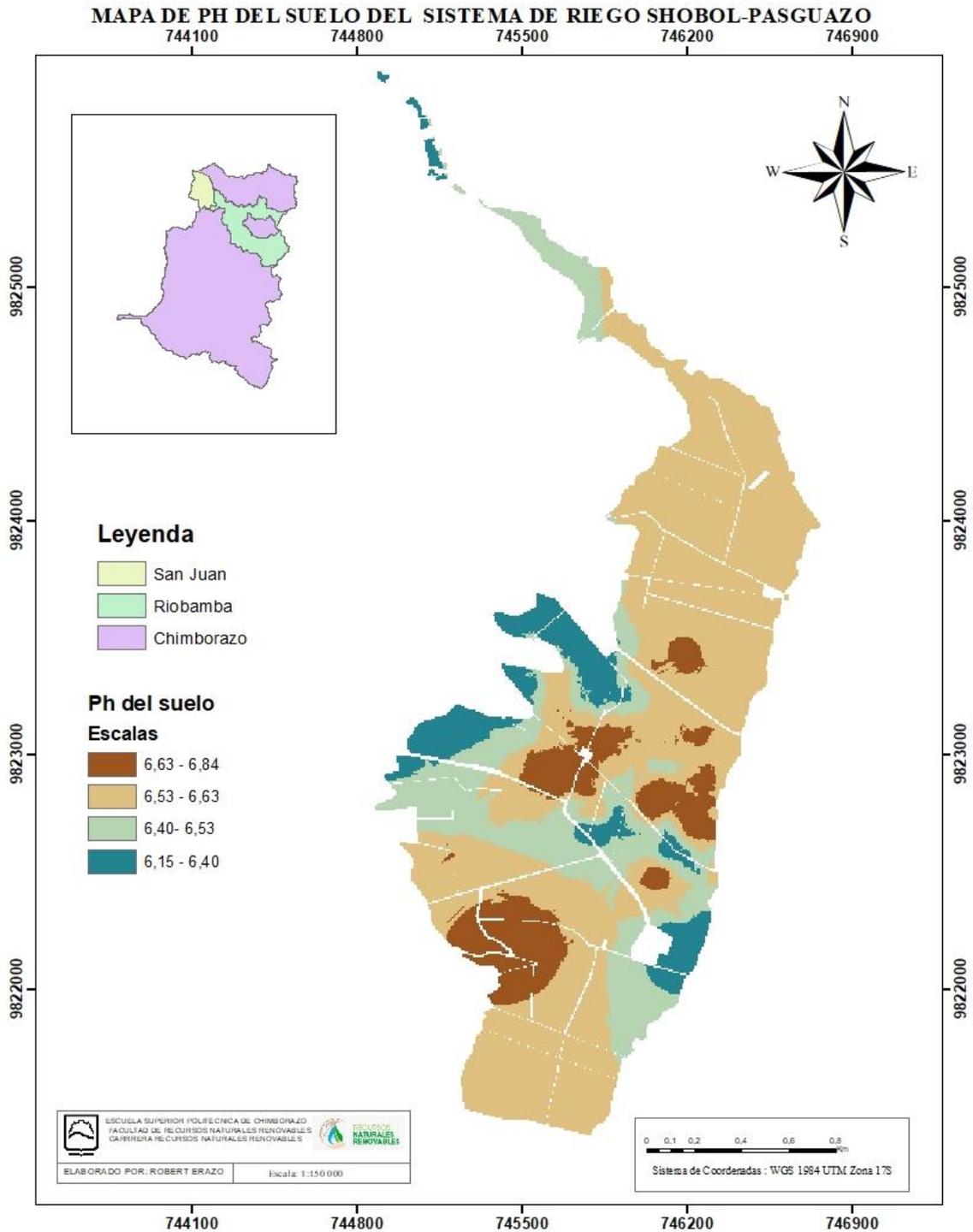
Una vez ejecutado la interpolación de los lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo obtuvimos los valores netos de la variable Compactación del suelo



**Ilustración 4- 17:** Mapa de interpolación de los valores netos de la variable Compactación del suelo en el sistema de riego Shobol-Pasguazo

Elaborado por: Erazo, R.202

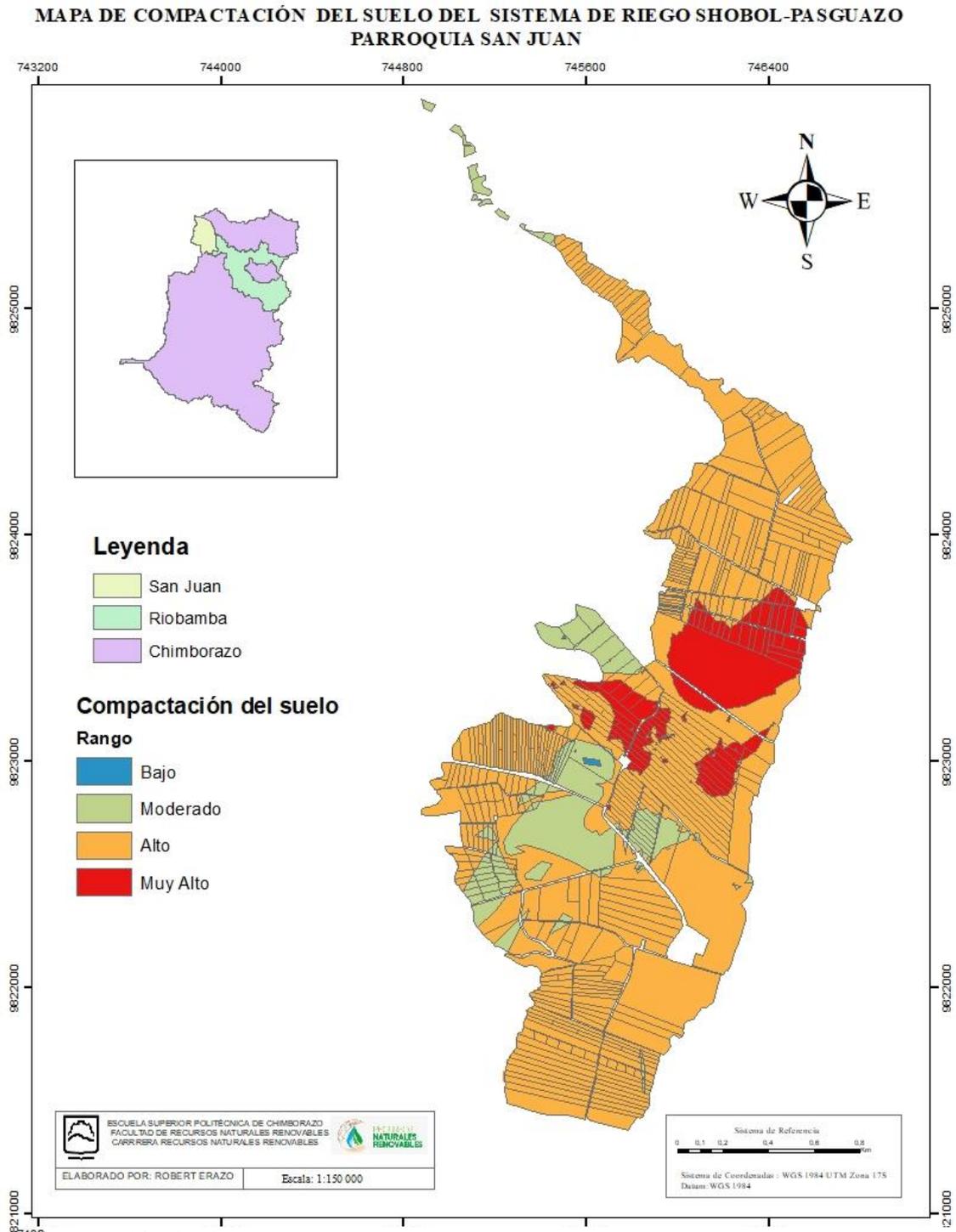
Una vez efectuado la interpolación de los lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo obtuvimos los valores netos de la variable pH del suelo



**Ilustración 4- 18:** Mapa interpolado de los valores netos de la variable pH del suelo en el sistema de riego Shobol-Pasguazo

Elaborado por: Erazo, R.2024

Una vez desarrollado la zonificación del sistema de riego Shobol-Pasguazo y estableció los rangos de la variable pH y Compactación del suelo para obtener el mapa final



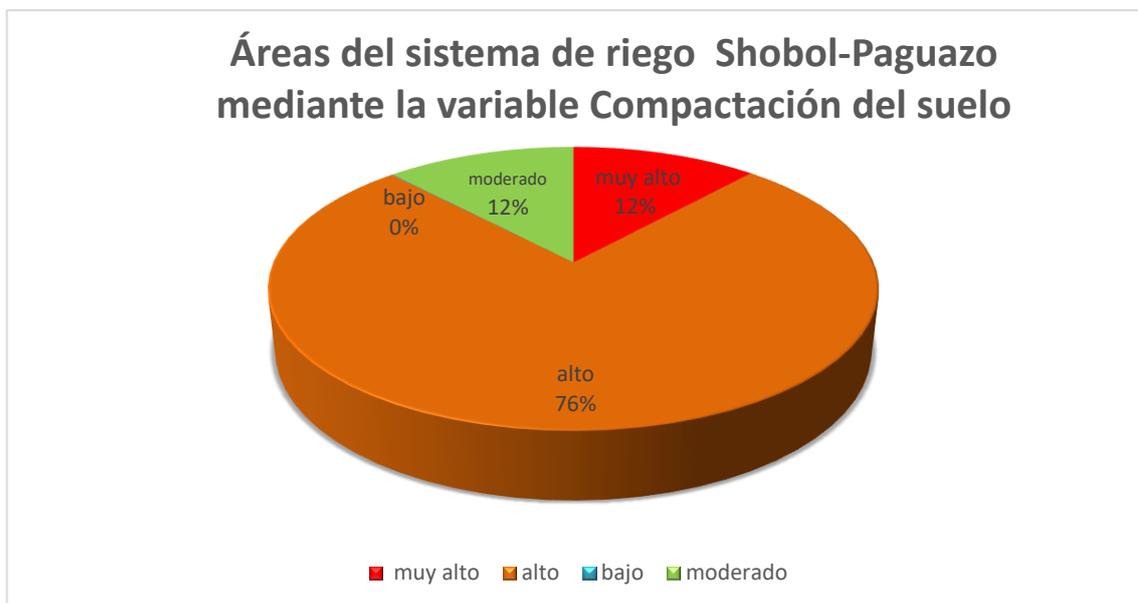
**Ilustración 4- 19:** Mapa zonificado de la variable compactación del suelo

Realizado por: Erazo, R.2024

**Tabla 4- 10:** Tabla de enmiendas mecánicas en los rangos de la variable compactación del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

CLASE	ENMIENDAS A APLICAR
<b>MODERADO</b>	no se recomienda aplicar nada
<b>BAJO</b>	aplicar de 4 a 8 ton por ha de humus y como enmienda mecánica utilizar camas bajas para levantar el suelo en mesetas de 10-20 cm para favorecer la profundidad radicular
<b>ALTO</b>	en enmiendas mecánicas realizar el proceso de des compactación con maquinaria ligera (rodillo aireador)
<b>MUY ALTO</b>	en enmiendas mecánicas realizar el proceso de des compactación con maquinaria ligera (rodillo aireador); en enmiendas orgánicas colocar el humus de lombriz la dosis de 4 a 6 ton por ha ya que ayuda a la mejora de la estructura

Realizado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 20:** Gráficas de los porcentajes obtenidos de la variable Compactación del suelo

Elaborado por: Erazo, R.2024

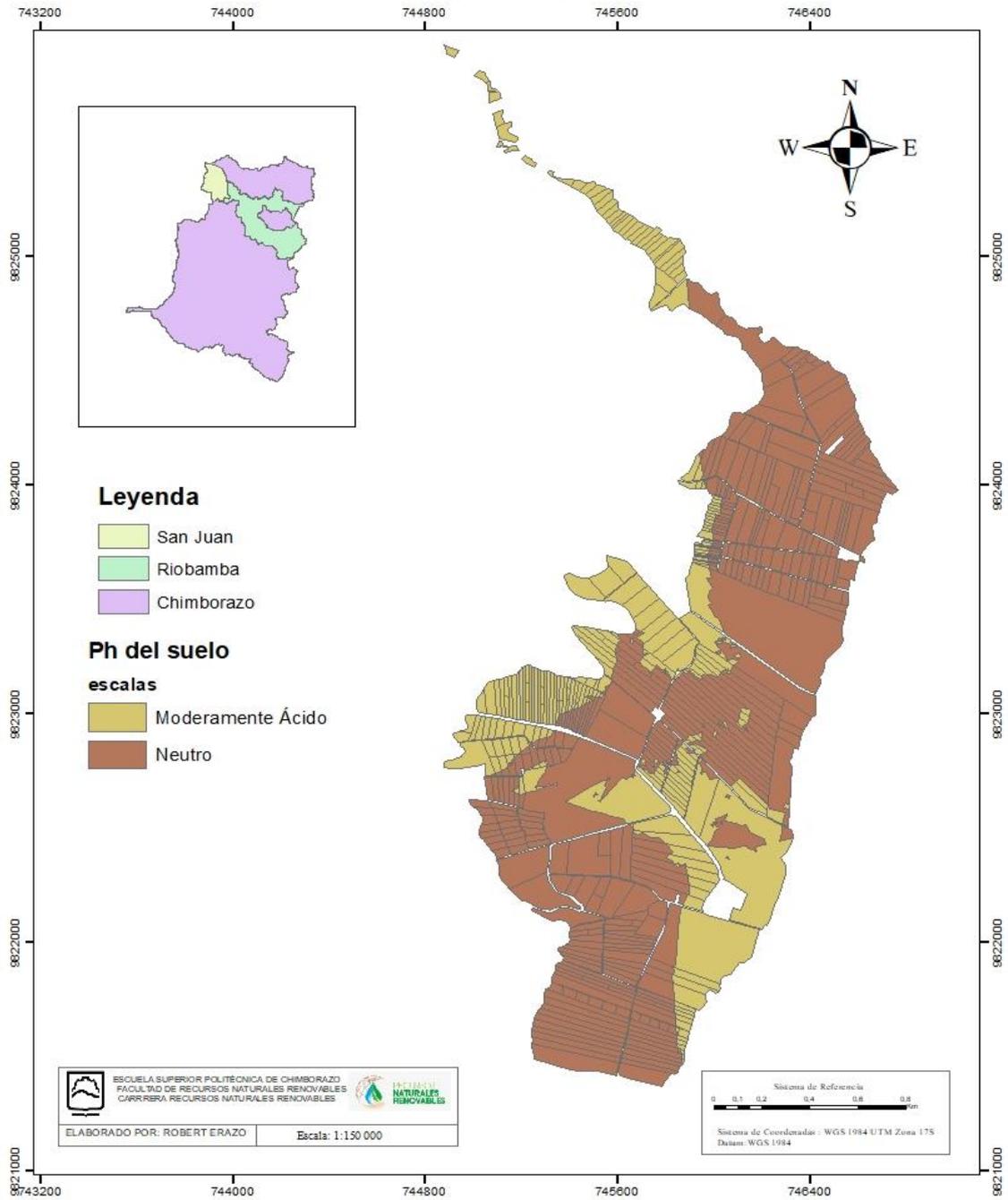
Una vez levantados los 1500 puntos de muestreo en los lotes del sistema de riego Shobol-Pasguazo se observa que el rango que obtiene el mayor valor de porcentaje en la variable compactación del suelo es el de alto esto se debe a que en la mayoría de la zona estudiada existe la presión del pisoteo del ganado en la cual consiste el peso del ganado compacta el suelo al

ejercer presión elevada sobre el terreno, especialmente en áreas de tránsito y caminos donde están los bebederos y comedores por eso es clave incorporar abundante materia orgánica junto con la preparación mecánica para regenerar suelos muy compactados.

