



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DEL USO DE MEDIDAS DEL
RESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS DEL SUELO PERTURBADA POR LA
ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÁREA DE COBERTURA DEL
SISTEMA DE RIEGO GUILLERMO RODRÍGUEZ LARA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA

JESSICA DAYANA VELARDE VÁSCONEZ

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EVALUACIÓN DEL USO DE MEDIDAS DEL
RESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS DEL SUELO PERTURBADA POR LA
ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÁREA DE COBERTURA DEL
SISTEMA DE RIEGO GUILLERMO RODRÍGUEZ LARA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA:

JESSICA DAYANA VELARDE VÁSCONEZ

DIRECTOR: ING. DANIEL ARTURO ROMÁN ROBALINO

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Jessica Dayana Velarde Vásquez

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, Jessica Dayana Velarde Vásconez, 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 autora 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, 07 de mayo de 2024


Jessica Dayana Velarde Vásconez
171916196-8

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 FISICOQUÍMICAS DEL SUELO PERTURBADA POR LA ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÁREA DE COBERTURA DEL SISTEMA DE RIEGO GUILLERMO RODRÍGUEZ LARA**, realizado por la señorita: **JESSICA DAYANA VELARDE VÁSCONEZ**, 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 PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-07
Ing. Daniel Arturo Román Robalino DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-07
Ing. Jorge Daniel Córdova Lliquin ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-07

DEDICATORIA

El siguiente trabajo lo dedico a mis padres: **Bolívar Velarde** y **Yolanda Vásquez**, a mis hermanas: **Adriana Velarde** y **Pamela Velarde** quienes estuvieron en todo mi proceso académico universitario apoyándome, dando fuerzas, cariño, paciencia hasta cuando ya me estaba rindiendo, también va para mi angelito y la razón por la que veo el cielo a mi **abuelito Gustavo Vásquez** quien ya no pudo ver como culmino la etapa más larga de mi vida.

Dayana.

AGRADECIMIENTO

Primero voy agradecer a mi compañero de tesis **Ing. Robert Erazo** quien con su compañía, paciencia, diversión, aventuras y lucha me ayudo a salir adelante con mi tesis, ya que él estuvo conmigo en todas las salidas de campo sacrificándose las mañanas, tardes y fines de semana para que pueda culminar la toma de datos.

De igual manera a mi Director: **Ing. Daniel Román** que se tomó el tiempo para ayudarme con la culminación del trabajo de integración curricular, la paciencia que me tuvo para poder comprender las ideas que tenía en mi cabeza y que me lo diga en forma técnica y concreta.

De manera muy especial a mi mejor amigo **Ing. Nicolay Guamaní** pues él fue mi mayor fuerza para seguir adelante, mi psicólogo personal, el que me ayuda a levantarme cuando me rindo.

A mi amiga **Naty Rivadeneira** que me supo dar cariño, aventuras, aprendizajes y decirle que muchas gracias ya que sin ella no hubiera seguido en la universidad para poder llegar a esta etapa final

A la señorita secretaria de mi escuela **Sra. Tania Maldonado** quien ayudo a tener esperanza en mí y que puedo culminar esta etapa académica.

Por ser la persona que más me acompañó agradezco al Ing. Oscar Yáñez ya que con su paciencia y ayuda pude culminar mi Trabajo de Titulación .

También agradezco a todas las personas que me acompañaron a las salidas de campo en San Juan y a la ayuda de la toma de datos.

Dayana.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.3. Justificación	4
1.4. Hipótesis.....	5
1.4.1. <i>Hipótesis nula</i>	5
1.4.2. <i>Hipótesis alterna</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Recurso suelo	6
2.1.1. <i>Edafogénesis</i>	6
2.2. Propiedades del suelo.....	7
2.2.1. <i>Propiedades químicas</i>	7
2.2.2. <i>Propiedades físicas</i>	8

2.2.3.	<i>Propiedades biológicas</i>	10
2.3.	Enmiendas para el restablecimiento de propiedades fisicoquímicas del suelo.	10
2.3.1.	<i>Enmiendas químicas</i>	11
2.3.2.	<i>Enmiendas orgánicas</i>	11
2.3.3.	<i>Enmiendas mecánicas</i>	11
2.3.4.	<i>Enmiendas mixtas</i>	12
2.4.	Manejo y conservación de suelos	12
2.4.1.	<i>El Recurso Suelo como contenedor de actividades productivas</i>	12
2.4.2.	<i>Planes de integración</i>	13
2.4.3.	<i>Metodologías participativas</i>	13
2.5.	Ganadería	14
2.5.1.	<i>Ganadería Sostenible</i>	14
2.5.2.	<i>Tipos de ganadería</i>	15
2.6.	El impacto de la ganadería en los recursos naturales	16
2.6.1.	<i>Agua</i>	16
2.6.2.	<i>Suelo</i>	17
2.6.3.	<i>Levantamiento</i>	18

CAPITULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1.	Área de estudio	21
3.2	Ubicación 21	
3.4	Diseño de investigación	22
3.4.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	22
3.4.1.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	22
3.5.	Metodología por objetivo	22
3.5.1.	<i>Levantar una línea base para las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara</i>	22

3.5.2. <i>Comparar el uso de enmiendas mecánicas, orgánicas e integradas en el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo.</i>	24
--	----

CAPÍTULO IV

4MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	27
4.2.1. <i>En la siguiente tabla se podrá ver el control que se obtuvo después de la aplicación de los 3 tratamientos para pH.</i>	29
4.2.2. <i>En la siguiente tabla se podrá ver el control que se obtuvo después de la aplicación de los tratamientos para compactación.</i>	32
4.3. <i>Elaborar un protocolo para la transferencia de las tecnologías validadas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo.</i>	37
4.4. Discusión	40

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1. Conclusiones	41
5.2. Recomendaciones	41

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Clases según el nivel de resistencia a la penetración.....	17
Tabla 3.1:	Rango de medición de pH.	23
Tabla 3.3:	Tabla. Material equipos utilizados para los muestreos de pH y compactación.....	24
Tabla 3.4:	Enmiendas para pH utilizadas en la investigación.	25
Tabla 3.5:	Enmiendas para compactación utilizadas en la investigación.	25
Tabla 4-1:	Cambios después de los tratamientos para pH.	30
Tabla 4-2:	Comparación de tratamientos de pH.	31
Tabla 4-3:	Cantidades de tratamiento por parcela utilizada en Guillermo Rodríguez Lara.....	32
Tabla 4-4:	Cantidades que de tratamiento por hectárea para pH.....	32
Tabla 4-5:	Cambios después de los tratamientos para compactación	33
Tabla 4-6:	Hoja de seguimiento del suelo.....	34
Tabla 4-7:	Comparación de tratamiento de pH.....	35
Tabla 4-8:	Cantidades de tratamiento por parcela utilizada en Guillermo Rodríguez Lara.....	37
Tabla 4-9:	Enmiendas de tratamiento por hectárea de compactación	37
Tabla 4-10:	Tipos de estado del pH.....	38
Tabla 4-11:	Tratamiento para el pH.....	39
Tabla 4-12:	Tipos de estado de compactación.....	39
Tabla 4-13:	Tratamientos de compactación.....	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Ubicación del sistema de Riego Guillermo Rodríguez Lara, Parroquia de San Juan	21
Ilustración 4-1: Mapa grillado del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara.	27
Ilustración 4-2: Mapa punteado de puntos del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara.....	28
Ilustración 4-3: Mapa de pH de suelo en los lotes de la zona de riego Guillermo Rodríguez Lara.....	28
Ilustración 4-4: Mapa de compactación de suelos en los lotes de la zona de riego Guillermo Rodríguez Lara.	29
Ilustración 4-6: Comparación de tratamientos de pH.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PROCESO PARA IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO Y AYUDA PARA PUNTOS DE UBICACIÓN EN GPS.

ANEXO B: SALIDAS DE CAMPO PARA EL LEVANTAMIENTO DE MUESTRAS DE SUELO.

ANEXO C: HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO Y ANÁLISIS DE PH.

ANEXO D: ADMINISTRACIÓN DE ENMIENDAS Y TRATAMIENTOS EN EL SUELO DAÑADO, TANTO PARA COMPACTACIÓN (BIOCHAR, ASERRÍN Y LABRANZA MÍNIMA), PH (CAL, BIOL, HUMUS).

ANEXO E: MATRIZ DE INTERPRETACIÓN DE LOS PUNTOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS.

ANEXO F: MATRIZ DE INTERPRETACIÓN DE LOS PUNTOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS.

RESUMEN

El 47% del territorio ecuatoriano corresponde a la actividad ganadera, influyendo en el ámbito económico y productivo del país. Los desechos del ganado liberan patógenos y un exceso de nutrientes al suelo y el pisoteo constante del mismo deja un suelo poroso. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo: 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 Guillermo Rodríguez Lara. Para el desarrollo del tema planteado se estableció un periodo de 12 meses, en los cuales 6 fueron de ubicación de la zona de estudio, zonificación y muestreo y los 6 meses restantes de análisis, tratamiento y enmiendas. Se realizaron salidas de campo en las zonas de riego del cantón San Juan, para la obtención de puntos en GPS, zonificar por hectáreas y realizar muestreos de suelo para su respectivo análisis de pH (potencial de hidrógeno) y compactación. Finalmente, se procedió a utilizar penetrómetros de reloj y de golpes para elaborar un análisis en compactación y se hizo uso de pHmetro que ayudó en verificar los niveles de acides del suelo. Una vez hecho el proceso metodológico se ocuparon tratamientos para suelos dañados de pH como: cal, biol y humus. Para la compactación se utilizó las enmiendas de labranza mínima, biochar y aserrín. Se revoló que, en el pH la cal es el mejor tratamiento para la restauración de un suelo ácido y en cuanto al biochar ayuda a obtener una mejor penetración para la compactación.

Palabras clave: <SAN JUAN (PARROQUIA)>, <ENMIENDAS>, <TRATAMIENTO DE COMPACTACIÓN Y PH>, <ARCGIS>, <DEGRADACIÓN>, <SISTEMA DE RIEGO>.



SUMMARY

47% of the Ecuadorian territory corresponds to livestock activity, influencing the economic and productive sphere of the country. Livestock waste releases pathogens and excess nutrients into the soil, and constant trampling leaves porous soil. The objective of this research work is: to evaluate the use of measures to restore the physicochemical properties of the soil disturbed by livestock activity in the coverage area of Guillermo Rodríguez Lara irrigation system. For the development of the proposed topic, a period of 12 months was established, in which 6 were for the location of the study area, zoning and sampling and the remaining 6 months for analysis, treatment and amendments. Field trips were carried out in the irrigation areas of San Juan canton, to obtain GPS points, zone by hectare and carry out soil sampling for its respective pH (hydrogen potential) and compaction analysis. Finally, clock and shock penetrometers were used to carry out a compaction analysis and a pH meter was used to help to verify the acid levels of the soil. Once the methodological process was done, treatments were carried out for soils with damaged pH such as: lime, biol and humus. Minimum tillage amendments, biochar and sawdust were used for compaction. It was revealed that, in terms of pH, lime is the best treatment for the restoration of an acidic soil and as for biochar, it helps to obtain better penetration for compaction.

Keywords: <SAN JUAN (PARISH)>, <AMENDMENTS>, <COMPACTION AND PH TREATMENT>, <ARCGIS>, <DEGRADATION>, <IRRIGATION SYSTEM>.



Lic. Lorena Hernández A. Mcs

1803737889

INTRODUCCIÓN

El recurso suelo ha sido relacionado primordialmente con la agricultura asumiendo que es ilimitado y se podrá recuperar sin la necesidad de la intervención del hombre, aunque en la actualidad se ha comprobado que este concepto está muy alejado de la realidad (Trujillo et al., 2018, p.29), estudios a partir de la década de los 80s analizaron el comportamiento del recurso ante el cambio climático y las variaciones que ha tenido este para el cumplimiento de sus funciones a consecuencia de estos cambios dejando en evidencia el error en este enunciado (Herrick, 2000, p.75).

Hoy en día se promueven los conceptos de conservación de este recurso, comprendiendo que sin él no existiría la vida como la conocemos actualmente, los alimentos dejarán de proporcionarse como antes, tanto para los seres humanos como para las especies animales (Gonzales, 2003, pp.22-23) por consecuencia se necesita la aplicación de mecanismos y técnicas que permitan devolverle al suelo sus capacidades iniciales y mantener los beneficios que ofrece (Tobasura, 2015, pp.124-125).

La aplicación de enmiendas contribuirá en la mejora de los suelos, dando como resultado un rendimiento óptimo y restablecimiento de propiedades físico-químicas (Damián et al., 2018, p.143).

Al ser la degradación un problema global donde se considera la actividad ganadera uno de los principales problemas en este documento se considera que crea un impacto de deterioro aproximadamente del 30% de la superficie terrestre, siendo responsable de hasta el 80% de la deforestación del Amazonas. Los desechos del ganado liberan bacterias, patógenos y un exceso de nutrientes al suelo, donde al ser un enemigo silencioso el sobrepastoreo donde la compactación, la reducción de la infiltración de agua y el aumento de la escorrentía superficial, el pisoteo constante del ganado deja un suelo poroso. Esto se traduce en una mayor erosión, pérdida de nutrientes y una menor capacidad del suelo para almacenar agua. (Gerber, 2013)

En el Ecuador se estima que alrededor del 47% del territorio existe actividad ganadera en el cual depende del sector que se encuentra pues influyen dos factores el económico y el productivo. La degradación provocada por tal actividad es dañina ya que puede aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano y el N₂O (óxido nitroso). Esto puede reducir la fertilidad del suelo y tener un impacto negativo en la seguridad alimentaria del país (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2019).

