



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

**EVALUACIÓN DEL 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 SAN JUAN ZAMBRANO-CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA:

ALLYSON GABRIELA GALAN LIGÑA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EVALUACIÓN DEL 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 SAN JUAN ZAMBRANO-CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA: ALLYSON GABRIELA GALAN LIGÑA

DIRECTOR: ING. JORGE DANIEL CÓRDOVA LLIQUÍN

Riobamba – Ecuador

2024

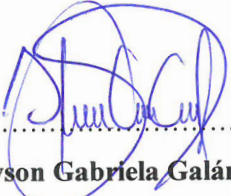
© 2024, Allyson Gabriela Galán Ligña

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, Allyson Gabriela Galán Ligña, 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.

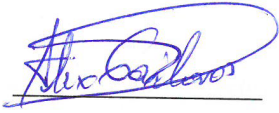
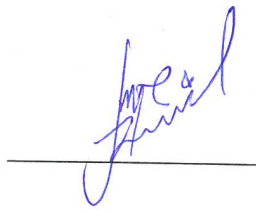

Riobamba, 8 de mayo de 2024



.....
Allyson Gabriela Galán Ligña
172712907-2

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 DE RESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO PERTURBADAS POR LA ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÁREA DE COBERTURA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN JUAN ZAMBRANO-CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **ALLYSON GABRIELA GALAN LIGÑA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Alex Vinicio Gavilanes Montoya, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		024-05-08
Ing. Jorge Daniel Córdova Lliquín, MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-08
Ing. Agr. Vicente Javier Parra Leon, MsC. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-08

DEDICATORIA

Han sido años llenos de esfuerzos y sacrificios, cerrada esta etapa quiero agradecer a Dios por ponerme en el camino correcto con las personas correctas las cuales me ayudaron a convertirme en una profesional. Este proyecto va dedicado a las personas que hicieron posible este logro mis tíos German y Consue que sin su apoyo y confianza el camino hubiera sido más difícil, a las personas que me dieron todo su apoyo y estuvieron conmigo en cada paso que di, mi hermana y Raúl que sin sus consejos y su persistencia no podría haber culminado este camino. A las mejores compañías que tuve durante mis estudios Mia, Teo, Simone y Salem que me acompañaron en cada noche y cada viaje. Sobre todo, va dedicado a la mujer más importante en mi vida mi madre, la cual, con sus esfuerzos, paciencia, regaños y sobre todo su amor incondicional ayudó a que este camino tenga un final feliz a pesar de todos los obstáculos. Agradezco también al resto de mi familia que estuvieron conmigo, y que de una u otra manera me han ayudado. Sin olvidarme de mis compañeros y amigos que en algún punto de mi vida se convirtieron en familia les agradezco los buenos y malos momentos y donde quiera que estén de todo corazón espero les vaya bien.

“Cuando me vean volar recuerden que ustedes me pintaron las alas”

Gabriela

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi querida facultad Recursos Naturales Renovables por ser una luz en uno de los momentos más oscuros de vida, en especial al ser de luz que no dudo en ayudarme cuando más lo necesite la licenciada Tania Maldonado, parte de este y otro logro se debe a su ayuda y persistencia a que sea una buena persona y profesional. A la universidad que me abrió sus puertas y la que me enseñó a ser una excelente profesional y de la que estoy orgullosa de haber pertenecido. Agradezco a mis profesores que fueron responsables de realizar su gran aporte, hasta llegar a culminar mi paso por la universidad. En especial a los que estuvieron en mi último paso al ingeniero Daniel Córdova y al ingeniero Vicente Parra les agradezco cada enseñanza y consejo que me pudieron dar en este último esfuerzo.

Gabriela

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.	Planteamiento del problema	3
1.2.	Objetivos.....	4
1.2.1.	<i>Objetivo general</i>	4
1.2.2.	<i>Objetivo específico</i>	4
1.3.	Justificación.....	5
1.4.	Hipótesis	6
1.4.1.	<i>Nula</i>	6
1.4.2.	<i>Alternativa</i>	6

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	7
2.1.	Recurso suelo.....	7
2.2.	Propiedades físicas del suelo	7
2.2.1.	<i>Texturas del suelo</i>	8
2.2.2.	<i>Densidad aparente</i>	8
2.2.3.	<i>Densidad real</i>	8
2.2.4.	<i>Humedad aprovechable total</i>	8
2.2.5.	<i>Granulometría de los suelos</i>	8
2.3.	Compactación del suelo.....	8
2.4.	Propiedades químicas del suelo	9
2.4.1.	<i>pH del suelo</i>	9

2.4.1.1.	<i>Tiras de pH</i>	9
2.4.1.2.	<i>pH metro de mesa</i>	9
2.4.1.3.	<i>pH metro de campo</i>	10
2.4.2.	<i>Intercambio catiónico</i>	10
2.4.3.	<i>Conductividad eléctrica</i>	10
2.5.	Recurso suelo como contenedor de actividades productivas	10
2.6.	Ganadería	10
2.7.	Tipos de ganadería	11
2.7.1.	<i>Ganadería intensiva</i>	11
2.7.2.	<i>Ganadería extensiva</i>	11
2.7.3.	<i>Ganadería trashumante</i>	11
2.7.4.	<i>Ganadería de autoconsumo</i>	12
2.8.	Establecimiento de praderas	12
2.9.	Análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA)	12
2.10.	Análisis de interpolación	13
2.11.	Métodos geoestadísticos y determinísticos	13
2.11.1.	<i>Geoestadísticos</i>	13
2.11.1.1.	<i>Variograma</i>	14
2.11.1.2.	<i>Kriging</i>	14
2.11.2.	<i>Determinísticos</i>	14
2.12.	Kriging empírico bayesiano	14
2.13.	Análisis espacial de superposición	15
2.14.	Algebra de mapas	15
2.15.	Manejo y toma de muestras de campo	16
2.15.1.	<i>Recorrido en cuadrículas</i>	16
2.15.2.	<i>Recorrido en zigzag</i>	16
2.15.3.	<i>Recorrido en X</i>	16
2.16.	Mapeo y representación espacial	17
2.17.	Enmiendas	17
2.18.	Enmiendas químicas	17
2.18.1.	<i>Cal agrícola</i>	18
2.18.2.	<i>Azufre</i>	18
2.18.3.	<i>Fertilizantes minerales</i>	18
2.18.4.	<i>Magnesio</i>	18
2.19.	Enmiendas orgánicas	18

2.19.1.	<i>Compost</i>	19
2.19.2.	<i>Estiércol</i>	19
2.19.3.	<i>Turba</i>	19
2.19.4.	<i>Biol</i>	19
2.20.	Enmiendas mecánicas	19
2.20.1.	<i>Sistema de labranza mecanizada</i>	20
2.20.2.	<i>Tránsito de maquinaria agrícola</i>	20
2.20.3.	<i>Rodajes utilizados en maquinaria agrícola</i>	20
2.21.	Metodologías participativas	20
2.22.	Manuales de transferencia de conocimientos	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Localización	22
3.2.	Texturas	23
3.3.	Relieves	23
3.4.	Climas	24
3.4.1.	<i>Ecuatorial frío de alta montaña</i>	24
3.4.2.	<i>Ecuatorial frío seco de alta montaña</i>	24
3.4.3.	<i>Ecuatorial frío semihúmedo de alto montaña</i>	24
3.5.	Pisos climáticos	24
3.6.	Materiales y equipos	25
3.7.	Objetivo 1: Caracterizar el estado de salud del suelo	25
3.7.1.	<i>Línea base de variables pH y compactación</i>	25
3.7.1.1.	<i>Reconocimiento del lugar</i>	25
3.7.1.2.	<i>Distribución de predios de la junta de riego San Juan Zambrano</i>	26
3.7.2.	<i>Levantamiento de variables de campo</i>	27
3.7.2.1.	<i>pH</i>	27
3.7.2.2.	<i>Compactación</i>	28
3.7.3.	<i>Análisis de interpolación</i>	28
3.7.4.	<i>Análisis de reclasificación</i>	30
3.7.5.	<i>Análisis de superposición</i>	30
3.8.	Objetivo 2: Aplicar y comparar el uso de enmiendas	32
3.8.1.	<i>Priorización de contenidos acerca de enmiendas</i>	32

3.8.2.	<i>Selección de materiales</i>	32
3.8.2.1.	<i>Materiales adicionales</i>	33
3.8.3.	<i>Socialización del proyecto</i>	34
3.8.4.	<i>Implementación de enmiendas</i>	34
3.8.5.	<i>Comparación y recomendación</i>	34
3.8.5.1.	<i>Tipo de enmienda</i>	35
3.8.5.2.	<i>Modo de aplicación y facilidad de enmiendas</i>	35
3.8.5.3.	<i>Ventajas y desventajas</i>	35
3.8.5.4.	<i>Costo y facilidad de obtención</i>	35
3.8.6.	<i>Análisis estadístico descriptivo</i>	35
3.9.	Objetivo 3: Desarrollar un manual de procedimiento	36
3.9.1.	<i>Selección de contenido y formato</i>	36
3.9.2.	<i>Diagramación del manual</i>	36

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
4.1.	Caracterizar el estado de salud del suelo	37
4.1.1.	<i>Aspecto físico espacial</i>	37
4.1.1.1.	<i>Textura de la junta de riego San Juan Zambrano</i>	37
4.1.1.2.	<i>Relieve de la Junta de Riego san Juan Zambrano</i>	38
4.1.1.3.	<i>Clima</i>	39
4.1.2.	<i>Aspecto económico productivo</i>	40
4.1.2.1.	<i>Uso de suelo por producción agropecuaria</i>	40
4.1.2.2.	<i>Uso del suelo</i>	40
4.1.3.	<i>Distribución de puntos de muestreo</i>	42
4.1.4.	<i>pH</i>	43
4.1.4.1.	<i>Mapa de interpolación pH</i>	44
4.1.4.2.	<i>Mapa categorizado pH</i>	47
4.1.5.	<i>Compactación</i>	48
4.1.5.1.	<i>Mapa de interpolación compactación</i>	49
4.1.5.2.	<i>Mapa categorizado compactación</i>	51
4.1.6.	<i>Mapa de superposición</i>	52
4.2.	Aplicar y comparar el uso de enmiendas para el restablecimiento	53
4.2.1.	<i>Implementación de enmiendas</i>	53

4.2.2.	<i>Resultado de análisis de enmiendas</i>	54
4.2.2.1.	<i>Tipo de enmienda</i>	54
4.2.2.2.	<i>Modo de aplicación y facilidad de enmiendas</i>	55
4.2.2.3.	<i>Ventajas y desventajas</i>	57
4.2.2.4.	<i>Costo y facilidad de transporte</i>	59
4.2.3.	<i>Resultados de enmiendas</i>	59
4.2.3.1.	<i>pH</i>	59
4.2.3.2.	<i>Compactación</i>	60
4.2.4.	<i>Selección de enmiendas para el restablecimiento de propiedades físico-químicas</i>	61
4.2.4.1.	<i>Selección de enmiendas adecuadas para cada rango de pH</i>	61
4.2.4.2.	<i>Selección de enmiendas adecuadas para cada rango de compactación</i>	62
4.2.5.	<i>Análisis estadístico</i>	63
4.2.5.1.	<i>pH</i>	63
4.2.5.2.	<i>Compactación</i>	66
4.3.	Desarrollar un manual de procedimiento	69

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1.	Conclusiones	72
5.2.	Recomendaciones	74

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Texturas	23
Tabla 3-2: Tipos de relieve	23
Tabla 3-3: Pisos climáticos	24
Tabla 3-4: Materiales	25
Tabla 3-5: Tabla de rangos de pH.....	27
Tabla 3-6: Tipos de enmiendas	33
Tabla 3-7: Materiales adicionales	33
Tabla 4-1: Producción pecuaria	40
Tabla 4-2: Tabla de pH	43
Tabla 4-3: Tabla de compactación	48
Tabla 4-4: Tipo de enmienda	54
Tabla 4-5: Modo de aplicación y facilidad de enmiendas.....	55
Tabla 4-6: Ventajas y desventajas.....	57
Tabla 4-7: Costo y facilidad de transporte	59
Tabla 4-8: Resultado de enmiendas pH	59
Tabla 4-9: Resultado de enmiendas compactación	60
Tabla 4-10: Recomendaciones pH	61
Tabla 4-11: Recomendaciones compactación.....	62
Tabla 4-12: Resultados por mes de enmiendas (pH)	63
Tabla 4-13: Análisis de varianza.....	64
Tabla 4-14: Análisis de Tukey pH	65
Tabla 4-15: Resultados por mes de enmiendas (Compactación)	66
Tabla 4-16: Análisis de varianza compactación.....	67
Tabla 4-17: Tratamiento tres (Labranza)	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Mapa Junta de riego San Juan Zambrano	22
Ilustración 3-2: Pasos para generar puntos de muestreo	26
Ilustración 3-3: Pasos para el análisis de interpolación.....	29
Ilustración 3-4: Pasos para el análisis de Superposición	31
Ilustración 4-1: Mapa texturas.....	37
Ilustración 4-2: Mapa de relieve San Juan Zambrano	38
Ilustración 4-3: Mapa de clima San Juan Zambrano	39
Ilustración 4-4: Uso del suelo.....	41
Ilustración 4-5: Mapa de distribución espacial.....	42
Ilustración 4-6: pH	43
Ilustración 4-7: Interpolación de la variable pH.....	45
Ilustración 4-8: Histograma de la variable pH	45
Ilustración 4-9: Cuantil de la variable pH	46
Ilustración 4-10: Categorización de la variable pH.....	47
Ilustración 4-11: Compactación	48
Ilustración 4-12: Interpolación de la variable compactación	49
Ilustración 4-13: Histograma de la variable compactación	50
Ilustración 4-14: Cuantil de la variable compactación	50
Ilustración 4-15: Categorización de la variable compactación.....	51
Ilustración 4-16: Mapa de superposición de variables pH y Compactación	52
Ilustración 4-17: Probabilidad de residuos pH	63
Ilustración 4-18: Igualdad de varianzas pH "Resi vs. Tratamiento"	64
Ilustración 4-19: Análisis de enmienda pH.....	65
Ilustración 4-20: Normalidad de errores compactación	66
Ilustración 4-21: Homogeneidad de varianzas	67
Ilustración 4-22: Análisis de enmiendas compactación	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS POR PROPIETARIO

ANEXO B: MEDICIÓN DEL PH DEL SUELO

ANEXO C: MEDICIÓN DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO

ANEXO D: SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO

ANEXO E: IMPLEMENTACIÓN DE ENMIENDAS

ANEXO F: CUADRICULAS DE TRATAMIENTOS

ANEXO G: MANUAL PÁGS. 1-2

ANEXO H: MANUAL PÁGS. 3-4

ANEXO I: MANUAL PÁGS. 5-6

ANEXO J: MANUAL PÁGS. 7-8

RESUMEN

La capa superficial del suelo alberga pastizales los que suponen fuente de alimentación para el ganado y recubrimiento vegetal para el recurso edáfico, la agricultura intensiva y la excesiva actividad ganadera son las causas primordiales de la pérdida de las propiedades fisicoquímicas del suelo en especial el ph y compactación. Esto supone una pérdida del ecosistema productivo en zonas de alta producción agrícola y agropecuaria. Por esto el objetivo de la investigación es 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 San Juan Zambrano-Chimborazo. Este estudio se llevó a cabo inicialmente con el levantamiento de una línea base de las variables ph y compactación de todo el sistema de riego el cual con la ayuda de aplicaciones de georreferencia y equipos especializados, realizó la obtención, comparación y estudio de los diferentes nivel de ph y compactación encontrados, por lo que con los resultados se pretendió revertir los niveles deficientes que se encontraron en el sistema de riego mediante el uso de enmiendas, realizando así ensayos los cuales determinen las enmiendas más eficientes para estos problemas. Mediante el estudio se elaboró un manual de transferencia de conocimientos con recomendaciones para cada tipo de ph y compactaciones posibles en un suelo, para así poder llegar a varias zonas donde la tecnología no es indispensable. Como resultado se determinó que las enmiendas químicas generaron resultados más eficientes en el restablecimiento del ph. Mientras que, en la compactación las mecánicas arrojaron resultados prometedores revertiendo así las altas medidas encontradas. Con esto concluimos que el presente trabajo puede ayudar a las actividades productivas de zonas andinas además que debido a que el manual es de carácter didáctico genera resultados favorables en la aplicación de los conocimientos.

Palabras clave: <GANADERÍA>, <AGRICULTURA>, <PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS>, <PH>, <COMPACTACIÓN>, <PRODUCTO>, <ENMIENDAS>, <MANUAL>.

0467-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The surface layer of the soil houses grasslands which are a source of food for livestock and vegetal cover for the edaphic resource, intensive agriculture and excessive livestock activity are the primary causes of the loss of the physicochemical properties of the soil, especially the pH and compaction. This represents a loss of the productive ecosystem in areas of high agricultural production. For this reason, the objective of the research is to evaluate the use of measures to restore the physicochemical properties of the soil disturbed by livestock activity in the coverage area of San Juan Zambrano-Chimborazo irrigation system. This study was initially carried out with the survey of a baseline of the pH variables and compaction of the entire irrigation system which, with the help of georeference applications and specialized equipment, made the obtaining, comparison and studied of the different level of pH and compaction found, so the results were intended to reverse the deficient levels that were found in the irrigation system through the use of amendments, thus carrying out tests which determine the most efficient amendments for these problems. Through the study, a knowledge transfer manual was prepared with recommendations for each type of pH and possible compaction in a soil, in order to reach various areas where technology is not essential. As a result, it was determined that the chemical amendments generated more efficient results in restoring the pH. While, in compaction, the mechanics showed promising results, thus reversing the high measurements found. We conclude that the present work can help productive activities in Andean areas, in addition to the fact that the manual is didactic in nature, it generates favorable results in the application of knowledge.

Keywords: <LIVESTOCK>, <AGRICULTURE>, <PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES>, <PH>, <COMPACTATION>, <PRODUCT>, <AMENDMENTS>, <MANUAL>.



Lic. Lorena Hernández A. Mcs.

180373788-9

INTRODUCCIÓN

En condiciones naturales el suelo, las plantas y los animales forman un sistema interrelacionado. Sin embargo, el suelo por sí solo es un sistema dinámico y amplio compuesto por variables biológicas, físicas y químicas que interactúan para cumplir funciones. Las que van a beneficiar a plantas y animales. (MAGAP, 2013)

Las funciones del suelo proveen las condiciones para producción de biomasa vegetal que sirve de alimento para animales como son los pastizales. Estos presentan una capacidad de generar forraje fresco mediante el crecimiento de diversas especies herbáceas, precisamente por esto los pastizales son escenario de prácticas pecuarias denominadas pastoreo de ganado y además aprovechan los nutrientes del suelo para su crecimiento, por lo que al momento del pastoreo influye en la producción forrajera de buena calidad. (MAGAP, 2019)

La producción pecuaria representa un 40% del valor total de la producción agropecuaria mundial, constituyendo así la base fundamental de la seguridad alimentaria y económica de millones de personas, sumando la agricultura conformarían la principal fuente de sustento a nivel regional. Por lo que, si el crecimiento poblacional incrementa la demanda de productos pecuarios. Esto implicaría retos ambientales debido a la relación animal-planta-suelo, ya que la expansión ganadera ejerce presión sobre los pastizales, dado que deben garantizar nutrición animal al tiempo que se conservan los forrajes. (Méndez, Botero & Moreno, 2011, págs. 5-6)

Como consecuencia de esto en el futuro se requerirán estrategias que maximicen la productividad respondiendo a la necesidad poblacional, sin olvidar la calidad del suelo y pasturas que sustenten los sistemas ganaderos, para así potenciar la producción animal sin comprometer la base del recurso suelo. (FAO, 2009, págs. 3-4)

En otro aspecto, el suelo es un recurso dinámico cuya calidad varía dependiendo la función que se lo de. Por lo que, sus propiedades fisicoquímicas se pueden ver afectadas en sistemas agropecuarios por la pérdida de nutrientes ante la demanda del ganado. ya que, el sobrepastoreo deteriora la calidad del sustrato, generando la necesidad de prácticas que optimicen la productividad y conserven la calidad del suelo. (Tapuy & Castro, 2023, pág. 28)

El sector pecuario tiene un rol protagónico en la economía agro-productiva del Ecuador. Según un estudio de cadenas pecuarias de Ecuador el país genera alrededor de 32 millones de cabezas

de ganado entre bovinos, porcinos y aves siendo la producción de bovinos la más grande. La importancia de esta actividad se evidencia en qué; de acuerdo con la encuesta de Superficies de Producción Agrícola Agropecuaria Continua (ESPAC) del 2010, cerca del 47% de la superficie agrícola nacional se destina al cultivo de pastos para alimentación animal, superando a cifras de otros países vecinos. (MAG, 2013, págs. 6-9)

En el país la actividad agropecuaria es el sustento de numerosas familias rurales. Un caso relevante son los hogares de la provincia de Chimborazo, donde existen alrededor de 45 mil productores dedicados a la ganadería y la agricultura. Por lo tanto, estas actividades generan fuentes de empleo e ingresos para miles de familias chimboracenses. Deduciendo así que las actividades productivas sostienen la economía rural de este y muchas otras provincias del Ecuador. (MAG, 2019)

En pequeñas zonas rurales donde la producción agropecuaria ayuda a la economía provincial como es la Junta de riego San Juan Zambrano, en esta zona se ha visto la oportunidad de mejorar la eficacia del suelo, con el fin de desarrollar la producción de forraje y mantener una ganadería productiva y sostenible, ya que un suelo de mejor calidad permitirá incrementar la disponibilidad de forraje de valor nutritivo para la alimentación animal. De este modo, la regeneración u optimización de los suelos en esta zona puede generar beneficios como: mayor fertilidad, aumento de producción de biomasa forrajera y mejorar la producción ganadera. (Triana, 2022, pág. 6) (MAGAP, 2019)

El objetivo es analizar la condición inicial del suelo evaluando variables, para consecutivamente con este diagnóstico realizar comparaciones de actividades de mejora como son las enmiendas, con la finalidad de identificar la mejor opción para optimizar la calidad del suelo y finalmente generar un manual de transferencia de tecnología y conocimiento para los productores de la Junta de Riego San Juan Zambrano.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La agricultura intensiva y el uso desmesurado de las capacidades del suelo son causas primordiales de degradación, generando erosión y pérdida de sus propiedades. Por otro lado, la capa superficial del suelo alberga pastizales, los cuales suponen fuente de alimentación para animales y recubrimiento vegetal, por lo que la desaparición del horizonte orgánico establece una amenaza para los ecosistemas agrícolas y la producción agropecuaria. Citando a Chitalgro, Andrade y Llamatumbi “Se ha comprobado que aproximadamente 169 países en el mundo sufren la pérdida del horizonte orgánico por un proceso degradatorio de los cuales la mayoría son irreversibles” (Chitalgro, Andrade & Llamatumbi 2021, pág. 20)

En Ecuador el suelo es un recurso estratégico que aporta soberanía alimentaria, ya que se destina a actividades agropecuarias. El uso intensivo del mismo llevaría a una pérdida de su capa fértil, acarreando problemas nutricionales y económicos al ganado. Por lo que la conservación de la calidad del suelo es indispensable para garantizar una producción agropecuaria sostenible, recordando que las buenas prácticas son un conducto a su conservación.