Según (López et al ,2019) La compactación del suelo es un problema predominante en zonas agrícolas de paramo dado que reduce rendimientos de cultivos e incrementa riesgos de erosión sin embargo sus niveles varían espacialmente, por lo contrario, la influencia de propiedades físicas como la textura definida por las proporciones de arena, limo y arcilla resultan determinante en la compactabilidad de los suelos (Gonzales y Fernández ,2021)

Las áreas agrícolas más antiguas con décadas de monocultivos, el piteo animal e inadecuados métodos de labranza, exhiben los mayores niveles de rangos altos y muy altos de compactación de suelo en los páramos (Torres et al ,2022)por lo contrario (Ramírez et al,2020) dice que en zonas de mayor pendiente la probabilidad de compactación subsuperficial se reduce en niveles de bajo o muy bajo ya que la labranza con maquinaria pesada es limitada por lo cual se recurre más a tracción animal y métodos manuales con menor impacto

**MAPA DE PH DEL SUELO DEL SISTEMA DE RIEGO SHOBOL-PASGUAZO  
PARROQUIA SAN JUAN**



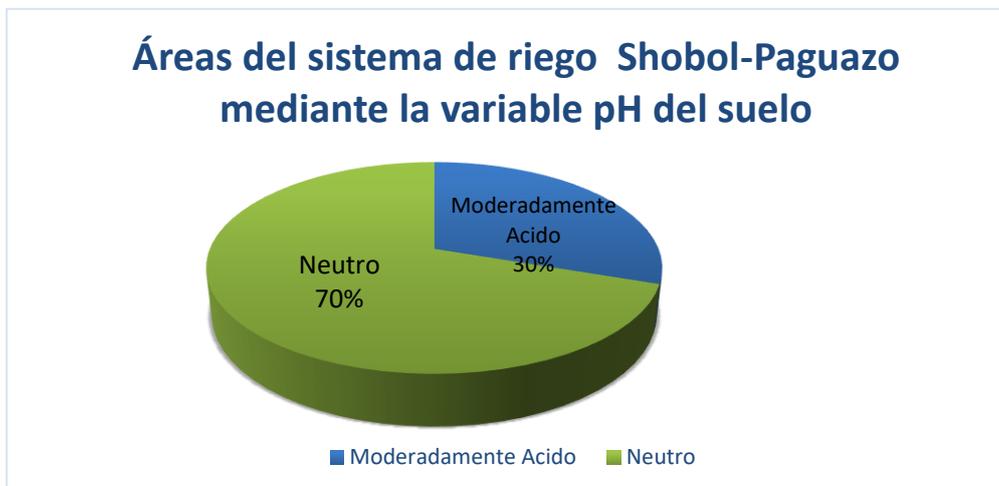
**Ilustración 4- 21:** Mapa zonificado de la variable pH del suelo

Elaborado por: Erazo, R.2024

**Tabla 4- 11:**Tabla de enmiendas mecánicas en los rangos de la variable Ph del suelo del sistema de riego Shobol-Pasguazo

CLASE	APLICAR DE ABONO
<b>ÁCIDO</b>	Aplicar 1.500 kg/ha cuando el ph se encuentra en los rangos de 4,5 a 5
<b>MODERADAMENTE ÁCIDO</b>	Aplicar 2.500 kg/ha cuando el ph se encuentra en los rangos de 5 a 6,5
<b>NEUTRO</b>	No realizar ninguna enmienda
<b>MODERADAMENTE ALCALINO</b>	Aplicar sulfato de aluminio aplicar entre 400-100 kg/ha
<b>ALCALINO</b>	Aplicar Sulfato de hierro o sulfato ferroso en la cantidad de 500-1500kg/ha

Elaborado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 22:**Gráficas de los porcentajes obtenidos de la variable pH del suelo

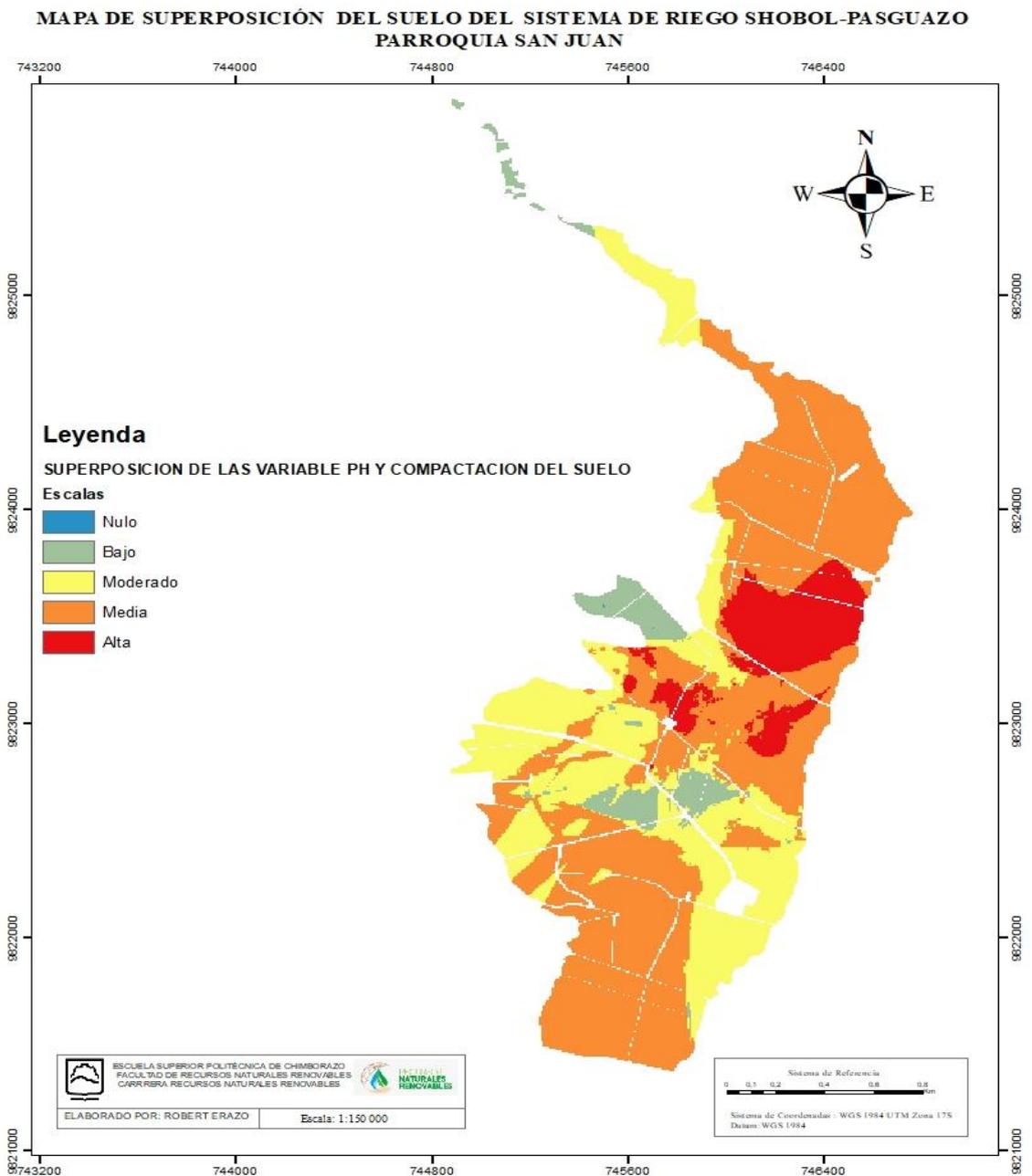
Elaborado por: Erazo, R.2024

En el sistema de riego Shobol-Pasguazo cuenta con distintas acciones para mantener el equilibrio en el recurso suelo la primera acción es el manejo del suelo mediante la incorporación de abonos o material orgánica el cual ayuda a recuperar los nutrientes, como segunda acción es la alta vegetación que cuenta la zona de estudio ya que algunas plantas ayudan a regular el pH del suelo no se vuelva muy compactado y por ultimo seria el aumento de las precipitaciones en las zonas altas ya que se dará mayor lixiviación o lavado de bases del suelo hacia capas más profundas disminuyendo el pH

El pH del suelo que indica su acidez o alcalinidad tiene una variabilidad espacial importante en ecosistemas de paramo producto de factores físicos, químicos y biológicos antes bien la cobertura modula la acidez del suelo debido a diferencias en las tasas de mineralización de materia orgánica entre ecosistemas pajonal y bosques altoandinos y esto se refleja en gradientes espaciales de pH (López y Torres,2019).

En zonas de mayor pendiente se acentúan procesos erosivos que oxidan y lixivian nutrientes alcalinizantes reduciendo el pH en los horizontes superficiales (Ramirez,2022) pero según (Gomez2020). las practicas agropecuarias como la aplicación de fungicidas ácidos y fertilizantes amoniacales en donde no se han aplicado enmiendas calcáreas contribuyen a la acidificación localizada y progresiva de suelos del paramos

Una vez elaborado la superposición de la variable pH compactación del suelo se diseñó el mapa



**Ilustración 4- 23:** Mapa zonificado del sistema de riego Shobol-Pasguazo

Elaborado por: Erazo, R.2024

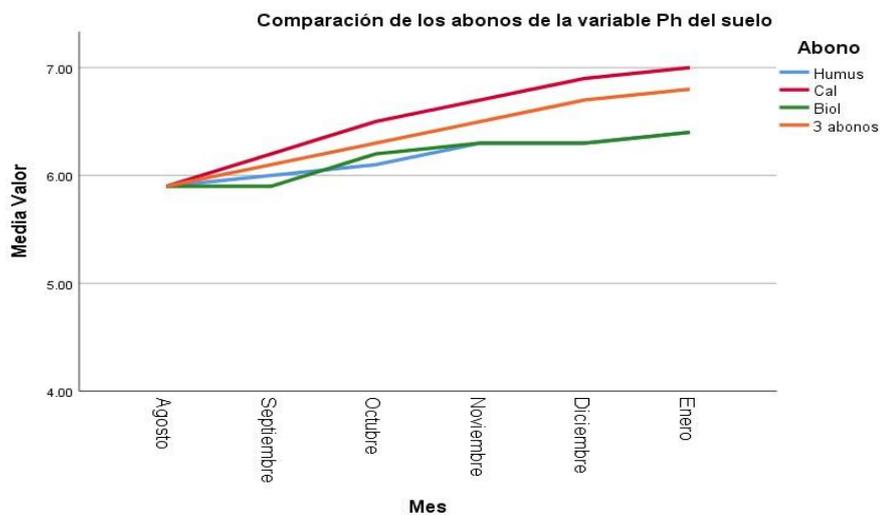
#### **4.2 Comparar el uso de enmiendas mecánicas, orgánicas, químicas e integradas en el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo**

Se empleó las parcelas donde cada una tiene los diferentes tipos de abonos para la toma de datos mensuales durante 6 meses de las variables pH y compactación del suelo

**Tabla 4- 12:**Tabla de Valores de la Variable pH del suelo

		MESES					
A		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
B	Humus	5,9	5,9	6,20	6,3	6,3	6,4
O	Cal	5,9	6,20	6,5	6,7	6,9	7
N	Biol	5,9	5,9	6,2	6,3	6,3	6,4
O	3 abonos	5,9	6,1	6,30	6,5	6,7	6,8
S							

Elaborado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 24:**Grafica de comparación de la variable Ph del suelo por meses

Elaborado por: Erazo, R.2024

Esta tabla cruzada presenta los valores mensuales para distintos tipos de abonos (Humus, Cal, Biol, y '3 abonos') a lo largo de seis meses, desde agosto hasta enero. Cada abono muestra un aumento gradual en sus valores a lo largo del tiempo, indicando una posible tendencia estacional. La Cal agrícola muestra el aumento más significativo, Mientras Humus y Biol siguen patrones similares, '3 abonos' presenta un incremento intermedio. Por ende, cal agrícola nos ayuda al mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo en el tiempo determinado.

De acuerdo con (Weil,2008) nos dice que la mayoría de los suelos desarrollados bajo vegetación presentan ciertos grados de acidez debido a la lixiviación de bases, la oxidación de nutrientes y la producción de ácidos orgánicos durante la descomposición de la materia orgánica. La aplicación de cal contrarresta la acidez al consumir protones de hidrogeno(H+) del suelo mediante reacciones químicas” en el sistema de riego no existe mucha vegetación por la cual en ciertas zonas

presentaba un grado mayor de acidez que en zonas donde si había poca vegetación mostraba un grado menos de acidez

La absorción de nutrientes por los cultivos sobre todo los de alto rendimiento pueden ocasionar acidez al suelo mediante la absorción de cationes básicos (Ca, Mg y K). La planta al absorber cationes libera hidrogeno para mantener el equilibrio en su interior, el cual genera acidez un claro ejemplo de aumento de la acidez del suelo es la alfalfa, el trigo debido a que puede remover hasta 60 kg de Mg (Catellano, 2016 pág. 4).