En la provincia de Chimborazo es una zona con una importante actividad ganadera, sin embargo, esta actividad tiene un impacto considerable en la salud del suelo. Se estima que alrededor del

40% del territorio de la provincia está dedicado a la ganadería. En el cantón Riobamba se considera que el sobrepastoreo es excesivo en praderas naturales y páramos, ya que la falta de control y tratamiento de los excrementos del ganado contamina el suelo con bacterias, patógenos y exceso de nutrientes, impactando negativamente en la calidad de agua, con una importante descomposición de materia orgánica intensificando el cambio climático (Prefectura de Chimborazo, 2019).

En caso del Sistema de Riego Guillermo Rodríguez Lara ubicado en la parroquia San Juan, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo se ve altamente afectado por consecuencia de las actividades ganaderas, modificando sus características físicas químicas, biológicas y su capacidad de resiliencia.

Esta investigación realizada contribuirá con información que podrá ser usada como base para la toma de decisiones informadas enfocadas al restablecimiento de las propiedades del suelo con prácticas apegadas a la sostenibilidad y la responsabilidad social, asimismo, los resultados obtenidos servirán como antecedentes en la meta de la conservación del recurso finito suelo.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Las propiedades del recurso suelo son las que permiten el cumplimiento de todas sus funciones, por consecuencia, un suelo alterado o que ha perdido sus características óptimas no podrá brindar los servicios climáticos, que habitualmente genera, este es el caso del suelo en el área de cobertura del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara, mismo que se ha visto degradado por la producción tanto agrícola como ganadera.

Por otra parte, desde el enfoque productivo, la degradación del suelo tiene un impacto negativo en el desarrollo agropecuario de la región, ya que genera insuficientes ingresos económicos de la población y el consecuente aumento de la pobreza. Además, la degradación del suelo puede tener consecuencias ambientales negativas, como la erosión, la pérdida de productividad y la contaminación del agua.

Las actividades antropogénicas han desembocado en la alteración en los niveles de pH y la compactación del suelo, estos problemas son muestras evidentes de la alteración en las propiedades fisicoquímicas, por ende, surge la necesidad de sustituir los métodos tradicionales por la aplicación de enmiendas que permitan el equilibrio en el sistema suelo, que devuelvan sus capacidades iniciales y por consiguiente vuelva a ser productivo.

Se ha investigado que, en la zona de San Juan, en el cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, ha experimentado una serie de cambios en propiedad de tierras ya sean por herencia o por abandono de terrenos ya que son impulsados a migrar por falta de trabajo o la expansión urbana en donde causa que los terratenientes se enteran que tuvieron una especulación inmobiliaria causado por otros actores, por consecuente, la transformación de terrenos agrícolas en zonas residenciales ha causado el desplazamiento de la población en donde se ha impactado negativamente con la identidad de la comunidad.

Se observó que, en la zona de Guillermo Rodríguez Lara, parroquia San Juan, se ve afectada por tener una baja productividad por la presencia de pastos de mala calidad, el que conlleva a tener diferentes causas como la práctica inadecuada al pastoreo excesivo, la falta de fertilización, y el control de malezas y plagas que afectan la productividad de los pastos, también afecta al clima y

la irregularidad de las lluvias, en consecuencia la disminución de la producción de leche y carne por la baja calidad de los pastos ya que reduce de alimento disponible para el ganado.

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 Guillermo Rodríguez Lara.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Levantar una línea base para las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara.
- Comparar el uso de enmiendas mecánicas, orgánicas 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

El suelo es un recurso natural esencial para la vida, ya que proporciona soporte a las plantas, alberga la biodiversidad y regula el ciclo del agua. Sin embargo, el suelo es un recurso vulnerable y limitado que puede degradarse por una serie de factores, incluyendo la actividad agrícola, la ganadería, la urbanización y la contaminación.

En el área de cobertura del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara, la actividad ganadera es una de las principales causas de la degradación del suelo. La compactación del suelo, causada por el pisoteo del ganado, dificulta la infiltración del agua y la circulación del aire, lo que reduce la productividad de los cultivos.

Por otra parte, uno de los problemas más representativos en este tipo de actividades es la alteración de los niveles de pH, causada por estiércol de rumiantes en el suelo, el exceso de nitrógeno que

contiene influye negativamente sobre los cultivos, reduce la disponibilidad de nutrientes para las plantas, interfiere con la absorción de agua y favorece el crecimiento de hongos y bacterias perjudiciales para las plantas.

Las alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo limitan su productividad y el cumplimiento de sus funciones, por consiguiente, estudiar el comportamiento del suelo tras la aplicación de enmiendas para el restablecimiento de propiedades fisicoquímicas será un respaldo teórico práctico para la posteridad, sentará un precedente en el manejo de suelos en la Parroquia San Juan, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, tomando en cuenta que estas acciones deben estar orientadas a extender la vida útil del suelo, que promuevan la responsabilidad ambiental de las comunidades locales y que provea alternativas a la población para obtener una alimentación más sana y de forma sustentable a través del restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo. incentivando prácticas centradas en el desarrollo sostenible, mejorando el aprovechamiento de recursos y a su vez gozar los beneficios que estos ofrecen.

1.4. Hipótesis

1.4.1. *Hipótesis nula*

El uso de enmiendas no ayuda al restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera en el área de cobertura del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara permite mejorar la calidad del suelo.

1.4.2. *Hipótesis alterna*

El uso de enmiendas ayuda al restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera en el área de cobertura del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara permite mejorar la calidad del suelo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Recurso suelo

El recurso suelo ha tenido diferentes concepciones a través de la historia, e incluso toma definiciones distintas desde el enfoque en el que se analiza, para Jaramillo en 2002 por ejemplo, en su obra *Introducción a la Ciencia del Suelo* asegura que la perspectiva de un agrónomo, geólogo y químico va a depender desde su campo de interés.

Desde el punto de vista de la conservación podemos definir al recurso suelo como un recurso natural finito que cumple diferentes funciones importantes en los ecosistemas, que presta servicios ambientales a los seres vivos y es también el soporte de la producción mundial de materias primas y alimentos, por esto la importancia de conocer su formación, sus propiedades y darle énfasis a su cuidado (Burbano 2016, pp.118-119).

2.1.1. *Edafogenésis*

La formación del suelo es el resultado de la influencia de diferentes factores, el clima, el relieve, el tiempo, la interacción con los seres vivos sobre un material parental siendo que las diferentes proporciones en cada elemento cambiara su textura y características (García, 1974, p.211), por ejemplo, la influencia de la meteorización puede dividirse en Rocas de origen Biológico como las calizas de los esqueletos marinos, rocas derivadas de residuos de solución como las tobas y residuos dendríticos que son las partículas de diferentes tamaños desprendidas desde otras rocas dando como resultado las llamadas “areniscas” (Fassbender & Bornemisza, 1987, p.10).

Uno de los factores con mayor influencia en la formación de suelos es la climatología, este participa de forma directa en la edafogenésis con la meteorización de los diferentes tipos de precipitación sobre la roca madre generando las partículas que definirán el tipo de suelo en cuanto a su textura y porosidad, esto en combinación con la topografía también tendrá influencia en los procesos de infiltración y escorrentía del suelo (Jaume, 1977, p.37).

El aporte de los factores bióticos también es fundamental en la formación de suelos, muestra de esto encontramos los microorganismos que se encargan de la degradación y transformación de materia orgánica (MOS) en elementos necesarios para el suelo como el carbono, el nitrógeno y

energía para los sustratos contribuirán en la porosidad del suelo e influirá en los posibles problemas que esté presente (Meléndez, et al., 2021 p.114), la cantidad de estos elementos dependerá directamente de la influencia de factores bióticos y abióticos (Roel & Terra, 2006, p.239).

2.2. Propiedades del suelo

El suelo constituye una parte primordial para el desarrollo de la vida como la conocemos por su participación en los ciclos de agua, aire y nutrientes, y cada característica se puede utilizar en el diagnóstico como indicadores de calidad del suelo, siempre y cuando estas puedan describir y reflejar los procesos naturales, las características del ecosistema de estudio, considerando las variaciones climáticas y que integre las diferentes propiedades del suelo (Olivera et al., 2018, p.53).

2.2.1. Propiedades químicas

Estas propiedades son las más relacionadas al aspecto de la calidad del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para el desarrollo adecuada de las plantas. Entre las más importantes están: pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y Materia Orgánica del Suelo (MOS) (Calderón et al., 2018, p.143).

2.2.1.1. pH (Potencial de Hidrógeno)

Los niveles de acidez y alcalinidad que contenga el suelo definirá la cantidad de macro y micronutrientes que tenga el suelo y dependiendo de este factor tan importante se dará el desarrollo en plantas, este valor se puede expresar usando una tabla referencial conocida como “escala de pH” con valores que van desde el 0 a 14, por consiguiente los suelos que evidencien un valor pH mayor a 7 serán básicos mientras que en valores por debajo de 7 se consideran suelos ácidos y de mantener un pH de valor siete se asume un suelo neutro con estado óptimo para el desarrollo vegetal (Rivera, 2018, p.101).

2.2.1.2. Conductividad eléctrica

Esta propiedad es una medida que permite conocer la capacidad que tiene el sistema suelo para la conducción de corriente eléctrica, analiza la cantidad de sales (electrolitos) disueltos en el suelo, esta medida se puede usar incluso como un indicador de calidad de suelos considerándolo un método económico de diagnosticar el nivel de productividad del suelo (Cortés et al., 2013, p.402).

El exceso de sales en el suelo produce degradación y por consecuencia falta de alimento tanto para animales como para humanos trayendo problemáticas socioeconómicas en especial para lugares donde la agricultura representa mayor parte de sus ingresos económicos (Cortés et al., 2013, p.402).

2.2.1.3. *Capacidad de intercambio catiónico (CIC)*

Esta propiedad estará influenciada por la cantidad de arcilla y materia orgánica contenida en el suelo y medirá la carga eléctrica superficial de sus componentes (Otero et al., 1998, p.189). Los suelos con baja CIC pueden presentar problemas para el desarrollo de las plantas afectando la producción y rendimiento vegetal, esta propiedad puede ser medida gracias a la salinidad del suelo ayudando a la retención de agua y estructura del suelo (Saidi, 2012, p.434).

2.2.1.4. *Materia orgánica*

Según Aguilera (2000) la MOS interviene de diferentes formas en el desarrollo del suelo: es fuente de carbono, N, P y S, es polielectrolítico, aporta ácidos grasos, almacenas nutrientes, fija estructuras poliméricas y sustancias orgánicas e inorgánicas, contribuye en la regulación térmica, aumenta la capacidad de retención de agua y además amortigua al suelo del impacto de cambios bruscos en pH y para fines prácticos según su composición la MOS clasifica en MOS Abiótica y MOS Biótica (Aguilera, 2000, p.78).

Materia orgánica biótica: es la parte más importante en la MOS por la actividad biótica que contribuye en la interacción entre componentes edáficos, está formada por micro fauna protozoaria, micro fauna de animales superiores y macroorganismos (bacterias y hongos), representa menos del 1%. Materia orgánica abiótica: es la fuente primaria de nutrientes y representa del 10 a 15% de la MOS, promueve la movilización y solubilizarían de nutrientes (Aguilera, 2000, p.78).

2.2.2. *Propiedades físicas*

Las propiedades físicas que reflejan la interacción del suelo con el agua (retención, infiltración y limitaciones), pueden servir como indicadores para determinar la calidad del suelo (Olivera et al., 2018, p.67), estas propiedades son las que determinaran el uso que los seres humanos los vincularan basados en rigidez, aireación, drenaje, etc. El conocimiento de las propiedades que rigen para cada tipo de suelo será de vital importancia para el manejo informado y como este podrá mejorar sus características (Rucks et al., 2004, p.2).

2.2.2.1. *Color*

Entre las características más relevantes en materia de suelos se encuentra el color, este estará directamente influenciado por el medio edáfico y facilita la identificación de los diferentes horizontes del suelo (Marqués et al., p.65), la cantidad de materia orgánica y la mineralogía unido a otros sólidos le darán el color particular en cada tipo de suelo, esta puede ser valorada mediante el Sistema de Notación Munsell (Domínguez et al., p.151).

En la escala del Sistema de Notación Munsell los suelos se muestran con tinciones desde tonos amarillos pálidos hasta rojizas estableciendo valores entre 2.5Y, 5Y, 2.5YR, 7.5YRY 10YR en donde las coloraciones con matices claros serán un indicador de pérdida de Fe y Mn (Domínguez et al., p.151).

2.2.2.2. *Textura del suelo*

Este término es aplicado a la representación individual de partículas minerales que se encuentran en el suelo, es decir analiza la proporción de arcilla, limo y arena contenida en el suelo, descartando los fragmentos de roca (partículas que tienen diámetro superior a los 2mm). La textura es una propiedad permanente que puede alterarse a causa de factores como la erosión eólica, laboreo y la erosión hídrica, la permanencia de sus características o la variación de las mismas definirán el grado de permeabilidad que tendrá el suelo (Gabriels & Lobo, 2006, p.38-40).

El tamaño de las partículas de arena y limo permitirán un flujo mayor de agua y aire, este tipo de partículas presentan poca actividad fisicoquímica en el suelo, por lo contrario, las partículas de arcilla presentan alta actividad, gracias a sus minúsculas partículas es parte de los filosilicatos mismos que cuentan con superficie específica total amplia por consecuencia las arcillas en combinación con el humus definen la actividad fisicoquímica del suelo (Parra et al., 2003, p.21).