(Chitalgro, Andrade & Llamatumbi 2021, pág. 20).

El Ecuador posee mayor índice de deforestación en comparación a otros países de América latina. En la provincia del Chimborazo, donde la agricultura y la ganadería representan la principal fuente económica, existe un problema que llama la atención “la pérdida del recurso forrajero”, este inconveniente ocasiona cambios y quebrantos de actividades productivas pecuarias. Y si tenemos en cuenta información del Ministerio de Agricultura y Ganadería verificamos la reducción y mala calidad de forrajes, lo que amenaza a las actividades de pastoreo. El pastoreo se ve afectado por factores que deterioran o cambian las propiedades fisicoquímicas del suelo como son el pH y la compactación, haciendo que el forraje sea de mala calidad y bajo rendimiento.

(Chitalgro, Andrade & Llamatumbi, 2021, pág. 20) (El comercio, 2021).

La compactación del suelo ha llevado a que la Junta de Riego San Juan Zambrano disminuya su capacidad productiva, sobre todo impidiendo el acceso del forraje a la absorción de nutrientes adecuada, teniendo como resultado la disminución de calidad y producción forrajera. De acuerdo con Arellano & Darley (2022, pág. 19) “En esta zona la alimentación del ganado se basa en una dieta a

base de pastos y forrajes, siendo este método el más económico y accesible”, por lo que sin la oportunidad de crecimiento y mejoramiento nutricional existirá un déficit en el crecimiento animal al depender exclusivamente de pasto.

Por otro lado, la degradación y compactación del suelo son problemas formados por actividades ganaderas y agrícolas excesivas, deteriorando sus propiedades fisicoquímicas, debido a que los pobladores realizan prácticas dañinas obviando acciones preventivas, con el fin de producir en gran cantidad y menor tiempo. El mal manejo y la falta de prevención contribuyen a prolongar el problema, perpetuando la degradación edáfica en los agroecosistemas. (Domínguez & Solsol, 2022, pág. 5)

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 San Juan Zambrano-Chimborazo.

1.2.2. Objetivo específico

- Caracterizar el estado de salud del suelo a través del levantamiento de la variable pH y compactación del suelo en el sistema de riego San Juan Zambrano.
- Aplicar y comparar el uso de enmiendas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo del sistema de riego San Juan Zambrano.
- Desarrollar un manual de procedimiento para facilitar la transferencia de tecnologías a los propietarios de los predios del sistema de riego San Juan Zambrano.

1.3. Justificación

El suelo en zonas agropecuarias presenta pérdida del estrato vegetal debido a actividades desmesuradas, ya que por la alta demanda nutricional se obliga a transformar la cobertura vegetal natural en forraje para la alimentación animal, haciendo que sus propiedades fisicoquímicas se vean perturbadas en estas zonas. Entre los problemas más relevantes están la compactación y la alteración del pH, los que son causados en su mayoría por pisoteo excesivo del ganado, estiércol y orines, afectando a la productividad de la zona y la sostenibilidad del sistema agropecuario. (Morocho & Chunchu, 2019, pág. 74)

Este problema generó una importancia investigativa, por el motivo de que la salud del suelo es esencial para la productividad agrícola y maximización de la capacidad para obtener forraje. Esto es importante para la seguridad alimentaria y viabilidad de actividades agropecuarias a largo plazo, ya que un forraje saludable aporta nutrición al ganado, generando optimización en la carga animal evitando la sobreutilización de pastizales y promoviendo un equilibrio en la regeneración del suelo. (Garzón & Rico, 2022, págs. 31-35) (Serna, 2022, pág. 17)

Ante esta problemática, se volvió importante el estudio del suelo desde un panorama actual, ya que así pudimos conocer los factores que crean los problemas, para luego aplicar enmiendas que ayuden al restablecimiento de las propiedades del suelo para así recuperar y/o incrementar la producción de forraje y con la ayuda de entidades como MAG, MAATE y La Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, evaluar y difundir estrategias de rehabilitación del suelo en la junta de riego San Juan Zambrano. (Lucio, 2023, pág. 17)

La difusión de esta investigación podría ayudar a problemas similares en diferentes provincias del Ecuador, ayudando a impulsar el aprovechamiento y repotenciación de la producción de forrajes, promoviendo una ganadería sostenible, el correcto uso del suelo y sobre todo evitar la expansión de la frontera agrícola en zonas de alta biodiversidad.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Nula

El uso de enmiendas químicas orgánicas y/o mecánicas no permite el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera en el área de cobertura del sistema de riego San Juan Zambrano-Chimborazo.

1.4.2. Alterna

El uso de enmiendas químicas orgánicas y/o mecánicas permite el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo perturbadas por la actividad ganadera en el área de cobertura del sistema de riego San Juan Zambrano-Chimborazo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Recurso suelo

El suelo se considera como un recurso complejo, resultado de varias interacciones como; clima, rocas, sedimentos, materiales orgánicos, organismos vivos, etc. Este recurso provee alimentos para la humanidad se cree que el 95% de los productos proviene del suelo. Además, genera otros servicios ecosistémicos importantes clasificados en: regulación, provisión y cultural. Debido a esto la conservación del suelo es fundamental para el desarrollo humano, ya que los daños que se pueden hacer en el recurso pueden ser antrópicos y naturales debido en gran mayoría al cambio climático lo que hace difícil mantener un suelo sano. (Robles, Silva & Pulido, 2022)

De entre los recursos naturales que existen en el planeta el suelo es el que se encuentra en mayor cantidad y el que más vulnerable a daños se encuentra, teniendo así resultados negativos para la seguridad alimentaria, biodiversidad y el ambiente en general. El suelo presenta diferentes problemas, los más comunes se crean en la capa superficial de la tierra los cuales son: erosión, salinización, compactación, contaminación, pérdida de material orgánico entre otras. (Serna, 2022)

Estos problemas se crean en su mayoría por mal uso del recurso y solo en muy pocas ocasiones por causas naturales, lo que nos hace pensar que debemos tener más cuidado en su uso.

2.2. Propiedades físicas del suelo

Citando a Martínez, et al. (2022, pág. 10), el suelo tiene la capacidad de almacenar, regular la intensidad y dirección de los diferentes compuestos y energía encontrados en el suelo, sin embargo, esto cambia en relación con diferentes factores existentes en el suelo ya sean genéticos o ambientales. En las condiciones físicas del suelo se puede nombrar; la textura, densidad aparente, densidad real, humedad aprovechable total, granulometría de los suelos y la compactación como factores que van a influir en la calidad del cultivo. A continuación, se detallan de mejor manera.:

2.2.1. Texturas del suelo

Se debe tomar en cuenta su formación granulométrica o su composición mecánica y así determinar el tamaño de partículas sólidas o fracciones granulométricas como: arcilla, limo y arena. (Rosales, 2022, pág. 11)

2.2.2. Densidad aparente

Es la relación entre el peso de suelo seco (P_s) y el volumen total (V_t) de una muestra de peso sin disturbio. (Rosales, 2022, pág. 11)

2.2.3. Densidad real

Es la relación existente entre, el peso sólido (P_s) o masa de sólidos (M_s) de una muestra del suelo y el volumen de partículas sólidas (V_s) compacto, sin pensar en el volumen de los poros. (Rosales, 2022, pág. 11)

2.2.4. Humedad aprovechable total

Se conoce como la humedad útil que es la diferencia entre la de humedad del suelo a capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente. (PMP) (Rosales, 2022, pág. 11)

2.2.5. Granulometría de los suelos

Es la división en diferentes fracciones, dependiendo del tamaño de partículas encontradas. (Rosales, 2022, pág. 11)

2.3. Compactación del suelo

Desde el punto de vista de Bautista (2021, pág. 6) la compactación del suelo se da por un prensado de partículas ya que, el aire sale de la tierra por lo tanto la densidad de la masa aumenta también la resistencia y disminuye su capacidad de deformación ya que incrementa el peso específico seco disminuyendo los vacíos. La textura del suelo influye en la disponibilidad de nutrientes, aireación, humedad y penetración de raíces.

La calidad del suelo ayuda al desarrollo de las plantas es importante crear un ambiente adecuado que de beneficios al crecimiento y adecuada absorción de nutrientes (Alamilla, 2023, pág. 10). Causa cambios en las propiedades físicas del suelo, por lo que aumenta la resistencia a la penetración y la densidad aparente menorando la porosidad y la velocidad de filtración de agua. (Soto, Rodríguez & Fajardo, 2023)

2.4. Propiedades químicas del suelo

Como señala Estrada, et al. (2022) las características químicas que influyen en la capacidad del suelo para suministrar nutrientes a las plantas, el ph de suelo es un factor muy importante que va a permitir la absorción adecuada de los nutrientes además de que existen otras propiedades importantes que ayudan al crecimiento óptimo de las plantas como el intercambio catiónico y conductividad eléctrica los cuales se detallan a continuación.

2.4.1. pH del suelo

Se considera una medida de acidez o alcalinidad en el suelo. Se mide bajo una escala de 0 a 14, en donde 7 se considera neutro y cualquier valor que este por debajo de este se considera ácido mientras que si se encuentra por encima del valor se considera alcalino. El pH afecta a la disponibilidad de nutrientes que puede obtener una planta, ya que afecta a la solubilidad de minerales. (Colcha, 2022)

El ph es una medida que posee varios métodos los más comunes son:

2.4.1.1. Tiras de ph

Consiste en unas tiras que se introducen en un líquido, y al momento de sacar se compara en una tabla especializada que posee un rango de colores. Este método es conocido como uno de los más rápidos ya que solo se debe compara colores. Sin embargo, es muy poca precisa ya que los colores pueden ser muy difíciles de diferenciar. (Colcha, 2022)

2.4.1.2. pH metro de mesa

Este método se realiza por medio de un electrodo de vidrio, el cual se debe calibrar previamente con buffer para realizar la medición. (Colcha, 2022)

2.4.1.3. pH metro de campo

Es un dispositivo que ayuda a monitorear el pH de un suelo o agua, este se introduce en el lugar de donde se quiere obtener la medición y esperar unos minutos. (Colcha, 2022)

2.4.2. Intercambio catiónico

Se considera una medida para determinar la cantidad de absorción de cationes y determinar el sitio disponible para su almacenamiento. (Castaño, 2022, pág. 4)

2.4.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica va a dar cantidad de sal disponible en suelo para conducir corriente esta va a depender del agua y la presencia de iones. (Castaño, 2022, pág. 5)

2.5. Recurso suelo como contenedor de actividades productivas

El suelo posee variedad de intereses, las cuales han sido fundamentales para realizar actividades productivas en diversas áreas ya sea agricultura, ganadería, construcción e industria. En el caso de la agricultura el suelo genera el medio para crecimiento de cultivos por lo que su calidad afecta a su productividad, así como en la ganadería provee alimento el cual va a influir en la calidad de carne y productos lácteos necesarios para la alimentación humana.

(Berrio & Montenegro, 2022, pág. 25)

La ingeniería en el suelo genera estabilidad de estructuras, lo que es la base de la construcción de edificios y carreteras utilizadas en la actualidad para vivienda y protección.

(Berrio & Montenegro, 2022, pág. 25)

La industria por otro lado depende del recurso suelo para la extracción de minerales. Sin embargo, hay que recordar que ese servicio genera un impacto ambiental muy grande

(Berrio & Montenegro, 2022, pág. 25)

2.6. Ganadería

La actividad ganadera en el Ecuador es un sector de gran importancia económica, social, cultural y ambiental. Esta actividad contribuye al dinamismo en la economía en su mayoría al sector rural

campesino con la producción de carne, leche, derivados y alimentos con calidad nutritiva para la comunidad lo cual genera seguridad alimentaria. (Taipe, 2022, págs. 11-12)

Esta actividad ha permitido a muchas personas desarrollar una economía circular, la cual genera trabajos de forma indirecta. En el país se cree que este sector ha generado 432.454 empleos permanentes en el 2020, adicional a esto también se registra empleos indirectos como vendedores de productos animales y de cocina y junto con estos empleos las personas económicamente productivas se aumentarían de forma considerable. (Taipe, 2022, pág. 10)

2.7. Tipos de ganadería

2.7.1. Ganadería intensiva

En este tipo de ganadería los animales se encuentran estabulados. A los animales se los conserva bajo buena luz, buena temperatura y humedad que es su mayoría se han realizado artificialmente, con la estabulación se trata de aumentar la producción de en menos tiempo haciendo que los animales se alimenten de productos altamente enriquecidos. Las especies en su mayoría son aves, conejos y porcinos. (Garzón, 2022, pág. 6)

2.7.2. Ganadería extensiva

Aprovechan de forma eficiente los recursos naturales del territorio para así aprovechar el espacio vinculándose con el entorno. Es por lo que se necesita mucho espacio y el número de animales no debe sobrepasar la capacidad de carga del terreno, también es importante ya que se puede hacer uso de los recursos en una manera sostenible para no sobreexplotar los ecosistemas. De esta forma la ganadería extensiva regulada puede generar excelentes servicios. (Muñoz, 2022, págs. 3-5)

2.7.3. Ganadería trashumante

Es una práctica sociocultural, se caracteriza por el desplazamiento temporal del ganado. Este desplazamiento refleja la capacidad de vivir en lugares de difícil acceso como montañas, donde la sociedad esta arraigada a la cultura y decisiones centrales a sus movimientos religiosos. Este tipo de ganadería se ve afectado por el cambio socio cultural como la migración, problemas de tierra, conflictos familiares y comunales, los cuales afectan al desarrollo ganadero.

(Quispe, Blanco & Huanca, 2023)

2.7.4. Ganadería de autoconsumo

Es la ganadería que se practica por familia o grupo de personas para producción de alimentos derivados para ser consumidos por ellos mismos. Esta ganadería se practica de forma orgánica en su mayoría y natural con una mínima intervención humana (Garzón, 2022, pág. 6).

2.8. Establecimiento de praderas

La correcta nutrición en animales agropecuarios es primordial para producción de productos como carne, leche, etc. Una excelente alimentación en los primeros meses de vida es decisiva para su correcto desarrollo. Esta nutrición se debe en gran medida a la calidad y disponibilidad de los forrajes en praderas, donde el ganado es conducido para alimentarse. Por lo que la ganadería ejerce presión sobre la capacidad producción de pastizales, sumando los fenómenos climáticos que cada vez son más impredecibles, la degradación de las praderas comunes.

(Garzón & Rico, 2022, pág. 18)

Los forrajes poseen fibra, proteínas, energía y otros nutrientes que son esenciales para los animales. La producción de leche en bovinos se ve atada a una buena nutrición del animal, ya que mientras más nutrientes tenga el animal mejor será la producción de leche.

(Garzón & Rico, 2022, pág. 21)

El manejo adecuado de las praderas resulta estratégico. Ya que la interacción planta-animal tiene una estrecha relación a través de la producción y consumo de forraje verde y si se tiene una gestión y planificación de pastoreos es posible aumentar la productividad pecuaria y disminuir daños en ecosistemas productivos. (Garzón & Rico, 2022, pág. 28)

2.9. Análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA)

Su función es analizar y comprender los datos en conjunto, que tienen información espacial y temporal. Este método se caracteriza por utilizar técnicas estadísticas y graficas para detectar y analizar en el momento en que las observaciones se concentran, sugieren diversos patrones de distribución, revelando cambios temporales o anomalías en algún dato. Por otro lado, permite hacer predicciones. (Borras, 2022)

El objetivo del análisis exploratorio de datos espaciales es identificar el modelo teórico más conveniente para representar la población de donde pertenecen los datos muestrales, y también

permite descubrir patrones, detectar anomalías y encontrar relaciones entre variables espaciales y temporales (Borras, 2022).

2.10. Análisis de interpolación

Hace referencia al proceso de utilizar y predecir puntos con valores obtenidos para la obtención de otros puntos desconocidos, esto se puede determinar mediante técnicas geoestadísticas que van a mapear y delimitar el área de estudio. En el caso de los suelos se pueden obtener datos de factores fisicoquímicos, para determinar de mejor manera la capacidad productiva del suelo en este caso una interpolación. (Vega, 2022)

La interpolación también es un método que estima valores para celdas en un modelo ráster a partir de muestras limitadas o datos específicos. Esta técnica predice valores que no se conoce y se puede utilizar en distintas variables geográficas ya sean: elevación de un terreno, datos climáticos, niveles químicos del suelo, entre otros. La interpolación pronostica valores de cualquier dato que este asociado a una ubicación georreferenciada, mediante procesos estadísticos de un numero de mediciones reales distribuidas en un terreno de interés. (ESRI, s.f)

La interpolación es una opción viable ya que los datos que están cerca tienden a tener características similares, por lo que resulta más sencillo ver valores de puntos más cercanos basándose en los puntos obtenidos. (ESRI, s.f)

2.11. Métodos geoestadísticos y determinísticos

2.11.1. Geoestadísticos

Es una herramienta que permite analizar, e inferir en datos que se obtienen de fenómenos espaciales o temporales y que poseen una dimensión espacial, este método analiza y modela variabilidades espaciales de datos en un espacio geográfico, lo que incluye; interpolación, predicción y toma de decisiones. Estos métodos se utilizan en ciencias de la tierra y la ecología. (Melo & Mora, 2022)

2.11.1.1. Variograma

Describe la variabilidad de datos y va cambiando a medida que aumenta la distancia entre puntos en un lugar. Este método ayuda a diferenciar la estructura de correlación espacial de los datos para la interpolación espacial. (Castañeda, 2023, págs. 9-10)

2.11.1.2. Kriging

Como afirma Li, et al, 2022 “el modelo es considerado para determinar un nuevo punto de muestra basado en la probabilidad del error de una clasificación cuantificada y comprobar el modelo exacto basado en los números cuantificados de puntos mal clasificados al azar”.

2.11.2. Determinísticos

Existen dos grupos de técnicas de interpolación las cuales son: determinísticas y estadística geográfica. Por un lado, las determinísticas generan zonas mediante puntos similares aleatorios los cuales mediante la distancia inversa ponderada o las funciones de una base radial. Mientras que en las geoestadísticas se utiliza Kriging este usa propiedades estadísticas de puntos medios, los cuales cuantifican la autocorrelación espacial entre puntos teniendo que la disposición espacial de puntos o muestras obtenidos de la ubicación que le hace falta una predicción.