Según (Zhang, 2022) nos dice que” El efecto adverso de estos elementos tóxicos se elimina más fácilmente y económicamente encalado el suelo, el encalado eleva el pH del suelo y hace que el aluminio y manganeso pasen de la solución del suelo a formas químicas solidas no toxicas para los pastos el pH a 5,5 generalmente restaurar los rendimientos normales. las legumbres por otro lado se desarrollan mejor en un ambiente rico en calcio y a menudo necesitan un Ph en un rango de 6,5 a 7 para obtener rendimientos máximos”. Los efectos beneficios de la cal ocurre solamente en la zona de aplicación además que la cal sea efectiva es necesario mezclar completamente el material en los primeros 15-30 cm del suelo mediante una incorporación mecánica. De esta forma se consigue mezclar el material con la capa del suelo donde se concentran las raíces activas de la mayoría de los cultivos (AEFA, 2022).

Un abono que nos ayuda al aumento de la variable pH del suelo es la cal agrícola que influye en la absorción de los componentes de calcio o de calcio y magnesio involucrados en la asimilación del fertilizante en las plantas. Esto favorece el crecimiento de los cultivos ya que el encalado mejora las condiciones físicas y biológica además mantiene la actividad microbiana y evita que crezca maleza favorece a las cosechas en un tiempo determinado (Consumer, 2022).

Para conocer el estado actual de nuestro suelo se debe realizar el encalado cada dos o tres meses antes del cultivo para darle el tiempo determinado para que actúe y corrija la acidez del suelo además la cantidad de cal agrícola debe ser de acuerdo a la cantidad de terreno donde se vaya a realizar unas futuras cosechas .es importante siempre ,manden antes de encalar una muestra representativa de suelo a un laboratorio así conoceremos como se encuentran las propiedades físico-químicas del suelo (Consumer, 2022).

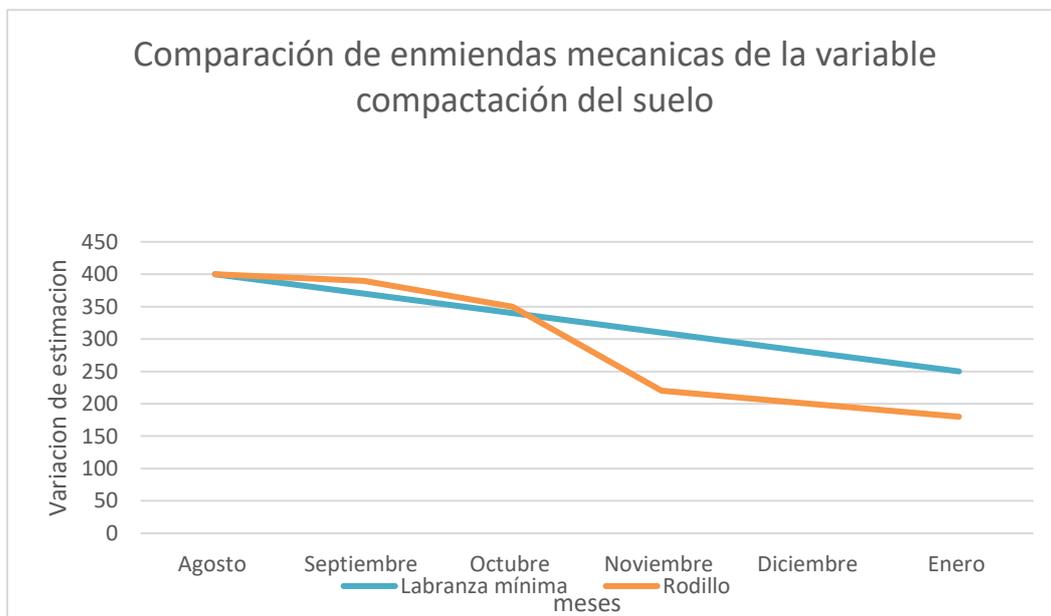
Según (Weill,2008) nos dice que “La aplicación de cal agrícolas en estos suelos perturbados ayuda a neutralizar la acidez excesiva generada por el ganado al reaccionar con el agua la cal agrícola libera iones de calcio e hidroxilos que contrarrestan los iones hidrógenos responsables de la acides. De esta manera la cal restaura el pH de los suelos compactados y contaminados por los

residuos del ganado”. El efecto neutralizante sobre la acidez producida en suelos degradados por el pisoteo, compactación y residuos del ganado al consumir los iones de hidrogeno ayudan a restaurar el pH del suelo

**Tabla 4- 13:** Tabla de Valores de la variable Compactación del suelo

		MESES					
A		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
B	Labranza	400	370	340	310	280	250
O	mínima						
N	Rodillo	400	390	350	220	200	180
O							
S							

Elaborado por: Erazo, R.2024



**Ilustración 4- 25:**Gráfica de comparación de la variable Compactación del suelo por meses

Elaborado por: Erazo, R.2024

Esta tabla cruzada muestra los valores mensuales para diferentes tipos de enmiendas mecánicas ocupando la herramienta del rodillo aireador y la labranza mínima a lo largo de seis meses, desde agosto hasta enero. A diferencia del aumento observado en la tabla anterior, aquí el rodillo aireador experimenta un aumento y disminución en los meses de octubre y noviembre mientras que la labranza mínima muestra una constancia en los seis. El rodillo aireador disminuye de 400.00 en agosto a 180.00 en enero, la labranza mínima de 400.00 a 250.00, Este descenso uniforme podría reflejar factores estacionales como el aumento y disminución de precipitación en la cual la

enmienda que ayudo al mejoramiento de las propiedades físico químicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera fue la mecánica con la ayuda del rodillo aireador

Según (PROAIN Tecnología, 2020) nos dice que “el factor principal que tiene incidencia en la compactación de suelos habría que prestarle mayor atención a la compactación producida por el uso de maquinaria agrícola” en el sistema de riego el uso de maquinaria agrícola es un 40% debido a que ese porcentaje es donde los propietarios realizan la agricultura y pasan la maquinaria para remover la tierra y queda lista para la realización de esta actividad.

Según (Jacobo et al.,2006) nos dice que el pisteo del ganado puede compactar y perturbar la estructura del suelo, favoreciendo la acidificación por lo cual se debe a que la compactación limita la difusión de oxígeno, favoreciendo la acumulación de materia orgánica y la generación de ácidos orgánicos durante su descomposición por lo cual el ganado contribuye directamente a acidificar el suelo a través de la orina y excremento, los cuales contiene compuestos nitrogenados que se transforman en ácidos.

Un efecto similar a la compactación puede ocurrir en suelos estructuralmente inestables conocido como suelos pesados, se hunden y se convierten en suelos saturados además las fuertes lluvias forman capas densas cuando la densa capa de suelo se seca se comienza a endurecer provocando el crecimiento de las raíces. En los suelos con mayor capacidad amortiguadora es decir con mayor contenido de arcilla y materia orgánica se debe esperar al menos tres semanas después de que la caliza se ha aplicado y ha comenzado a reaccionar en el suelo en cambio en suelos de texturas gruesas (arenosos, areno francosos y francosos arenosos) puede bastar una semana entre la aplicación de la caliza y continuar con fertilización y siembra (Solorzano 2021).

Es importante utilizar el rodillo aireador porque nos permite medir y cuantificar de manera precisa el grado de compactación del suelo por que proporciona datos consistentes y repetibles a diferencia de métodos manuales o visuales el rodillo aireador reduce el error humano y la subjetividad en la evaluación de la compactación (Buitrago et al.,2015)

El rodillo aireador es el más efectivo para romper las capas de compactación superficial del suelo particularmente en áreas de pastoreo intensivo por otro lado la labranza es más efectiva para aliviar la compactación en capas más profundas del suelo causado por el peso del ganado y el tránsito de maquinaria en conclusión una estrategia integrada que combine el uso selectivo de rodillo aireador ,labranzas y otras prácticas de manejo ,como la rotación de cultivos y la incorporación de residuos orgánicos pueden ser la mejor opción la mejora de la calidad del suelo(Batey,2009)

#### **4.3 Elaborar un protocolo para la transferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo**

Se realizó la revisión bibliográfica en el formato establecido con la información indicada de los resultados anteriores e importante para la transferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades físico químicas del suelo que se encuentra en el siguiente capítulo

Una vez que se definió los objetivos, introducción, marco teórico y el formato establecido se entrega el protocolo al sistema de riego Shobol-Pasguazo



**Ilustración 4- 26:** protocolo de información

Realizado por: Erazo, R.2024

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO

5.1. Elaborar un protocolo para la transferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo

# PROTOCOLO DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE RESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO EN LA ZONA DE INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE RIEGO SHOBOL-PASGUAZO



AUTOR :  
ROBERT ERAZO

2023-2024



## INTRODUCCION

El suelo es definido como el manto superficial de la corteza terrestre, biológicamente activo, que ha evolucionado a partir de materiales minerales y orgánicos bajo la influencia de diversos factores tales como el clima, la topografía, los organismos y el tiempo. Esta definición resalta que el suelo es un sistema dinámico conformado por componentes materiales y orgánicos cuya génesis y propiedades se deben a la interacción entre los factores formadores del suelo a través de un determinado ciclo (Zanor,2018, pag.4).

Las enmiendas son sustancias inorgánicas u orgánicas que se incorporan a los suelos con el objetivo de mejorar sus propiedades químicas, físicas y biológicas, incrementando su fertilidad y productividad de manera sostenible. La aplicación de enmiendas persigue optimizar parámetros como el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, la capacidad de retención de agua y la aireación y por último la textura de los suelos. (Gonzales,2017)

La utilización de enmiendas ya sean físicas, químicas u orgánicas ayudan al mejoramiento de algunas propiedades fisicoquímicas como la compactación, pH del suelo lo que le permite absorber con mayor facilidad sus nutrientes. Mejora la estructura y la textura del suelo haciéndolo más ligero permitiéndole que la permeabilidad del suelo fluya de manera adecuada el drenaje y aireación de este. Aumenta la retención de agua en el suelo y contribuye a mejorar el uso de agua para riego de mayor absorción del terrero por lo que disminuye la erosión ya sea por efecto del agua o el viento (Delgado, 2017).

Para mejorar la calidad de los suelos y disminuir la degradación y contaminación se viene utilizando la aplicación de enmiendas como la cal agrícola, compost entre otros creando grandes expectativas en este campo debido a que, por su alto material orgánica, microorganismos, bacterias y microelementos que actúan sobre los cambios en la estabilidad estructural y aumenta la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos enmendados. La aplicación de enmiendas en los suelos afectados puede ayudar a acelerar estos procesos naturales. las enmiendas además de reducir la solubilidad y la movilidad de los elementos trazas aportan nutrientes al medio y desempeñan un papel importante en la restauración de las propiedades físicas, químicas y biológicas de estos suelos altamente degradados vital para el desarrollo de la vegetación (Suclupe, 2018).

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>5.        <u>MARCO PROPOSITIVO</u></b> .....	<b>68</b>
<b><u>INTRODUCCION</u></b> .....	<b>69</b>
<b><u>OBJETIVO</u></b> .....	<b>73</b>
<b><u>AMBITO</u></b> 73	
<b><u>MATERIALES Y METODOLOGIA</u></b> .....	<b>73</b>
<u>Materiales</u> 73	
<b><u>MARCO TEÓRICO</u></b> .....	<b>74</b>
<u>Importancia de la Enmiendas</u> .....	<b>75</b>
<u>Beneficios de las enmiendas</u> .....	<b>75</b>
<u>Tipos de enmiendas</u> .....	<b>77</b>
<u>Enmiendas Orgánicas</u> .....	<b>77</b>
<u>Enmiendas inorgánicas</u> .....	<b>79</b>
<u>Método para conocer la textura del suelo</u> .....	<b>81</b>
<u>Cal agrícola</u> .....	<b>83</b>
<u>Beneficios de la Cal Agrícola</u> .....	<b>84</b>
<u>Como aplicar la cal en la tierra</u> .....	<b>85</b>
<b><u>Bibliografía</u></b> .....	<b>88</b>

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 5-1: Tabla de aplicación de la cal agrícola en las diferentes texturas del suelo .....	86
Tabla 5-2: Aplicación de enmiendas orgánicas según su clase de la variable Compactación del suelo.....	86
Tabla 5-3: Tabla de aplicación de enmiendas orgánicas según su clase de la variable pH del suelo .....	87

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<u>Ilustración 5- 1:Enmiendas orgánicas e inorgánicas</u> .....	74
<u>Ilustración 5- 2:Aplicación de enmienda en cultivos</u> .....	75
<u>Ilustración 5- 3:Beneficios de la aplicación de enmiendas</u> .....	76
<u>Ilustración 5- 4:Propiedades físicas y químicas de un suelo sano</u> .....	76
<u>Ilustración 5- 5:Cal agrícola</u> .....	77
<u>Ilustración 5- 6:Preparación del Biol</u> .....	78
<u>Ilustración 5- 7: Humus</u> .....	78
<u>Ilustración 5- 8:Enmienda húmica</u> .....	79
<u>Ilustración 5- 9:Enmiendas inorgánicas</u> .....	80
<u>Ilustración 5- 10:Resumen de la clasificación del tipo de enmiendas</u> .....	80
<u>Ilustración 5- 11:Procesos relacionados con enmiendas químicas y orgánicas</u> .....	81
<u>Ilustración 5- 12:Proceso del método del puño</u> .....	82
<u>Ilustración 5- 13:Técnica de la bola de arena en la mano</u> .....	83
<u>Ilustración 5- 14: Aplicación de la cal agrícola</u> .....	84
<u>Ilustración 5- 15:Beneficios de la cal en plantas</u> .....	85

## OBJETIVO

El siguiente protocolo tiene como objetivo que es establecer mecanismos de control para gestionar la transferencia de las nuevas tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo en el del sistema de Riego Shobol-Pasguazo para que sirva en otras comunidades para el mejoramiento de sus suelos en un futuro

## AMBITO

El presente instrumento está dirigido al sistema del riego Shobol-Pasguazo que se dedican a la actividad ganadera

## MATERIALES Y METODOLOGIA

**Tabla 5- 1:** Materiales

Materiales	
Abonos orgánicos (Humus, Biol)	
Cal agrícola	
Cinta métrica	
Piola	

Estacas	
Agua	

Elaborado por: Erazo, R.2024

## MARCO TEÓRICO

Las enmiendas son sustancias, tanto de naturaleza orgánica como inorgánica, que se incorpora al suelo de forma exógena con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas o químicas y de esa manera, incrementar la producción agrícola o facilitar el manejo del suelo. Una enmienda agrícola es un producto que se le adiciona a un suelo para la corrección y mejora de al menos una condición física, química o biológica del mismo de tal forma que las nuevas condiciones sean más adecuadas para las plantas sembradas o por sembrar en este **medio** ()



**Ilustración 5- 1:**Enmiendas orgánicas e inorgánicas.

Autor: Erazo, 2024

### *Importancia de la Enmiendas*

Los beneficios de las enmiendas en la agricultura se traducen en la mejora de la cantidad y calidad de la materia orgánica en el sustrato de los cultivos, así mismo, fertilidad del suelo, reducción de la pérdida de nutrientes, retención de agua y activación de la flora microbiana (Pineda, 2022).