2.2.2.3. *Porosidad*

Una de las características más influyentes en la infiltración y escurrimiento del agua es la porosidad de su parte superficial, la cual según el tamaño, abundancia y distribución de poros intervendrá en la erosión hídrica o transporte de agua (Bonel et al., 2012, p.2). Una estructura del suelo óptima aportará a el flujo de agua, aire y nutrientes por sus poros, además de volverlos mayormente resistentes ante las condiciones climáticas y el trabajo agrícola intensivo (Meza & Geissert, 2003, p.57).

2.2.3. Propiedades biológicas

La parte biológica del suelo compuesta por el microbiota y macrobiota del suelo cumple un rol importante en la transformación de materia orgánica, contribuyendo en la formación de las propiedades físicas del suelo y su mejora mediante la generación de biomasa útil para los procesos naturales el suelo. Para la FAO 2023, estas propiedades son “Ciclo de Carbono” y “Ciclo de Nitrógeno” (Roncallo et al., 2012, pp. 172-173).

2.2.3.1. Ciclo de carbono

este ciclo se basa en el flujo y almacenamiento de este elemento, este ciclo parte de la reserva atmosférica, en donde es absorbido por las especies vegetales para luego ser regulado en el suelo gracias a la descomposición de plantas y animales, su mayor reserva a nivel terrestre está en la madera de los árboles, esto en combinación con la materia orgánica contenida en el suelo representan tres veces la cantidad de la reserva de carbono atmosférico (Rojas et al., 2017 p.2).

El carbono contenido en el suelo puede ser capturado por miles de años contribuyendo a la mitigación de los efectos del cambio climático, este es considerado uno de sus servicios ecosistémicos más importantes, ya que el suelo es el segundo sumidero de carbono más grande en la naturaleza después de los océanos (Burbano, 2018, p.96).

2.2.3.2. Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno (N) se incorpora a la biosfera por medio de fijación biológica y química del N₂ y se elimina de la misma a través de procesos desnitrificantes, en los dos casos, estos procesos son realizados en mayor cantidad por microorganismos que se encuentran en el suelo (Cerón & Ancizar, 2012, p.286). Gracias a la intervención de los seres humanos este proceso natural puede convertir los nitratos en compuestos altamente peligrosos para los seres vivos (Pacheco et al., 2002, p.73).

2.3. Enmiendas para el restablecimiento de propiedades fisicoquímicas del suelo.

De manera general podemos decir que los diferentes tipos de enmiendas contribuyen a la mejora de las propiedades tanto químicas como físicas y biológicas del suelo, estas diferentes metodologías reactivan la actividad microbiana perdida en suelos degradados y controlan el pH,

además que son una fuente significativa de nutrientes para el suelo y las plantas (Murillo et al., 2020 p.59).

2.3.1. Enmiendas químicas

Constituidas por minerales que reestablecen las propiedades fisicoquímicas del suelo, esta clase de enmiendas trabaja directamente en problemas específicos del suelo como es el caso de la alteración del pH, la salinidad e incluso problemas de compactación y exceso de soltura del suelo (Damián et al., 2018, p.154), se consideran una herramienta importante en la mejora de la calidad del suelo y según Rivera en 2014, se pueden clasificar según la necesidad que tenga el suelo en Oxido de Calcio (Cal Viva), Hidróxido de Calcio (Cal Apagada), Cal Calcítica (Cal Agrícola) y Cal Dolomítica.

Para este tipo de enmienda a base de cal se debe realizar un análisis de suelo posterior a un muestreo para poder identificar con exactitud cuál es la cantidad de Cal a ser aplicada, se debe analizar los niveles de metales como el aluminio, el pH, el Ca+Mg intercambiables además de los niveles disponibles de materia orgánica, la cal como parte de las partículas de arcilla ayuda a estabilizar la química del suelo (Rivera, 2014, p.9).

2.3.2. Enmiendas orgánicas

Este tipo de enmiendas hace referencia a la aplicación de abonos orgánicos, los restos de animales y vegetales que al entrar en contacto con el suelo hace parte de su biomasa mejorando sus propiedades, de manera común los abonos predilectos para este tipo de enmiendas son el compost, el humus e incluso el bokashi (Pérez et al., p.11).

El aporte de MOS en el suelo impulsa la actividad de microorganismos y promueve los diferentes ciclos fisicoquímicos en el suelo por su contribución en la mejora estructural del suelo, asimismo aporta en el crecimiento de raíces y promueve el flujo de aire agua y nutrientes, desde las propiedades químicas estas enmiendas favorecen a la fijación de Na y K, aumentan la fertilidad en suelos y tiene un roll importante en la dinámica del carbono (Arias, 2011, p.6).

2.3.3. Enmiendas mecánicas

La labranza de conservación es una de las enmiendas mecánicas más reconocidas, consiste en la labranza reducida en combinación con la incorporación de abonos verdes y riego por goteo, este método contribuye a la reducción de los tiempos de labranza y los gastos que esto conlleva, usa implementos de labranza no invertidores que mantiene el rendimiento obtenido en el labrado

habitual e incluso ofrecen mejores resultados siendo una alternativa amigable con la economía del productor como con el ambiente (Amador et al., 2013, p.544).

2.3.4. Enmiendas mixtas

Las enmiendas aplicadas en el suelo pueden alterar las propiedades tanto físico como químicas del mismo por lo que en algunos casos es necesaria la combinación de diferentes tipos de enmiendas para la mejora de la calidad del recurso y para seleccionar cuales son los métodos más recomendados para la aplicación de este considerando su concentración y efectividad en relación con los costos y tiempos de respuesta, los que dependerán de las propiedades del suelo (Carrillo, 2017, pp.16-17).

2.4. Manejo y conservación de suelos

El suelo es un recurso finito debido a que no se forma ni renueva de manera inmediata, por esto se promueven los conceptos de manejo y conservación, considerando al suelo como eje central en los agrosistemas siendo la base de la mayoría de los alimentos que consumimos, además se reconoce al suelo como proveedor de diferentes servicios ecosistémicos y el mayor contenedor de biodiversidad en el planeta (Labrador, 2008, p.3).

La explotación humana sobre los recursos naturales es la principal causa de desertificación a nivel mundial con la finalidad de satisfacer las necesidades de una población que crece constantemente, esto combinado con el crecimiento industrial han causado el deterioro en los recursos y por consecuencia cada vez más complicaciones para obtenerlos (Becerra 1998, p.2).

En el caso de Ecuador cuenta con suelos de origen volcánico con alto potencial para la agricultura que ha sido ampliamente aprovechado, este suelo con el paso del tiempo y por consecuencia de las malas prácticas se ha degradado limitando la producción y ampliando la frontera, por ello es necesario la aplicación de metodologías sostenibles que mantengan el equilibrio con la naturaleza y a su vez considere las necesidades de las comunidades dándoles a las mismas la oportunidad de ser los gestores en su desarrollo agrícola (De Noni & Trujillo, 1986, p.383).

2.4.1. El Recurso Suelo como contenedor de actividades productivas

El suelo es la base del desarrollo de la vida, proporciona nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, almacena cantidad importante de agua subterránea, contribuye en la mejora de la

calidad de aire con el secuestro de carbono y es el soporte físico para estructuras y las diversas actividades humanas (Rojas et al., 2014 p.13).

Por lo tanto, podemos decir que el recurso suelo, así como su estado condicionan las operaciones económicas y sociales de los seres humanos, las actividades agrícolas, forestales y pecuarias dependen del suelo y las funciones que este pueda desarrollar combinado con el manejo que se aplique será parte crucial en el rendimiento óptimo productivo (Siebe et al., 2003, 128).

Según Pijal en 2020 el 95% de alimentos depende el suelo, por otro lado, la pérdida de las propiedades fisicoquímicas obliga a los productores a expandir la frontera agrícola para trabajar suelos fértiles, lo que desemboca en deforestación, alteración de los ciclos biogeoquímicos y por consiguiente pérdida de la biodiversidad local.

2.4.2. Planes de integración

Los sistemas de gestión integrada enfocan las actividades considerando las variable ambiente, calidad, responsabilidad social y salud ocupacional permitiendo que se satisfacer las necesidades y expectativas de las partes interesadas (Cabrera et al., 2015, p.4). Este tipo de planes provee de una visión amplia a la planificación e implementación de proyectos, analiza los objetivos y los resultados esperados, con el plan de integración se espera que los proyectos se desarrollen de manera eficiente y efectiva (Álvarez et al., p.428).

2.4.3. Metodologías participativas

La participación ciudadana es un pilar fundamental en el desarrollo de los pueblos, facilita la identificación de problemas y la búsqueda de soluciones para los mismos, favorece la transparencia en los procesos y agiliza la transformación social (Merino, 1997, p.19), la vinculación con la sociedad permite un avance en las investigaciones sociales involucrando al investigador con los investigados otorgándoles un roll activo en la construcción del conocimiento (Suarez, 2021, p.2).

Las metodologías participativas nacen como un renovado modelo epistémico, combina los conocimientos empíricos con los interpretativos empoderando a las comunidades e impulsando los cambios sociales (Suarez, 2021, p.2). La Investigación-Acción Participativa desprende de este concepto de metodologías participativas y a diferencia de la exploración científica incentiva la generación de nuevos conocimientos, presentando a sus exponentes como facilitadores

convirtiéndose en apoyo de los miembros de la comunidad desde la definición del problema hasta la valoración de los resultados al fin del proceso (Zapata & Rondán, 2016, p.11).

2.5. Ganadería

Esta actividad productiva nace en el continente a partir de la conquista española, y la aplicación de ese nuevo modelo económico transformaría bosques enteros para la producción y ampliación de espacios para pastura del ganado considerando una de las actividades más nocivas desde el enfoque ambiental reduciendo ecosistemas y causando pérdida de nichos ecológicos por el desplazamiento de especies (Murgueitio & Ibrahim, 2004, p.187).

La industria ganadera basada en la crianza, reproducción y venta de bovinos, porcinos, etc., es representada en su mayoría en Ecuador a través de la bovina de carnes aun cuando su productividad no es la mejor y sus repercusiones ambientales son significativas (Pazmiño, 2021, p.3).

Se estima que en Ecuador el 20% de su territorio tiene como uso de suelo actividades pecuarias y este a su vez se subdivide en 63% para explotación de ganado del que se considera el 65% a la producción de leche, 25% para carnes y 10% con propósito ambiguo (Freire, 2016, p.1). Para la provincia de Chimborazo según datos de Guamán en 2016, se estima que con el 5.32% de ganado vacuno es el líder en el sector pecuario a nivel nacional.

En base a lo anterior se promueve el concepto de Ganadería Sustentable, en la que el ganadero no se basa únicamente en cuanto dinero puede obtener de su actividad económica, sino que este pueda apearse a los desafíos de la sustentabilidad a largo plazo considerando los ejes de la sostenibilidad (ambiental, económico, social), conservar el equilibrio entre ellos (Chimborazo, 2017, p.14).

2.5.1. Ganadería Sostenible

Este tipo de sistema se apega al “sostén” de la naturaleza, es amigable con el ambiente y realza el concepto de diversidad biológica en la producción, generando estabilidad en cada uno de sus elementos por lo que la explotación ganadera debe apearse a estas nuevas metodologías para poder contar con los recursos a largo plazo (Chimborazo, 2017, p.17).

Este tipo de transición promueve la adaptación de la ganadería a las adversidades ocasionadas por el cambio climático, además de las posibles enfermedades parasitarias sin incurrir en inversión excesiva (Sotello et al., 2017, p.3). Bajo el concepto de sostenibilidad se establece que, para obtener

armonía entre los recursos naturales y la ganadería se debe apuntar a un impulsar prácticas que permitan formar un vínculo entre el cuidado de la naturaleza y la mitigación de las afectaciones causadas en la producción ganadera con la finalidad de seguir produciendo, pero sin generar mayor afectación climática (Ruiz & Jaramillo, 2022, p.5).

2.5.2. Tipos de ganadería

Según la organización espacial para la crianza de especies pecuarias, uno de los factores en la categorización de la ganadería es la capacidad de carga animal, esta medida se define por unidad de superficie, toma en cuenta las necesidades nutricionales de las especies pecuarias, analiza la productividad neta de las zonas con vegetación que suelen variar anualmente, analiza el valor forrajero del pasto y como este puede influir en la digestión de los animales (Terrisse, 1990, p.67). En consideración de todos los puntos clave para la distribución animal, la ganadería se puede clasificar en función a su dieta como Sistemas Extensivos, Sistemas Semi-intensivos e Intensivos que está apegado a la producción de leche y carne (Vilela et al., 2020, p.80).

2.5.2.1. Ganadería Extensiva

El sistema extensivo explota de forma parcial o total un terreno enfocado al pastoreo, dejando que sean los mismos animales los que escojan su alimentación de entre lo disponible en la naturaleza, el manejo es casi nulo, no tiene ningún tipo de asistencia técnica, ocupa grandes extensiones de terreno y es uno de los causantes de la expansión de la frontera agrícola por el sobrepastoreo, provoca problemas de degradación en bosques mediante la explotación de los recursos naturales de forma desmesurada obteniendo como resultado una producción considerada baja (Paternina, et al., p.153).

2.5.2.2. Ganadería Semi-intensiva

En este tipo de sistema combina elementos de la ganadería extensiva con los de la ganadería intensiva, hay un relativo control en el ganado a breves rasgos, el pastoreo es intercalado con los piensos concentrados para el aumento de producción volviéndolo una alternativa sostenible por la merma de espacios destinados para la explotación y a su vez la baja de premisas de la competitividad aumentando los ingresos económicos con un menor impacto ambiental (Campo, 2004, p.2).