(Gonzales & Rodríguez, 2022, pág. 12) (ESRI, s.f)

Las determinísticas pueden llegar a partir en: globales y locales, por una parte, las globales predicen mediante un dataset mientras que las locales predicen mediante puntos medidos dentro de vecindarios, considerados áreas más pequeñas dentro de un lugar. (ESRI, s.f)

Una interpolación determinista potencia a que el resultado de la superficie entre cruce o no valores de datos. En el mismo contexto, existen interpolaciones exactas que predicen un dato diferente al resto de valores, estos lo predicen con valores de distintas interpolaciones de una zona específica. (ESRI, s.f)

2.12. Kriging empírico bayesiano

Consiste en una técnica de interpolación espacial que combina elementos de geoestadística clásica con Kriging con un enfoque del estadístico bayesiano. Se puede predecir datos en lugares donde no existen, basándose en la información a su alrededor. (Al-kaisy & Huda, 2022)

El EBK ayuda a automatizar los aspectos difíciles para construir un modelo válido, mientras que otros métodos en geoestadística analítica requieren de un ajuste de parámetros manuales los cuales obtienen resultados precisos, este método calcula automáticamente parámetros a través de procesos en conjunto y con simulación. (ESRI, s.f)

Este método es diferente de otros debido a su contabilidad debido al error introducido estimando un semivariograma de datos conocidos de una localidad, este proceso asume que la semivariograma estimado es en verdad semivariograma por la región de interpolación. (ESRI, s.f)

Utilizar este método puede generar que: un modelo requiera una interacción mínima, que los errores estándar de una predicción sean más precisos, se permitan predecir precisamente los datos moderados no estacionarios y por último que posea más precisión para pequeños conjuntos de datos. (ESRI, s.f)

2.13. Análisis espacial de superposición

Esta técnica se utiliza para examinar coincidencias o interacciones entre un conjunto de datos, también determina donde y la medida en la que varios fenómenos geográficos se superponen en un espacio. (Goyzueta & Jiménez 2022, págs. 47-50)

Estos son conjuntos de técnicas que constituyen diversos enfoques empleados en la identificación de áreas adecuadas. Esto quiere decir que son técnicas que aplican una escala común de valores en varias entradas, siendo inherente diferentes una de la otra, con el propósito de crear un análisis integrado. (ESRI, s.f)

Para una evaluación con la ayuda de una superposición espacial es necesario realizar un examen de los múltiples elementos, para que existan posibilidades para que los elementos no posean igual importancia entre ellos. Esto involucra a que un terreno tenga más valor al obtener una ubicación, en comparación con la proximidad de las líneas de servicio. (ESRI, s.f)

2.14. Algebra de mapas

Permite realizar estudios para análisis geográficos de una manera más fácil y sencilla con la ayuda de expresiones algebraicas. Este forma parte del spatial analyst el cual se caracteriza por ser una

extensión de ArcGis formada en Python y la cual al estar integrada las funciones pueden aprovecharse para un análisis espacial. (ESRI, s.f)

Esto se utiliza para integrar capas cartográficas que procesen informaciones geográficas y diseñen flujos de análisis de datos espaciales. Esta herramienta transforma datos mediante una serie de operadores con características especiales y mediante distintas operaciones, funciones, etc.

(Tobar, Palma & Vallejo, 2022, pág. 66) (ESRI, s.f)

Con el algebra de mapas también existe la posibilidad de intercalar capas con la ayuda de operaciones algebraicas. De esta manera ayuda a facilitar el uso, análisis y modelado de datos espaciales para la obtención de mapas que posean características de interés, por lo que se considera que esta herramienta es indispensable para información moderna para con esto simplificar la obtención de información relevante con datos que posean componentes geoespaciales. (Tobar, Palma & Vallejo, 2022, pág. 66) (ESRI, s.f)

2.15. Manejo y toma de muestras de campo

Para poder recoger muestras en un campo no necesariamente se debe tener aplicaciones de georreferenciación, existen métodos manuales que se pueden utilizar para superficies más pequeñas como son lotes, transectos o terrenos de pocas hectáreas. Para esto se utilizan métodos explicados a continuación:

2.15.1. Recorrido en cuadrículas

Este método se hace dividiendo el terreno en cuadrículas iguales y recolectar una muestra en cada una. (De la cruz, 2023)

2.15.2. Recorrido en zigzag

Este método se hace caminando en líneas cruzadas, caminando unos 25 o 30 pasos desde cada punto, e ir recolectando la muestra cada que se llegue a un punto. (De la cruz, 2023)

2.15.3. Recorrido en X

Este método es ideal para terrenos planos. Radica en recoger muestras en forma de X. En un lote del terreno, nos ubicamos en una esquina del terreno donde vamos a recoger un dato, seguimos

caminando diagonalmente y recogemos datos dos veces más antes de llegar al final de la línea, para finalizar recolectando el último dato donde termine el terreno. La acción se repite en la otra esquina para así tener 8 datos del terreno. En el caso que el terreno sea más grande tomar otros métodos. (De la cruz, 2023)

2.16. Mapeo y representación espacial

Son métodos de interpolación espaciales que permiten generar representaciones geográficas de cualquier superficie mediante datos levantados en campo. Esta técnica ayuda a crear mapas físicos y digitales para demostrar la distribución geográfica. (Ibarra, et al 2022, pág. 13)

En este caso también se puede construir modelos espaciales en SIG. De este modo, se asignan valores estimados de un fenómeno de interés. (Ibarra, et al 2022, pág. 13)

2.17. Enmiendas

Las enmiendas se consideran como tratamientos que ayudan a revertir daños causados por la pérdida de las capacidades fisicoquímicas de suelo. Las enmiendas tienen como fin mantener un suelo sano y con equilibrio el cual pueda servir para usos agrícolas produciendo elementos de excelente calidad que ayuden a la nutrición de quienes los consuman. Por otro lado, las enmiendas se pueden clasificar en químicas, orgánicas y mecánicas, de las cuales se debe hacer un estudio previo para determinar el mejor tratamiento y sobre todo la enmienda óptima para el restablecimiento del suelo. (Diaz & Sadeghian 2022, pág. 40)

Las enmiendas son productos que se aplican en el suelo y de las cuales se esperan cambien las propiedades alteradas hasta llevarlas a unas aceptables y mejoradas para su uso, las condiciones del suelo se ven afectadas por varios factores entre ellos antrópicos y por sobre uso. Es por eso por lo que estos métodos se usan para revertir estos daños y preparar la tierra antes de iniciar el cultivo. (Diaz & Sadeghian, 2022, pág. 40)

2.18. Enmiendas químicas

Las intervenciones humanas modifican los recursos minimizando su calidad y productividad. La agricultura es una de las causas más comunes esta práctica hace que la nutrición del suelo se vea afectada y la nutrición del cultivo sufra por esta causa (Llamusunta, 2022, pág. 14).

Las enmiendas ayudan a arreglar de alguna manera el daño generado en el suelo, en este caso las enmiendas químicas. Estas sustancias se añaden al suelo con el fin de cambiar sus propiedades fisicoquímicas corrigiendo deficiencias específicas (Llamusunta, 2022, pág. 14). Entre las sustancias que podemos utilizar se encuentran:

2.18.1. Cal agrícola

Esta sustancia es utilizada para aumentar ph en los suelos que se encuentran ácidos, aportando también calcio y algunos nutrientes esenciales para las plantas. (Hernández, 2022, págs. 22-23)

2.18.2. Azufre

Se utiliza para reducir el ph en suelos alcalinos y además corrige problema de alcalinidad. Elimina la acumulación de sales. (Bilbao & Montenegro, 2023, pág. 2)

2.18.3. Fertilizantes minerales

Ayuda a la agricultura sustentable ya que el conocimiento de los niveles de productividad de cada suelo ayuda a mejorar los aspectos primordiales para lograr un mejor manejo de la fertilización. (Figueredo, 2022, págs. 5-6)

2.18.4. Magnesio

Conservar la estructura del suelo, creando puentes de minerales arcillosos con carga negativa. (Cedeño, 2022, pág. 18)

2.19. Enmiendas orgánicas

La materia orgánica constituye una fuente muy importante de carbono y nitrógeno en el ecosistema y la conservación depende de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Para la conservación es necesario dirigir el proceso de transformación de residuos hacia sustancias húmicas para disminuir la emisión de gases (Gayosso, 2023, pág. 22). Entre algunas sustancias orgánicas que se utilizan están:

2.19.1. Compost

Esta enmienda es rica en materia orgánica y esta ayuda a mejorar la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes, además que fomenta la actividad microbiana. (Comino, 2023)

2.19.2. Estiércol

Esta enmienda se usa para ayudar a la salinización de un suelo y en su mayoría se utiliza los desechos de vaca o caballo ya que se encuentra en gran cantidad y con menos especímenes. (Aimituma, 2022, pág. 5)

2.19.3. Turba

La turba ayuda a mejorar la retención de agua y ayuda a la estructura del suelo. Sin embargo, su uso ayuda a la sostenibilidad. (Giannini, 2023)

2.19.4. Biol

Los bioles se obtienen mediante un proceso de desintegración de materia orgánica en condiciones de oxígeno nulo, este sustrato contiene nutrientes que son asimilados por las plantas y el suelo por lo que es muy fácil y rápidos los resultados. (Huamani, 2022, pág. 22)

2.20. Enmiendas mecánicas

Las enmiendas mecánicas o también conocidas como: enmiendas mecanizadas consisten en técnicas que utilizan una máquina para su aplicación. Este tipo de intervenciones ayudan a una corrección rápida en el caso de daños en el suelo, a diferencia del otro tipo de enmiendas. Y en el caso de que lleguen a fallar se debe mayormente a fallos con la maquinaria. Además, que con un adecuado mantenimiento y una buena manipulación las maquinas se pueden utilizar múltiples veces gastos agregados (Gómez, Villagra & Solorzano, 2018). Con esto podemos considerar tres tipos:

2.20.1. Sistema de labranza mecanizada

Este método de labranza permite aumentar las áreas de siembra debido a la eficiencia de las labores y al mejoramiento de las propiedades del suelo. No obstante, existe un impacto negativo de este método, la labranza excesiva o agresiva genera una erosión ligera o moderada. Por otro lado, si se utiliza este método correctamente mejora la incorporación de materia orgánica en el suelo. (Gómez, Villagra & Solorzano, 2018)

2.20.2. Tránsito de maquinaria agrícola

Es una estrategia para disminuir la compactación del suelo. Este método consiste en limitar el tránsito de la maquinaria a áreas definidas sin que los neumáticos afecten el campo. Este método a diferencia del otro ha demostrado que no genera daños por el uso de este método.

(Gómez, Villagra & Solorzano, 2018)

2.20.3. Rodajes utilizados en maquinaria agrícola

Este método ejerce presión continua al campo, en este método el primer paso del tractor genera el efecto más importante y los neumáticos inflados son clave para prevenir la compactación.

(Gómez, Villagra & Solorzano, 2018)

2.21. Metodologías participativas

Las metodologías participativas se utilizan en una variedad de contextos, tanto en educación como en acuerdos entre grupos. Su objetivo es ayudar a la participación e inclusión de diversas perspectivas para lograr un resultado favorable. Esto ayuda a la cooperación entre comunidad y funcionario lo que ayuda a crear varios proyectos para el bien de la comunidad.

(Rugel & Herrera, 2022)

Estas prácticas tienen como objetivo promover procesos de transformación social. Por otro lado, las metodologías participativas son un conjunto de pasos cuyo objetivo es llegar a un resultado, también buscan formas para que las personas aumenten sus conocimientos y puedan tener una visión amplia de lo que se trata la realidad. (Alberich, et al, 2009)

Las metodologías participativas son la base de tres ejes básicos:

- Tiene un trayecto histórico que asegura efectividad en contextos sociales y culturales.
- Se basan en fundamentos neuro físicos que ayudan a generar un impacto positivo al aprendizaje.
- Sus fundamentos son probados en situaciones reales dando resultados veraces.

Con esto se obtienen mejores resultados cuando se tiene un grupo interesado en mejorar su liderazgo y llegar a un objetivo mediante un proceso. (Alberich, et al, 2009)

2.22. Manuales de transferencia de conocimientos

Estos manuales ayudan a transmitir información de experiencias para un grupo de personas. Los documentos ayudan a capacitar a personas que necesitan saber de un tema, lo cual ofrece una transferencia de conocimientos que ayudan de alguna manera al que lo estudia o está interesado. (Andrade, 2022)

La transferencia de conocimiento en estas épocas se ha facilitado debido a la innovación tecnológica, esto facilita a que los conocimientos vayan a diversos lugares a diferencia de los conocimientos en estado físico. (Gonzales, 2009, pág. 14)

En la actualidad la transferencia de conocimientos se ha visto beneficiada por avances tecnológicos haciendo que la información llegue a lugares fácilmente. En épocas pasadas el conocimiento se difundía mediante medios físicos lo que dificultaba el alcance de la información, con esto las tecnologías de información y comunicación como el internet y dispositivos electrónicos revolucionaron la manera en que el conocimiento llega a las personas. Los límites geográficos ya no son impedimentos para la transferencia de conocimientos y con la ayuda de un manual claro, conciso y didáctico la información llega sin limitaciones. (Gonzales, 2009, pág. 14)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización

Dentro de la distribución administrativa parroquial de Riobamba se encuentra la parroquia rural San Juan, esta se ubica a 3.240 msnm y posee una extensión de 22.112,69 ha. De acuerdo con su ubicación, las comunidades que se integran a la parroquia de San Juan están ubicadas en zonas: baja, media, alta y zona de la parte sur occidental, las cuales son abastecidas por la cuenca del río Coventillo (PDOT San Juan, 2019).

En la zona baja de la parroquia se localiza la Junta de Riego San Juan Zambrano, siendo esta la zona con más población y comercio activo. La junta de riego posee una extensión de 70 hectáreas la cual se dividen en 3 bloques para mayor organización administrativa, además es importante acotar que contiene a 86 propietarios los cuales representan el objetivo del estudio actual. (PDOT San Juan, 2019).

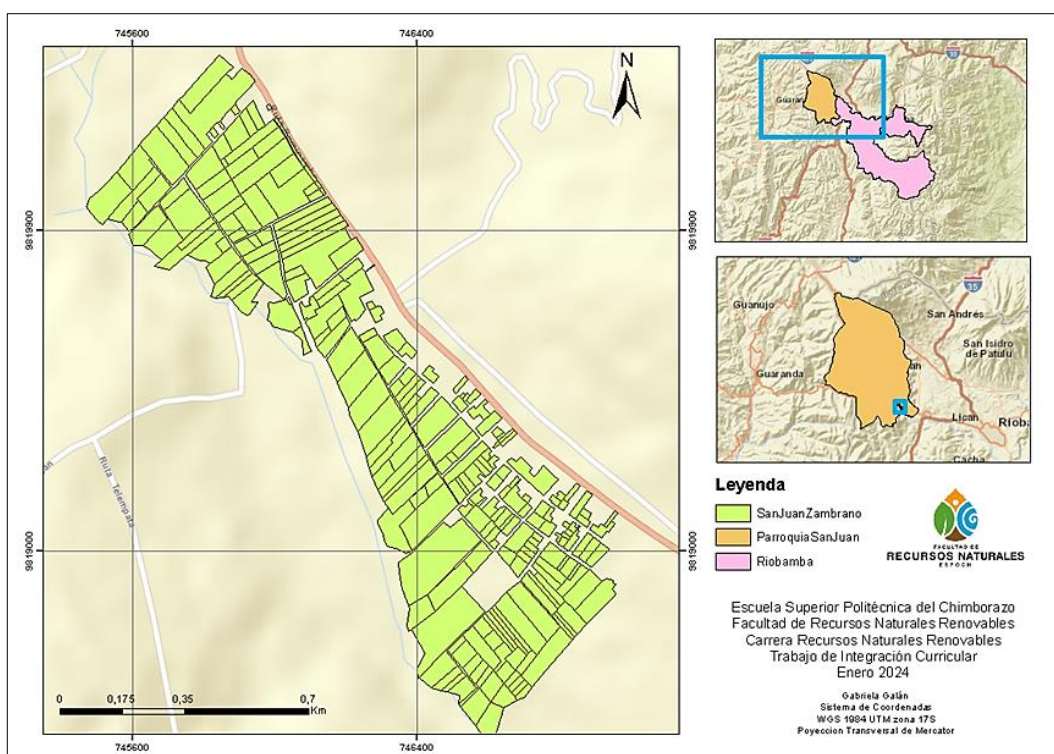


Ilustración 3-1: Mapa Junta de riego San Juan Zambrano

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.2. Texturas

El suelo de la parroquia presenta nueve diferentes texturas a lo largo del terreno las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3-1: Texturas

TIPO	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
1	Gruesa	1.243,37	5,62
1-5	Gruesa-muy fina	1.622,0	7,34
2	Moderadamente gruesa	11.526,22	52,12
2-5	Mod. gruesa-muy fina	650,23	2,94
3	Media	4.706,14	21,28
3-4	Media-fina	76,27	0,34
NIEVE	Nieve	1.200,06	5,43
ROCA	Roca	0,68	0
ERIALES	Eriales	1.087,71	4,92
	TOTAL	22.112,69	100

Fuente: PDOT San Juan, 2019.

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.3. Relieves

La superficie terrestre de la parroquia se compone por 7 diferentes tipos de relieve los cuales se detallan en la tabla 3-2:

Tabla 3-2: Tipos de relieve

RANGO	TIPO DE RELIEVE	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
0-5	Plano o casi plano	508,77	2,30
5-12	Suave o ligeramente ondulado	743,95	3,36
NIEVE	Nieve	1.201,96	5,44
12-25	Moderadamente ondulado	3.458,23	15,64
25-50	Colinado	4.152,96	18,64
50-70	Escarpado	6.076,24	27,48
> a 70	Montañoso	5.970,58	27

	TOTAL	22.112,69	100
--	--------------	-----------	-----

Fuente: PDOT San Juan, 2019.

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.4. Climas

Los climas en la Parroquia San Juan se encuentran muy escasas debido a las altitudes, por lo que en estas zonas encontramos 3 tipos de climas que son:

3.4.1. *Ecuatorial frio de alta montaña*

En estas zonas las precipitaciones son abundantes y sus temperaturas bajas, su vegetación varía de acuerdo con su latitud y altitud. Por otro lado, este tipo de clima se encuentra en el sur este de la parroquia. (PDOT San Juan, 2019)

3.4.2. *Ecuatorial frio seco de alta montaña*

En estas zonas las precipitaciones son menos que la evapotranspiración, por lo que las fuentes de agua no pueden mantener una corriente continua, se ubica al norte de la parroquia.

(PDOT San Juan, 2019)

3.4.3. *Ecuatorial frio semihúmedo de alto montaña*

Este clima se encuentra en la mayor parte de la parroquia y varía dependiendo la altitud.

(PDOT San Juan, 2019)

3.5. Pisos climáticos

Dentro del clima de San Juan se encuentra tres pisos climáticos importantes para la zona estos se describen en la siguiente tabla 3-3:

Tabla 3-3: Pisos climáticos

PISOS	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
Tierra nevada	Alturas mayores a 5000 msnm, con temperaturas que a -50°C en las noches y radiación fuerte durante el día.	576,9	2,61

Tierra helada	Alturas que van de 3500 a 5000 msnm, con temperaturas que van de 40°C a 50°C	18.307,48	82,77
Tierra fría	Alturas que van de 2000 a 3000 msnm, con temperaturas que van de 12° C a 22° C.	3.235,42	14,63

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.6. Materiales y equipos

Para la exploración en la zona de investigación fue necesaria la ayuda de equipos técnicos y personales los cuales se detallan en la tabla 3-4:

Tabla 3-4: Materiales

DESCRIPCIÓN	MATERIALES
Equipos personales	Botas de caucho
	Poncho de agua
	Libreta
	Marcadores
	Mapa con puntos
	Fundas
Equipos técnicos	Penetrómetro dinámico
	Penetrómetro de reloj
	Ph metro de mano
	Pilas AA
	GPS de mano

Fuente: PDOT San Juan, 2019.

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.7. Objetivo 1: Caracterizar el estado de salud del suelo a través del levantamiento de la variable pH y compactación del suelo en el sistema de riego San Juan Zambrano

3.7.1. Línea base de variables pH y compactación

3.7.1.1. Reconocimiento del lugar

El reconocimiento del lugar se llevó a cabo mediante un trabajo de campo y un recorrido previo a la parroquia San Juan, con el fin de delimitar el área de la Junta de Riego San Juan Zambrano y así obtener una perspectiva real de las dimensiones y características claves del sitio.

3.7.1.2. Distribución de predios de la junta de riego San Juan Zambrano

Para establecer la línea base del proyecto, se realizó una delimitación geográfica de la Junta de Riego San Juan Zambrano aplicando el software ArcMap. Mediante este software se realizó un mapa de la zona siguiendo los pasos en la siguiente ilustración 3-2:

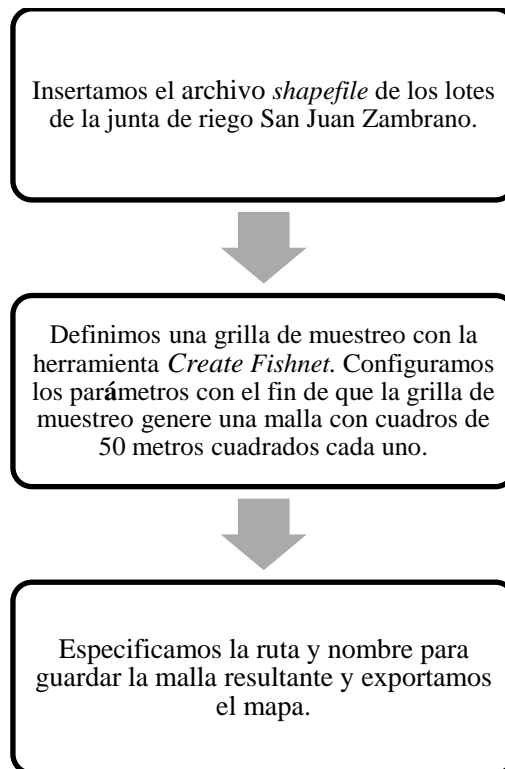


Ilustración 3-2: Pasos para generar puntos de muestreo

Realizado por: Galán, A., 2024.