De igual forma ayuda a la disminución de la compactación del suelo, reducción de la contaminación y ajuste del pH del suelo .al mismo tiempo ayuda al incremento de nutrientes. a la modificación de acidez o alcalinidad y reducción a la erosión (Pineda, 2022).

Mejora las propiedades del suelo, rendimiento de la producción agrícola. Seguridad alimentaria, agricultura ecológica y el cuidado del ambiente (Pineda, 2022).

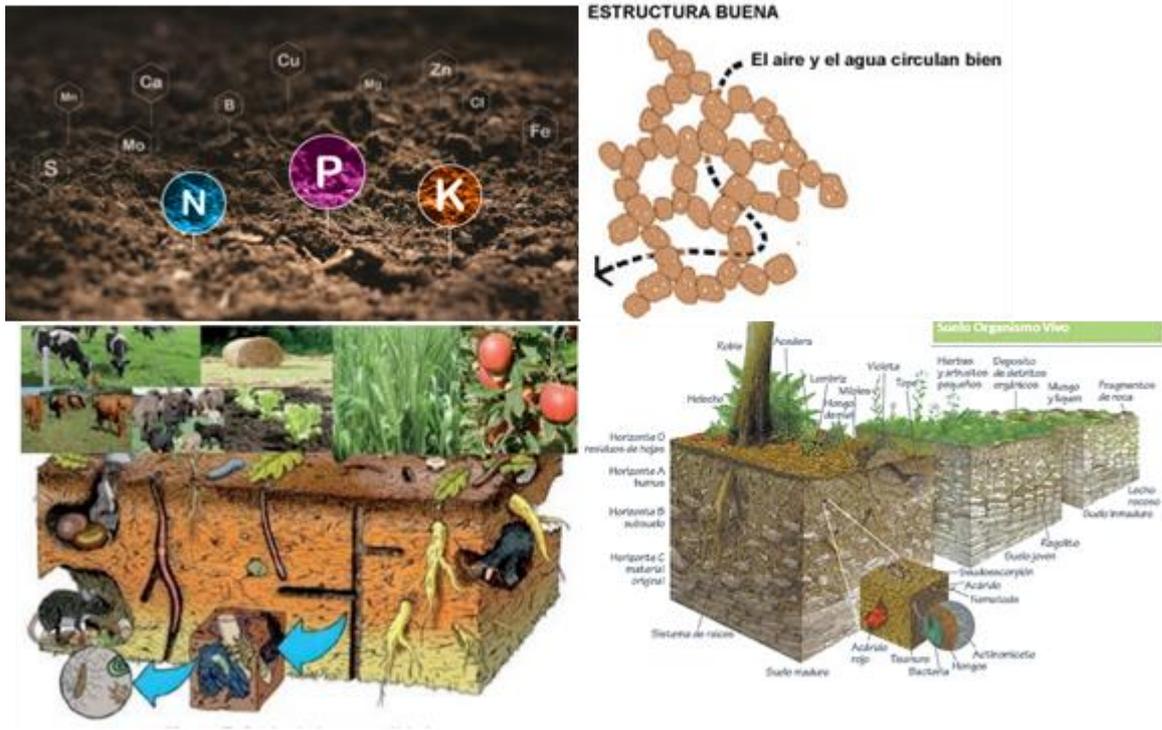


**Ilustración 5- 2:** Aplicación de enmienda en cultivos

Fuente: (García y Hernández, 2018)

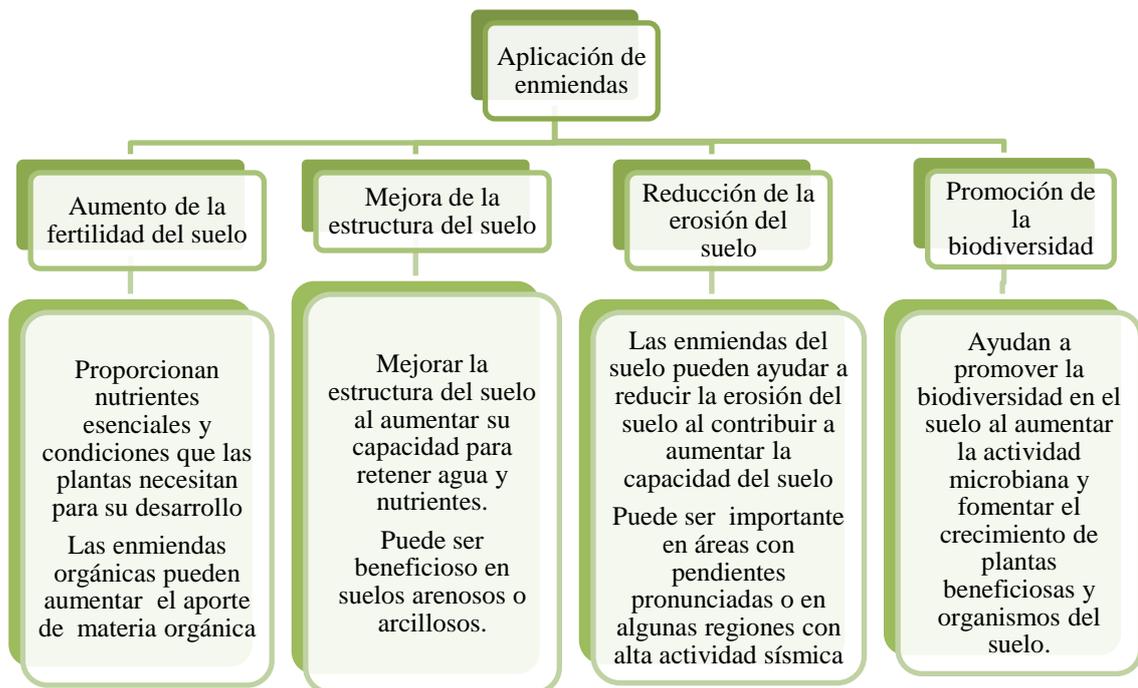
### *Beneficios de las enmiendas*

Las enmiendas del suelo pueden proporcionar una serie de beneficios para los cultivos y el medio ambiente en general. Algunos de los beneficios más importante son:



**Ilustración 5- 3:**Beneficios de la aplicación de enmiendas

Fuente: (Agronet,2023)



**Ilustración 5- 4:**Propiedades físicas y químicas de un suelo sano

Fuente:(Mundo Agro, 2019; FAO, 2006; Vistoso Gacitúa, 2022; Bonells, 2017)

## *Tipos de enmiendas*

### *Enmiendas Orgánicas*

Las enmiendas orgánicas es el producto procedente de materiales carbonados de origen vegetal o animal cuya función es mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, mejorar sus propiedades físicas y mejorar también su actividad química o biológica. Los diferentes tipos de enmiendas orgánicas son:

#### Cal Agrícola

La cal es un producto que se obtiene de la piedra caliza que por ser calina tiene como peculiaridad ser un poderoso desinfectante de bacterias, virus nocivos para la salud además suaviza y clarifica el agua, elimina sustancias negativas y neutraliza los ácidos del agua y el suelo. Su composición depende del origen de la roca y contiene de 90 a 99% de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Se utiliza cuando el contenido de aluminio es alto y la relación Ca/MG es inferior a 3 pero hay suficiente magnesio en el suelo. En la producción de cal agrícola se debe prestar especial atención a su grado de fragmentación ya que de ello depende en gran medida la reactividad del material (Suclupe, 2018).



**Ilustración 5- 5:** Cal agrícola

Fuente: AGRONET, 2023

#### Biol

El Biol es el resultado de la fermentación de estiércol y agua a través de la descomposición y transformaciones químicas de residuos orgánicos en un ambiente anaeróbico además es un

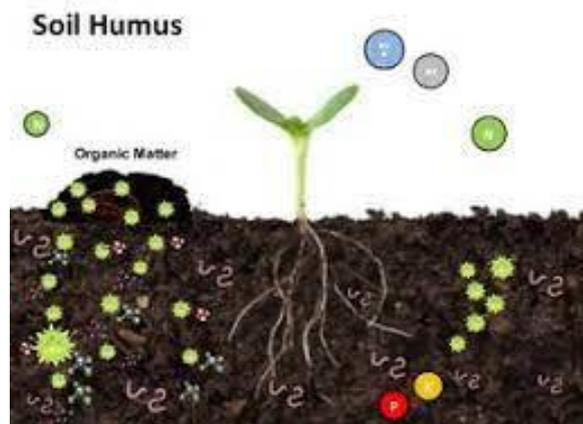
excelente abono foliar además sirve para que las plantas estén verdes y den buenos frutos (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Santo Domingo, 2011)



**Ilustración 5- 6:**Preparación del Biol

## Humus

El humus se forma a partir de los residuos estables resultantes de la descomposición de la materia orgánica fresca de plantas, animales o microorganismos bajo la acción combinada de animales (macro y microscópicos) plantas y microorganismo del suelo (Asociacion Española de fabricantes de agronutrimetes,sf)



**Ilustración 5- 7:** Humus

## Enmienda húmica

Su interés radica en la aportación directa al suelo de compuestos húmicos que pueden proceder del proceso de transformación de restos vegetales o animales y fundamentalmente de materia

orgánica de tipo sedimentario como las turbas, lignitos y leonarditas ligados al proceso de formación del carbono (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes, s.f.).

La enmienda mineral o química es una sustancia o producto mineral, natural o sintético la cual no se considera como abono para modificar y mejorar las propiedades físicas, químicas, biológicas o mecánicas del suelo (Crespo, 2017).



**Ilustración 5- 8:**Enmienda húmica

#### *Enmiendas inorgánicas*

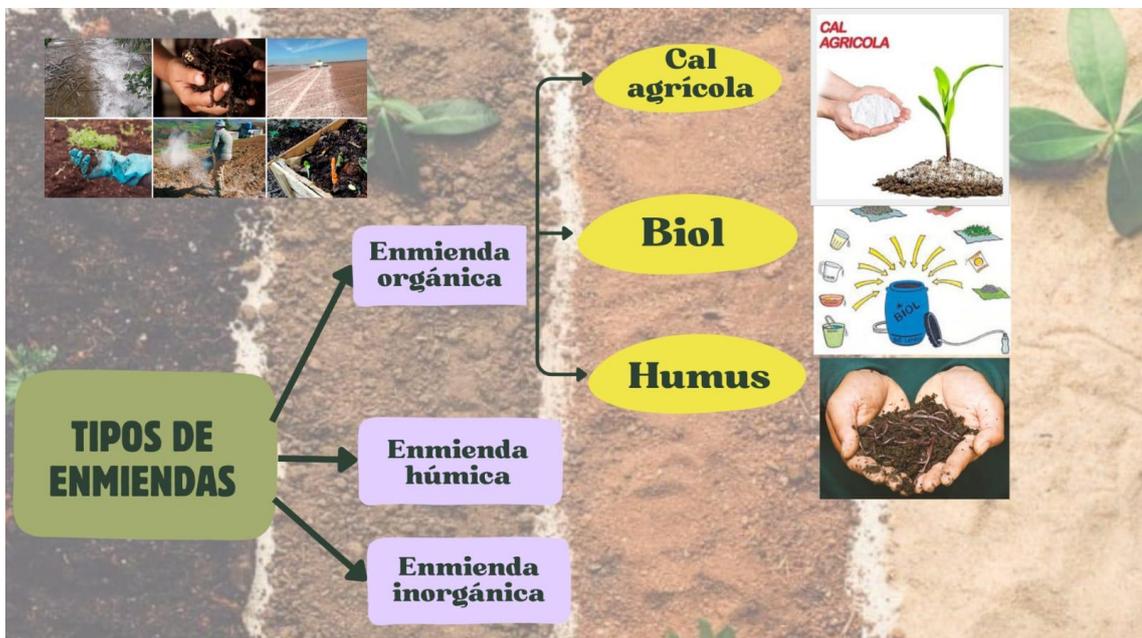
Las enmiendas inorgánicas se utilizan para corregir problemas específicos del suelo, como la acidez o la falta de nutrientes. Por ejemplo, la cal se utiliza para aumentar el pH del suelo y mejorar su capacidad para retener nutrientes, mientras que la ceniza de madera se utiliza para aumentar la cantidad de potasio y fósforo en el suelo (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Santo Domingo, 2011)

Es importante tener en cuenta que el uso excesivo de enmiendas inorgánicas puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud del suelo por lo tanto es importante seguir las recomendaciones de uso y aplicación de los expertos en agricultura y hacer un seguimiento regular de la calidad del suelo (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Santo Domingo, 2011)