2.5.2.3. Ganadería Intensiva

En este tipo de sistema los productores crían especies con elevado estándar de productividad, se mantienen costos de inversión elevados en los que la producción de leche es lo principal, manteniendo cuidados frecuentes a las cabezas de ganado (Nallar et al., 2017, p.6). La principal desventaja que presenta este sistema está en sus excreciones, las mismas que son concentradas en espacios pequeños causando desequilibrio en el ciclo de nutrientes del suelo, se estima que el ganado vacuno excreta en un rango de entre el 5 y 6% de su peso vivo por lo que contamina el suelo de forma alarmante y al mismo tiempo el agua contenida en él (Borzi, 2017, 1).

2.6. El impacto de la ganadería en los recursos naturales

2.6.1. Agua

2.6.1.1. Contaminación de aguas subterráneas y superficiales

Los residuos ganaderos representan una amenaza para el agua subterránea, las excretas en lugares reducidos representan una fuente de contaminación, en especial por los nitratos (Sainato et. al., 2006, p.74). Las aguas subterráneas afectadas por este sector productivo presentan un exceso de nitratos y contaminación microbiológica, mientras que las aguas superficiales la escorrentía contribuye al arrastre de sedimentos contaminantes llegando en algunos casos incluso a desarrollar resistencia a varios antibióticos (Herrero & Gil, 2008, p.273).

2.6.1.2. Eutrofización

El enriquecimiento en exceso de nutrientes en el agua a causa del aumento en los niveles de nitrógeno y fosforo acelera la proliferación de algas u otras plantas acuáticas degradando la calidad del agua, los excrementos de los animales tienen alto contenido de estos elementos, mismo que llega a las aguas superficiales a través de la escorrentía causando desequilibrio en las especies acuáticas (Coma & Bonet, 2004, p.238).

2.6.1.3. Acidificación

La alteración química a consecuencia de la emisión directa de purines (residuos líquidos de orina y excremento) del ganado causan una reacción acida de algunos compuestos cuando estos entran

en contacto con el agua, cambian el pH natural acuático y su vegetación deteriorando el ecosistema (Coma & Bonet, 2004, p.238).

2.6.2. Suelo

2.6.2.1. Compactación

La actividad ganadera significa una contrariedad para el medio físico causando problemas como la compactación y por consiguiente la pérdida de microfauna y cobertura vegetal (Domínguez & Solsol, 2022, p.2), la compactación resultante del pisoteo de los animales interviene en el flujo de agua y modifica la estructura edáfica lo que termina en erosión superficial y deslizamientos afectando además la producción de pastos limitando el alimento disponible para el ganado (Ortega, 2007, p.36).

Clasificación de la compactación según sus niveles:

Tabla 2-1: Clases según el nivel de resistencia a la penetración.

Tipo e suelo	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Arenoso	<1 MPa	1-2MPa	2-3 MPa	3-4 MPa	>4MPa
Franco arenoso	<1,5 MPa	1,5-2,5 MPa	2,5-3,5 Mpa	3,5-4,5 MPa	>4,5MPa
Franco	<2 MPa	2-3 MPa	3-4 MPa	4-5 MPa	>5 MPa
Franco arcilloso	<2,5MPa	2,5-3,5 MPa	3,5-4,5 Mpa	4,5-5,5 MPa	>5,5MPa
Arcilloso	<3 MPa	3-4 MPa	4-5 MPa	5-6 MPa	>6 MPa

Fuente: (Villazón, 2018)

2.6.2.2. Degradación

La degradación de suelos es el impacto principal de la ganadería, disminuye la capacidad del mismo para cumplir sus funciones naturales y una de las causas principales es el sobrepastoreo (Espinosa et al., p.77-78). Por todas las repercusiones que conlleva los problemas de fertilidad del suelo se puede decir que el avance de la degradación en el suelo aumenta el costo de la ganadería y dificulta su desarrollo, volviéndola insostenible con el paso del tiempo (Ortega, 2007, p.36).

2.6.3. Levantamiento

2.6.3.1. Muestreo de suelo

El muestreo del suelo es el proceso de recolectar muestras de suelo para su análisis, pues esto ayuda a las investigaciones científicas y agrícolas, ya que puede proporcionar información sobre la composición química, física y biológica del suelo, existen diferentes métodos de muestreo de suelo, todo depende del propósito que tenga el estudio (FAO, 2009).

2.6.3.2. Tipos de muestreo

Todos estos tipos de muestreo fueron mencionados por (BPA, 2020).

- **Muestreo aleatorio simple:** es el método más simple que consiste en recolectar muestras al azar de toda el área de estudio.
- **Muestreo sistemático:** este método implica recolectar muestras en un patrón regular, como en una cuadrícula o línea.
- **Muestreo estratificado:** implica dividir el área de estudio en estratos, como diferentes tipos de suelo o área de vegetación y luego recolectar muestras.

2.6.3.3. Levantamiento de suelo en campo:

Se caracteriza por realizar un proceso para la clasificación del suelo en un área determinada, lo que implica la descripción y mapeo mediante observación y el análisis de factores como:

- **Topografía:** relieve del terreno, pendiente, altitud.
- **Vegetación:** plantas presentes, cobertura vegetal.
- **Clima:** precipitación, temperatura, evaporación.
- **Perfil del suelo:** horizontes del suelo, textura, estructura, color, consistencia, pH, compactación, drenaje (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2006)

2.6.3.4. *Etapas del levantamiento de suelo en campo:*

- **Planificación:** se selecciona el área de estudio, se realiza una previa información para poder diseñar una red de muestreo.

Trabajo de campo: se realiza una excavación de calicatas para observar el perfil del suelo en cada punto de muestreo (Ministerio del Ambiente, 2014).

2.6.4. *Sistema de información geográfico:*

También conocido como (SIG, GIS), es una herramienta que permite la integración, almacenamiento, análisis y visualización de datos espaciales como:

- **Información física:** relieve, clima, hidrografía, cobertura vegetal.
- **Información social:** población, infraestructura, servicios públicos.

Información económica: agricultura, industria, comercio (ArcGis, 2020).

2.6.4.1. *Interpolación:*

Interpolación espacial también llamada (análisis espacial), es un proceso que se utiliza para estimar el valor de una variable en un punto desconocido a partir de los valores conocidos en puntos vecinos, herramienta para áreas, meteorología, agricultura, oceanografía, entre otros (QGIS, 2023).

2.6.4.2. *Reclasificación:*

Se le llama así al proceso de cambiar los valores de celda en un ráster a nuevos valores, es decir resalta ciertas características como las de rangos, valores únicos, tabla de búsqueda o también tiene otra variedad que incluyen simplificaciones o hacer que uno sea compatible de otro ráster (ArcMap, 2023).

2.6.4.3. *Algebra de mapas:*

Es un conjunto de operaciones algebraicas y lógicas que se utilizan para manipular y analizar datos geográficos, para combinar transformar capas de ráster o vectoriales para generar nuevas capas de salida con información derivada como los softwares que se utiliza Spatial Analys y lenguaje R (ArcGIS Pro, 2023).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. *Área de estudio*

La zona de estudio se encuentra al Noreste del cantón Riobamba a 18 Km de la parroquia San Juan en el barrio San Francisco, zona Guillermo Rodríguez Lara.

3.2. *Ubicación*

Latitud 1° 42' 0" S Longitud: 78° 45' 50" 40 W

MAPA DE UBICACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO GUILLERMO RODRIGUEZ LARA

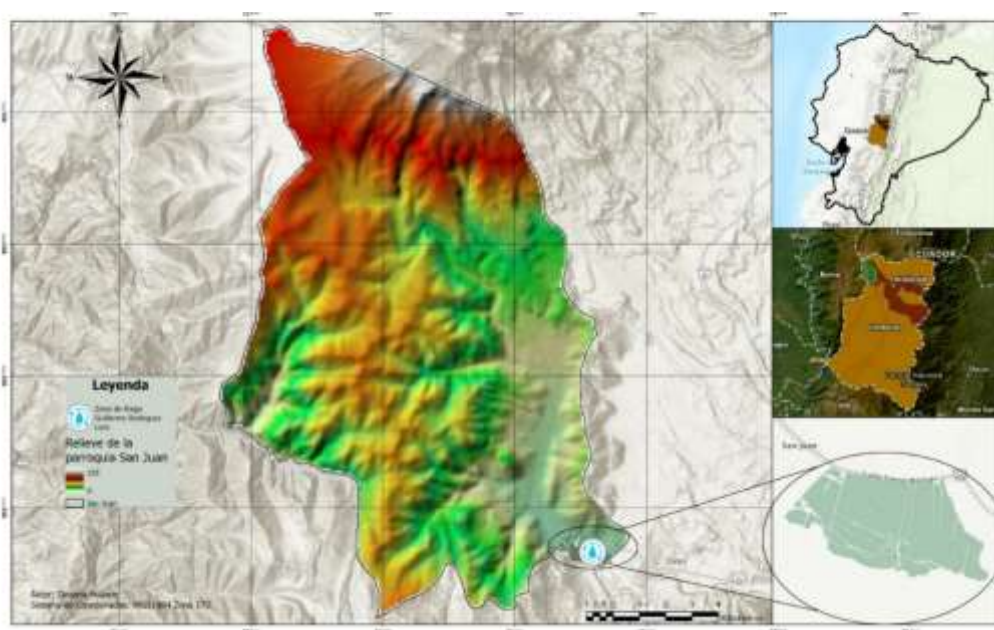


Ilustración 3-1: Ubicación del sistema de Riego Guillermo Rodríguez Lara, Parroquia de San Juan

Realizo por: Velarde, 2024

3.3. *Descripción del enfoque*

En la presente investigación se utilizó el enfoque de tipo cualitativo y cuantitativo el cual permitió identificar variables que se centran en la obtención de parámetros de evaluación como: pH y compactación para su respectiva interpretación, para ello se realizó mediante revisión bibliográfica, para la referencia de criterios o rangos específicos de apreciación.

3.4 *Diseño de investigación*

3.4.1. *Según la manipulación o no de la variable independiente*

Se estableció según la manipulación como una variable experimental, debido a que permite la obtención de factores, características y datos de manera cuantitativa para el análisis de manera independiente controlado por la persona que experimenta el estudio.

3.4.1. *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

El desarrollo de la investigación fue de tipo transversal ya que se recopiló datos y permitió analizar e interpretar los datos de las 553 muestras recolectadas.

3.5. *Metodología por objetivo*

3.5.1. *Levantar una línea base para las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara.*

Se realizó una reunión con los actores del sistema de riego Guillermo Rodríguez, técnicos del MAG, y los Ingenieros encargados de la Escuela Superior de Chimborazo, con la finalidad de presentar el proyecto de investigación, que evaluar el impacto de las enmiendas y ser integradas con las propiedades físico químicas, para lo cual también se habló de objetivos y metodología, tomando en cuenta la identificación de las necesidades y expectativas de los actores involucrados.

Para el levantamiento de lotes del sistema se organizó horarios para las salidas de campo con la información ya obtenida y se generó puntos de muestreo utilizando la herramienta "Create Fishnet" obtenida del software SIG para generar una grilla de puntos de muestreo, con la finalidad de medir pH de campo, GPS, y penetrómetros. Generas los puntos de muestreo se utilizó el software ArcGIS Pro colocando el mapa de lotes de los terrenos ya generados del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara colocando una capa de lotes para poder ocupar la herramienta create fishnet en el que se genera una grilla de muestreo con las medidas de 25x25 metros luego de recortar la capa de figura de nuestros lotes ya obtenidos para obtener los puntos de muestreo que se va a utilizar en campo.

Para empezar el levantamiento de puntos previamente ya generados se realizó salida de campo, con ayuda de herramientas en el caso para la variable pH se utilizó un pHmetro (Kelway soil

tester) o llamado también de campo y para la variable compactación del suelo se analizó con dos penetrometros de “Newton” o de reloj y de “golpes” o dinámico y gracias la GPS se puso saber en qué coordenadas se debe sacar la muestra.

Al tener una información organizada se añaden a una base de datos para las dos variables pH y compactación para así ser transformados en unidades de “Megapascals”, después de eso ser transformados en unidades que se pueda trabajar el ArcMap para así poder importar y visualizar las unidades en las tablas de atributos para realizar los siguientes los pasos siguientes.

Al realizar los análisis de interpolación se hace reclasificación donde se debe de categorizar los valores obtenidos anteriormente para poder agrupar valores de las variables de pH y compactación en categorías, luego de identificar se realiza una visualización espacial de la distribución de las categorías e identificar los patrones espaciales y relaciones entre variables.

El análisis de superposición es la continuación que se debe de realizar después de las antes mencionadas y para empezar hacerlo se debe combinar los mapas de diferentes variables para obtener un mapa compuesto, teniendo en claro la priorización de área, es decir se identifica las zonas con mayor necesidad de intervención donde la toma de decisiones tiene que ser la planificación y ejecución de acciones.

Tabla 3.1: Rango de medición de pH.

Clase	pH
Ácido	< 5
Moderadamente ácido	5 a 6,5
Neutro	6,5a7,5
Moderadamente alcalino	7,5 a 9
Alcalino	> 9

Elaborado por: Velarde, 2024.

La medición compactación se ocupó dos clases de penetrometros uno dinámico y otro de reloj a una profundidad de 20cm para saber qué tal fácil es la penetración contiene el suelo y saber cómo trabajarlo para su recuperación.

Tabla 3.2: Rango para medir compactación.

Clase	Resistencia a la penetración (Mpa)
Muy Bajo	< 0,1
Bajo	0,1 a 1
Moderado	1 a 2
Alto	2 a 4
Muy alto	> 4

Elaborado por: Velarde, 2024.