La grilla de puntos resultante generó 275 puntos que se muestran en el anexo A. La información proporcionada se exportó en un GPS de mano, el cual permitió navegar en todo el sistema de riego y en conjunto con la grilla de puntos optimizó el levantamiento de información. La combinación de equipos e información permitió perfeccionar tiempo, menorar los errores y levantar los datos de una manera más adecuada.

3.7.2. Levantamiento de variables de campo

3.7.2.1. pH

Para la obtención de la variable pH se consideró levantar información in situ (en el sitio), de esta manera con la ayuda de un ph-metro de mano las lecturas llegaron a ser rápidas y con un alto grado de precisión. Además, que este método es el más asequible económicamente ya que la variedad de precios y modelos en el mercado se adapta a todo presupuesto. Al tratarse de un equipo portátil, la determinación del pH se puede realizar en cualquier lugar y por cualquier persona sin conocimiento o preparación previa, mejorando tiempo y costos.

La obtención de datos se llevó a cabo en varias salidas de campo, en las cuales se trasladó el ph-metro de mano con el fin de medir en los puntos específicos. Esto ejecutó introduciendo el equipo en el suelo para luego de unos minutos el medidor de pH mostrará el posible valor de ph en la pantalla Anexo B.

Estos valores se apuntaron en una libreta en el cual se registró el número del punto y el valor correspondiente. Esto se realizó con el fin de obtener todos los valores de pH de la junta de riego para luego llevar a una aplicación de sistemas de información geográfica y realizar un mapa de interpolación. (Intagri S.C, 2014)

Tabla 3-5: Tabla de rangos de pH

CLASE DE PH	RANGO
Extremadamente Acido	< 4,5
Moderadamente Acido	4,5 > 5,5
Acido	5,5 > 6,5
Neutro	6,5 > 7,5
Moderadamente Alcalino	7,5 > 8,5
Alcalino	8,5 > 9,5
Extremadamente alcalino	> 9,5

Fuente: PDOT San Juan, 2019.

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.7.2.2. Compactación

Esta variable que demuestra la capacidad de penetración de las plantas en la tierra se mide exclusivamente en el sitio al introducir la barra de metal de un penetrómetro en el suelo el cual una vez dentro va a medir la resistencia de penetración en el suelo Anexo C.

Para la medición se eligió un penetrómetro de reloj el cual por su creación genero medidas en newtons. Una vez que se introdujo en el suelo este facilitó una medida exacta, la cual dependiendo de la zona y el daño se consideró dentro de un rango de 0 N a 1000 N. (La Paca, 2023)

Los datos obtenidos en su totalidad se llevaron a una hoja de Excel y junto con información obtenida del shapefile de los propietarios, se creó una interpolación que determinó la compactación de la totalidad de la junta de riego. Con el propósito de comprender la situación de la junta de riego en términos de la compactación y de esta manera establecer las enmiendas correctas.

Este método se puede realizar con penetrómetros de diferentes modelos ya que existen varios en el mercado o incluso se pueden llegar a fabricar. Sin embargo, es importante aclarar que dependiendo del modelo va a tener diferente unidad medida.

3.7.3. Análisis de interpolación

El análisis de interpolación consistió en estimar el semivariograma que mejor explica la variable mediante simulaciones repetidas de la información relevada en campo. Estos datos ingresaron en la aplicación ArcMap la cual mediante herramientas específicas generó mapas, donde se categorizó los resultados en el mapa del Sistema de riego San Juan Zambrano y del cual se visualizó la información exacta en las zonas a las que corresponden.

Para la obtención de un modelo de interpolación confiable de las variables pH y compactación fue necesario seguir los pasos detallados en la ilustración 3-3:

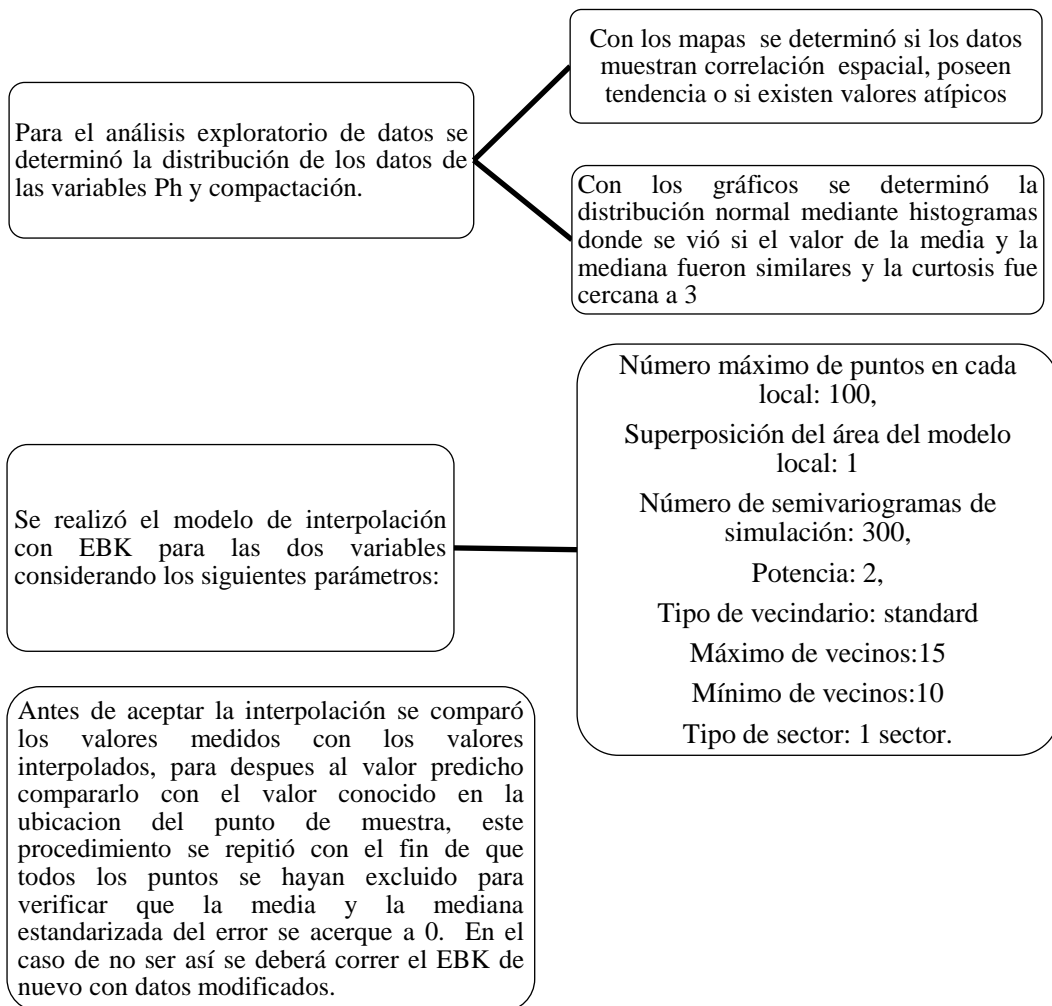


Ilustración 3-3: Pasos para el análisis de interpolación

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.7.4. Análisis de reclasificación

Con la superficie de interpolación de las dos variables estudiadas, se utilizó la herramienta reclasificar con el fin de categorizar y obtener como resultado una superficie interpolada final y dar clasificaciones de acuerdo con las categorías obtenidas en cada variable

3.7.5. Análisis de superposición

Su propósito es transformar varias características de un lugar en uno solo. Es por esto que realizamos este análisis con el fin de superponer las variables ph y compactación de los lotes de la junta de riego San Juan Zambrano y determinar la prioridad de intervención en los lotes (ESRI, 2021). Por lo que definimos los siguientes pasos presentados a continuación:

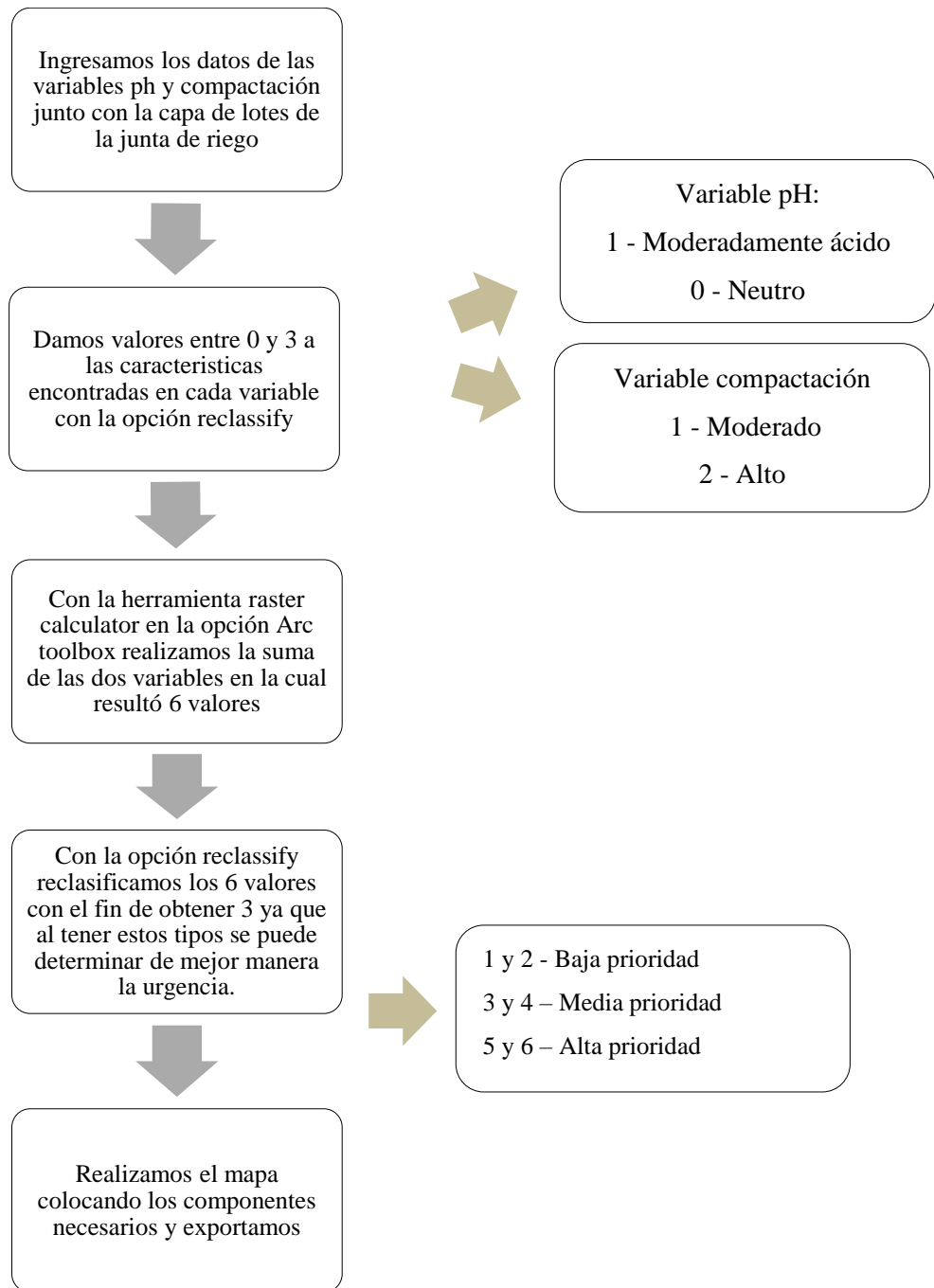


Ilustración 3-4: Pasos para el análisis de Superposición

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.8. Objetivo 2: Aplicar y comparar el uso de enmiendas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo del sistema de riego San Juan Zambrano

3.8.1. *Priorización de contenidos acerca de enmiendas*

Mediante la medición de variables en campo, se identificó deficiencias en las propiedades fisicoquímicas, en especial el pH y la compactación del suelo de la Junta de Riego San Juan Zambrano. Una vez que se obtuvo los resultados se procedió a realizar una investigación sobre los tipos de enmiendas idóneos que puedan neutralizar los diferentes niveles de pH y compactación encontrados. La revisión de literatura ayudo a identificar varios tipos de enmiendas considerando tanto el estado del suelo, como los efectos que las enmiendas produjeron. En base a estas consideraciones se realizó una priorización o jerarquización de enmiendas según los resultados que den las condiciones actuales del suelo.

En consecuencia, se utilizó enmiendas de tipo químicas, orgánicas y mecánicas, considerando varios efectos como son: efectos a corto y largo plazo, precios, fácil acceso a ellos, etc. Con el fin de lograr un resultado favorable para su uso.

3.8.2. *Selección de materiales*

Se realizó una selección previa de los materiales con el objetivo de mejorar el pH y la compactación del suelo en el área de la Junta de Riego determinada. Estos materiales se escogieron dependiendo el tipo de enmienda a aplicar: Química, Orgánica y mecánica.

Para las enmiendas químicas se determinó que: Cal agrícola (CaCO_3) y sulfato ferroso (FeSO_4) son sustratos que pueden modificar el Ph, mientras que para disminuir la compactación el sustrato sintético (Cocoly) fue el seleccionado. (Agroesa, 2021) (Hernández, 2022) (Fermagri, 2022)

En el caso de las enmiendas orgánicas, se eligió utilizar compost el cual es un producto derivado de los residuos alimenticios y animales, el cual se creyó permitiría elevar el pH, además se esperó resultados que pudieran mejorar las propiedades del suelo. Por otro lado, se eligió el Biol para disminuir la compactación ya que su composición a base de la descomposición del material orgánico de los animales pudiera mejorar varios aspectos del suelo según la bibliografía. (Archived Perspective Notice s.f) (BBVA, 2023)

Para las enmiendas mecánicas se realizó procesos de labranza mínima y aireación manual con instrumentos agrícolas, con el fin de que actúen sobre la compactación del suelo y generen grietas abriendo poros para aumentar la absorción de nutrientes. (JACTO, 2023) (Cahema, 2023)

En la tabla 3-5 se enseña el formato para la comparación de las enmiendas:

Tabla 3-6: Tipos de enmiendas

TIPO	NOMBRE
Enmienda química	
ph	Cal agrícola
	Sulfato de hierro
Compactación	Cocoly
Enmienda orgánica	
ph	Compost
Compactación	Biol (bovino)
Enmienda mecánica	
Compactación	Labranza
	Aireado manual

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.8.2.1. Materiales adicionales

Tabla 3-7: Materiales adicionales

TIPO	COSTO
Materiales de campo	
Bomba de fumigar 20 litros	35 \$
Estacas de madera	12 \$
Hilo	2.50 \$
Flexómetro	5 \$
Tijeras	1 \$

Realizado por: Galán, A., 2024.

3.8.3. Socialización del proyecto

La Junta de riego San Juan Zambrano posee una amplia extensión de terreno, por lo que en conjunto con el MAG se determinó utilizar una zona dentro del sistema de riego. La cual esté dispuesta la implementación investigativa de enmiendas para así poder recolectar información la cual permita la creación del manual de transferencia.

La predisposición de las autoridades y profesores de la Unidad Educativa San Juan permitió el ensayo investigativo, pactando así crear un trabajo conjunto entre alumnos de la institución y la tesista a cargo del proyecto como se puede ver en el anexo D. El fin del trato sería ayudar a aumentar los conocimientos de los estudiantes aprovechando la investigación previa realizada, por lo que con el acompañamiento de un profesor se llevó a cabo la práctica en campo.

3.8.4. Implementación de enmiendas

Se crearon cuatro parcelas de cinco metros por cinco metros con una separación de dos metros cada uno. En donde varios grupos de estudiantes se responsabilizaron de la implementación de las enmiendas. En el caso de los tratamientos solubles se diluyeron con agua previamente según las necesidades del transecto para luego proceder a implementarlos. Mientras que, otros grupos se encargaron de aplicar mediante voleo las enmiendas faltantes.

En la aplicación de las enmiendas mecánicas se realizó dos transectos de igual medida, donde se utilizó herramientas de campo las cuales mediante labranza mínima y aireación se abordó des compactar el suelo, los materiales utilizados para esta práctica fueron azadón y aireador manual. Estos se implementaron en los transectos seleccionados previamente, llegando así a concluir la implementación de enmiendas Anexo E.

De esta manera las enmiendas permanecieron un tiempo de 6 meses, en donde cada mes se procedió a tomar muestras para visualizar si existen cambios y determinar las mejores enmiendas
Gráfico de parcelas y cuadro de enmiendas

3.8.5. Comparación y recomendación

Para la comparación se procedió a crear tablas de: Tipo de enmienda y composición, Modo de aplicación y facilidad, Ventajas y Desventajas, Costo y facilidad de obtención. Con la finalidad

de crear una comparación más amplia y complementando con un análisis más detallado de cada enmienda en los cuales se detallan:

3.8.5.1. Tipo de enmienda

Se realizó un análisis más detallado de cada enmienda resaltando los beneficios y su composición.

3.8.5.2. Modo de aplicación y facilidad de enmiendas

Se resaltó detalladamente los pasos seguidos de implementación con una escala comparativa de facilidad de colocación del producto o equipo clasificados de la siguiente manera: mucho esfuerzo físico, poco esfuerzo físico, nulo esfuerzo físico.

3.8.5.3. Ventajas y desventajas

Se hizo una comparación de las ventajas y desventajas que tuvo cada enmienda utilizada.

3.8.5.4. Costo y facilidad de obtención

Se hizo una comparación de costos y la facilidad para transportar los materiales haciendo una comparativa de: fácil, medio y difícil.

Con la comparación de enmiendas previa se realizó una recomendación dependiendo de los diferentes valores. De esta manera se tendrá recomendaciones para cada categoría de ph o compactación que pueda tener el suelo en la parroquia San Juan Zambrano.

3.8.6. Análisis estadístico descriptivo

Con los datos obtenidos se crearon bases de datos de ambas variables con las cuales se establecieron siete tratamientos de los cuales se realizó un diseño en bloques completos al azar y del cual con los diferentes gráficos y el Anova se obtuvo resultados sobre las mejores enmiendas

Estas pruebas gráficas se utilizaron para visualizar la distribución de los datos obtenidos de las variables ph y compactación. Con esto determinamos si existen valores atípicos o datos que sean

muy diferentes al resto y sobre todo constatamos los resultados obtenidos en campo. Este análisis se llevó a cabo en el programa estadístico minitab.

3.9. Objetivo 3: Desarrollar un manual de procedimiento para facilitar la transferencia de tecnologías a los propietarios de los predios del sistema de riego San Juan Zambrano.

3.9.1. Selección de contenido y formato

Debido a que el contenido tiene que ver con los ministerios MAG Y MATTE se consideró importante que el formato sea similar a los manuales que se producen. Por lo que, se tuvo que revisar en diferentes manuales los gráficos, letras, etc.

Para el contenido primario, se incluyó una introducción donde está la descripción del área de estudio, objetivo y luego una explicación de la problemática detectada en las variables ph y compactación del suelo de la Junta de Riego.

Posteriormente, se detalló las tecnologías y enmiendas que deben utilizarse en cada caso dentro de la junta de riego, este posee recomendaciones de dosis y modo de aplicación. A continuación, se describió el procedimiento para obtener los datos de ph y compactación del suelo, incorporando rangos de referencia para diferenciar en qué estado están las variables y que de esa manera sea más fácil para los usuarios contrastar los resultados, para luego ver en el manual cual es el tipo de enmienda adecuado.

3.9.2. Diagramación del manual

Mediante la aplicación Canva, se creó el manual que nos permitió manejar de mejor manera y con facilidad los elementos visuales. Se definió el margen, las columnas y armonía al contenido previo. Además, se usaron elementos adecuados como tipografías, fuentes, infografías, cuadros e imágenes similares a los utilizados en manuales de los ministerios involucrados.

Esto se efectuó para que la información de las enmiendas sea breve, entendible y de fácil acceso para personas sin conocimiento previo y de varias edades. Sobre todo, para que sea de fácil distribución.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Caracterizar el estado de salud del suelo

4.1.1. Aspecto físico espacial

4.1.1.1. Textura de la junta de riego San Juan Zambrano

En la Junta de Riego predominan las texturas de suelo tipo: gruesa la cual está en la mayor parte de la superficie y la textura media fina que representa una minúscula parte del terreno total. La poca variabilidad de las texturas está determinada por factores topográficas del relieve andino, el material parental y los procesos derivados del clima presentados en la ilustración 4-1.