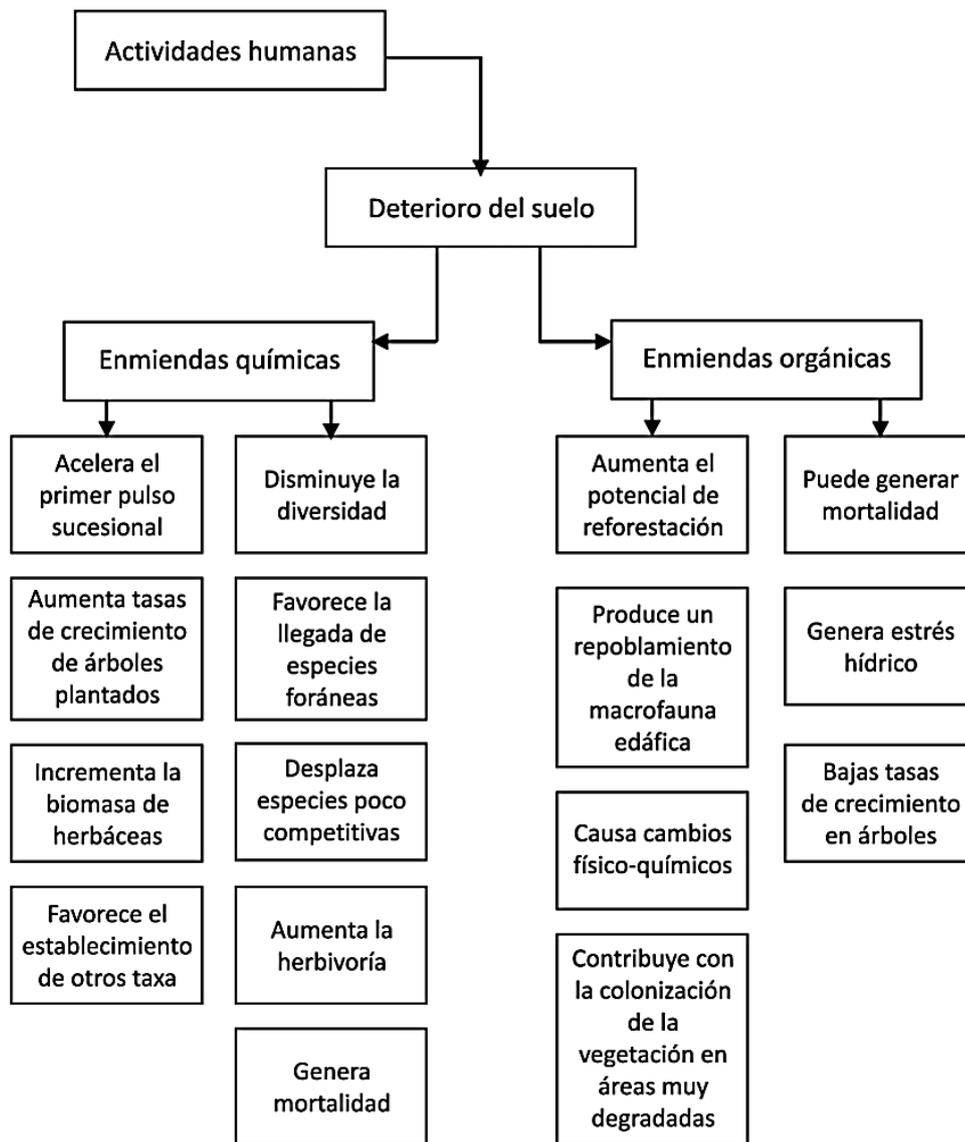


**Ilustración 5- 9:**Enmiendas inorgánicas

A continuación, se visualiza un resumen de la clasificación de las enmiendas.



**Ilustración 5- 10:**Resumen de la clasificación del tipo de enmiendas



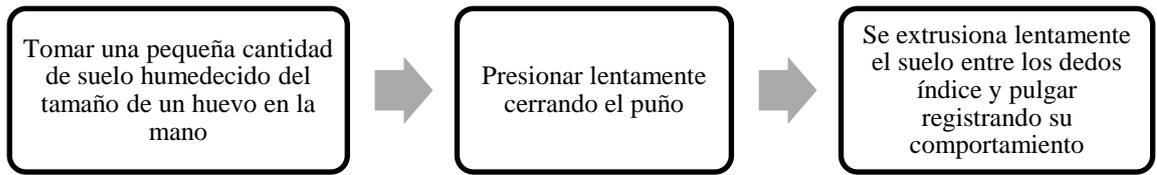
**Ilustración 5- 11:**Procesos relacionados con enmiendas químicas y orgánicas

**Fuente:** (Vargas, 2007)

Método para conocer la textura del suelo

Método del puño

El método del puño consiste en tomar una pequeña cantidad de suelo humedecido del tamaño de un huevo aproximadamente en la mano y presionar lentamente cerrando el puño. Luego, se extrusiona lentamente el suelo entre los dedos índice y pulgar registrando su **comportamiento CITA.**



**Ilustración 5- 12:**Proceso del método del puño

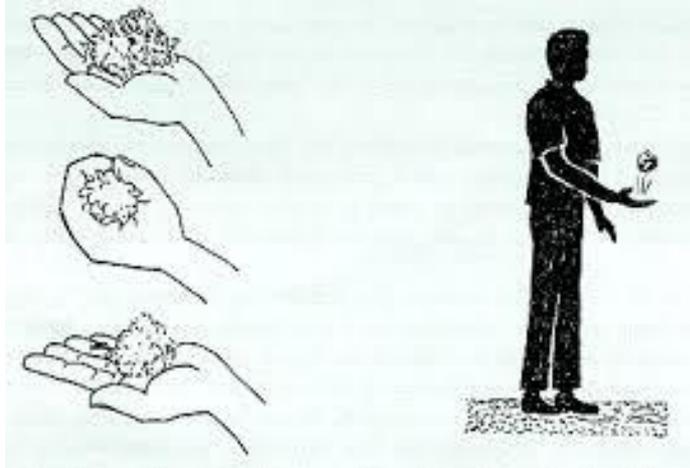
Elaborado por: Erazo, 2024

En base a este procedimiento, los suelos se clasifican de la siguiente manera:

**Tabla 5- 2:** Tabla de clasificación de los tipos de textura del suelo

Clasificación de textura	Arenosos	No forman cinta y se desmoronan readily al salir del puño Sensación de arenosa
	Franco-arenosos	Forman pequeñas cintas débiles que se entre corta en segmentos cortos al sobrepasar los 2cm. Sensación harinosa
	Franco equilibrado	Forman una cinta de 2 a 5 cm antes de romperse. Sensación limo-arcilloso-arenoso
	Franco-arcillosos	Forman una cinta de 5 a 7 cm. Sensación arcillo-limoso
	Arcilloso	Cinta continua mayor de 7 cm cuando seca es firme y difícil de desmoronar. Sensación plástica, adhesiva

Elaborado por: Erazo, R. 2024



**Ilustración 5- 13:**Técnica de la bola de arena en la mano

### *Cal agrícola*

La cal agrícola es una herramienta muy útil para mejorar la calidad del suelo y aumentar la productividad de los cultivos. sin embargo, es importante conocer el tipo y estado del suelo antes de aplicarla y seguir las recomendaciones adecuadas para evitar perjudicar a las plantas (Agronet, 2023).

La cal agrícola es un recurso efectivo para mantener el suelo en buenas condiciones, controlador el pH y la acidez del suelo, a lo que favorece el crecimiento y la salud de las plantas. La cal agrícola es un excelente aliado para mantener el suelo en buenas condiciones. controla el nivel de pH y modifica la acidez del suelo, un pH adecuado es esencial para el crecimiento y la salud de las plantas .si el suelo es demasiado acido, las plantas pueden sufrir deficiencias nutricionales y no crecer adecuadamente. Por tanto, el uso de la cal agrícola puede ser clave para lograr un pH adecuado en el suelo (Agronet, 2023).



**Ilustración 5- 14:** Aplicación de la cal agrícola

**Elaborado por:** Erazo,2024

#### Beneficios de la Cal Agrícola

##### Neutraliza la acidez de algunos suelos

Algunos suelos son naturalmente ácidos, lo que pueden afectar el crecimiento de las plantas. La cal agrícola ayuda a neutralizar la acidez del suelo, lo que favorece el desarrollo de las plantas (Agronet, 2023).

##### Mejora la estructura del suelo

La cal agrícola mejora la estructura del suelo especialmente en suelo arcillosos. Los hace menos compactos y los ahueca, facilitando la absorción del agua del riego o de la lluvia. Esto es esencial para garantizar un adecuado crecimiento de las raíces y por tanto de las plantas (Agronet, 2023).

##### Aporta calcio

La cal agrícola es una excelente fuente de calcio, un nutriente esencial para las plantas. Añadir cal agrícola al suelo es una forma efectiva de suministrar calcio a las raíces sin emplear productos específicos o abonos (Agronet, 2023).

Actúa como un antiparásito

La cal agrícola tiene propiedades antiparásitas y puede repeler a las babosas y a las orugas, además de combatir otras enfermedades. Esto es especialmente útil para aquellos que desean cultivar sus propios alimentos de forma ecológica y sin el uso de pesticidas (Agronet, 2023).

Favorece la liberación de nutrientes

La cal agrícola ayuda a liberar y hacer más asimilables los nutrientes (Agronet, 2023).



**Ilustración 5- 15:**Beneficios de la cal en plantas

Fuente: (Interés Agronómico, 2022)

Como aplicar la cal en la tierra

Analizar el suelo

Lo primero que hay que hacer antes de aplicar la cal en el suelo es analizar el pH del terreno. Si el pH es menor a 6, se recomienda aplicar cal agrícola para elevarlos, pero si el pH es mayor a 7, no se necesita aplicar cal (Agronet, 2023).

Elegir el tipo de cal adecuado

Existen distintos tipos de cal agrícola según su pureza y granulometría. El tipo de cal adecuado dependerá del análisis del suelo y del cultivo que se vaya a sembrar (Agronet, 2023).

Calcular la cantidad de cal necesaria

La cantidad de cal que se necesita para casa terreno dependerá del análisis del suelo y del tipo de cultivo que se vaya a sembrar. Es importante no exceder la dosis recomendada ya que el exceso de calcio puede ser perjudicial para las plantas (Agronet, 2023).

A continuación, se muestra la cantidad de cal agrícola que se debe aplicar en los diferentes tipos y texturas de suelo

**Tabla 5-3:** Tabla de aplicación de la cal agrícola en las diferentes texturas del suelo

**SUELOS DE TEXTURA ARENOSA      1,0 - 1,5 TN CADA 2 AÑOS DE CAL AGRÍCOLA**

<b>SUELOS DE TEXTURA MEDIA</b>	1,5 - 2,0 tn cada 2 años de cal agrícola
<b>SUELOS DE TEXTURA ARCILLOSA</b>	1,5 - 2,5 tn cada 2 años de cal agrícola

Elaborado por: Erazo, R.2024

Dependiendo de la clase que tiene las variables pH y compactación del suelo se debe aplicar lo siguiente:

**Tabla 5-4:** Aplicación de enmiendas orgánicas según su clase de la variable Compactación del suelo

<b>CLASE</b>	<b>ENMIENDAS A APLICAR</b>
<b>MODERADO</b>	no se recomienda aplicar nada
<b>BAJO</b>	aplicar de 4 a 8 ton por ha de humus y como enmienda mecánica utilizar camas bajas para levantar el suelo en mesetas de 10-20 cm para favorecer la profundidad radicular
<b>ALTO</b>	en enmiendas mecánicas realizar el proceso de des compactación con maquinaria ligera (rodillo aireador)
<b>MUY ALTO</b>	en enmiendas mecánicas realizar el proceso de des compactación con maquinaria ligera (rodillo aireador); en enmiendas orgánicas colocar el humus de lombriz la dosis de 4 a 6 ton por ha ya que ayuda a la mejora de la estructura

Elaborado por: Erazo, R.2024

**Tabla 5-5:** Tabla de aplicación de enmiendas orgánicas según su clase de la variable pH del suelo

<b>CLASE</b>	<b>APLICAR DE ABONO</b>
<b>ÁCIDO</b>	Aplicar 1.500 kg/ha cuando el pH se encuentra en los rangos de 4,5 a 5
<b>MODERADAMENTE ÁCIDO</b>	Aplicar 2.500 kg/ha cuando el pH se encuentra en los rangos de 5 a 6,5
<b>NEUTRO</b>	No realizar ninguna enmienda
<b>MODERADAMENTE ALCALINO</b>	Aplicar sulfato de aluminio aplicar entre 400-100 kg/ha
<b>ALCALINO</b>	Aplicar Sulfato de hierro o sulfato ferroso en la cantidad de 500-1500kg/ha

Elaborado por: Erazo, R.2024

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AGRONET. 2023.** Agronet . *La importancia de la cal en la agricultura: beneficios para el suelo y las plantas.* [En línea] 17 de 04 de 2023. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-importancia-de-la-cal-en-la-agricultura-beneficios-para-el-suelo-y-las-plantas.aspx>.
2. **ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE AGRONUTRIENTES .** Humus. [En línea] <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/humus#:~:text=Se%20denomina%20humus%20a%20la,microorganismos%20como%20hongos%20y%20bacterias>
3. **BONELLS, J., 2017.** SUELOS ACIDOS,ALCALINOS Y SALINOS – Jardines sin fronteras. [en línea]. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: <https://jardinessinfronteras.com/2017/08/22/suelos-acidosalcalinos-y-salinos/>.
4. **DELGADO, DIANA MARÍA. 2017.** Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *redaly*. [En línea] 2017. <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964504009/html/>.
5. **FAO, 2006.** 7. Estructura del Suelo. *Portal de suelos* [en línea], Disponible en: [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s07.htm%0Ahttp://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s07.htm%0Ahttp://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm%0Ahttp://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm%0Ahttp://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/).
6. **GARCÍA, C. y HERNÁNDEZ, T., 2018.** Fertilizantes/enmiendas orgánicas basadas en residuos orgánicos: su futuro en una agricultura sostenible - Grandes cultivos. [en línea]. [consulta: 12 abril 2024]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/208032-Fertilizantes-enmiendas-organicas-basadas-residuos-organicos-futuro-agricultura-sostenible.html>.
7. **HERNÁNDEZ, O., 2022.** *Compostaje : Objetivo de Desarrollo Sostenible.* 2022. S.l.: s.n.
8. **INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS SANTO DOMINGO, 2011.** El BIOL alternativa orgánica para nutrir y desarrollar los cultivos. INIAP-Estación Experimental Santo Domingo. [en línea], Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3551/9/iniapeesdbd195.pdf>.
9. **INTERÉS AGRONÓMICO, 2022.** Uso de Cal en la agricultura 🌱🌾🌿 La Cal... - Interés Agronómico | Facebook. [en línea]. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: <https://www.facebook.com/InteresAgro/posts/uso-de-cal-en-la-agricultura-la-cal-ayuda-a-mejorar-la-calidad-y-el-ph-del-suelo/514369490241601/>.
10. **MUNDOAGRO, 2019.** Los colores de la fertilidad - Mundoagro. [en línea]. [consulta: 16

abril 2024]. Disponible en: <https://mundoagro.cl/los-colores-de-la-fertilidad/>.