Para finalizar el estudio se realiza una tabla de Excel con todos los datos obtenidos de las salidas de campo del sistema de riego, aleatoriamente escoger un terreno y colocar enmiendas propuestas para la mejora del suelo, en este caso se propusieron tres tratamientos cal, biol y humus cada uno con diferentes cantidades o dependiendo del suelo con labranza.

Tabla 3.3: Tabla. Material equipos utilizados para los muestreos de pH y compactación.

Instrumentos utilizados para todas las actividades de muestreo		
material de campo	equipo técnico	material orgánico(enmiendas)
Libreta	pHmetro	Biol
Esfero	penetrómetro	Humus
Bolsas de plastic	GPS	Cal
	Computadora	
	Celular	

Elaborado por: Velarde, 2024.

3.5.2. Comparar el uso de enmiendas mecánicas, orgánicas e integradas en el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Se ejecutó una socialización con los Técnicos responsables de este proyecto dirigido hacia las personas de la comunidad del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara para la información de los resultados que se obtuvieron después de las salidas de campo y así poder priorizar las áreas de terrenos más afectados y así implementar las enmiendas que son biol, cal y humus en cuanto la variable pH; biochar, labranza mínima y aserrín para la variable compactación.

Tabla 3.4: Enmiendas para pH utilizadas en la investigación.

pH		
Tamaño	Enmienda	Uso
para todos estos tratamientos se realizó parcelas de 4x4 y se realizó controles durante 5 meses	Cal	se colocó 200g por m ² , es decir se utilizó $200g \div 16m^2 = 12.5g/m^2$
	Biol	se tiene que detectar la densidad del biol 1,2g/ml con una concentración del 20% entonces $2g \div 1,2g/ml = 1,67ml$; por lo tanto $16 \times 1,67 = 3,34ml/m^2$
	Humus	se colocó 3g por m ² , es decir $3g \div 16m^2 = 0,18g/m^2$
	mezcla de los 3 tratamientos biol, cal, humus	$0,18g/m^2 + 12,5g/m^2 + 0,18g/m^2 = 12.86g/m^2$; $12.86 \div 16 = 0.80g/m^2$

Fuente: Velarde, D, 2024.

En la siguiente tabla se puede saber por qué se utilizó cada uno de los tratamientos como enmiendas en las parcelas de 5x5 y así realizar su respectivo control, de las cuales y ver los cambios significativos escogiendo el mejor tratamiento dependiendo la clase de suelo o daño tenga el suelo.

Tabla 3.5: Enmiendas para compactación utilizadas en la investigación.

Compactación		
Tamaño	Enmienda	Uso
para todos estos tratamientos se realizó parcelas de 4x4 y se realizó controles durante 5 meses	Labranza mínima	$16m^2 = 100$, es decir se realiza la técnica al inicio, durante y final.
	Biochar	Tasa de aplicación 2g/m ² $2g \times 16m^2 = 32g/m^2$
	Aserrín	Densidad 250g/m ² ; espesor 0.05m $16m^2 \times 0.05m \times 250g/m^2 = 200g/m$
	3 tratamientos labranza, bichar, aserrín	Todo se ocupa labranza mínima inicial, durante, final $32g/m^2 + 200g/m \div 16 = 44.5g/m^2$

Elaborado por: Velarde, 2024

En la siguiente tabla se puede observar la cantidad de tratamientos por parcela que se ocupó durante los 5 meses para su respectivo control.

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

Se llevó a cabo una reunión donde se utilizó material de apoyo para talleres participativos en la zona de influencia del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara. En primera instancia se ejecutó una socialización a los habitantes de la zona y que expresen sus problemas y necesidades, para poner en marcha el taller, de esta manera se identifica y define los materiales que se van a utilizar para cada actividad, y así, iniciar con la lista de materiales y la preparación de estos.

Etapa inicial: Realizar una introducción al programa con la finalidad de guiar y fomentar a los participantes a interactuar entre cada uno, y también obtener un entorno de confianza en el lugar. En esta etapa se dará la bienvenida y la presentación de las personas facilitadoras. También se expone los objetivos, expectativas, logística, horarios del taller, etc. Así también será opcional iniciar con una dinámica corta.

Etapa desarrollo: Se diseñó técnicas o estrategias para hablar con la comunidad, y poder socializar como se fue manejando el proyecto de investigación y que la gente también nos comente sus ideas, experiencias, opiniones, entre otros, ya sea de forma individual o mediante la conformación de grupos. Así también para profundizar el tema a través de casos de estudio y la investigación acerca del tema.

Etapa final: Generación del protocolo de integración para la futura implementación de medida restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo en la zona de influencia en el sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara.

En el desarrollo del protocolo se implementó un modelo de guía o manual mediante aspectos básicos y una serie de pasos y métodos a seguir. Para ello se realizó una investigación bibliográfica y sistemática para la recopilación de elementos principales de los documentos obtenidos.

CAPÍTULO IV

4 MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 *Levantar una línea base para las variables pH y compactación del suelo del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara en el uso de enmiendas mecánicas, orgánicas y ser integradas en el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo.*

Al realizar el recorrido necesario por los terrenos de la zona de riego Guillermo Rodríguez Lara y ya a ver organizado los datos de las salidas de campo se realizó mapas con sus respectivos puntos en GPS se realizó mapas gracias a la ayuda a la herramienta ArcGIS Pro.



Ilustración 4-1: Mapa grillado del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara.

Elaborado por: Velarde, 2024

4.1.1 Toma de puntos de muestreo de la variable pH y compactación del suelo.



Ilustración 4-2: Mapa punteado de puntos del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara.

Elaborado por: Velarde, 2024

- Una vez ejecutado se realizó interpolación de los lotes del sistema de riego GRL de Ph.

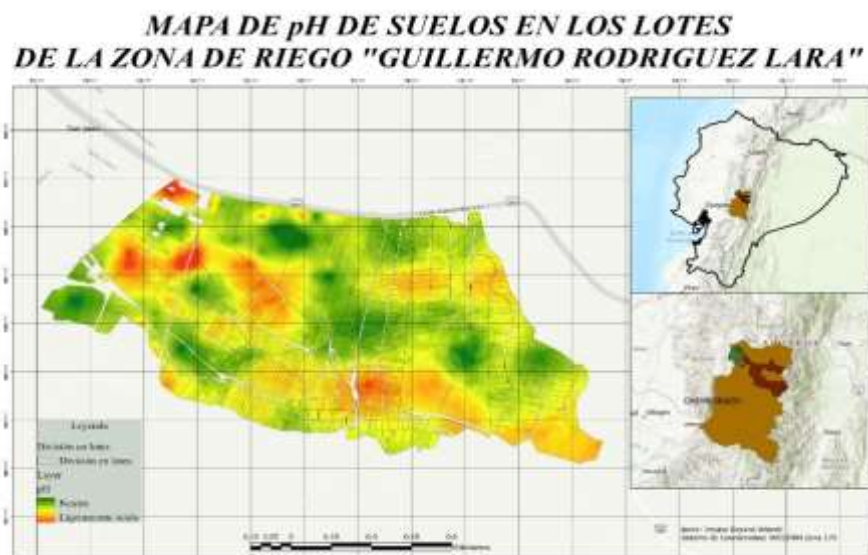


Ilustración 4-3: Mapa de pH de suelo en los lotes de la zona de riego Guillermo Rodríguez Lara.

Elaborado por: Velarde, 2024

- De igual manera para compactación del sistema de riego GRL.

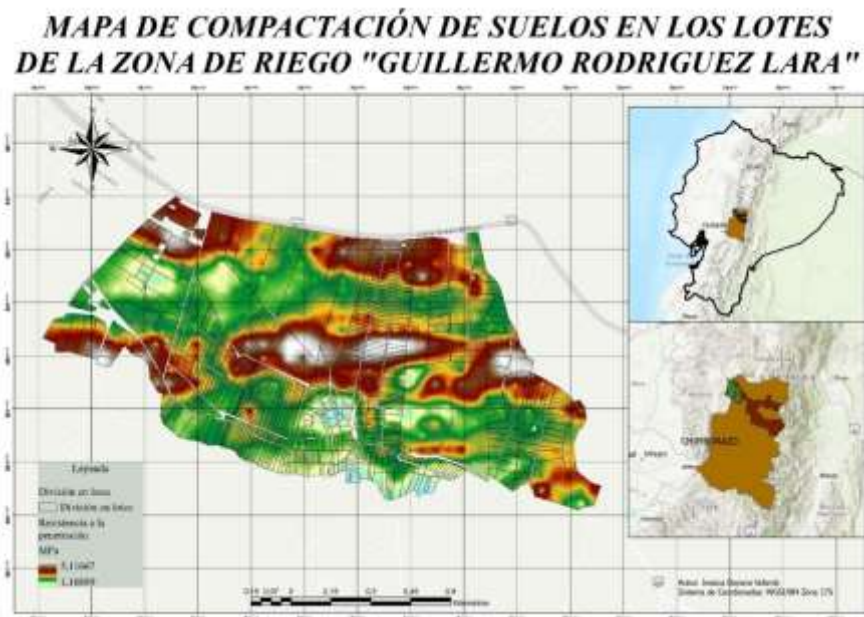


Ilustración 4-4: Mapa de compactación de suelos en los lotes de la zona de riego Guillermo Rodríguez Lara.

Autor: Velarde, 2024

En los siguientes mapas se observan los resultados obtenidos tenemos las clases de pH y compactación que son: ácido, moderadamente ácido y neutro, pues en el análisis obtenido de muestreo se obtuvo un suelo franco arenoso lo que quiere decir que al estar compuesta por mezcla de arena, limo y arcilla en proporciones relativamente iguales permite tener un suelo equilibrado y permite tener un buen drenaje y aireación, lo que evita la acumulación del agua y la acidificación en el suelo.

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

4.2.1. En la siguiente tabla se podrá ver el control que se obtuvo después de la aplicación de los 3 tratamientos para pH.

Tabla 4-1: Cambios después de los tratamientos para pH.

Ph				
Enmiendas	Parcelas	pH antes del T	pH CT	Mes
Biol "BiomaTek"	1	6,8	6,9	Agosto
Cal	2	6	7	
Humus	3	6	6,8	
Biol,cal,humus	4	5,9	6,2	
Biol "BiomaTek"	1	6,9	7	Septiembre
Cal	2	6	6,5	
Humus	3	6	6,2	
Biol,cal,humus	4	6,8	7	
Biol "BiomaTek"	1	6,8	6,8	Octubre
Cal	2	6,7	7	
Humus	3	6,6	6,8	
Biol,cal,humus	4	6,5	7	
Biol "BiomaTek"	1	6,8	6,9	Noviembre
Cal	2	6,6	7,1	
Humus	3	6,4	6,5	
Biol,cal,humus	4	6,2	6,9	
Biol "BiomaTek"	1	6,8	6,9	Diciembre
Cal	2	6,2	7	
Humus	3	6,6	6,8	
Biol,cal,humus	4	6,5	6,9	

Elaborado por: Velarde, 2024

En la siguiente tabla se puede ver que el tratamiento más efectivo es la cal porque tiene más eficiencia nutritiva para la mejora del suelo.

Tabla 4-2: Comparación de tratamientos de pH.

pH				
	Cal	Biol	Humus	3 T
Agosto	7	6,9	6,8	6,2
Septiembre	6,5	7	6,2	7
Octubre	7	6,8	6,8	7
Noviembre	7,1	6,9	6,5	6,9
Diciembre	7	6,9	6,8	6,9

Elaborado por: Velarde, 2024

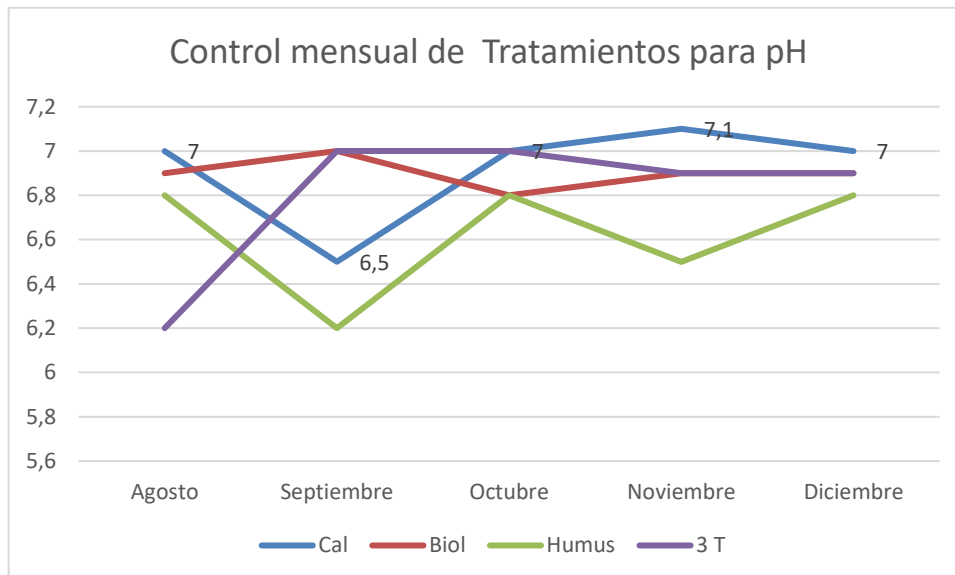


Ilustración 4-5: Comparación de tratamientos de pH.

Elaborado por: Velarde, 2024

En la siguiente tabla cruzada se puede observar la comparación de tratamientos de pH, en el cual se llega a la conclusión que durante los 5 meses de control de enmiendas el mejor resultado fue la cal ya que en poco tiempo se empezó a neutralizarla acidez del suelo.