(PDOT San Juan, 2019)

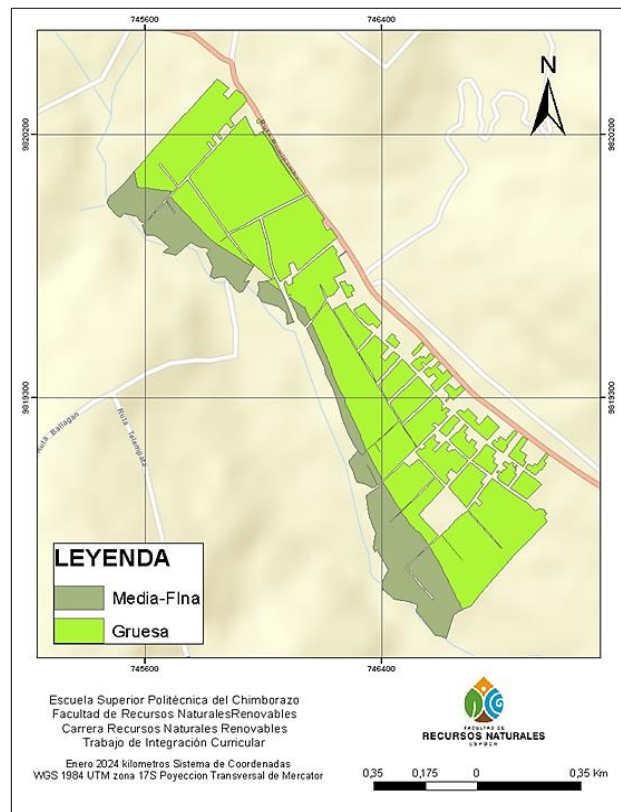


Ilustración 4-1: Mapa texturas

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.1.1.2. Relieve de la Junta de Riego San Juan Zambrano

En los terrenos de la junta de riego San Juan Zambrano encontramos las pendientes tipo: plano a casi plano, ligeramente ondulada, colinado y en pequeña medida moderadamente ondulado lo que nos dice que el terreno no posee grandes elevaciones más que pequeñas quebradas estas se evidencia en la ilustración 4-2. (PDOT San Juan, 2019)

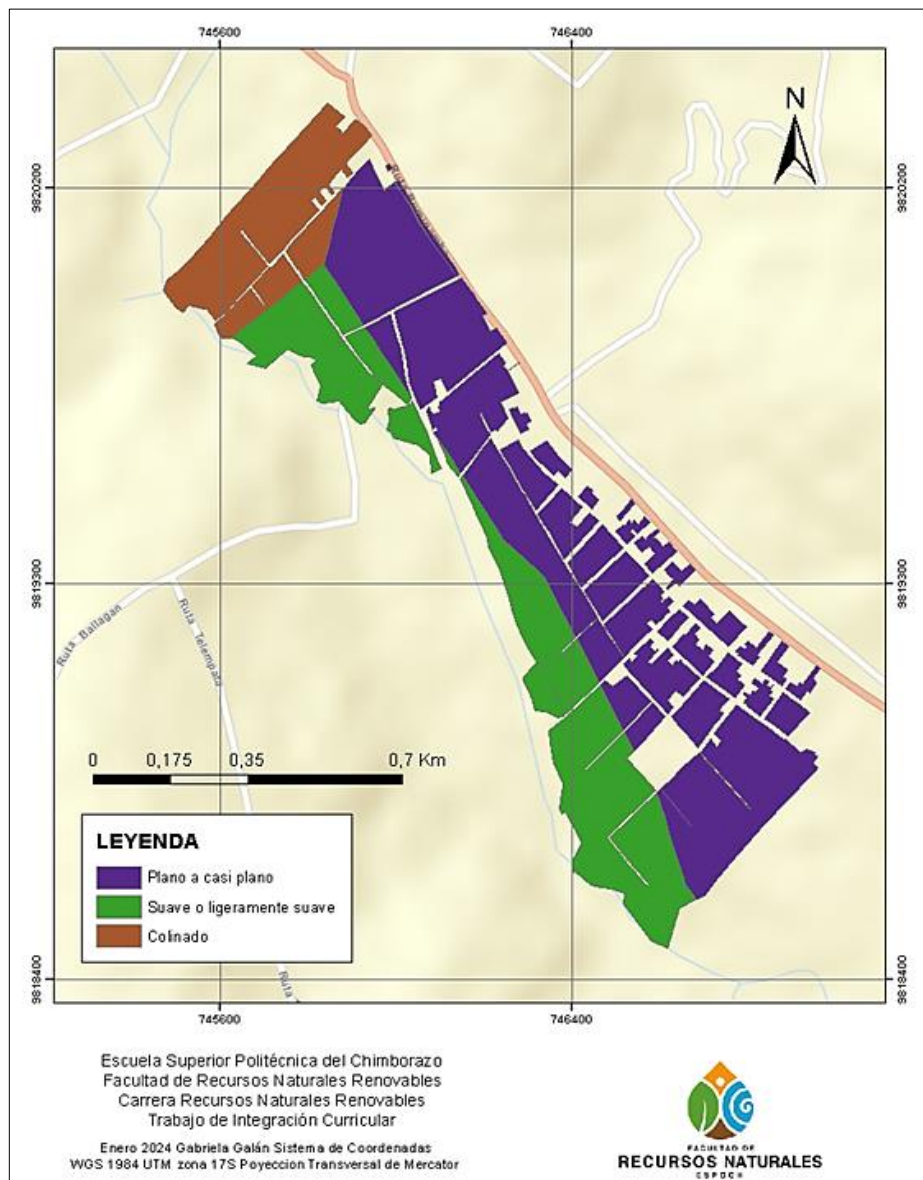


Ilustración 4-2: Mapa de relieve San Juan Zambrano

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.1.1.3. Clima

La Junta de riego San Juan Zambrano está constituida por dos climas estos son: ecuatorial frio de alta montaña y ecuatorial frio semihúmedo de alta montaña. Debido a la altitud en la que se encuentra no existe variedad de climas (PDOT San Juan, 2019), estos se pueden evidenciar en la ilustración 4-3:

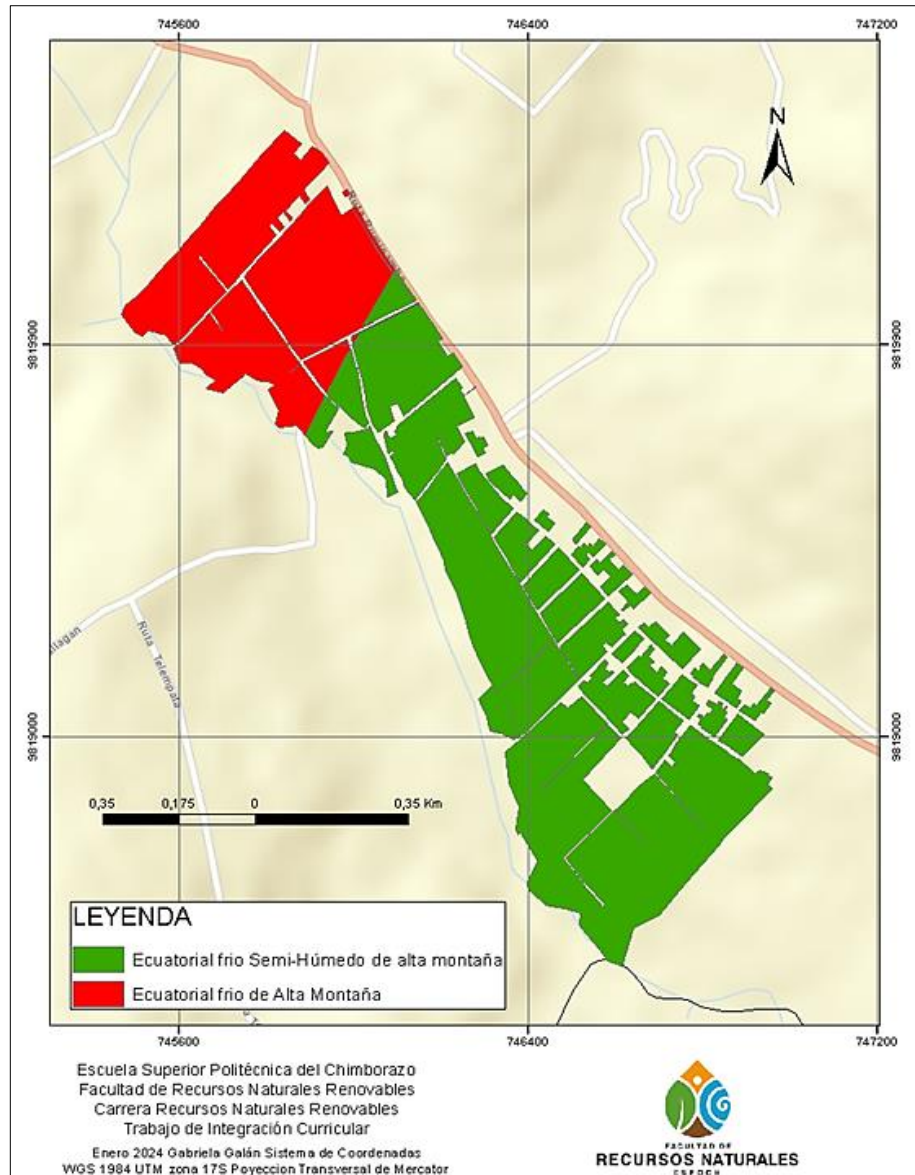


Ilustración 4-3: Mapa de clima San Juan Zambrano

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.1.2. Aspecto económico productivo

4.1.2.1. Uso de suelo por producción agropecuaria

La Junta de riego San Juan posee un inventario pecuario de 2.905, en donde el ganado bovino predomina con un registro de 1.200 cabezas los cuales se dividen en vacas productoras, vaconas, terneros, terneras, toretes y toros. Mientras que otras especies contabilizan 50 cerdos, 15 camélidos, 560 cuyes y 1.080 aves de corral. Por lo tanto, los datos nos representan que los bovinos es la principal actividad ganadera del territorio. La mayor parte de especies animales aprovecha la cobertura vegetal, en su mayoría pastos y forrajes. Por lo que esto evidencia la estrecha vinculación del ganado con el uso del suelo de la zona (PDOT San Juan, 2019). A continuación se representa de mejor manera en la tabla 4-1 la distribución de especies pecuarias:

Tabla 4-1: Producción pecuaria

ESPECIE PECUARIA	# DE ANIMALES	PORCENTAJE (%)
Ganado bovino	1.200	41%
Porcinos	50	2%
Camélidos	15	1%
Cuyes	560	19%
Aves de corral	1.080	37%
TOTAL	2.905	100%

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.1.2.2. Uso del suelo

La superficie total productiva de San Juan es de 3214 ha, la superficie más ocupada es por pastos naturales con 1.890 ha lo cual es el 60% seguido por los pastos cultivados que es un 27%, plantaciones forestales 7% y cultivos transitorios con el 6% (PDOT San Juan, 2019).

El 7% de la superficie productiva es del 7% con 239 ha ocupadas, y finalmente el 6% restante con una extensión de 216 ha. Estos datos evidencian el predominio del uso del suelo por parte de la actividad ganadera, mientras que la agricultura ocupa una menor proporción del área productiva total (PDOT San Juan, 2019).

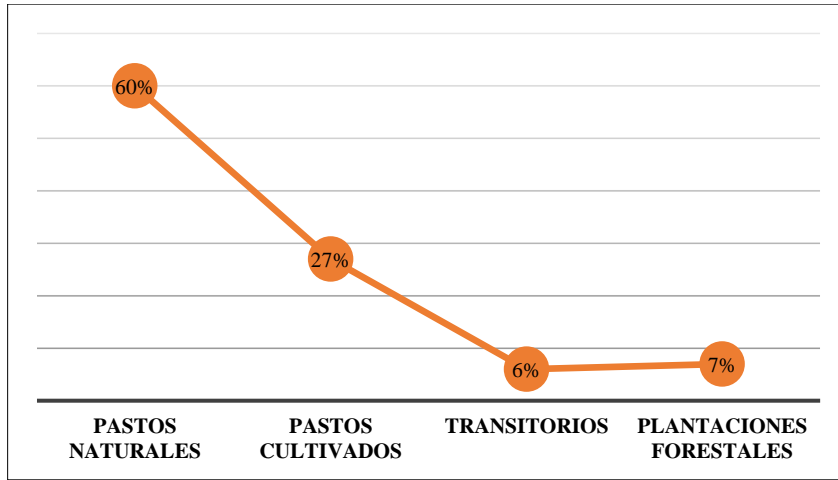


Ilustración 4-4: Uso del suelo

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.1.3. Distribución de puntos de muestreo

El presente mapa expone la delimitación de parcelas dentro del área de influencia de la junta de Riego. También se muestra la ubicación de los 275 puntos donde se van a obtener las mediciones de las variables.

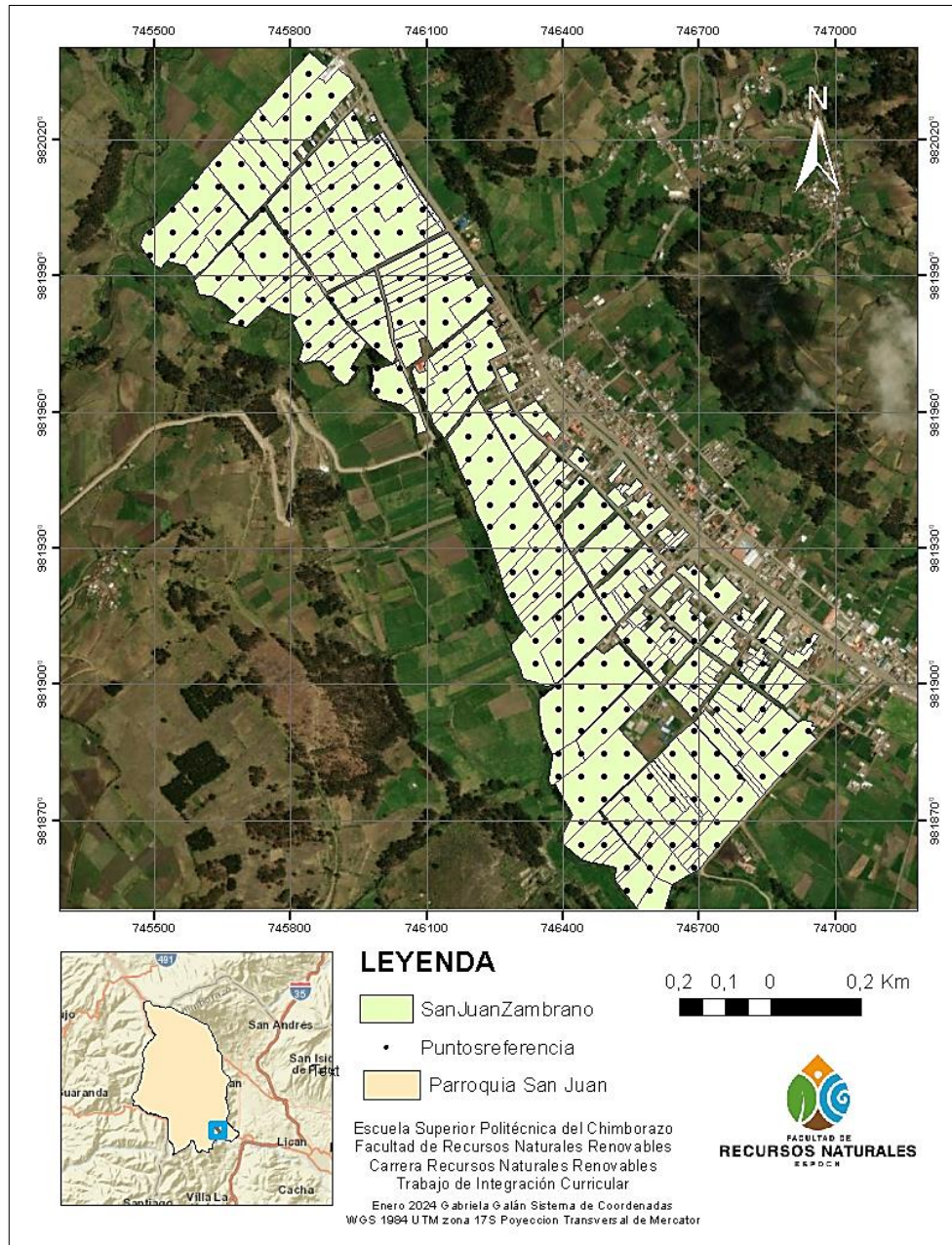


Ilustración 4-5: Mapa de distribución espacial

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.1.4. pH

El pH es una variable que evalúa la salud de los suelos. La Tabla 4-2 muestra los valores de pH obtenidos en los diferentes lotes.

Tabla 4-2: Tabla de pH

PORCENTAJE	INTERPRETACIÓN
63%	Moderadamente ácido
10%	Neutro
3%	Moderadamente alcalino
24%	N/A

Realizado por: Galán, A., 2024.

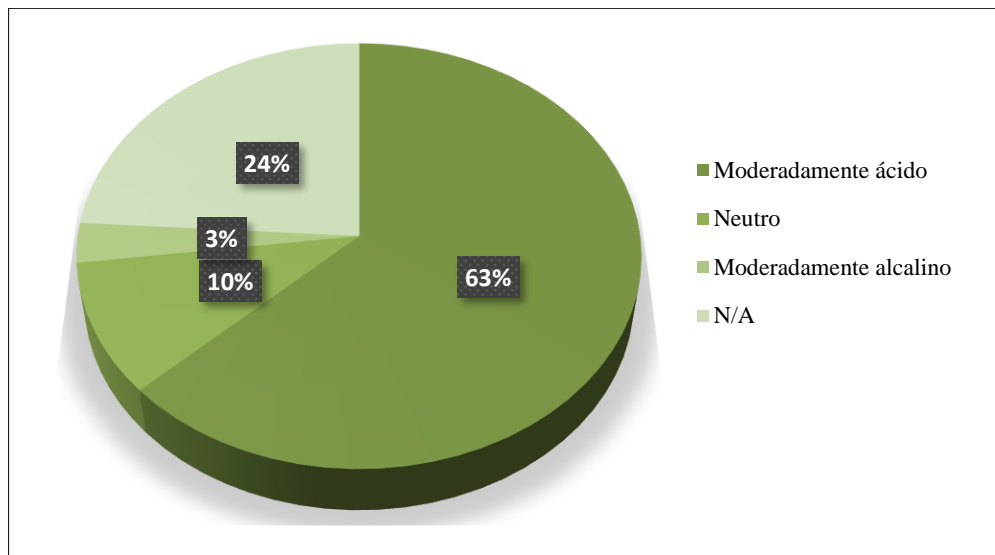


Ilustración 4-6: pH

Realizado por: Galán, A., 2024.

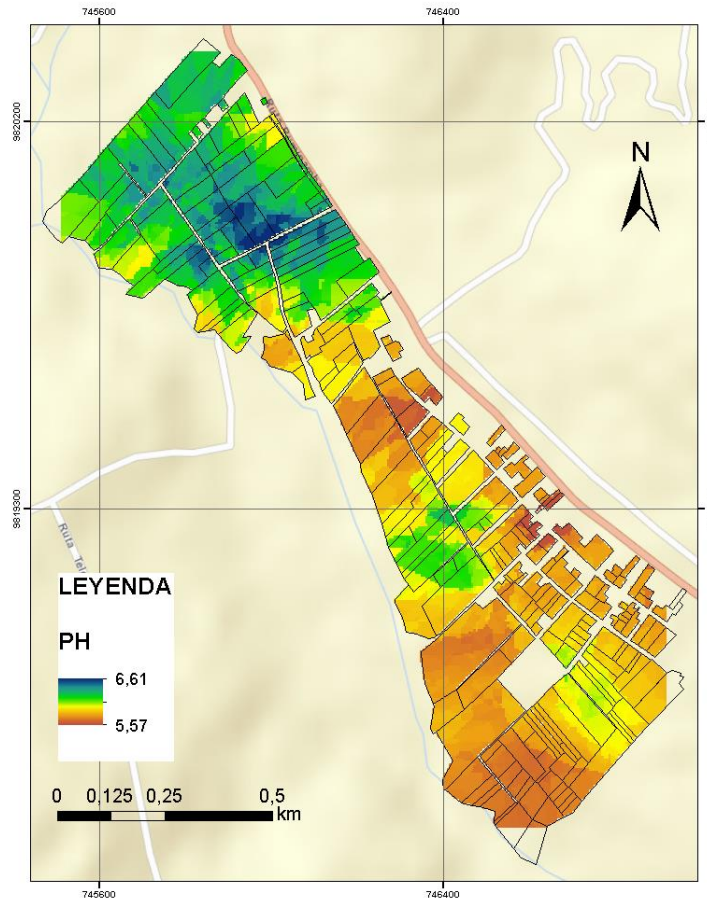
Como se en la Ilustración 4-6 los valores medidos en la junta de riego San Juan Zambrano mostraron variabilidad de datos. Con estos se obtuvieron resultados de una fluctuación del pH a lo largo del sistema de riego, demostrando que existen diferencias en la composición del suelo, los cuales pueden ser causadas por diferentes orígenes como: influencia de agua, fertilizantes, pastoreo, etc.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos se valoró los diferentes tipos de suelo con parámetros designados como: moderadamente ácido, moderadamente alcalino y neutro.