11. **SUCLUPE, MANUEL JULIO DAMIAN. 2018.** Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. [En línea] 2018. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992018000100009#:~:text=Las%20enmiendas%20son%20sustancias%20que,tambi%C3%A9n%20mineral%20\(enmienda%20qu%C3%ADmica\)..](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000100009#:~:text=Las%20enmiendas%20son%20sustancias%20que,tambi%C3%A9n%20mineral%20(enmienda%20qu%C3%ADmica)..)
12. **VARGAS, O., 2007.** *Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del bosque altoandino*. S.l.: s.n. ISBN 9789587019087.
13. **VISTOSO GACITÚA, E., 2022.** Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria - PortalFruticola.com. [en línea]. [consulta: 12 abril 2024]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/05/19/importancia-de-la-fertilidad-del-suelo-en-la-produccion-agropecuaria/>.



## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- Al generar una línea base se ha determinado que en el sistema de riego cuenta con un pH neutro cercano a 7 lo que indica que el suelo no presenta problemas graves de acidez o alcalinidad extrema sin embargo esta condición de neutralidad puede ser inestable y propenso a cambios con el aumento de prácticas ganaderas por otro lado la variable compactación del suelo se encuentra con un rango mayor a 4 Mpa considerando un suelo de muy alta compactación y esto se debe directamente al sobrepastoreo y pisoteo excesivo del ganado ocasionando la reducción de la porosidad, infiltración de agua y dificultad al crecimiento radicular de las plantas por lo tanto llevar a cabo este proceso es un paso importante hacia el manejo sustentable de los recursos naturales porque nos permitirá tomar decisiones importantes sobre como implementar las practicas adecuadas y un monitoreo al impacto de las actividades humanas en la calidad y salud del suelo para contribuir de manera adecuada a la conservación de los ecosistemas y al desarrollo de una agricultura sostenible a largo.
- Mediante la comparación de las enmiendas orgánicas la de mejor efecto en la variable pH fue la aplicación de cal (carbonato de calcio) ya que ayuda a reducir la acidez del suelo y aumentar el pH a niveles más cercanos a la neutralidad por lo que es beneficioso cuando el suelo ha sido acidificado por procesos como la ganadería intensiva, mientras que en la variable compactación del suelo la enmienda que mejor comportamiento tuvo al reducir los niveles es el rodillo aireador ya que rompe las capas compactadas y crean espacios porosos que permiten una mejor infiltración de agua y circulación del aire en el suelo por lo cual la enmienda con cal y el uso de rodillo aireador constituyen un manejo integral efectivo para revertir los efectos adversos sobre el pH y la compactación provocados por actividades ganaderas inadecuadas

- Al momento de elaborar un protocolo para la transferencia se enfocó en transmitir el conocimiento para el mejoramiento del pH y la compactación del suelo mediante el uso de enmiendas como la cal y la implementación del rodillo aireador para cada una de las variables establecidas por ende se indicará las dosis apropiadas de cal agrícola según los niveles de acidez del suelo y el uso del rodillo aireador u otra maquinaria de descompactación en caso de tener niveles de compactación muy alta por lo tanto el protocolo servirá como una guía técnica detallada para la transferencia efectiva de conocimientos y buenas prácticas que permitan solventar limitantes específicas de pH y compactación del suelo.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda establecer un programa de monitoreo en la cual se analiza algunos factores como el tipo del suelo, las prácticas y los manejos agrícolas por lo cual se sugiere realizar anualmente los monitoreos de las variables pH y compactación del suelo en las diferentes zonas del manejo debido a que conoceremos el mejorando el suelo por lo cual es importante ajustar las estrategias de manejo según los cambios observados en el suelo utilizando sensores portátiles y técnicas geoespaciales
- Se recomienda agregar la dosis adecuada de cal agrícola dependiendo de las hectáreas donde se vayan a emplear para mejorar periódicamente los niveles de pH por otro lado se aconseja utilizar rodillos aireadores para romper las capas compactadas del suelo, por lo cual la combinación de ambas enmiendas es adecuada y oportuna cuando el suelo va perdiendo sus propiedades fisicoquímicas por ende estas prácticas permitirán mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo degradado por el manejo ganadero
- Se recomienda que el protocolo de transferencia de información sea compartido a otras comunidades para que tengan el conocimiento de como recuperar sus suelos por las actividades antropogénicas además de elaborar otros materiales de extensión como cartillas, infografías en cual se debe utilizar un lenguaje sencillo y visualmente atractivo para las diferentes audiencias

## **GLOSARIO**

**Buffer:** es la solución que resiste cambios significativos de pH al añadir ácidos o bases .se utiliza para calibrar sondas de pH.

**Capacidad de intercambio catiónico:** es la cantidad total de cationes que un suelo puede retener en estado intercambiable

**Compactación:** es el proceso de densificación del suelo que reduce la porosidad total. Causada por labranza, maquinaria o pistero animal

**Densidad aparente:** es el peso del suelo seco por unidad de volumen. Indicador de compactación, valores altos denotan problema.

**Estratificación:** es la distribución en capas horizontal es de las partículas diferente tamaño en el suelo

**Enmiendas mecánicas:** materiales como arena, gravilla o vermiculita que se incorporan al suelo para mejorar propiedades físicas como porosidad y retención de humedad

**Enmienda orgánica:** son abonos orgánicos como estiércol, compost, humus o biosólidos que aportan materia orgánica y mejoran la fertilidad

**Enmienda química:** son sustancias inorgánicas como cal, yeso o zeolita que se aplican para corregir acidez, sodicidad o mejorar la estructura

**Enmiendas integradas:** es el uso combinado y complementario de enmiendas mecánicas, orgánicas y químicas para potenciar sus beneficios.

**Estructura:** es la organización de las partículas de suelo en agregados estables. Importarte para el desarrollo radicular

**Fertilidad:** es la capacidad de un suelo para sostener el crecimiento vegetal, determinada por sus propiedades químicas, físicas y biológicas

**Glacis:** es un rasgo geomorfológico consistente en una extensa superficial inclinada, de pendiente suave y regular, que desciende desde la base de una cadena montañosa o relieve elevado hacia una llanura inferior }

Infiltración: es la entrada de agua desde la superficie hacia el perfil del suelo. Puede verse limitada en suelos compactados.

Materia orgánica: fracción orgánica del suelo, importante fuente de nutrientes y promotor de agregación

Ombrotipo: es el tipo de clima o condición de humedad de un ecosistema, en función del origen del agua disponible

Penetrómetro: es un instrumento para medir la resistencia mecánica del suelo a la penetración. Sirve para diagnosticar compactación.

pH: escala numérica que indica la acidez o alcalinidad de una sustancia

Propiedades fisicoquímicas: características edáficas como estructura, textura, porosidad, pH, contenido de materia orgánica y nutrientes.

Protocolo: es el conjunto estandarizado de procedimiento, reglas y pautas para llevar a cabo una actividad o proceso

Salinidad: concentración de sales solubles en un suelo, que en exceso limita el crecimiento de cultivo

Tecnologías validadas: tecnologías prácticas, proceso o producto evaluada y confirmada en su efectividad mediante investigación aplicada en campo

Trasferencia tecnológica: proceso de transmitir, difundir y adaptar tecnologías, conocimiento y practicas entre grupos de investigación, extensionista y productores

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABAD, C.J.P., 1996. Problemática de la ganadería extensiva en España. *Estudios Geográficos*, vol. 57, no. 222, ISSN 1988-8546. DOI 10.3989/egeogr.1996.i222.657.
2. ABOUHAMAD, S. de L., RAMÍREZ, M.V.R., RAMÍREZ, J.L.M., CÉSPEDES, K.S. y ALPÍZAR, A.L.S., 2017. Servicios ecosistémicos de regulación que benefician a la sociedad y su relación con la restauración ecológica. *Biocenosis* [en línea], vol. 31, no. 1-2, [consulta: 21 febrero 2024]. ISSN 1659-4991. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1731>.
3. **AGRONET. 2023.** Agronet . *La importancia de la cal en la agricultura: beneficios para el suelo y las plantas.* [En línea] 17 de 04 de 2023. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-importancia-de-la-cal-en-la-agricultura-beneficios-para-el-suelo-y-las-plantas.aspx>.
4. AMBROCIO, B., VINCENT, S., MUNGUÍA, B. y OSCAR, J., 2023. PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL. ,
5. **ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE AGRONUTRIENTES .** Humus. [En línea] <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/humus#:~:text=Se%20denomina%20humus%20a%20la,microorganismos%20como%20hongos%20y%20bacterias>
6. BARROS, A., BORJA, R., CORONEL, K., MERINO, E., OÑATE, D., PILLAPA, Y., PROAÑO, N. y TORRES, W., 2020. PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS TIPO COMPOST, BIOL Y ABONO LÍQUIDO, PARA HUERTOS CASEROS. ,
7. BAXENDALE, C. y BUZAI, G., 2011. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Aportes de la Geografía para la elaboración del Diagnóstico en el Ordenamiento Territorial. *Fronteras*, vol. 10,
8. BENAVIDES, D., 2012. Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. En: Accepted: 2014-12-11T11:12:15Z [en línea], [consulta: 18 febrero 2024]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11109>.
9. BONELLS, J., 2017. SUELOS ACIDOS,ALCALINOS Y SALINOS – Jardines sin fronteras. [en línea]. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: <https://jardinessinfronteras.com/2017/08/22/suelos-acidosalcalinos-y-salinos/>.
10. BOLAÑOS, E.M.B., 2020. Impacto de las prácticas agroecológicas sobre la conservación, incremento o interacción de servicios ecosistémicos en suelos agrícolas: Revisión de Literatura. ,

11. BOUMA, J., 2012. Hydropedology as a Powerful Tool for Environmental Policy and Regulations: Toward Sustainable Land Use, Management and Planning. *Hydropedology*, ISSN 9780123869418. DOI 10.1016/B978-0-12-386941-8.00015-0.
12. BUENO, R. y LIZARAZO, J., 2019. La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Ámbito Investigativo*, vol. 4, no. 1, ISSN 2500-5790.
13. BURBANO, H., 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. [en línea]. [consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-01352016000200011&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352016000200011&lang=es).
14. CABRAL DE BÁEZ, A., 2013. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto granja NOVEX-CRÍA Y ENGORDE DE ANIMALES BOVINOS Y PORCINOS. - Google Search. [en línea]. [consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Estudio+de+Impacto+Ambiental+Proyecto+granja+NOVEX-CR%C3%8DA+Y+ENGORDE+DE+ANIMALES+BOVINOS+Y+PORCINOS.&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=Estudio+de+Impacto+Ambiental+Proyecto+granja+NOVEX-CR%C3%8DA+Y+ENGORDE+DE+ANIMALES+BOVINOS+Y+PORCINOS.&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzc4MmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Estudio+de+Impacto+Ambiental+Proyecto+granja+NOVEX-CR%C3%8DA+Y+ENGORDE+DE+ANIMALES+BOVINOS+Y+PORCINOS.&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=Estudio+de+Impacto+Ambiental+Proyecto+granja+NOVEX-CR%C3%8DA+Y+ENGORDE+DE+ANIMALES+BOVINOS+Y+PORCINOS.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzc4MmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
15. CASAS, R., 2012. UF0001 - El suelo de cultivo y las condiciones climáticas : Autor(es) RAQUEL CASAS FLORES : Paraninfo.es : Libros : ISBN 9788428332873. *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas* [en línea]. [consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428332873/uf0001---el-suelo-de-cultivo-y-las-condiciones-climaticas>.
16. CASTAÑO, K., CHARÁ, J., GIRALDO, C. y CALLE, Z., 2019. Introducción y sistemas de ganadería sostenible. MANEJO INTEGRADO DE INSECTOS HERBÍVOROS EN SISTEMAS GANADEROS SOSTENIBLES, p. 2. 2019 ISBN 978-958-9386-93-4 - Google Search. *MANEJO INTEGRADO DE INSECTOS HERBÍVOROS EN SISTEMAS GANADEROS SOSTENIBLES* [en línea]. [consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Introducci%C3%B3n+y+sistemas+de+ganader%C3%ADa+sostenible.+MANEJO+INTEGRADO+DE+INSECTOS+HERB%C3%8DVOROS+EN+SISTEMAS+GANADEROS+SOSTENIBLES%2C+p.+2.+2019+ISBN+978-958-9386-93-4&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=Introducci%C3%B3n+y+sistemas+de+ganader](https://www.google.com/search?q=Introducci%C3%B3n+y+sistemas+de+ganader%C3%ADa+sostenible.+MANEJO+INTEGRADO+DE+INSECTOS+HERB%C3%8DVOROS+EN+SISTEMAS+GANADEROS+SOSTENIBLES%2C+p.+2.+2019+ISBN+978-958-9386-93-4&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=Introducci%C3%B3n+y+sistemas+de+ganader)

%C3%ADa+sostenible.+MANEJO+INTEGRADO+DE+INSECTOS+HERB%C3%8DVO  
ROS+EN+SISTEMAS+GANADEROS+SOSTENIBLES%2C+p.+2.+2019+ISBN+978-  
958-9386-93-

4&gs\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzY4MmowajeoAgCwAgA&sourceid=chr  
ome&ie=UTF-8.