De acuerdo con (Agronet, 2023), nos menciona que todo depende del nivel de pH se obtenga después de un análisis de suelo, pues contiene nutrientes como el fósforo, hierro y molibdeno se encuentra en forma menos disponible y la cal aumenta la disponibilidad de estos nutrientes favoreciendo el crecimiento y desarrollo vegetal, reduciendo la toxicidad.

Tabla 4-3: cantidades de tratamiento por parcela utilizada en Guillermo Rodríguez Lara.

Tratamiento	dosix parcela	parcelas de 4x4
Biol	$d=1,2\text{g/ml}$ $c=20\%$ $2\text{g}\div 1,2\text{g/ml}=1,67\text{ml}$	$16\times 1,67=3,34\text{ml/m}^2$
Cal	200g/m^2	$200\text{g}\div 16\text{m}^2=12,5\text{g/m}^2$
humus	3g/m^2	$3\text{g}\div 16\text{m}^2=0,18\text{g/m}^2$
cal,biol, humus	$0,18\text{g/m}^2+12,5\text{g/m}^2+0,18\text{g/m}^2=12,86\text{g/m}^2$	$12,86\div 16=0,80\text{g/m}^2$

Autor: Velarde, 2024

La siguiente tabla se puede ver la cantidad de tratamiento que fue usada para las diferentes parcelas de las cuales fueron 4 cada una con sus diferentes tratamientos, para el biol $3,34\text{ml/m}^2$, cal $12,5\text{g/m}^2$, humus $0,18\text{h/m}^2$ y la mezcla de los tres componentes se puso una cantidad de $0,80\text{g/m}^2$ para cada tratamiento.

Tabla 4-4: Cantidades que de tratamiento por hectárea para pH.

Clase	Tratamiento	Cantidad por hectárea
Ácido	Biol	7000g/hec
Moderadamente ácido	Cal	6500g/hec
Neutro	humus	no aplica
Moderadamente alcalino	cal,biol, humus	3000g/hec
Alcalino	cal,biol, humus	2000g/hec

Elaborado por: Velarde, 2024

En la siguiente tabla se observa una sugerencia que se puede colocar los tratamientos dependiendo el nivel de pH que obtenga las personas interesada, cabe recalcar que todos los tratamientos difieren según el estado del suelo que se encuentre.

4.2.2. *En la siguiente tabla se podrá ver el control que se obtuvo después de la aplicación de los tratamientos para compactación.*

Tabla 4-5: Cambios después de los tratamientos para compactación.

Indicadores	Mes	Compactación penetrómetro dinámico (golpes)	Compactación (Mpa)
labranza minima	Agosto	8	0,73
Biochar		10	0,91
Aserrín		14	1,27
labranza, biochar, aserrín		15	1,37
labranza minima	Septiembre	7	0,64
Biochar		9	0,82
Aserrín		12	1,09
labranza, biochar, aserrín		13	1,18
labranza minima	Octubre	8	0,62
Biochar		8	0,61
Aserrín		7	0,60
labranza, biochar, aserrín		8	0,59
labranza minima	Noviembre	9	0,62
Biochar		6	0,60
Aserrín		8	0,58
labranza, biochar, Aserrín		9	0,56
labranza minima	Diciembre	9	0,62

Biochar	8	0,56
Aserrín	10	0,60
labranza, biochar, aserrín	11	0,59

Tabla 4-6: hoja de seguimiento del suelo

DE SEGUIMIENTO CAMBIAN DEL SUELO				
FECHA DE INICIO: 24/08/2023				
		Compactación	Interpretación	
Indicadores	Mes	Compactación penetrómetro dinámico (golpes)	Compactación (Mpa)	Rango de compactación
labranza minima	Agosto	8	0,73	Bajo
Biochar		10	0,91	Bajo
aserrín		14	1,27	Moderado
labranza, biochar, aserrín		15	1,37	Moderado
labranza minima	Septiembre	7	0,64	Bajo
Biochar		9	0,82	Bajo
aserrín		12	1,09	Moderado
labranza, biochar, aserrín		13	1,18	Moderado
labranza minima	Octubre	8	0,62	Bajo
Biochar		8	0,61	Bajo
aserrín		7	0,60	Bajo

labranza, biochar, aserrín		8	0,59	Bajo
labranza minima	Noviembre	9	0,62	Bajo
Biochar		6	0,60	Bajo
aserrín		8	0,58	Bajo
labranza, biochar, aserrín		9	0,56	Bajo
labranza minima	Diciembre	9	0,62	Bajo
Biochar		8	0,56	Bajo
aserrín		10	0,60	Bajo
labranza, biochar, aserrín		11	0,59	Bajo

Elaborado por: Velarde, 2024

En la siguiente tabla se observa el cambio que ha tenido después de colocar los tratamientos aserrín, biochar y cada uno de ellos con una labranza minina, de la cual se vio que el mejor componente es el “BIOCHAR”.

Tabla 4-7: comparación de tratamiento de pH

Compactación				
	Biochar	Labranza	Aserrín	3T
Agosto	0,91	0,73	1,27	1,37
septiembre	0,82	0,64	1,09	1,18
Octubre	0,61	0,62	0,6	0,59
Noviembre	0,6	0,62	0,58	0,56
Diciembre	0,56	0,62	0,6	0,59

Elaborado por: Velarde, 2024

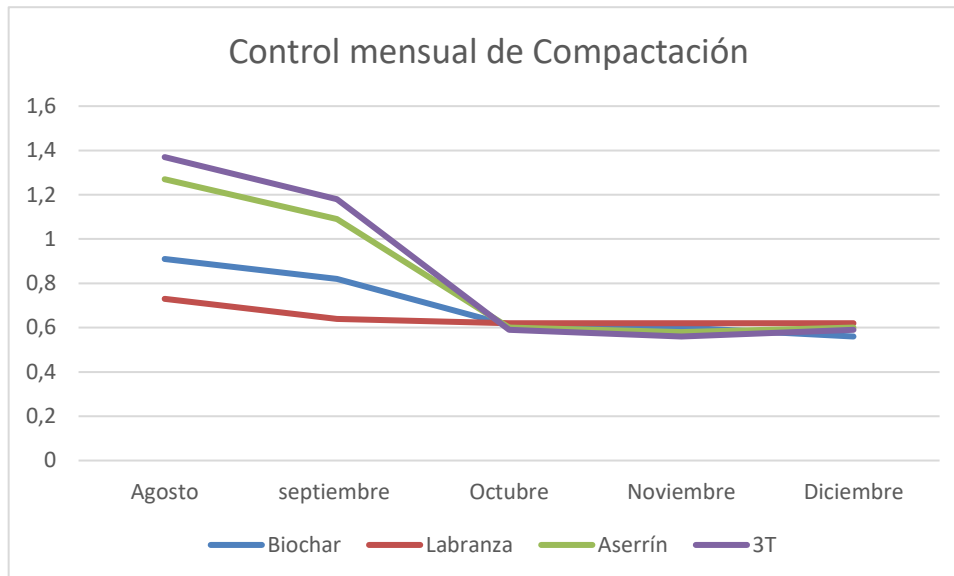


Ilustración 4-6: Comparación de tratamientos de pH.

Elaborado por: Velarde,2024

En la siguiente tabla cruzada se puede observar la comparación de tratamientos de compactación, en el cual se llega a la conclusión que durante los 5 meses de control de enmiendas el mejor resultado fue el biochar ya que en poco tiempo se empezó a tener una compactación más penetrable para el suelo.

El bichar tiende a ser una técnica que para el agricultor es más efectiva, pues ayuda a la mejora de la compactación del suelo y la fertilidad del suelo, sin embargo, es uno de los tratamientos costosos para el usuario.

Según Lehmann, J., & Joseph, S. (2009), nos mencionan que el bichar se perfila a un gran potencial para la agricultura ya que presenta un aumenta de retención de agua y nutrientes ya que al ser una estructura porosa permite que el suelo tenga más retención de nutrientes y reduce la necesidad de riego y fertilizantes, también incrementa la actividad microbiana ya que el biochar atrae a microorganismos benéficos que ayudan a descomponer la materia orgánica y sobre todo ayuda con la mejora de la estructura del suelo, es decir tiene beneficios de agregación de partículas para la mejora de aireación y drenaje en el suelo.

Tabla 4-6: Cantidades de tratamiento por parcela utilizada en Guillermo Rodríguez Lara.

Tratamiento	dosis x parcela	Parcelas de 4x4
Labranza mínima	16m ² =100%	Se tiene que hacer esta técnica en toda el área del terreno
biochar	2g7m ² ; 2gx16m ²	32g/m ²
aserrín	D=250g/m ² ; E= 0.05m ; 16m ² x0.05mx250g7m ²	200g/m
3T	Todo se ocupa labranza mínima inicial, durante, final; 32g/m ² +200g/m÷16	44.5g/m ²

Elaborado por: Velarde, 2024

La siguiente tabla se puede ver la cantidad de tratamiento que fue usada para las diferentes parcelas de las cuales fueron 4 cada una con sus diferentes tratamientos, para la labranza mínima se tiene que realizar la técnica en toda el área de la parcela, con el bochar 32g/m², aserrín 200g/m² y la mezcla de los tres componentes se puso una cantidad de 44,5/m² para cada tratamiento.

Se aplicó 4 tratamientos en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, para poder examinar el efecto de cada uno de ellos en el suelo del área de estudio, los resultados ya mencionados.

Tabla 4-7: Enmiendas de tratamiento por hectárea de compactación.

Clase	Tratamiento	Cantidad por hectárea
Muy bajo	Labranza mínima	1000g/hec
Bajo	biochar	2000g/hec
Moderato	Aserrín	1200g/hec
Alto	3T	3000g/hec
Muy alto	3T	2000g/hec

Elaborado por: Velarde, 2024

En la siguiente tabla se observa una sugerencia que se puede colocar los tratamientos dependiendo el nivel de compactación que se obtenga las personas interesadas, cabe recalcar que todos los tratamientos difieren según el estado del suelo que se encuentre.

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






3En esta parte del capítulo se va poder informar como poder saber qué tipo de pH y compactación tiene el suelo. Para esto se necesita saber que es el pH y compactación, niveles y clases para poder entender cómo ayudar a un suelo dañado.

4.3.1 Tema: ¿Cómo saber el pH y compactación del suelo?

- **pH**

se trata del estado de la acidez del suelo en el que se encuentra, esto ayudara a saber los nutrientes, estructura, como está afectado la infiltración del agua, aireación y erosión.

Tabla 4-8: Tipos de estado del pH.

Clase	pH	Suelo
Ácido	< 5	
Moderadamente ácido	5 a 6,5	
Neutro	6,5 a 7,5	
Moderadamente alcalino	7,5 a 9	
Alcalino	> 9	

Elaborado por: Velarde, 2024

En la siguiente tabla se puede ver las ilustraciones de cada estado del suelo, por consiguiente, se le recomendará como analizarlo y como mantenerlo en caso de estar dañado. Se obtendrán tres métodos más comunes que son: casero, kit de prueba y medidor de campo, de las cuales cada una de esas herramientas ayudarán a ver en qué rango está se encuentra el pH.

- **Tratamientos**






Tabla 4-9: Tratamiento para el pH.

Para aumentar	Para disminuir
Cal	Biol
Humus	Azufre
Dolomita	Sulfato de aluminio
Ceniza de madera	Humus
yeso	Quelatos de hierro
Compactación	

Elaborado por: Velarde, 2024

Proceso por el cual, gracias al pastoreo, pisoteo para ser senderos o paso muy seguido de humanos, peso de maquinaria hace que el suelo se vuelva denso, menos poroso y la disminución de la capacidad de retención de agua hace que tenga un impacto negativo para el suelo.

Tabla 4-10: Tipos de estado de compactación.

Clase	pH	Suelo
Muy Bajo	< 5	
Bajo	5 a 6,5	
Moderado	6,5 a 7,5	
Alto	7,5 a 9	
Muy alto	> 9	

Elaborado por: Velarde, 2024

En la siguiente tabla se puede ver las ilustraciones de cada nivel del suelo, por consiguiente, se le recomendará como analizarlo y como mantenerlo en caso de estar dañado. Se obtendrán dos métodos más comunes que son: casero, método sencillo de las cuales cada una de esas herramientas ayudarán a ver en qué rango esta se encuentra la compactación.

- **Tratamientos**

Tabla 4-11: Tratamientos de compactación.

Para aumentar	Para disminuir
Labranza mínima	Labranza mínima
Arcilla	Biochar
Humus	Aserrín
Biol	Cal

Elaborado por: Velarde, 2024

4.4. Discusión

En la aplicación de las enmiendas para cada parcela se observó un cambio poco significativo en cuanto a la restauración del suelo para el tiempo establecido debido a las propiedades que posee cada enmienda, tomando en cuenta que cada componente posee su propia característica y su adecuado tiempo de restauración del suelo, debido a que cada enmienda tiene su propio mecanismo de acción que se da en diferente tiempo por factores meteorológicos por lo que resultó ser una más eficaz que otra; ya que se utilizó para cada mes donde se observó la diferencia que existe en la efectividad de cada una. Además, se realizó la enmienda mecánica para examinar el estado físico del suelo que está destinado a la actividad de riego, la toma de los parámetros químicos como el pH y la compactación.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara en presente en sus suelos un pH moderadamente ácido, ácido y neutro en suelos de alta compactación.
- El uso de las enmiendas orgánicas o fisicoquímicas son alternativas viables ante los suelos compactados del sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara.
- Se propuso un protocolo con información para las transferencias de tecnologías, donde se aplicó enmiendas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un monitoreo periódicamente para evaluar la evolución de las enmiendas fisicoquímicas tanto para pH y compactación en el sistema de riego Guillermo Rodríguez Lara a largo plazo
- Implementar el protocolo para transferencia de tecnologías para aplicar enmiendas para restablecer las propiedades fisicoquímicas del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA S., S. *Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos [en línea].* Santiago, Chile: Universidad de Chile -, 2000 [consulta: 11 de septiembre 2023]. Disponible en < <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121065>>

BURBANO-ORJUELA, Hernán. *El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria.* *Rev. Cienc. Agr. [online].* 2016, vol.33, n.2 [cited 2023-10-22], pp.117-124. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352016000200011&lng=en&nrm=iso . ISSN 0120-0135. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.