Los resultados reflejan que la mayoría del pH del sistema de riego se encuentra en un rango moderadamente ácido. Sin embargo, debido a que no es el único parámetro encontrado decimos que existe una heterogeneidad en las condiciones químicas en la Junta de Riego, por lo que las mediciones obtenidas proporcionaron información útil para el arreglo de la calidad del suelo según las necesidades particulares de cada zona.

4.1.4.1. Mapa de interpolación pH

Como se ve en la ilustración 4-7, la variable pH indica un valor mínimo de 5,57 en tonos tomates y amarillos, por otro lado, visualizamos, un valor máximo de 6,61 en tonos verdes y azules. En la parte baja y media del sistema de riego predomina los tonos tomates y amarillos lo que indica que existen suelos moderadamente alcalinos, adicional a esto la parte alta de la junta de riego predominan los colores verdes y azules, demostrando así las zonas con neutralidad en su pH. En consecuencia, determinamos que la mayoría del suelo de la junta de riego se encuentra en un pH moderadamente alcalino.



Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
 Facultad de Recursos Naturales Renovables
 Carrera Recursos Naturales Renovables
 Trabajo de Integración Curricular



Ilustración 4-7: Interpolación de la variable pH

Realizado por: Galán, A., 2024.

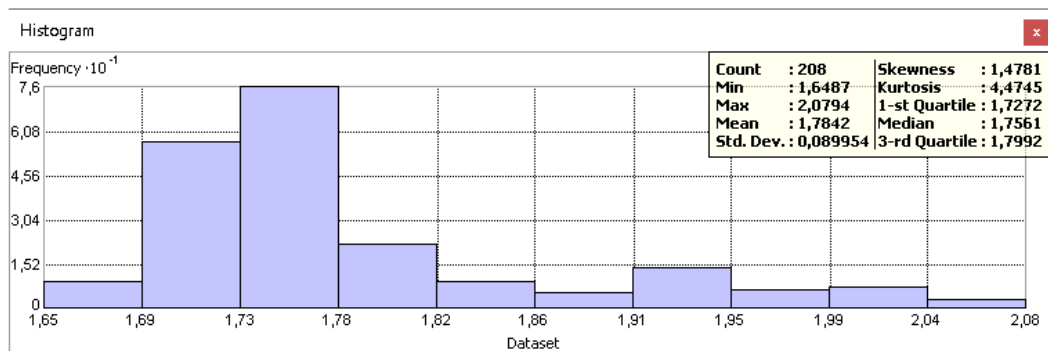


Ilustración 4-8: Histograma de la variable pH

Realizado por: Galán, A., 2024.

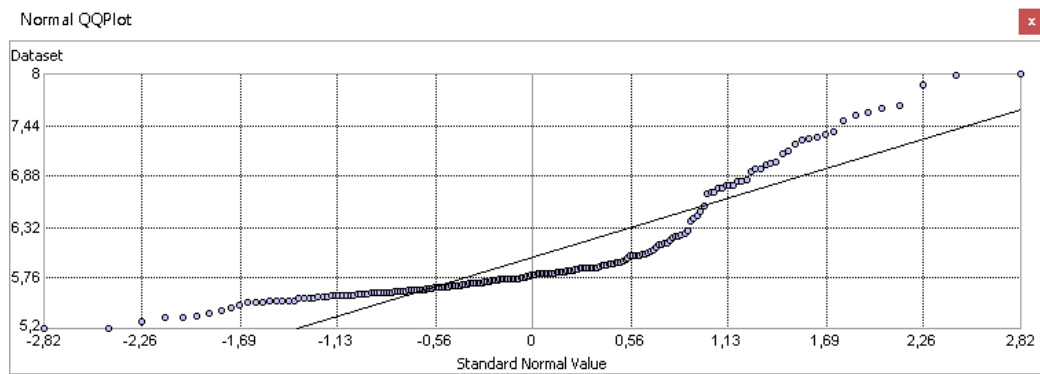


Ilustración 4-9: Cuantil de la variable pH

Realizado por: Galán, A., 2024.

En las ilustraciones 4-8 y 4-9 se demostró que existe una distribución normal, el valor de la media (1,78) y la mediana (1,75) son similares, además que son diferentes del valor de la curtosis (4,47). También se observa que en el gráfico cuantil los valores siguen a la línea de referencia.

4.1.4.2. Mapa categorizado pH

En la ilustración 4-10 denominada categorización de la variable pH observamos que existen dos variables: moderadamente ácido (5,2-6,49) de color rojo y variable neutra (6,50-7,49) de color verde claro.

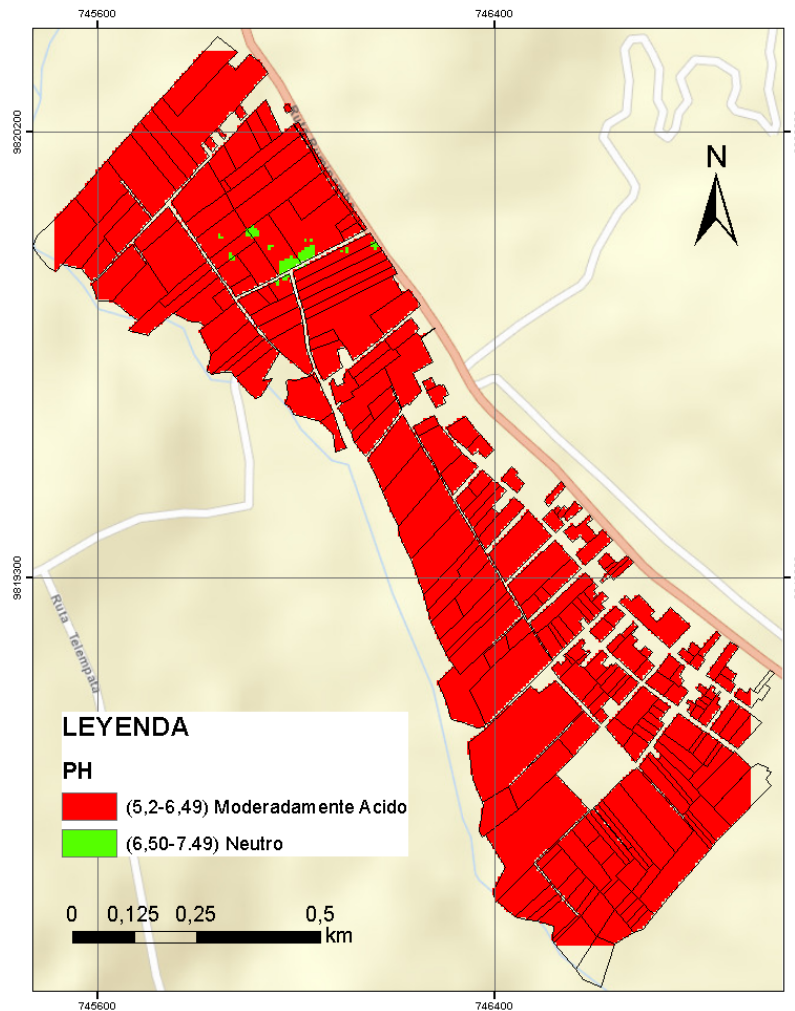


Ilustración 4-10: Categorización de la variable pH

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.1.5. Compactación

La compactación es una variable que influye en la resistencia a la penetración de un suelo. La Tabla 4-3 muestra los valores de obtenidos en los diferentes lotes:

Tabla 4-3: Tabla de compactación

PORCENTAJE	INTERPRETACIÓN
10%	Moderado
50%	Alto
16%	Muy alto
24%	N/A

Realizado por: Galán, A., 2024.

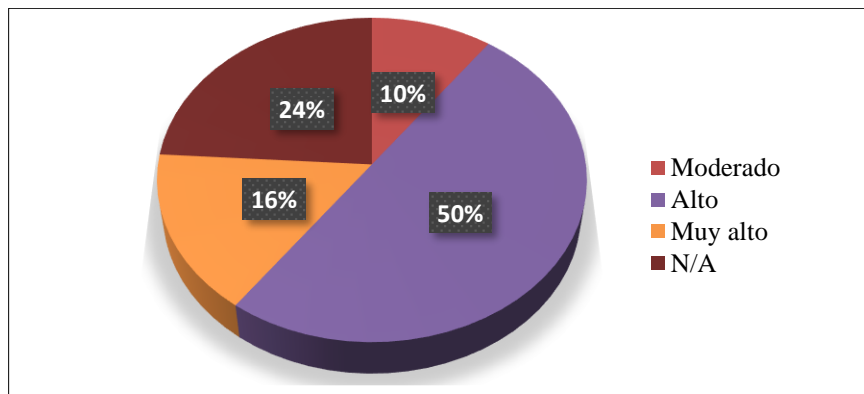


Ilustración 4-11: Compactación

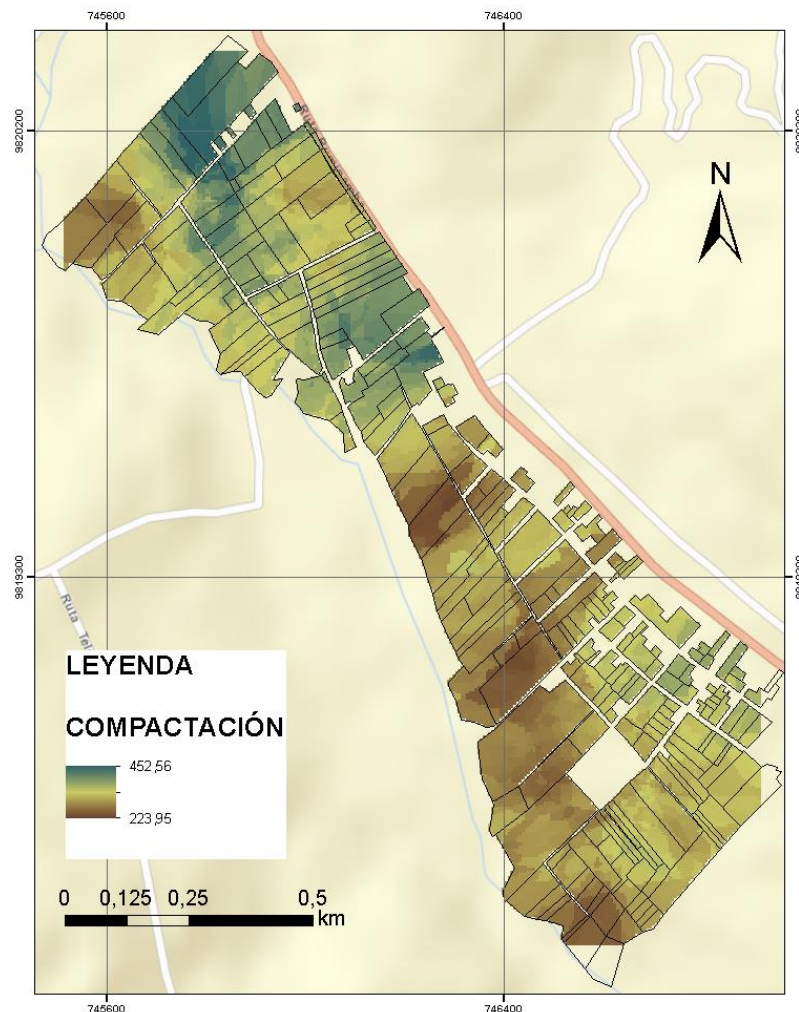
Realizado por: Galán, A., 2024.

El análisis de compactación evaluado en los suelos de la Junta de Riego San Juan Zambrano demostraron que el 50% de la superficie posee una compactación alta y que el otro 50 % de la superficie se divide en 10% moderado, 16% muy alto y no se tiene datos del 34% de la superficie.

Como resultados se obtuvo que los puntos de muestreo que presentaron compactación alta se encuentran en zonas de tránsito frecuente de ganado, maquinaria agrícola, monocultivos de uso prolongado, entre otros. Estos a su vez se caracterizaron por ser suelos de texturas más finas. Mientras que los lugares con compactación moderada son suelos de textura gruesa y de menor intervención antrópica. Estos resultados fueron de utilidad para una orientación a acciones correctivas, en este caso definir las mejores enmiendas para cada tipo de compactación encontrado.

4.1.5.1. Mapa de interpolación compactación

Como se ve en la ilustración 4-12, la variable compactación indica un valor mínimo de 223,95 en tono café. Por otro lado, visualizamos, un valor máximo de 452,56 en tono azul y un azul más claro. En la mayor parte del sistema de riego predomina los tonos cafés y café claro, lo que indica que existen suelos de compactación alta. Por otro lado, una pequeña parte de la junta de riego predominan los colores azules, demostrando así las zonas con compactación muy alta. En consecuencia, determinamos que la mayoría del suelo de la junta de riego se encuentra en una compactación alta



Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Carrera Recursos Naturales Renovables
Trabajo de Integración Curricular



Ilustración 4-12: Interpolación de la variable compactación

Realizado por: Galán, A., 2024.

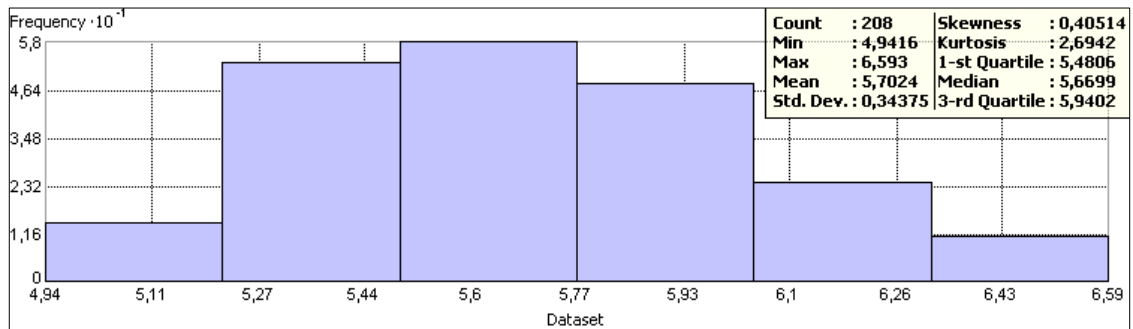


Ilustración 4-13: Histograma de la variable compactación

Realizado por: Galán, A., 2024.

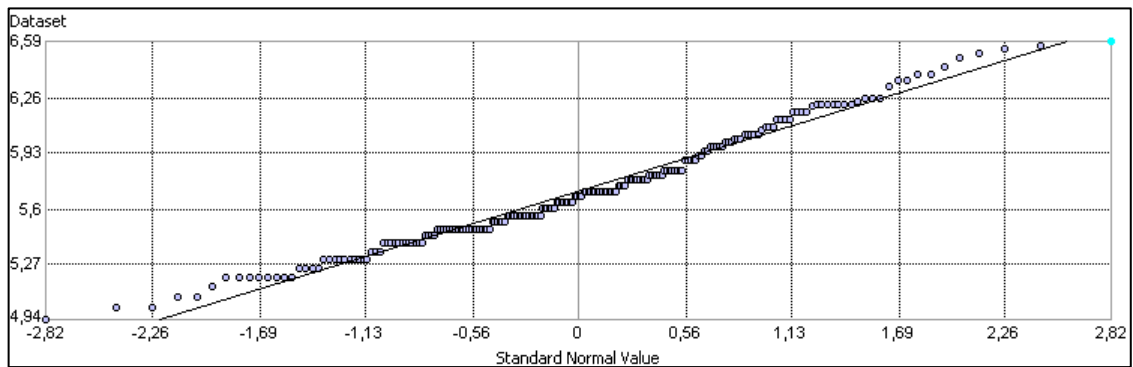


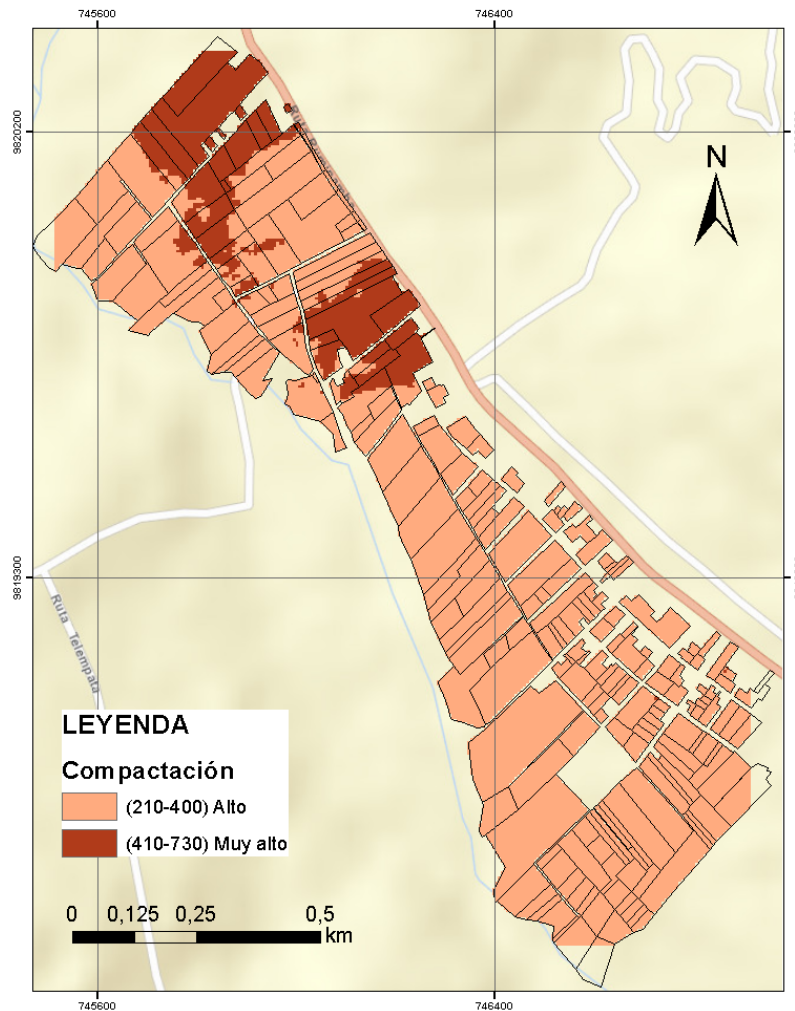
Ilustración 4-14: Cuantil de la variable compactación

Realizado por: Galán, A., 2024.

En las ilustraciones 4-13 y 4-14 demostró que existe una distribución normal ya que el valor de la media (5,70) y la mediana (5,66) son similares, y son diferentes del valor de la curtosis (2,69,47). También se observa que en el gráfico cuantil los valores siguen a la línea de referencia.

4.1.5.2. Mapa categorizado compactación

En la ilustración 4-15 denominada categorización de la variable pH observamos que existen dos variables: Alta (210-400) de color rosado y variable Muy alto (410-730) de color café ladrillo.



Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Carrera Recursos Naturales Renovables
Trabajo de Integración Curricular



Ilustración 4-15: Categorización de la variable compactación

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.1.6. Mapa de superposición

La superposición de las variables ph y compactación determino los lugares que necesitan intervención prioritaria en el lote siendo este de color rojo este valor posee una compactación alta y un ph moderadamente ácido se determinó con intervención urgente, seguido por las zonas de color tomate denominada urgente y finalmente con el color amarillo denominada no intervención como se puede visualizar en el siguiente mapa

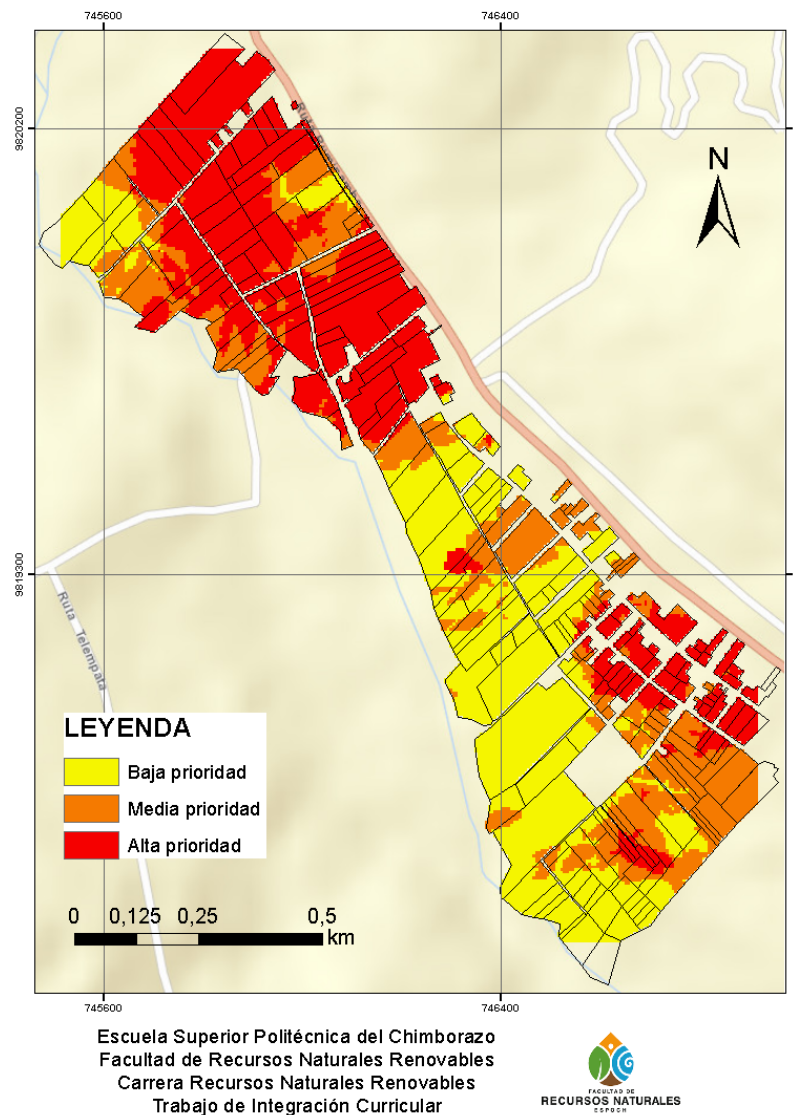


Ilustración 4-16: Mapa de superposición de variables pH y Compactación

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.2. Aplicar y comparar el uso de enmiendas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo del sistema de riego San Juan Zambrano.