17. CEC, (EUROPEAN COMMISSION, 2006. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Thematic Strategy for Soil Protection.coM 231 final, brussels, 2006 - Google Search. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL, THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS* [en línea]. [consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Communication+from+the+Commission+to+the+Council%2C+the+European+Parliament%2C+the+European+Economic+and+Social+Committee+and+the+Committee+of+the+Regions%3A+Thematic+Strategy+for+Soil+Protection.coM+231+final%2C+brussels%2C+2006&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=Communication+from+the+Commission+to+the+Council%2C+the+European+Parliament%2C+the+European+Economic+and+Social+Committee+and+the+Committee+of+the+Regions%3A+Thematic++Strategy+for+Soil+Protection.coM+231+final%2C+brussels%2C+2006&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzY4MmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Communication+from+the+Commission+to+the+Council%2C+the+European+Parliament%2C+the+European+Economic+and+Social+Committee+and+the+Committee+of+the+Regions%3A+Thematic+Strategy+for+Soil+Protection.coM+231+final%2C+brussels%2C+2006&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=Communication+from+the+Commission+to+the+Council%2C+the+European+Parliament%2C+the+European+Economic+and+Social+Committee+and+the+Committee+of+the+Regions%3A+Thematic++Strategy+for+Soil+Protection.coM+231+final%2C+brussels%2C+2006&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzY4MmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
18. CHANGOLUISA, V., 2020. Evaluación de pH en suelos alcalinos utilizando tres enmiendas químicas en el cultivo de remolacha (Beta Vulgaris L. Var. Conditiva) sector Salache, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi 2019-2020. 2020. Tesis de Licenciatura. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). - Google Search. [en línea]. [consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Evaluaci%C3%B3n+de+pH+en+suelos+alcalinos+utilizando+tres+enmiendas+qu%C3%ADmicas+en+el+cultivo+de+remolacha+\(Beta+Vulgaris+L.+Var.+Conditiva\)+sector+Salache%2C+Cant%C3%B3n+Latacunga%2C+Provincia+Cotopaxi+2019-2020.+2020.+Tesis+de+Licenciatura.+Ecuador%3A+Latacunga%3A+Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi+\(UTC\).&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=Evaluaci%C3%B3n+de+pH+en+suelos+alcalinos+utilizando+tres+enmiendas+qu%C3%ADmicas+en+el+cultivo+de+remolacha+\(Beta+Vulgaris+L.+Var.+Conditiva\)+sector+Salache%2C+Cant%C3%B3n+Latacunga%2C+Provincia+Cotopaxi+2019-2020.+2020.+Tesis+de+Licenciatura.+Ecuador%3A+Latacunga%3A+Universidad+T%C3](https://www.google.com/search?q=Evaluaci%C3%B3n+de+pH+en+suelos+alcalinos+utilizando+tres+enmiendas+qu%C3%ADmicas+en+el+cultivo+de+remolacha+(Beta+Vulgaris+L.+Var.+Conditiva)+sector+Salache%2C+Cant%C3%B3n+Latacunga%2C+Provincia+Cotopaxi+2019-2020.+2020.+Tesis+de+Licenciatura.+Ecuador%3A+Latacunga%3A+Universidad+T%C3%A9cnica+de+Cotopaxi+(UTC).&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=Evaluaci%C3%B3n+de+pH+en+suelos+alcalinos+utilizando+tres+enmiendas+qu%C3%ADmicas+en+el+cultivo+de+remolacha+(Beta+Vulgaris+L.+Var.+Conditiva)+sector+Salache%2C+Cant%C3%B3n+Latacunga%2C+Provincia+Cotopaxi+2019-2020.+2020.+Tesis+de+Licenciatura.+Ecuador%3A+Latacunga%3A+Universidad+T%C3)



23. DAILY, G.C. y MATSON, P.A., 2008. Ecosystem services: From theory to implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, no. 28, DOI 10.1073/pnas.0804960105.
24. DELGADO, DIANA MARÍA. 2017. Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. redaly. [En línea] 2017. <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964504009/html/>.
25. ELLIES, A., RAMÍREZ, C. y MAC DONALD, R., 1993. Cambios en la porosidad de un suelo por efecto de su uso. En: Accepted: 2020-10-08T17:18:40Z [en línea], [consulta: 21 febrero 2024]. ISSN 0041-4360. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9615>.
26. ESCOBAR, N., PARRA, A. y MORA-DELGADO, J., 2019. *BIOINDICADORES EN SUELOS Y ABONOS ORGÁNICOS*. S.l.: s.n. ISBN 978-958-55-6934-8.
27. FAO, 2006. 7. Estructura del Suelo. Portal de suelos [en línea], Disponible en: [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s07.htm%0Ahttp://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s07.htm%0Ahttp://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm%0Ahttp://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm%0Ahttp://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/).
28. FAO, 2017. Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos - Google Search. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Directrices+voluntarias+para+la+gesti%C3%B3n+sostenible+de+los+suelos&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=Directrices+voluntarias+para+la+gesti%C3%B3n+sostenible+de+los+suelos&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzgzN2owajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Directrices+voluntarias+para+la+gesti%C3%B3n+sostenible+de+los+suelos&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=Directrices+voluntarias+para+la+gesti%C3%B3n+sostenible+de+los+suelos&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzgzN2owajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
29. FAO, 2023. Propiedades Biológicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-biologicas/es/>.
30. FELIP, M., 2016. Efectos de la actividad ganadera en los lagos del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici: aportes de nitrógeno y riesgo de eutrofización | DIGITAL.CSIC. *Efectos de la actividad ganadera en los lagos del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici: aportes de nitrógeno y riesgo de eutrofización* [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/143070>.
31. FERNÁNDEZ, R. y TRILLO, N., 2005. La textura del suelo como fuente de heterogeneidad; sus efectos sobre la oferta de agua para las plantas. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando JC León (Oesterheld M., Aguiar MR, Ghersa

C., Paruelo JM, comp). Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 2005. - Google Search. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=La+textura+del+suelo+como+fuelle+de+heterogeneidad%3B+sus+efectos+sobre+la+oferta+de+agua+para+las+plantas.+La+heterogeneidad+de+la+vegetaci%C3%B3n+de+los+agroecosistemas.+Un+homenaje+a+Rolando+JC+L.%C3%A9on+\(Oesterheld+M.%2C+Aguiar+MR%2C+Ghersa+C.%2C+Paruelo+JM%2C+comp\).+Editorial+Facultad+de+Agronom%C3%ADa%2C+Universidad+de+Buenos+Aires%2C+2005.&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=La+textura+del+suelo+como+fuelle+de+heterogeneidad%3B+sus+efectos+sobre+la+oferta+de+agua+para+las+plantas.+La+heterogeneidad+de+la+vegetaci%C3%B3n+de+los+agroecosistemas.+Un+homenaje+a+Rolando+JC+L.%C3%A9on+\(Oesterheld+M.%2C+Aguiar+MR%2C+Ghersa+C.%2C+Paruelo+JM%2C+comp\).+Editorial+Facultad+de+Agronom%C3%ADa%2C+Universidad+de+Buenos+Aires%2C+2005.&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzY5MmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=La+textura+del+suelo+como+fuelle+de+heterogeneidad%3B+sus+efectos+sobre+la+oferta+de+agua+para+las+plantas.+La+heterogeneidad+de+la+vegetaci%C3%B3n+de+los+agroecosistemas.+Un+homenaje+a+Rolando+JC+L.%C3%A9on+(Oesterheld+M.%2C+Aguiar+MR%2C+Ghersa+C.%2C+Paruelo+JM%2C+comp).+Editorial+Facultad+de+Agronom%C3%ADa%2C+Universidad+de+Buenos+Aires%2C+2005.&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=La+textura+del+suelo+como+fuelle+de+heterogeneidad%3B+sus+efectos+sobre+la+oferta+de+agua+para+las+plantas.+La+heterogeneidad+de+la+vegetaci%C3%B3n+de+los+agroecosistemas.+Un+homenaje+a+Rolando+JC+L.%C3%A9on+(Oesterheld+M.%2C+Aguiar+MR%2C+Ghersa+C.%2C+Paruelo+JM%2C+comp).+Editorial+Facultad+de+Agronom%C3%ADa%2C+Universidad+de+Buenos+Aires%2C+2005.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzY5MmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8).

32. GARCÍA, C. y HERNÁNDEZ, T., 2018. Fertilizantes/enmiendas orgánicas basadas en residuos orgánicos: su futuro en una agricultura sostenible - Grandes cultivos. [en línea]. [consulta: 12 abril 2024]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/208032-Fertilizantes-enmiendas-organicas-basadas-residuos-organicos-futuro-agricultura-sostenible.html>.
33. GIANNINI KURINA, F., 2021. *Modelos bayesianos para modelos geoestadísticos. Mapeo digital de suelos con R-INLA* [en línea]. masterThesis. S.l.: s.n. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/20120>.
34. GÓMEZ, 2005. Análisis de suelos como herramienta de diagnóstico en la evaluación química de la fertilidad en el cultivo de papa. Fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de papa. Presente y futuro de la investigación en la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia. - Google Search. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=An%C3%A1lisis+de+suelos+como+herramienta+de+diagn%C3%B3stico+en+la+evaluaci%C3%B3n+qu%C3%ADmica+de+la+fertilidad+en+el+cultivo+de+papa.+Fisiolog%C3%ADa+y+nutrici%C3%B3n+vegetal+en+el+cultivo+de+papa.+Presente+y+futuro+de+la+investigaci%C3%B3n+e](https://www.google.com/search?q=An%C3%A1lisis+de+suelos+como+herramienta+de+diagn%C3%B3stico+en+la+evaluaci%C3%B3n+qu%C3%ADmica+de+la+fertilidad+en+el+cultivo+de+papa.+Fisiolog%C3%ADa+y+nutrici%C3%B3n+vegetal+en+el+cultivo+de+papa.+Presente+y+futuro+de+la+investigaci%C3%B3n+en+la+cadena+agroalimentaria+de+la+papa+en+Colombia.&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=An%C3%A1lisis+de+suelos+como+herramienta+de+diagn%C3%B3stico+en+la+evaluaci%C3%B3n+qu%C3%ADmica+de+la+fertilidad+en+el+cultivo+de+papa.+Fisiolog%C3%ADa+y+nutrici%C3%B3n+vegetal+en+el+cultivo+de+papa.+Presente+y+futuro+de+la+investigaci%C3%B3n+e)

- n+la+cadena+agroalimentaria+de+la+papa+en+Colombia.&gs\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzY2OGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8.
35. GÓMEZ, romero y ESMERALDA, sara, 2008. DOI: 10.22490/24629448.398. - Google Search. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=DOI%3A+10.22490%2F24629448.398.&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=DOI%3A+10.22490%2F24629448.398.&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRg60gEHNjE5ajBqN6gCALACAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8#ip=1](https://www.google.com/search?q=DOI%3A+10.22490%2F24629448.398.&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=DOI%3A+10.22490%2F24629448.398.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRg60gEHNjE5ajBqN6gCALACAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8#ip=1).
  36. GOÑI, M.G., 2022. La ganadería intensiva en España. Una aproximación económica. *Revista de Salud Ambiental*, vol. 22, no. Especial Congreso, ISSN 1697-2791.
  37. GRANADOS NAVARRO, T., 2017. Análisis estadístico de datos con correlación espacial mediante el uso de modelos econométricos estáticos. En: Accepted: 2020-09-15T10:51:34Z [en línea], [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/handle/11000/6363>.
  38. GUADAGNIN, M., 1999. PERFIL DO CATADOR: O CÍRCULO PERVERSO DA RECICLAGEM EM CRICIÚMA /SC | Mario Ricardo Guadagnin - Academia.edu. [en línea]. [consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.academia.edu/39961220/Edafologia\\_Para\\_La\\_Agricultura\\_Y\\_el\\_Medio\\_Ambiente\\_2da\\_Edicion](https://www.academia.edu/39961220/Edafologia_Para_La_Agricultura_Y_el_Medio_Ambiente_2da_Edicion).
  39. GUTIÉRREZ, R., 2022. La ganadería intensiva en España: aspectos socioeconómicos, legislativos, ambientales y nutricionales. Una reflexión holística desde la salud pública. *Revista de Salud Ambiental - Google Search*. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=La+ganader%3%ADa+intensiva+en+Espa%3%B1a%3A+aspectos+socioecon%3%B3micos%2C+legislativos%2C+ambientales+y+nutricionales.+Una+reflexi%3%B3n+hol%3%ADstica+desde+la+salud+p%3%BAblica.+Revista+de+Salud+Ambiental&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=La+ganader%3%ADa+intensiva+en+Espa%3%B1a%3A+aspectos+socioecon%3%B3micos%2C+legislativos%2C+ambientales+y+nutricionales.+Una+reflexi%3%B3n+hol%3%ADstica+desde+la+salud+p%3%BAblica.+Revista+de+Salud+Ambiental&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCDExNTRqMGo0qAIAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=La+ganader%3%ADa+intensiva+en+Espa%3%B1a%3A+aspectos+socioecon%3%B3micos%2C+legislativos%2C+ambientales+y+nutricionales.+Una+reflexi%3%B3n+hol%3%ADstica+desde+la+salud+p%3%BAblica.+Revista+de+Salud+Ambiental&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=La+ganader%3%ADa+intensiva+en+Espa%3%B1a%3A+aspectos+socioecon%3%B3micos%2C+legislativos%2C+ambientales+y+nutricionales.+Una+reflexi%3%B3n+hol%3%ADstica+desde+la+salud+p%3%BAblica.+Revista+de+Salud+Ambiental&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCDExNTRqMGo0qAIAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
  40. HELMING, K., 2018. Sustainability | Free Full-Text | Assessment and Governance of Sustainable Soil Management. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4432>.
  41. HERNÁNDEZ, O., 2022. Compostaje : Objetivo de Desarrollo Sostenible. 2022. S.l.: s.n.