CALDERÓN-MEDINA, Claudia L.; BAUTISTA-MANTILLA, Gina P.; ROJAS-GONZÁLEZ, Salvador. *Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta.* *Orinoquia*, 2018, vol. 22, no 2, p. 141-157

CORTES-D., Diego L.; PEREZ-B., Jhon H. & CAMACHO-TAMAYO, Jesús H. *RELACIÓN ESPACIAL ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.* *rev.udcaactual.divulg.cient. [en línea].* 2013, vol.16, n.2 [consultado el 24-10-2023], págs.401-408. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000200014&lng=en&nrm=iso . ISSN 0123-4226.

DAMIAN SUCLUPE, Manuel Julio; et al. *Plan of amendments, agricultural gypsum, improved and enriched compost with EM and earthworm humus, to improve the soil.* *Arnaldoa [online].* 2018, vol.25, n.1 [citado 2023-10-18], pp.141-158. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000100009&lng=es&nrm=iso . ISSN 1815-8242. <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>.

FASSBENDER, Hans W.; & BORNEMISZA, Elemer. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina.* Iica, 1987.

GARCÍA SÁNCHEZ, Antonio. *Geoquímica de elementos trazas en los procesos de meteorización y edafogénesis.* 1974. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/35333/1/AGSActaSalmanticensia1974.pdf>

GONZÁLEZ, Emilio. La importancia de la conservación del suelo frente a la erosión. *Vida rural*, 2003, vol. 169, p. 22-24.

HERRICK, Jeffrey E. Soil quality: an indicator of sustainable land management?. *Applied soil ecology*, 2000, vol. 15, no 1, p. 75-83.

[https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00073-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00073-1)

<https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC802V1832015>

<https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1829>

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2003_169_22_24.pdf

JARAMILLO, Daniel F. *Introducción a la ciencia del suelo.* 2002.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

JAUME BECH. *El factor climático en la edafogénesis del Maresme (Barcelona).* *Revista de geografía*, 1977, p.37-61.
<https://www.raco.cat/index.php/revistageografia/article/download/45914/56730>

MELLENDEZ-JACOME, María Raquel; et al. *Vaccinium spp.: Características cariotípicas y filogenéticas, composición nutricional, condiciones edafoclimáticas, factores bióticos y microorganismos benéficos en la rizosfera.* *Scientia Agropecuaria [online].* 2021, vol.12, n.1 [consulta2023-09-14], pp.109-120. Disponible en: http://www.scielo.org.e/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172021000100109&lng=es&nrm=iso.ISSN2077-9917. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.013>.

OLIVERA SÁNCHEZ, Carolina; AVELLANEDA TORRES, Lizeth Manuela; DURÁN DUEÑAS, Juan Carlos. *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales: construcción participativa del diagnóstico de suelos.* Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2018.

RIVERA, Evelin; SÁNCHEZ, Magali; DOMÍNGUEZ, Hercilia. *pH como factor de crecimiento en plantas.* *Revista de iniciación científica*, 2018, vol. 4, p. 101-105.

ROEL, A.; TERRA, José. *Muestreo de suelos y factores limitantes del rendimiento. Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable.* Montevideo: PROCISUR, 2006, p. 65-80.

TOBASURA ACUÑA, ISAÍAS; et al. *DE LA CONSERVACIÓN DEL SUELO AL CUIDADO.* *Ambiente & Sociedade*, 2015, vol. 18, p. 121-136.

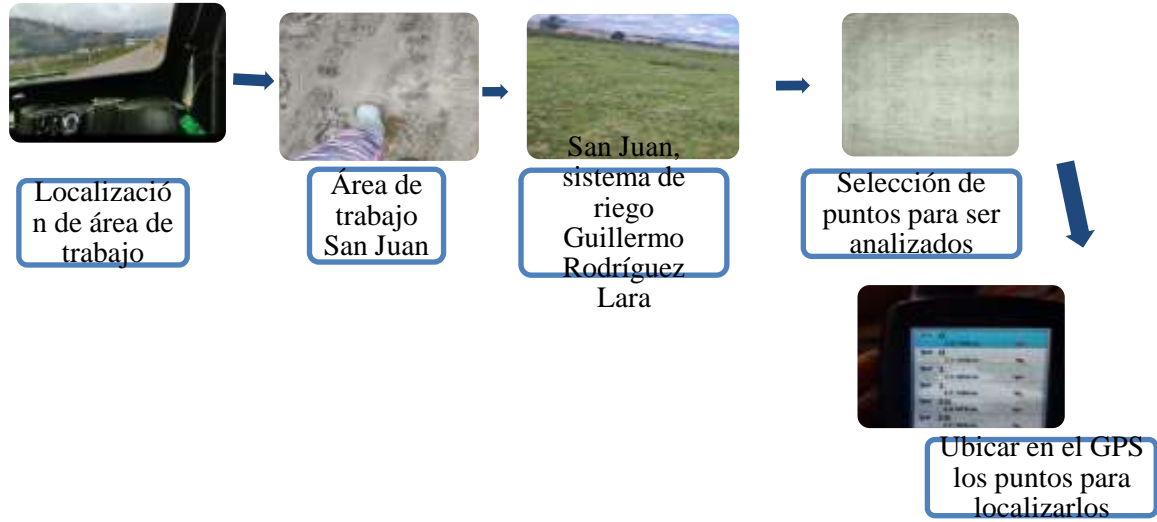
TRUJILLO-GONZÁLEZ, Juan Manuel; MAHECHA, Juan David; TORRES-MORA, Marco. *El recurso suelo; un análisis de las funciones, capacidad de uso e indicadores de calidad.* *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 2018, vol. 9, no 2, p. 31-38. Disponible en :<https://doi.org/10.22490/21456453.2095>

<<<<



ANEXOS

ANEXO A: PROCESO PARA IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO Y AYUDA PARA PUNTOS DE UBICACIÓN EN GPS.



Autora: Velarde, 2024

ANEXO B: SALIDAS DE CAMPO PARA EL LEVANTAMIENTO DE MUESTRAS DE



Extracción para muestra del suelo



compactación de suelo medido por un penetrómetro



Instrumentos para análisis de suelo pH



Análisis de suelo para pH

Autora: Velarde, 2024

ANEXO C: HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO Y ANÁLISIS DE PH.



Penetrómetros de golpes y de reloj.



análisis para pH.



Barreno



pHmetro

Autora: Velarde, 2024

ANEXO D: ADMINISTRACIÓN DE ENMIENDAS Y TRATAMIENTOS EN EL SUELO DAÑADO, TANTO PARA COMPACTACIÓN (BIOCHAR, ASERRÍN Y LABRANZA

Biochar



Aserrín



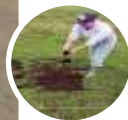
Cal



Labranza



Humus



Autora: Velarde, 2024.

ANEXO E: MATRIZ DE INTERPRETACIÓN DE LOS PUNTOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS.

Id	Compactación		pH	
	Compactación Penetrómetro reloj (Newtons)	Diámetro de punta	pH (Kelway soil tester)	pH metro de mesa
0	100,00	1,00	6,9	7
1	100,00	1,00	6,5	6,3
2	180,00	1,00	6,9	6,8
3	180,00	1,00	6,9	7
4	160,00	1,00	6,6	6,8
5	110,00	1,00	6,5	6,8
6	640,00	1,00	6,4	6,67
7	210,00	1,00	7,1	6,86
8	300,00	1,00	6,8	6,88
9	220,00	1,00	6,8	6,79
10	430,00	1,00	6	6,1
11	120,00	1,00	6,9	6,87
12	180,00	1,00	6,9	7
13	160,00	1,00	7	6,84
14	250,00	1,00	6,2	6,3
15	200,00	1,00	6,5	6,72
16	160,00	1,00	6,8	6,9
17	200,00	1,00	7	7
18	200,00	1,00	6,9	6,85
19	220,00	1,00	6,87	6,67
20	240,00	1,00	5,9	6
21	180,00	1,00	5,9	6
27	360,00	1,00	6,5	6,8
28	380,00	1,00	6,7	6,5
29	340,00	1,00	6,9	7
30	180,00	1,00	7	7
31	160,00	1,00	6,8	6,87
32	200,00	1,00	7	6,9
33	220,00	1,00	6,66	6,75
34	180,00	1,00	6,5	6,8

35	200,00	1,00	6,5	6,68
36	240,00	1,00	6,7	6,84
37	240,00	1,00	6,3	6,74
38	220,00	1,00	6,7	6,77
39	200,00	1,00	6,5	6,48
40	180,00	1,00	6,65	6,62
41	200,00	1,00	6,7	6,5
42	180,00	1,00	6	5,9
43	160,00	1,00	6,9	7
44	240,00	1,00	7	7,03
53	120,00	1,00	6,8	6,75
54	200,00	1,00	7	6,9
55	220,00	1,00	7,01	6,97
56	280,00	1,00	6,5	6,62
57	240,00	1,00	6,48	6,59
58	260,00	1,00	6,5	6,6
59	180,00	1,00	6,5	6,98
60	200,00	1,00	6,4	6,82
61	260,00	1,00	7	7,5
62	200,00	1,00	6,6	6,92
63	180,00	1,00	6,2	6,95
64	220,00	1,00	6,8	6,6
69	200,00	1,00	6,4	6,5
70	240,00	1,00	6,3	6,38
71	280,00	1,00	6,5	6,71
72	220,00	1,00	6,7	6,7
73	300,00	1,00	6,7	6,7
74	360,00	1,00	6,9	7
75	340,00	1,00	6,9	6,98
76	360,00	1,00	6,3	6,44
77	400,00	1,00	6,5	6,66
78	280,00	1,00	6,2	6,5
79	300,00	1,00	6,4	6,62
80	320,00	1,00	6,40	6,50
82	280,00	1,00	6,5	6,64

83	300,00	1,00	6,5	6,67
96	330,00	1,00	7	7
97	320,00	1,00	7	6,98
98	310,00	1,00	6,5	6,48
99	200,00	1,00	6,7	6,86
100	260,00	1,00	7	7,1
101	240,00	1,00	6,9	7
102	220,00	1,00	6,7	6,74
103	300,00	1,00	6,4	6,5
104	280,00	1,00	6,7	6,6
105	260,00	1,00	6,4	6,56
106	300,00	1,00	7	7,02
107	240,00	1,00	6,20	6,44
108	300,00	1,00	6,90	7,00
125	260,00	1,00	6,9	7,1
126	240,00	1,00	6,7	6,8
127	220,00	1,00	6,7	6,9
128	260,00	1,00	6,4	6,67
129	240,00	1,00	6,3	6,5
130	200,00	1,00	6,5	6,6
131	220,00	1,00	6,70	6,8
132	240,00	1,00	6,30	6,51
133	200,00	1,00	6,40	6,6
134	280,00	1,00	7,10	7,14
135	300,00	1,00	7,5	7,7
136	220,00	1,00	7,2	7
137	240,00	1,00	6,8	6,97
138	220,00	1,00	7	7
139	240,00	1,00	6,7	6,5
157	260,00	1,00	7	7
158	220,00	1,00	6,8	6,5
159	180,00	1,00	5,4	5,8
160	220,00	1,00	6,7	6,5
161	200,00	1,00	6,4	6,5
162	240,00	1,00	6,40	6,5

163	260,00	1,00	6,9	7
164	240,00	1,00	6	5,9
165	220,00	1,00	6	59
166	200,00	1,00	7,3	7,1
167	140,00	1,00	6,4	6,5
168	180,00	1,00	6,2	6
169	140,00	1,00	6,4	6,5
170	180,00	1,00	6,3	6,5
171	180,00	1,00	6,30	6,50
176	800,00	1,00	5,3	5,5
188	200,00	1,00	6	6,02
189	220,00	1,00	6,8	6,9
190	180,00	1,00	6,5	6,74
191	260,00	1,00	6,5	6,3
192	300,00	1,00	6,4	6
193	220,00	1,00	6,5	6,8
194	200,00	1,00	6,6	6,72
195	180,00	1,00	7,2	6,75
196	240,00	1,00	6,2	6,5
197	260,00	1,00	6,5	6,8
198	260,00	1,00	6,3	6,5
199	220,00	1,00	6,5	6,78
200	200,00	1,00	6,5	6,87
205	260,00	1,00	6,3	634
215	200,00	1,00	6,6	6,87
216	220,00	1,00	6,1	6,71
217	240,00	1,00	6,7	6,5
218	180,00	1,00	6,9	7
219	200,00	1,00	6,9	7
220	240,00	1,00	6,9	7
221	180,00	1,00	6,7	6,9
222	200,00	1,00	6,6	6,7
224	480,00	1,00	7	7
225	220,00	1,00	6,8	7
226	240,00	1,00	6,8	7