4.2.1. Implementación de enmiendas

La implementación se llevó a cabo con una charla introductoria sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo de las variables ph y compactación, esta charla resaltó la importancia de estas propiedades en la producción de pastos y nutrición del ganado, además de los problemas que suceden con los diferentes tipos de ph y las compactaciones encontradas a lo largo del sistema de riego y los tipos de enmiendas que se pueden usar para restablecer las propiedades del suelo perturbadas.

Se describió el proceso de implementación de las enmiendas para luego aplicarlas en los transectos definidos previamente.

4.2.2. Resultado de análisis de enmiendas

4.2.2.1. Tipo de enmienda

Tabla 4-4: Tipo de enmienda

TIPO	NOMBRE	BENEFICIOS	COMPOSICIÓN (QUÍMICA)
ENMIENDA QUÍMICA			
pH	Cal agrícola	Regula el ph ácido del suelo a un ph neutro. (Hernández 2022)	Su presentación en polvo blanquecino con olor alcalino terroso posee: (Ca) 56,13%, (CO ₃) 96,87%, (Fe ₂ O ₃) 0.096%, (SiO ₂) 1.63%. (Hernández 2022)
	Sulfato de hierro	Abona a las plantas y corrige pH alcalino. (Fermagri 2022)	Su presentación en gránulos azules posee: Hierro (Fe), Trióxido de azufre (SO ₃). (Fermagri 2022)
Compactación	Cocoly	Mejora la biomasa de microorganismos en el suelo, mejora el medio ambiente del suelo y ayuda con el endurecimiento del suelo y los problemas de desequilibrio ácido-base. (Agroesa, 2021)	Su presentación en gránulos cafés posee: NPK 15-3-5; ZTDH – Sustancia de ácido polimérico (PAS) 6%; Fulvato de potasio 5%; ZTDH – Ácido poli aspártico (PASP) 1%; ZTDH – Ácido poli glutámico (PGA) 2.5%; ZTDH – Fermentos solubles de melaza (CMS) 2.5%; ZTDH – Promotor de raíces Bio 0.3%; ZTDH – Bacillus cereus 0.2 billón / grs. + ZTDH – Bacillus subtilis 0.1 billón / grs. + Microelementos: Mg, Ca, Zn, Fe y B. (Agroesa, 2021)
ENMIENDA ORGÁNICA			
pH	Compost	El compost o turba se suele añadir al sustrato para acidificarlo. Contienen ácidos orgánicos que ayudan a bajar el pH. (BBVA, 2023)	La composición de su materia orgánica contiene: (30% - 60%), N (1.0% - 2.5%), P (0.40% - 1.2%) y K (0,50% - 1,3%) (Gil 2018).
Compactación	Biol (bovino)	Mejora la disponibilidad de nutrientes del suelo, aumenta las actividades fisiológicas del suelo permitiendo el enraizamiento (Archived Notice s.f)	La composición líquida contiene: K (0.06%), Mg (0.032%), Cu (0,1%), Co (0.1%), Fe (3.9%), Mn (0.5%) y Zn (0.5%). (Archived Perspective Notice s.f)
ENMIENDAS MECÁNICAS			
Compactación	Labranza	Se puede minimizar la compactación y se promueve el crecimiento de sistemas radiculares saludables. (JACTO 2023)	no posee
	Aireado manual	Este método permite disminuir la compactación del suelo luego de	no posee

	utilizar varias veces el aireador. (Cahema, 2023)
--	--

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.2.2.2. Modo de aplicación y facilidad de enmiendas

Tabla 4-5: Modo de aplicación y facilidad de enmiendas

TIPO	NOMBRE	MODO DE APLICACIÓN	RECOMENDACIÓN	FACILIDAD
ENMIENDA QUÍMICA				
pH	Cal agrícola	Este sustrato se aplicó 1 kg al voleo por 5 m ² de terreno. La cal agrícola debe aplicarse lo más uniforme posible sobre la superficie del suelo y luego incorporarla con un azadón. (Agronet, 2019)	Se recomienda aplicar 1 tonelada por hectárea para subir 1 grado de ph. En el caso de tener menos cantidad terreno realizar una regla de tres. (Agronet 2019)	Mucho esfuerzo físico
	Sulfato de hierro	Este compuesto se aplicó en una parcela de 5 m ² 5 litros de agua con 1 libra. (Echeverría, 2023)	Se recomienda aplicar de 20 a 30 kg al boleado de sulfato de hierro por hectárea o por cada 100 litros de agua 2 o 5 kg del sustrato. En el caso de tener menos cantidad terreno realizar una regla de tres. (Echeverría 2023).	Medio esfuerzo físico
Compactación	Cocoly	En un terreno de 5 m ² se colocó 5 litros de agua con 1 libra de Cocoly. (Agroesa, 2021)	Se recomienda aplicar el sustrato cocoly de 3 a 5 kg por hectárea al boleado o de cada 200 litros de agua 1 o 1.5 kg dependiendo del rango de compactación. (Agroesa, 2021)	Medio esfuerzo físico
ENMIENDA ORGÁNICA				
pH	Compost	Se aplica al voleo, en un terreno de 5 m ² se aplicó 10 kg generando una capa de 1 cm de alto (Gil 2018).	No se recomienda aplicar en terrenos grandes. (Gil 2018)	Medio esfuerzo físico
Compactación	Biol	Por cada litro de agua se debe aplicar 0.50 l. En un terreno de 5 m ² se aplicó 5 litros de	No se recomienda aplicar en terrenos grandes	Medio esfuerzo físico

		agua mezclado con 2.5 litros de Biol. (Jatun Sacha s.f)		
ENMIENDA MECÁNICA				
Compactación	Labranza	Se levanto el suelo con un azadón en una profundidad de 10 cm en una parcela de 5 m ² . (JACTO, 2023)	En el caso de que la compactación sea muy alta utilizar maquinaria en una profundidad de 50 cm con un tractor de ruedas dobles de baja presión de inflado. (JACTO, 2023)	Mucho esfuerzo físico
	Aireación manual	El aireado se realizó con un aireador manual, que es una herramienta con una hilera de púas huecas que hacen pequeños puntos en él suelo. Esto se hace en todo el terreno teniendo en cuenta una separación de 10 cm como máximo. (Cahema, 2023)	Se recomienda realizar la introducción del equipo cada 5 cm una vez por cada tres meses. (Cahema, 2023)	Mucho esfuerzo físico

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.2.2.3. Ventajas y desventajas

Tabla 4-6: Ventajas y desventajas

TIPO	NOMBRE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ENMIENDA QUÍMICA			
pH	Cal agrícola	Incrementa el pH en suelos ácidos, lo cual mejora la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio. Neutraliza la toxicidad de aluminio, manganeso y hierro en suelos muy ácidos. Aumenta la actividad microbiana beneficiosa. (Hernández, 2022)	En exceso puede elevar demasiado el pH y generar deficiencias de micronutrientes. El calcio aplicado no está disponible de inmediato para las plantas. (Hernández, 2022)
	Sulfato de hierro	Es una fuente de hierro, nutriente esencial para las plantas. Ayuda a prevenir y corregir deficiencias de hierro. Bajo costo en comparación con otros fertilizantes de hierro quelatados. (Echeverría, 2023)	Puede provocar fitotoxicidad y quemar las raíces y hojas jóvenes si se aplica en exceso. (Echeverría, 2023)
Compactación	Cocoly	Tiene una penetración alta, hace que la nutrición sea rápidamente absorbida y utilizada por los cultivos, mantiene el agua y mejora la eficiencia del fertilizante. Activa la regeneración celular y la función fisiológica, estimula la generación de factores activos inespecíficos en la planta. (Agroesa, 2021)	Su mala aplicación o mal cuidado: Puede conducir a condiciones de anegamiento si no se mezcla adecuadamente con otros materiales más porosos y No retiene bien los nutrientes, por lo que se pueden lixiviar fácilmente, requiere fertilización frecuente. (Agroesa, 2021)
ENMIENDA ORGÁNICA			
pH	Compost	El compost puede ayudar a neutralizar tanto suelos ácidos como alcalinos, ya que actúa como un regulador de pH. Los materiales orgánicos presentes en el compost pueden modificar el pH del suelo hacia un nivel más neutro, lo que es beneficioso para muchas plantas. (Gil, 2018)	Dependiendo de los materiales utilizados en la elaboración del compost, este podría tener un pH alcalino. Si se aplica en exceso, podría elevar el pH del suelo más allá de lo que es óptimo para ciertas plantas. Además, sus costos son muy elevado para utilizar en grandes terrenos. (Gil 2018)

Compactación	Biol (Bovino)	El Biol bovino puede contener microorganismos beneficiosos para el suelo, como bacterias y hongos, que pueden aumentar la actividad biológica. Esto puede ayudar a mejorar la estructura del suelo y reducir la compactación al promover la formación de agregados estables. (Jatun Sacha sf)	El Biol bovino puede alterar el equilibrio químico del suelo si se aplica en cantidades excesivas o si su composición no es adecuada. Por ejemplo, un exceso de nutrientes en el Biol podría desequilibrar el pH del suelo o afectar la disponibilidad de ciertos nutrientes para las plantas. (Jatun Sacha sf).
ENMIENDAS MECÁNICAS			
Compactación	Labranza	La labranza puede romper capas compactadas superficiales del suelo, especialmente cuando se utiliza maquinaria pesada como arados o subsoladores. Esto puede mejorar temporalmente la estructura del suelo y permitir una mejor infiltración de agua y aire. (Vasyl, 2022)	La labranza intensiva con maquinaria pesada puede causar compactación secundaria en el suelo. Esto ocurre cuando el peso de la maquinaria compacta las capas inferiores del suelo, especialmente cuando el suelo está húmedo, creando una capa compactada por debajo de la profundidad alcanzada por la labranza. (Vasyl 2022)
	Aireador manual	Los aireadores manuales ayudan a mejorar la aireación del suelo al romper la compactación y permitir que el aire penetre más fácilmente en el perfil del suelo. Esto es beneficioso para la actividad microbiana y el crecimiento de las raíces de las plantas. (Cahema, 2023)	Utilizar un aireador manual puede requerir un esfuerzo físico considerable, especialmente si el suelo está muy compactado. Esto puede ser agotador y limitar la cantidad de área que se puede tratar en un período de tiempo determinado. (Cahema, 2023)

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.2.2.4. Costo y facilidad de transporte

Tabla 4-7: Costo y facilidad de transporte

TIPO	NOMBRE	PRESENTACIÓN	COSTO	FACILIDAD DE TRANSPORTE
ENMIENDA QUÍMICA				
pH	Cal agrícola	20 kg	5.00	Difícil
	Sulfato de hierro	25 kg	15.00	Difícil
Compactación	Cocoly	20 kg	35.00	Medio
ENMIENDA ORGÁNICA				
pH	Compost	30 kg	7.00	Difícil
Compactación	Biol	250 ml	7.00	Fácil
ENMIENDA MECÁNICA				
Compactación	Labranza	Azadón	9.00	Fácil
	Aireador manual	Aireador manual de césped	20.00	Fácil

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.2.3. Resultados de enmiendas

4.2.3.1. pH

Tabla 4-8: Resultado de enmiendas pH

TRATAMIENTOS			
MES	Cal agrícola	Sulfato de hierro	Compost
Septiembre	5,89	5,89	5,89
Octubre	5,89	5,89	5,89
Noviembre	5,89	5,89	5,89
Diciembre	5,96	5,89	5,89
Enero	6	5,87	5,89
Febrero	6.2	5,83	5,89

Realizado por: Galán, A., 2024.

Las enmiendas son componentes que se espera mejoren las características del suelo. Estas pueden tener origen orgánico, químico o mecánico y dependiendo de su composición pueden mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo en un corto o largo tiempo. (Damian, 2018)

En la tabla de resultados de enmiendas del ph se observan los tres tipos de tratamientos aplicados para el cambio del ph. Se obtuvo cambios significativos en el tratamiento de cal agrícola, el cual en un lapso de seis meses cambio un ph moderadamente alcalino de 5,89 a un ph casi neutro de 6.2 superando los otros dos tratamientos utilizados y de los cuales podemos decir no son prósperos para aumentar el ph. Por otro lado, se demostró que el tratamiento con sulfato de hierro es favorable para condiciones acidas, ya que este disminuyo el ph. Por último, el tratamiento compost no genero ningún tipo de resultado.

4.2.3.2. Compactación

Tabla 4-9: Resultado de enmiendas compactación

TRATAMIENTOS				
MES	Cocoly	Biol	Labranza	Aireador
Septiembre	240	240	240	240
Octubre	240	240	180	190
Noviembre	220	240	180	190
Diciembre	220	240	180	190
Enero	200	240	180	190
Febrero	200	240	180	190

Realizado por: Galán, A., 2024.

Los resultados demostraron que las enmiendas químicas y mecánicas poseen capacidad suficiente para mejorar las capacidades químico-físicas del suelo, podemos asegurar que en este estudio los componentes mecánicos fueron los correctos para disminuir la compactación del suelo generando beneficios en poco tiempo. Por lo que, en la comparación de enmiendas orgánicas, químicas y mecánicas para el restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo las enmiendas mecánicas y químicas se consideraron la mejor opción de aplicación dependiendo del grado de compactación en el que se encuentre la tierra.

4.2.4. Selección de enmiendas para el restablecimiento de propiedades físico-químicas del suelo

4.2.4.1. Selección de enmiendas adecuadas para cada rango de pH

Tabla 4-10: Recomendaciones pH

CLASE	RANGO	RECOMENDACIÓN
Ácido	> a 5	Se recomienda 1 tonelada por hectárea de cal agrícola para subir 1 grado de ph es preferible usar cal agrícola diluida para mayor absorción.
Moderadamente ácido	5 a 6,5	Se recomienda aplicar la cal al voleo de la misma manera 1 tonelada por hectárea para aumentar un grado de ph
Neutro	6,5 a 7 5	No se debe efectuar ninguna medida.
Moderadamente alcalino	7,5 a 9	Se recomienda aplicar 20 kg al boleto de sulfato de hierro por hectárea o por cada 100 litros de agua 2 kg del sustrato.
Alcalino	< a 9	Se recomienda aplicar 30 kg de sulfato de hierro al voleo y repetir el proceso durante 4 días.

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.2.4.2. Selección de enmiendas adecuadas para cada rango de compactación

Tabla 4-11: Recomendaciones compactación

CLASE	COMPACTACIÓN	RECOMENDACIÓN
Bajo	Menor a 100	No se debe efectuar ninguna medida
Moderado	110 – 200	Se recomienda aplicar el sustrato cocoly de 2 a 3 kg por hectárea al boleto o por cada 200 litros de agua 1 o 1.5 kg dependiendo del rango de compactación.
Alto	210 – 400	Se sugiere el método de labranza con un azadón, se recomienda levantar el suelo con una profundidad de 10 cm repitiendo 1 vez cada tres meses. O a su vez si posee un aireador manual se recomienda realizar la introducción del equipo cada 5 cm una vez por cada tres meses
Muy alto	Mayor a 410	Se sugiere utilizar maquinaria a una profundidad de 50 cm con un tractor que tenga una pala de arado con ruedas dobles de baja presión de inflado

Realizado por: Galán, A., 2024.

4.2.5. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se precisó colocar siete tratamientos de los cuales tres se destinaron al ph y cuatro para la compactación, se realizó la implementación de siete transectos los cuales se visualizan en el anexo F.

4.2.5.1. pH

Tabla 4-12: Resultados por mes de enmiendas (pH)

TRATAMIENTOS pH			
MES	Cal agrícola (T1)	Sulfato de hierro (T2)	Compost (T3)
Septiembre	5,89	5,89	5,89
Octubre	5,89	5,89	5,89
Noviembre	5,89	5,89	5,89
Diciembre	5,96	5,89	5,89
Enero	6	5,87	5,89
Febrero	6	5,83	5,89

Realizado por: Galán, A., 2024.

- **Normalidad de errores**

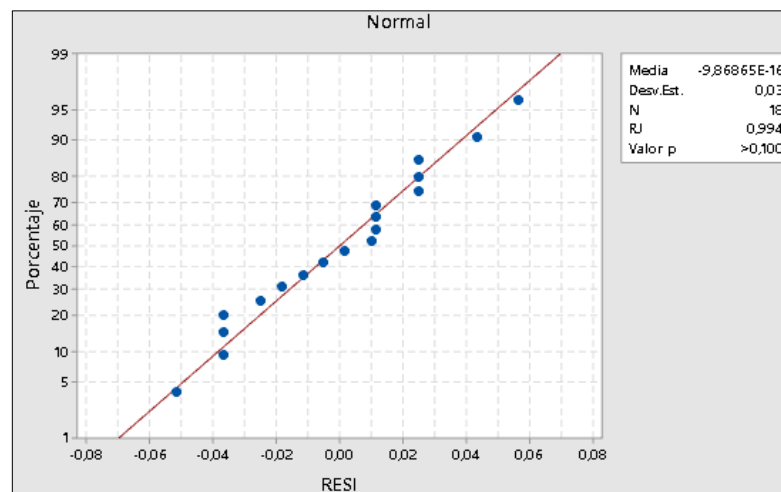


Ilustración 4-17: Probabilidad de residuos pH

Realizado por: Galán, A., 2024.

H₀: Los errores se distribuyen normalmente

H₁: Los errores no se distribuyen normalmente

Con un estadístico de prueba de 0.994, un valor p (0.100) mayor al nivel de significancia 0,05 no se rechaza la Ho. Por lo que con una significancia del 95%, se cumple el supuesto de normalidad

- **Homogeneidad de varianzas**

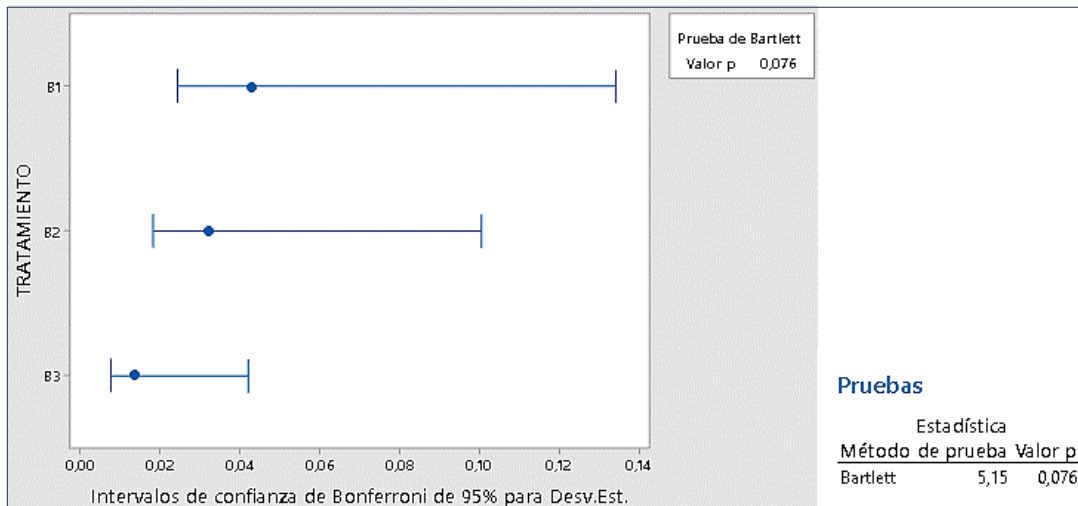


Ilustración 4-18: Igualdad de varianzas pH "Resi vs. Tratamiento"

Realizado por: Galán, A., 2024.

H₀: Todas las enmiendas son iguales

H₁: Al menos una enmienda es diferente

Con un estadístico de prueba de 5,15 un valor p (0.076) mayor al nivel de significancia 0,05 no se rechaza la Ho. Por lo que con una significancia del 95%, se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas.

- **Análisis de varianza**

Tabla 4-13: Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	0,012633	0,006317	4,13	0,049
Mes	5	0,002717	0,000543	0,36	0,868
Error	10	0,015300	0,001530		

Total	17	0,030650			
--------------	----	----------	--	--	--

Realizado por: Galán, A., 2024.