42. HERNANDEZ, A., 2008. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. - Google Search. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=El+suelo%3A+Fundamentos+sobre+su+formaci%C3%B3n%2C+los+cambios+globales+y+su+manejo.+&sca\\_esv=7b41a7e8e6ce0902&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&sxsrf=ACQVn0-IcN0On2g5Qoo14g3XwAZwCZ89yg%3A1708495488843&ei=gJLVZY-HM42zkvQP15-UwAY&ved=0ahUKEwiPx9nV4buEAxWNmYQIHdcPBWgQ4dUDCBA&uact=5&oq=El+suelo%3A+Fundamentos+sobre+su+formaci%C3%B3n%2C+los+cambios+globales+y+su+manejo.+&gs\\_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcniAiTUVsIHN1ZWxvOiBGdW5kYW11bnRvcyBzb2JyZSBzdSBmb3JtYWNpw7NuLCBsb3MgY2FtYmlvcyBnbG9iYWxlcYB5IHN1IG1hbmVqby4gMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnSJMRU PQLWPQLcAJ4AJABAJgBAKABAKoBALgBA8gBAPgBAfgBAqgCCg&sclient=gws-wiz-serp](https://www.google.com/search?q=El+suelo%3A+Fundamentos+sobre+su+formaci%C3%B3n%2C+los+cambios+globales+y+su+manejo.+&sca_esv=7b41a7e8e6ce0902&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&sxsrf=ACQVn0-IcN0On2g5Qoo14g3XwAZwCZ89yg%3A1708495488843&ei=gJLVZY-HM42zkvQP15-UwAY&ved=0ahUKEwiPx9nV4buEAxWNmYQIHdcPBWgQ4dUDCBA&uact=5&oq=El+suelo%3A+Fundamentos+sobre+su+formaci%C3%B3n%2C+los+cambios+globales+y+su+manejo.+&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcniAiTUVsIHN1ZWxvOiBGdW5kYW11bnRvcyBzb2JyZSBzdSBmb3JtYWNpw7NuLCBsb3MgY2FtYmlvcyBnbG9iYWxlcYB5IHN1IG1hbmVqby4gMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnMgcQIxjqAhgnSJMRU PQLWPQLcAJ4AJABAJgBAKABAKoBALgBA8gBAPgBAfgBAqgCCg&sclient=gws-wiz-serp).
43. IBRAHIM, Ibram. y ANDRADE, H., 2003. . ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? - Google Search. [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=.%C2%BFC%C3%B3mo+monitorear+el+secuestro+de+carbono+en+los+sistemas+silvopastoriles%3F&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=.%C2%BFC%C3%B3mo+monitorear+el+secuestro+de+carbono+en+los+sistemas+silvopastoriles%3F&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzcxNGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=.%C2%BFC%C3%B3mo+monitorear+el+secuestro+de+carbono+en+los+sistemas+silvopastoriles%3F&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=.%C2%BFC%C3%B3mo+monitorear+el+secuestro+de+carbono+en+los+sistemas+silvopastoriles%3F&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzcxNGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
44. IDEAGRO, 2019. La importancia de la actividad enzimática en el suelo para la agricultura - Ideagro. [en línea]. [consulta: 21 abril 2024]. Disponible en: <https://ideagro.es/la-importancia-de-la-actividad-enzimatica-en-el-suelo-para-la-agricultura/>.
45. INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS SANTO DOMINGO, 2011. El BIOL alternativa orgánica para nutrir y desarrollar los cultivos. INIAP-Estación Experimental Santo Domingo. [en línea], Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3551/9/iniapeesdbd195.pdf>.
46. INTERÉS AGRONÓMICO, 2022. Uso de Cal en la agricultura 🌱🧠🌾 La Cal... - Interés Agronómico | Facebook. [en línea]. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: <https://www.facebook.com/InteresAgro/posts/uso-de-cal-en-la-agricultura-la-cal-ayuda-a-mejorar-la-calidad-y-el-ph-del-suelo/514369490241601/>.
47. JÓNSSON, J.Ö.G. y DAVÍÐSDÓTTIR, B., 2016. Classification and valuation of soil ecosystem services. *Agricultural Systems*, vol. 145, no. C,



[https://www.google.com/search?q=The+morphological+characteristics+and+relief+relationships+of+representative+soils+in+Louisiana.+1968&sca\\_esv=71e59d2b87648e6b&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&sxsrf=ACQVn0\\_W1xpkx8\\_GXpAdv0N3GAsCs13Sag%3A1708652760039&ei=2PjXZeb3AeuNwbkP8c-zWA&ved=0ahUKEwjmw7nGq8CEAxXrRjABHfHnDAsQ4dUDCBA&uact=5&oq=The+morphological+characteristics+and+relief+relationships+of+representative+soils+in+Louisiana.+1968&gs\\_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcnAiZVRoZSBtb3JwaG9sb2dpY2FsIGNoYXJhY3RlcmlzdGljcyBhbmQgcmVsaWVmIHJlbGF0aW9uc2hpcHMgb2YgcmVwcmVzZW50YXRpdmUgc29pbHMgaW4gTG91aXNpYW5hLiAxOTY4MgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnSMATUPINWPINcAJ4AJABAJgBAKABAKoBALgBA8gBAPgBAfgBAqgCCg&scient=gws-wiz-serp](https://www.google.com/search?q=The+morphological+characteristics+and+relief+relationships+of+representative+soils+in+Louisiana.+1968&sca_esv=71e59d2b87648e6b&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&sxsrf=ACQVn0_W1xpkx8_GXpAdv0N3GAsCs13Sag%3A1708652760039&ei=2PjXZeb3AeuNwbkP8c-zWA&ved=0ahUKEwjmw7nGq8CEAxXrRjABHfHnDAsQ4dUDCBA&uact=5&oq=The+morphological+characteristics+and+relief+relationships+of+representative+soils+in+Louisiana.+1968&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcnAiZVRoZSBtb3JwaG9sb2dpY2FsIGNoYXJhY3RlcmlzdGljcyBhbmQgcmVsaWVmIHJlbGF0aW9uc2hpcHMgb2YgcmVwcmVzZW50YXRpdmUgc29pbHMgaW4gTG91aXNpYW5hLiAxOTY4MgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnMgcQIxxjAhgnSMATUPINWPINcAJ4AJABAJgBAKABAKoBALgBA8gBAPgBAfgBAqgCCg&scient=gws-wiz-serp)

52. MANJAVACAS, M. y NAVARRO, A., 1995. Ganadería intensiva y problemática de los residuos. *MG Mundo ganadero*, 1995, no 2, p. 49-52. - Google Search. [en línea]. [consulta: 22 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Ganader%3%ADa+intensiva+y+problem%3%A1tica+de+los+residuos.+MG+Mundo+ganadero%2C+1995%2C+no+2%2C+p.+49-52.&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&oq=Ganader%3%ADa+intensiva+y+problem%3%A1tica+de+los+residuos.+MG+Mundo+ganadero%2C+1995%2C+no+2%2C+p.+49-52.&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEUYOdIBCDEzMDZqMGo0qAIAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Ganader%3%ADa+intensiva+y+problem%3%A1tica+de+los+residuos.+MG+Mundo+ganadero%2C+1995%2C+no+2%2C+p.+49-52.&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&oq=Ganader%3%ADa+intensiva+y+problem%3%A1tica+de+los+residuos.+MG+Mundo+ganadero%2C+1995%2C+no+2%2C+p.+49-52.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEUYOdIBCDEzMDZqMGo0qAIAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
53. MARAÑÓN, T. y MADEJÓN, E., 2017. *Funciones del suelo y servicios ecosistémicos: importancia de la materia orgánica* [en línea]. S.l.: Red Española de Compostaje. [consulta: 22 febrero 2024]. ISBN 978-84-617-9214-6. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/152351>.
54. MARIN, M.A., 2017. Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Ingeniería y región*, 2017, vol. 17, p. 1-12 - Google Search. [en línea]. [consulta: 22 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=Impacto+de+la+actividad+ganadera+sobre+el+suelo+en+Colombia.+Ingenier%3%ADa+y+regi%3%B3n%2C+2017%2C+vol.+17%2C+p.+1-12&sca\\_esv=71e59d2b87648e6b&rlz=1C1GCEU\\_esEC1050EC1050&sxsrf=ACQVn08p6YcBFOHJdg\\_ureOxwl84UDQGyQ%3A1708653421507&ei=bfvXZePLHq-JwbkP4ZqOoAw&ved=0ahUKEwiju6BrsCEAxWvRDABHWGNA8QQ4dUDCBA&uact=5&oq=Impacto+de+la+actividad+ganadera+sobre+el+suelo+en+Colombia.+Ingenier%3%ADa+y+regi%3%B3n%2C+2017%2C+vol.+17%2C+p.+1-12&gs\\_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcnAiakltcGFjdG8gZGUgbGEgYWN0aXZpZGFkIGdhbm](https://www.google.com/search?q=Impacto+de+la+actividad+ganadera+sobre+el+suelo+en+Colombia.+Ingenier%3%ADa+y+regi%3%B3n%2C+2017%2C+vol.+17%2C+p.+1-12&sca_esv=71e59d2b87648e6b&rlz=1C1GCEU_esEC1050EC1050&sxsrf=ACQVn08p6YcBFOHJdg_ureOxwl84UDQGyQ%3A1708653421507&ei=bfvXZePLHq-JwbkP4ZqOoAw&ved=0ahUKEwiju6BrsCEAxWvRDABHWGNA8QQ4dUDCBA&uact=5&oq=Impacto+de+la+actividad+ganadera+sobre+el+suelo+en+Colombia.+Ingenier%3%ADa+y+regi%3%B3n%2C+2017%2C+vol.+17%2C+p.+1-12&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcnAiakltcGFjdG8gZGUgbGEgYWN0aXZpZGFkIGdhbm)







2018.&gs\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzc3MGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

62. MUNDOAGRO, 2019. Los colores de la fertilidad - Mundoagro. [en línea]. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: <https://mundoagro.cl/los-colores-de-la-fertilidad/>.
63. MURGUEITIO, E., 2023. Environmental impact of milk production systems in Colombia and alternative solutions. [en línea]. [consulta: 22 febrero 2024]. Disponible en: <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd15/10/murg1510.htm>.
64. MZUKU, M., KHOSLA, R., REICH, R., INMAN, D., SMITH, F. y MACDONALD, L., 2005. Spatial Variability of Measured Soil Properties across Site-Specific Management Zones. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 69, no. 5, ISSN 1435-0661. DOI 10.2136/sssaj2005.0062.
65. NATIONS, U., 2012. ONU destaca la relación entre el agua y la seguridad alimentaria | Naciones Unidas. *United Nations* [en línea]. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.un.org/es/desa/ensuring-access-to-water-for-agriculture-is-vital-for-sustainable-future>.
66. ORJUELA, H.B., 2010. EL SUELO AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD Y SU ROL EN EL CONTEXTO DE LOS CAMBIOS GLOBALES. *Tendencias*, vol. 11, no. 2, ISSN 2539-0554.
67. OSORIO, N.W., 2012. pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES. , vol. 1, no. 4,
68. PATEIRO, M., MUNEKATA, P.E.S., DOMÍNGUEZ, R. y LORENZO RODRIGUEZ, J.M., 2020. Ganadería extensiva frente al cambio climático en España. Revisión bibliográfica. *Informacion Tecnica Economica Agraria* [en línea], [consulta: 19 abril 2024]. ISSN 2386-3765. DOI 10.12706/itea.2020.024. Disponible en: <http://www.aida-itea.org/index.php/revista/contenidos?idArt=877>.
69. PEREVOCHTCHIKOVA, M., 2013. La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública*, vol. XXII, no. 2, ISSN 1405-1079,.
70. SCHNABEL, S., CONTADOR, J.F., GUTIÉRREZ, A. y GARCÍA-MARÍN, R., 2010. *Aportaciones a la Geografía Física de Extremadura con especial referencia a las dehesas*. S.l.: s.n. ISBN 978-84-920803-9-7.
71. SOLORZANO, P., 2021. Aplicación y reacciones de la cal agrícola en los suelos. *QUIFUCA*, C.A. [en línea]. [consulta: 18 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.quifuca.com/ve/2021/06/14/aplicacion-y-reacciones-de-la-cal-agricola-en-los-suelos/>.

72. SUCLUPE, MANUEL JULIO DAMIAN. 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. [En línea] 2018. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992018000100009#:~:text=Las%20enmiendas%20son%20sustancias%20que,tambi%C3%A9n%20mineral%20\(enmienda%20qu%C3%ADmica\)..](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000100009#:~:text=Las%20enmiendas%20son%20sustancias%20que,tambi%C3%A9n%20mineral%20(enmienda%20qu%C3%ADmica)..)
73. VARGAS, O., 2007. Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del bosque altoandino. S.l.: s.n. ISBN 9789587019087.
74. VISTOSO GACITÚA, E., 2022. Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria - PortalFruticola.com. [en línea]. [consulta: 12 abril 2024]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/05/19/importancia-de-la-fertilidad-del-suelo-en-la-produccion-agropecuaria/>.
75. ZHANG, HAILIN. 2022. OKSTATE. [En línea] 08 de 2022. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/causa-y-efectos-de-la-acidez-del-suelo.html#:~:text=La%20acidez%20se%20produce%20cuando,%C3%A1cido%20se%20vuelve%20el%20suelo..>

**Total 75 referencias bibliográficas**



## ANEXOS

### ANEXO A: ENCUENTRO CON LA COMUNIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO SHOBOL-PASGUAZO



### ANEXO B: REALIZACION DE ENCUESTA PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA LA LINEA BASE



**ANEXO C: UTILIZACION DE LOS SENSORES PORTATILES (PENETOMETRO, GPS Y SENSOR PORTATIL DE PH)**



**ANEXO D: TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES PH Y COMPACTACIÓN DEL SUELO**



**ANEXO E: SOCIALIZACION A LOS PROPIETARIOS DE LA APLICACIÓN DE LAS ENMIENDAS PARA CADA VARIABLE**



**ANEXO F: REALIZACION DE LAS PARCELAS**



**ANEXO G: COLOCACION DEL BIOL EN LA PARCELA**





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

Fecha de entrega: 08/03/2024

**INFORMACIÓN DEL AUTOR**

**Nombres – Apellidos:** Robert Mauricio Erazo Pisco

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**Facultad:** RECURSOS NATURALES

**Carrera:** RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**Título a optar:** INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

  
ING.AGR.VICENTE JAVIER PARRA LEON, MSC.

**Director del Trabajo de Integración Curricular**

  
ING.JORGE DANIEL CORDOVA LLIQUÍN, MSC

**Asesor del Trabajo de Integración Curricular**