227	220,00	1,00	6	6,01
228	200,00	1,00	6,8	6,66
229	180,00	1,00	7,2	6,83
230	140,00	1,00	7	7,19
231	120,00	1,00	6,3	6,50
232	300,00	1,00	7	6,92
233	190,00	1,00	6,9	6,3
234	180,00	1,00	7	6,82
235	160,00	1,00	6,60	6,51
236	180,00	1,00	6,40	6,60
242	190,00	1,00	6,6	6,13
243	140,00	1,00	6,6	7,45
244	230,00	1,00	6,1	6,82
245	230,00	1,00	6,9	6,58
246	200,00	1,00	6,6	6,7
247	180,00	1,00	6,7	6,8
248	260,00	1,00	7,1	7,2
249	140,00	1,00	7	6,9
251	240,00	1,00	6,9	7
252	280,00	1,00	6,9	6,9
253	380,00	1,00	6,8	6,9
254	500,00	1,00	6,6	6,8
255	180,00	1,00	6,6	6,93
256	280,00	1,00	6,9	7,00
271	200,00	1,00	5,8	7,05
272	190,00	1,00	6,4	6,99
273	220,00	1,00	7,1	7,50
274	200,00	1,00	6,8	7
275	220,00	1,00	6,9	7
276	180,00	1,00	6,5	6,82
277	220,00	1,00	7,1	7
280	380,00	1,00	6,7	6,6
281	340,00	1,00	6,7	7,23
282	180,00	1,00	6,8	6,82
289	200,00	1,00	6,2	6,5

304	200,00	1,00	6,8	7
305	220,00	1,00	6,5	6,5
306	300,00	1,00	7	7,1
307	280,00	1,00	6,5	6,9
308	260,00	1,00	6,5	7
309	300,00	1,00	7,1	7,2
310	320,00	1,00	7	6,9
311	280,00	1,00	6,5	6,8
312	300,00	1,00	6,8	6,9
313	340,00	1,00	7,2	7,4
314	380,00	1,00	7	7,5
315	180,00	1,00	7	6,9
316	180,00	1,00	6,1	6,14
317	360,00	1,00	7,2	7,1
318	380,00	1,00	7	7,2
319	360,00	1,00	7,2	7,4
320	280,00	1,00	7,1	7,1
321	200,00	1,00	6,7	6,71
322	460,00	1,00	6,7	6,5
323	620,00	1,00	6,7	6,78
338	420,00	1,00	7	7,5
339	400,00	1,00	6,9	7
340	380,00	1,00	6,9	7,1
341	220,00	1,00	6,8	7
342	220,00	1,00	6,5	6,6
343	200,00	1,00	6,4	6,8
344	180,00	1,00	6,5	6,6
345	160,00	1,00	6,3	6,8
346	200,00	1,00	6,5	6,59
347	300,00	1,00	7	7,06
348	380,00	1,00	7,1	7,2
349	380,00	1,00	7,2	7,2
350	280,00	1,00	6,4	6,5
351	240,00	1,00	6,6	6,69
353	160,00	1,00	6,7	6,7

354	280,00	1,00	6,8	6,86
355	420,00	1,00	6,7	6,8
356	280,00	1,00	7	7,1
370	420,00	1,00	7,2	7,5
371	400,00	1,00	7,1	7,4
372	380,00	1,00	7	6,9
373	320,00	1,00	6,5	6,8
374	200,00	1,00	6,8	7
375	280,00	1,00	6,6	7
376	240,00	1,00	6,5	6,9
377	260,00	1,00	7	7
378	180,00	1,00	6,7	6,74
379	280,00	1,00	7	7,05
380	200,00	1,00	6,9	7
381	180,00	1,00	6,2	6
382	160,00	1,00	6,30	6,34
384	520,00	1,00	7,5	7,3
385	430,00	1,00	7	7
386	320,00	1,00	7,1	7,2
387	310,00	1,00	6,8	6,7
388	380,00	1,00	6,9	7
402	320,00	1,00	7,1	7
403	320,00	1,00	7	7
404	300,00	1,00	6,9	7
405	290,00	1,00	7	6,9
406	280,00	1,00	6,8	6,9
407	260,00	1,00	7	7
408	180,00	1,00	6,7	6,71
409	200,00	1,00	6	6,09
410	260,00	1,00	6,6	6,8
411	280,00	1,00	6,7	6,8
412	200,00	1,00	6,2	6
414	380,00	1,00	7,4	7,5
415	360,00	1,00	6,2	6,5
416	480,00	1,00	6,4	6,5

417	500,00	1,00	6,5	6,8
418	550,00	1,00	6,8	6,9
419	400,00	1,00	6,8	6,88
431	620,00	1,00	6,5	6,8
432	700,00	1,00	6,1	6,2
433	320,00	1,00	7,1	7,15
434	320,00	1,00	6,9	7
435	380,00	1,00	6,8	7
437	160,00	1,00	7	7,01
438	300,00	1,00	5,6	5,8
439	280,00	1,00	6	6,20
440	160,00	1,00	6,1	6,00
441	240,00	1,00	5,2	5,60
442	740,00	1,00	7,6	7,80
443	240,00	1,00	5,9	6,00
444	580,00	1,00	6,8	7,00
445	420,00	1,00	7	7,00
446	380,00	1,00	6,9	7,00
447	420,00	1,00	7	7,00
448	440,00	1,00	6,8	6,9
451	400,00	1,00	7,1	7,50
452	380,00	1,00	7,1	7,00
453	360,00	1,00	7	7
464	320,00	1,00	7,1	7,5
465	300,00	1,00	7	7
466	280,00	1,00	6,9	6,8
467	240,00	1,00	6,5	6,6
468	300,00	1,00	7	6,9
470	320,00	1,00	7	7
471	580,00	1,00	6,5	6,6
472	520,00	1,00	6,2	6
473	400,00	1,00	7	7
474	300,00	1,00	6,9	7
491	500,00	1,00	7	6,9
492	260,00	1,00	6,9	7

493	240,00	1,00	6,8	6,9
494	610,00	1,00	7,2	7,2
496	200,00	1,00	6,8	6,7
497	210,00	1,00	6,4	6,5
498	480,00	1,00	6,8	6,7
499	240,00	1,00	6,8	6,7
500	220,00	1,00	6,9	7
502	420,00	1,00	7	7,5
517	660,00	1,00	7,1	7
518	630,00	1,00	6,9	7
519	380,00	1,00	6,7	6,8
520	600,00	1,00	6,6	6,8
521	570,00	1,00	6,8	6,9
522	460,00	1,00	6,9	7
525	400,00	1,00	6,7	6,8
526	400,00	1,00	6,8	6,9
527	380,00	1,00	7	7,5
532	540,00	1,00	7	7
533	670,00	1,00	6,9	6,9
534	660,00	1,00	6,9	7
535	640,00	1,00	6,7	6,9
536	460,00	1,00	6,8	6,7
539	400,00	1,00	7	7,2
540	380,00	1,00	7,2	7,5
541	360,00	1,00	7,1	7,2
542	300,00	1,00	6,9	7
543	340,00	1,00	7	7,1
544	320,00	1,00	7	7
545	280,00	1,00	6,5	6,9
546	300,00	1,00	7	7
547	340,00	1,00	6,5	6,9
548	320,00	1,00	7	7,5
549	300,00	1,00	6,9	7
550	280,00	1,00	7	7,1

Autora: Velarde, 2024.

ANEXO F: MATRIZ DE INTERPRETACIÓN DE LOS PUNTOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS.

Interpretación 2		
Compactación (Mpa)	Rango de compactación	RANGO pH
1,8	Moderado	Neutro
1	Bajo	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
1,6	Moderado	Neutro
1,1	Moderado	Neutro
6,4	Muy Alto	Neutro
2,1	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
4,3	Muy Alto	Moderadamente ácido
1,2	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
1,6	Moderado	Neutro
2,5	Alto	Moderadamente ácido
2	Moderado	Neutro
1,6	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2,4	Alto	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Moderadamente ácido
3,6	Alto	Neutro
3,8	Alto	Moderadamente ácido
3,4	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
1,6	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2	Moderado	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Neutro
2	Moderado	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Moderadamente ácido

1,6	Moderado	Neutro
2,4	Alto	Neutro
1,2	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,6	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,6	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2	Moderado	Moderadamente ácido
2,4	Alto	Moderadamente ácido
2,8	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
3,6	Alto	Neutro
3,4	Alto	Neutro
3,6	Alto	Moderadamente ácido
4	Alto	Neutro
2,8	Alto	Moderadamente ácido
3	Alto	Neutro
3,2	Alto	Moderadamente ácido
2,8	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
3,3	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
3,1	Alto	Moderadamente ácido
2	Moderado	Neutro
2,6	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
3	Alto	Moderadamente ácido
2,8	Alto	Neutro
2,6	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
2,4	Alto	Moderadamente ácido
3	Alto	Neutro
2,6	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro

2,6	Alto	Neutro
2,4	Alto	Moderadamente ácido
2	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,8	Alto	Neutro
3	Alto	Moderadamente alcalino
2,2	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2,4	Alto	Moderadamente ácido
2,6	Alto	Neutro
2,2	Alto	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Moderadamente ácido
2,2	Alto	Moderadamente ácido
2	Moderado	Moderadamente ácido
2,4	Alto	Moderadamente ácido
2,6	Alto	Neutro
2,4	Alto	Moderadamente ácido
2,2	Alto	Alcalino
2	Moderado	Neutro
1,4	Moderado	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Moderadamente ácido
1,4	Moderado	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Moderadamente ácido
8	Muy Alto	Moderadamente ácido
2	Moderado	Moderadamente ácido
2,2	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2,6	Alto	Moderadamente ácido
3	Alto	Moderadamente ácido
2,2	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2,4	Alto	Moderadamente ácido
2,6	Alto	Neutro
2,6	Alto	Moderadamente ácido
2,2	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,6	Alto	Alcalino
2	Moderado	Neutro

2,2	Alto	Neutro
2,4	Alto	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,4	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
4,8	Muy Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,2	Alto	Moderadamente ácido
2	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
1,4	Moderado	Neutro
1,2	Moderado	Moderadamente ácido
3	Alto	Neutro
1,9	Moderado	Moderadamente ácido
1,8	Moderado	Neutro
1,6	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
1,9	Moderado	Moderadamente ácido
1,4	Moderado	Neutro
2,3	Alto	Neutro
2,3	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2,6	Alto	Neutro
1,4	Moderado	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
5	Muy Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2,8	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
1,9	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
3,4	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro

2	Moderado	Moderadamente ácido
2	Moderado	Neutro
2,2	Alto	Moderadamente ácido
3	Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
2,6	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
3,4	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Moderadamente ácido
3,6	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
3,6	Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
4,6	Muy Alto	Moderadamente ácido
6,2	Muy Alto	Neutro
4,2	Muy Alto	Neutro
4	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
1,6	Moderado	Neutro
2	Moderado	Neutro
3	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
2,8	Alto	Moderadamente ácido
2,4	Alto	Neutro
1,6	Moderado	Neutro
2,8	Alto	Neutro
4,2	Muy Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
4,2	Muy Alto	Neutro
4	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro

2,8	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,6	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2,8	Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
1,8	Moderado	Moderadamente ácido
1,6	Moderado	Moderadamente ácido
5,2	Muy Alto	Neutro
4,3	Muy Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
3,1	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
2,9	Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
2,6	Alto	Neutro
1,8	Moderado	Neutro
2	Moderado	Moderadamente ácido
2,6	Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
2	Moderado	Moderadamente ácido
3,8	Alto	Neutro
3,6	Alto	Moderadamente ácido
4,8	Muy Alto	Moderadamente ácido
5	Muy Alto	Neutro
5,5	Muy Alto	Neutro
4	Alto	Neutro
6,2		Neutro
7	Muy Alto	Moderadamente ácido
3,2	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
1,6	Moderado	Neutro
3	Alto	Moderadamente ácido
2,8	Alto	Moderadamente ácido
1,6	Moderado	Moderadamente ácido
2,4	Alto	Moderadamente ácido
7,4	Muy Alto	Moderadamente alcalino
2,4	Alto	Moderadamente ácido
5,8	Muy Alto	Neutro

4,2	Muy Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
4,2	Muy Alto	Neutro
4,4	Muy Alto	Neutro
4	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
3,6	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
5,8	Muy Alto	Neutro
5,2	Muy Alto	Moderadamente ácido
4	Alto	Neutro
3	Alto	Neutro
5	Muy Alto	Neutro
2,6	Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
6,1	Muy Alto	Neutro
2	Moderado	Neutro
2,1	Alto	Moderadamente ácido
4,8	Muy Alto	Neutro
2,4	Alto	Neutro
2,2	Alto	Neutro
4,2	Muy Alto	Neutro
6,6	Muy Alto	Neutro
6,3	Muy Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
6	Muy Alto	Neutro
5,7	Muy Alto	Neutro
4,6	Muy Alto	Neutro
4	Alto	Neutro
4	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
5,4	Muy Alto	Neutro
6,7	Muy Alto	Neutro
6,6	Muy Alto	Neutro
6,4	Muy Alto	Neutro
4,6	Muy Alto	Neutro
4	Alto	Neutro
3,8	Alto	Neutro
3,6	Alto	Neutro

3	Alto	Neutro
3,4	Alto	Neutro
3,2	Alto	Neutro
2,8	Muy Alto	Neutro
3	Muy Alto	Neutro
3,4	Muy Alto	Neutro
3,2	Muy Alto	Neutro
3	Muy Alto	Neutro
2,8	Alto	Neutro

Autora: Velarde, 2024



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

Fecha de entrega: 07/03/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Jessica Dayana Velarde Vásconez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Recursos Naturales Renovables
Título a optar: Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
 Ing. Daniel Arturo Román Robalino Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Jorge Daniel Córdova Lliquín Asesor del Trabajo de Integración Curricular