H_0 : Todas las enmiendas son iguales (el tipo de enmienda no afecta al ph del suelo)

H_1 : Al menos una es diferente (el tipo de enmienda afecta al ph del suelo)

Con un nivel de significancia de 0,05, un estadístico de prueba de 0,36 y un valor p (0,868) en el tratamiento, no se rechaza la H_0 . Por lo tanto, el tipo de enmienda no va a afectar el ph del suelo.

- Análisis de la mejor enmienda pH**

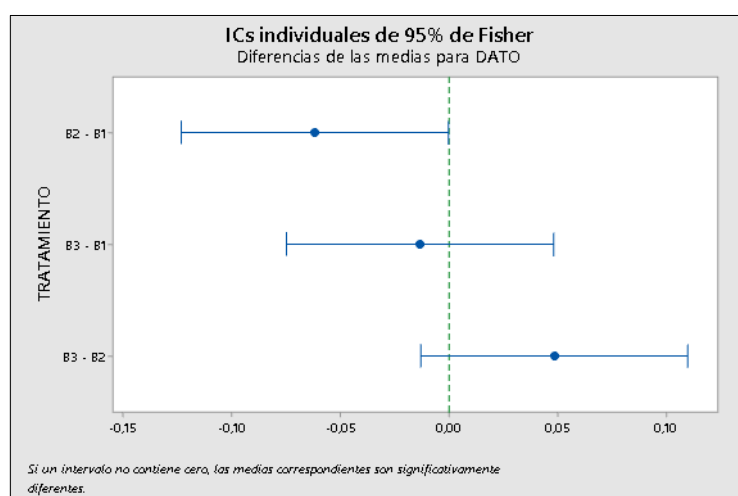


Ilustración 4-19: Análisis de enmienda pH

Realizado por: Galán, A., 2024.

Tabla 4-14: Análisis de Tukey pH

Tratamiento	N	Media	Agrupación
B1	6	5,93833	A
B3	6	5,89000	A
B2	6	5,87667	A

*Comparaciones por parejas de Tukey: TRATAMIENTO

*Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Realizado por: Galán, A., 2024.

Con una significancia del 95% se concluye que el tratamiento uno (cal agrícola) es el tratamiento idóneo para aumentar el ph de un suelo. Por otro lado, el tratamiento dos (sulfato de hierro) es el menos idóneo para aumentar el ph. Sin embargo, sería el más adecuado para disminuir el ph de un suelo.

4.2.5.2. Compactación

Tabla 4-15: Resultados por mes de enmiendas (Compactación)

MES	TRATAMIENTOS COMPACTACIÓN			
	Cocoly (T4)	Biol (T5)	Labranza (T6)	Aireador (T7)
Septiembre	240	240	240	240
Octubre	240	240	180	190
Noviembre	220	240	180	190
Diciembre	220	240	180	190
Enero	190	240	180	190
Febrero	190	240	180	190

Realizado por: Galán, A., 2024.

- **Normalidad de los errores**

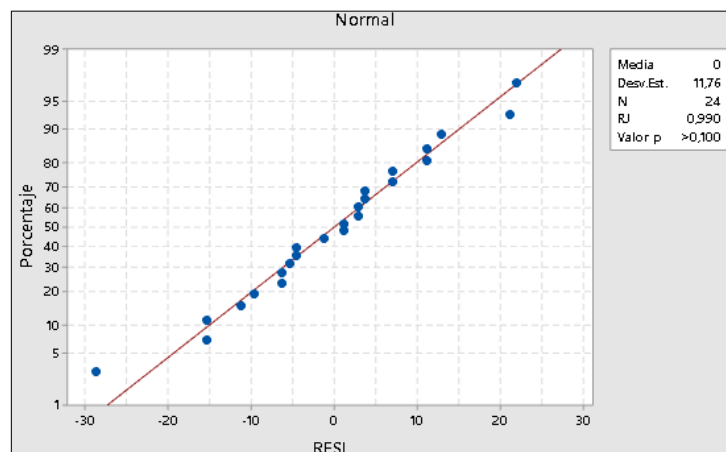


Ilustración 4-20: Normalidad de errores compactación

Realizado por: Galán, A., 2024.

H₀: Los errores se distribuyen normalmente

H₁: Los errores no se distribuyen normalmente

Con un estadístico de prueba de 0.990, un valor p (0.100) mayor al nivel de significancia 0,05 no se rechaza la H₀. Por lo que con una significancia del 95%, se cumple el supuesto de normalidad

- **Homogeneidad de varianzas**

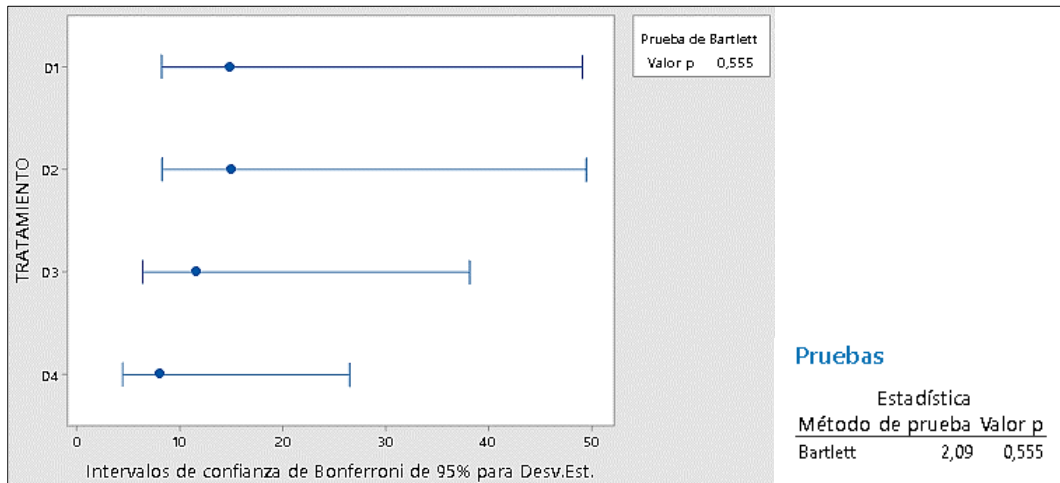


Ilustración 4-21: Homogeneidad de varianzas

Realizado por: Galán, A., 2024.

H₀: Todas las enmiendas son iguales

H₁: Al menos una enmienda es diferente

Con un estadístico de prueba de 2,09 un valor p (0.555) mayor al nivel de significancia 0,05 no se rechaza la H₀. Por lo que con una significancia del 5%, se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas.

- **Análisis de varianza**

Tabla 4-16: Análisis de varianza compactación

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Mes	5	4438	887,5	4,19	0,014
Tratamiento	3	8846	2948,6	13,91	0,000
Error	15	3179	211,9		
Total	23	16463			

Realizado por: Galán, A., 2024.

H₀: Todas las enmiendas son iguales (el tipo de enmienda no afecta a la compactación del suelo)

H₁: Al menos una es diferente (el tipo de enmienda afecta a la compactación del suelo)

Con un nivel de significancia de 0,05, un estadístico de prueba de 13,91 y un valor p (0,000) en el tratamiento, se rechaza la H₀. Por lo tanto, el tipo de enmienda va a afectar la compactación

del suelo.

- **Análisis de mejor enmienda compactación**

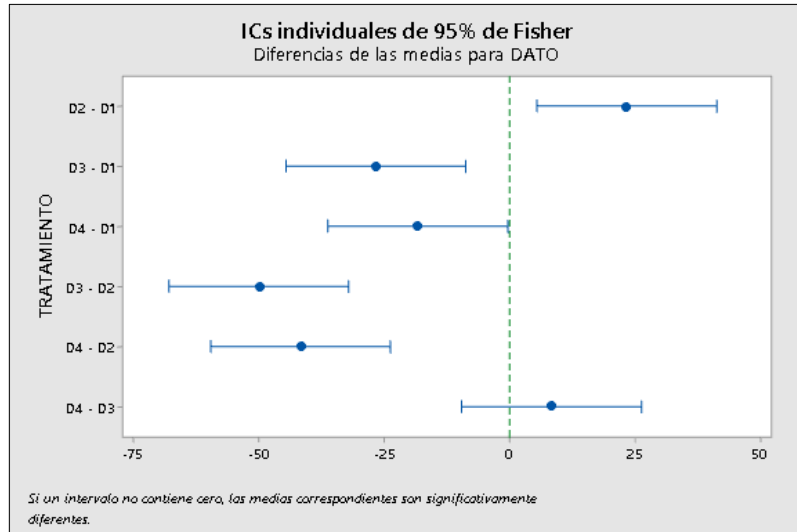


Ilustración 4-22: Análisis de enmiendas compactación

Realizado por: Galán, A., 2024.

Tabla 4-17: Tratamiento tres (Labranza)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
D2	6	240,000	A
D1	6	216,667	B
D4	6	198,333	C
D3	6	190,000	C

*Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza del 95%

*Las medidas que no comparten una letra son significativamente diferentes

Realizado por: Galán, A., 2024.

Con una significancia del 95% se concluye que el tratamiento tres (Labranza) es el tratamiento idóneo para disminuir la compactación de un suelo. Por otro lado, el tratamiento dos (Biol) es el menos idóneo para disminuir la compactación. Sin embargo, la bibliografía asegura que el Biol es un tratamiento efectivo en el cual los resultados se ven a largo plazo.

4.3. Desarrollar un manual de procedimiento para facilitar la transferencia de tecnologías a los propietarios de los predios del sistema de riego San Juan Zambrano

El manual de procedimientos que se visualizan en los anexos G-J. Explica de forma didáctica y concisa las distintas tecnologías que mejoren la producción agropecuaria de una zona, abordando temas como análisis del suelo, corrección de deficiencias en las variables ph y compactación, entre otros. La función del manual es especificar los pasos para la obtención de las variables, así como comparar los resultados de una fuente rápida y confiable para finalmente seguir recomendaciones a situaciones que se podrían encontrar en el suelo, con el fin de incrementar la productividad y la eficiencia del recurso edáfico. De esta forma el manual pretende ser una herramienta que transfiera información de prácticas que ayuden a optimizar las condiciones productivas del recurso edáfico ayudando a un productor a hacer más eficiente y sostenible su suelo ya sea para ganadería o agricultura.

- **Discusión**

La actividad ganadera y agrícola ha tenido un gran impacto sobre la degradación del suelo en el área de cobertura del sistema de riego de la zona ubicada en San Juan Zambrano en la provincia de Chimborazo, como se puede evidenciar en los resultados obtenidos de la caracterización del suelo, análisis de pH y compactación. Según estudios de Morocho y Chunchu (2019), recalcan que la compactación del suelo, en áreas de tránsito de ganado y maquinaria agrícola, han sido participes en una disminución de la porosidad y la infiltración de agua, influyendo negativamente la estructura del suelo y disponibilidad de nutrientes para las plantas. Además, la variabilidad en el pH del suelo, con valores que van desde ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos, muestran una degradación importante en la calidad del suelo, lo que limita la disponibilidad de nutrientes para las plantas, que llega a afectar la actividad biológica del suelo y de su entorno.

Cabe destacar que, en cuanto a la efectividad de las enmiendas, los resultados muestran que la aplicación de los diferentes tratamientos de enmiendas resalta que tuvo efectos en las variables de la restauración de las propiedades fisicoquímicas del suelo. Por ejemplo, con el tratamiento con cal agrícola se obtuvo cambios importantes, pues en un lapso de seis meses cambió el pH moderadamente alcalino de 5,89 a un pH casi neutro de 6.2 superando a otros dos tratamientos utilizados, de los cuales se comenta que no son prósperos para aumentar el pH, el cual ha demostrado ser eficiente en la elevación del pH del suelo hacia valores más neutros, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por otro lado, el tratamiento con sulfato de hierro

ha sido eficaz en la disminuir el pH en suelos moderadamente alcalinos, lo que puede desempeñar un papel importante en ayudar a corregir la alcalinidad del suelo, y mejorar la disponibilidad de ciertos nutrientes. Acotando a estos resultados cabe señalar que, en el cálculo de análisis estadístico de la mejor enmienda de pH, se detalla que existe una significancia del 95% que concluye que el tratamiento uno (cal agrícola) es el tratamiento perfecto para aumentar el pH de un suelo. Mientras que el tratamiento dos (sulfato de hierro) es el menos idóneo para aumentar el pH, aunque es el más adecuado para disminuir el pH de un suelo. Todos estos resultados sugieren que la elección de la enmienda adecuada depende del estado inicial del suelo y el objetivo de restauración deseado.

Por otro lado, el tratamiento compost no genero ningún tipo de resultado, aunque cabe destacar que la importancia de la materia orgánica mejora de las propiedades del suelo y cumple un papel importante. Esto coincide con el estudio realizado por Fresno (2017), explica sobre el uso de sulfato de hierro y compost para el restablecimiento de propiedades fisicoquímicas el cual genera efectos mejores en resultados, que el compost en cuanto a la alteración del pH de un suelo. Incluso, señala que el pH se neutralizo pasando de un 8,5 a 7, visualiza resultados menos eficaces y en menos tiempo con el sulfato de hierro. No obstante, el tratamiento con compost comenzó a recibir resultados favorables en el doble de tiempo que le tomo al sulfato de hierro, por lo que Fresno deduce que el efecto del tiempo afecta a en la eficacia de los resultados. Lo que ha demostrado que el compost al ser una enmienda efectiva a largo plazo, contribuyendo a la mejora de la estructura del suelo, retención de nutrientes y estimulación de la actividad biológica, y lleva a una mayor fertilidad y productividad del suelo. Sin embargo, el tratamiento con compost comenzó a recibir resultados favorables en el doble de tiempo que le tomo al sulfato de hierro, por lo que Fresno (2017) concluyo que el efecto del tiempo afecta a la efectividad de los resultados. Mientras que estudios de Gacitúa (2017) contradice que el uso de enmiendas orgánicas en un año genera cambios del pH en un suelo, y asevera que alrededor del séptimo mes empiezan a hacer efecto formando un pH neutro de un pH inicial alcalino. También aseguró que los cambios en el pH son por el efecto amortiguador de los abonos orgánicos, pues estos disminuyen la actividad iónica debido al efecto quelante de los elementos orgánicos. Los hallazgos que se obtuvieron resaltan la importancia de incorporar prácticas agrícolas sostenibles que promuevan la adición de materia orgánica al suelo, como la aplicación de compost o el uso de cultivos de cobertura, para mejorar la composición del suelo y garantizar la sostenibilidad agrícola a largo plazo.

En cuanto a la compactación del suelo, los resultados obtenidos indican que las enmiendas orgánicas, químicas y mecánicas tienen un papel fundamental en la mejorar las propiedades

fisicoquímicas del suelo, estos resultados coinciden con estudios realizados por parte de Delgado (2017) quien expresa que el abono orgánico es un producto que aporta con nutrientes de origen animal o vegetal, lo que ayudan a mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, y mejora sus propiedades fisicoquímicas. Además, asegura la composición del suelo siendo así las enmiendas orgánicas mejores que las químicas y las mecánicas. Delgado (2017) considera que las enmiendas químicas no se consideran como abono ni como enmienda útil ya que modifican las propiedades y características físicas, químicas, biológicas o mecánicas de un suelo por lo que asegura que las mejores enmiendas se deben a productos orgánicos que ayudan a recuperar el estado del suelo, y favorecen la restauración de la cobertura vegetal. No obstante, en los resultados obtenidos demostraron que las enmiendas químicas y mecánicas tienen capacidad suficiente para mejorar las capacidades químico-físicas del suelo, destacando en este estudio que las enmiendas mecánicas fueron las correctas para disminuir la compactación del suelo en poco tiempo, es decir, que en comparación de enmiendas orgánicas, químicas y mecánicas, las ideales son las mecánicas ya que fueron las más efectivas para reducir la compactación en un corto período de tiempo, mientras que las químicas y orgánicas también tuvieron un impacto positivo pero en menor medida. En resumen, los resultados obtenidos sugieren que las enmiendas mecánicas y químicas son más efectivas para mejorar las propiedades del suelo en términos de pH y compactación, mientras que las enmiendas orgánicas pueden tener beneficios a largo plazo. Esta información es útil sobre todo para tener conocimiento de cómo mejorar la calidad del suelo más sostenible, también es una sólida base científica para abordar la degradación del suelo en áreas afectadas por la actividad ganadera, y puede ser de gran utilidad para los agricultores, ganaderos y tomadores de decisiones en la implementación de prácticas de manejo del suelo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Tomando en cuenta el análisis realizado sobre el estado del suelo en el sistema de riego San Juan Zambrano según el gráfico de la categorización de la variable ph, definimos que existen limitaciones en el sistema de riego. Debido a que el 98% de los lotes predomina un ph moderadamente ácido con datos que van de 5,2 a 6,49, con esto se puede considerar un suelo con limitaciones de nutrientes para forrajes, por ende, un déficit de componentes en la alimentación pecuaria. Por lo que, debido a que la acides del suelo no es tan pronunciada una adecuada intervención correctiva podría mejorar significativamente la productividad agropecuaria. En cuanto a la compactación del suelo se reveló que el 80% de los lotes poseen una compactación alta siendo este el más frecuente de las tres clases encontradas. Esto que puede causar baja permeabilidad y en especial limitaciones de desarrollo radicular del forraje, por lo que al igual que el ph es relevante una intervención. En términos generales se establece que las condiciones fisicoquímicas actuales del suelo pueden sostener la producción agropecuaria, sin embargo, es necesaria una intervención para enmendarla.
- Los resultados analíticos previos revelan que para aumentar el ph de un suelo la opción más óptima fue el uso de cal agrícola, este componente logró aumentar significativamente el ph de un suelo llegando a un valor similar a la neutralidad. Por el contrario, el uso de sulfato de hierro obtuvo resultados favorables en suelos alcalinos ya que redujo el ph ágilmente. Si bien el uso de componentes orgánicos como el compost están considerados como opciones viables, en este estudio se demostró que su efecto es más lento y limitado por lo que no es una adecuada opción si se necesita regular el ph en corto tiempo. La compactación por otro lado, de acuerdo con los resultados obtenidos demostró que la práctica más eficiente fue la labranza ya que en una sola práctica demostró una mejoría significativa, llevado a disminuir cuantiosamente la compactación. Por otro lado, el tratamiento que obtuvo resultados deficientes resultó ser el Biol el cual evidenció un cambio nulo de la compactación en el tiempo establecido. Sin embargo, de igual manera que el compost su deficiencia en el tiempo de actuación lo hace menos recomendable que los componentes químicos. La implantación de las enmiendas químicas contribuyó al

restablecimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo, por lo que si se toma en cuenta las recomendaciones expuestas en la investigación se optimizaría la producción agropecuaria en la zona.

- El manual de transferencia de conocimientos representó una herramienta efectiva, la cual tuvo como finalidad recopilar procedimientos que sean fáciles de realizar y que optimicen la productividad con el propósito de crear sostenibilidad en la producción agropecuaria de la Junta de Riego San Juan Zambrano. Este contenido alcanzó aceptación en lugares de limitado acceso tecnológico o limitada asistencia técnica por lo que, los protocolos implementados en el manual no solo son de fácil acceso también posee información sobre la obtención de datos y recomendaciones de mejoras de suelo, permitiendo así optimizar la producción agropecuaria de la zona. La información detallada de las actividades posibilita a que los productores puedan aplicarlos personalmente, de esta manera el manual será una herramienta que contribuirá a la optimización de los sistemas agropecuarias impactando positivamente a la productividad de la junta de riego.

5.2. Recomendaciones

- Debido al estado actual del suelo se recomienda realizar análisis periódicos sobre las variables ph y compactación, con el fin de llevar una evaluación habitual de la salud del suelo para evitar cambios que puedan empeorar la productividad del recurso. Por otro lado, se recomienda incluir el estudio de otro tipo de variables que puedan determinar más a fondo la salud del suelo de la junta de riego y así evitar cambios en las propiedades Fisicoquímicas por otros motivos que no sean los ya estudiados.
- Se recomienda el uso de 2 toneladas de cal agrícola para suelos ácidos, esto se puede aplicar diluida en agua con la ayuda de una bomba de fumigación para mayor impacto en el suelo o a su vez al voleo. Para los suelos que tengan una acides moderada se recomienda aplicar 1 tonelada de cal agrícola, en este caso la aplicación al voleo se considera más eficiente. En ambos casos el fin es disminuir el ph y llevar a la neutralidad. En el caso de que un suelo presente un ph alcalino se recomienda aplicar 30 kg de sulfato de hierro al voleo repitiendo la acción por 4 días para neutralizar el ph, y en el caso del suelo que presenta un ph moderadamente alcalino se recomienda aplicar 20 kg al voleo de sulfato de hierro. Para la compactación si se encuentra con medidas moderadas se recomienda la aplicación de cocoly 2 o 3 kg al voleo o en cada 200 litros de agua 1 o 1.5 kg de compuesto de igual manera se debe ayudar de una bomba de fumigación. En medidas altas se sugiere aplicar la acción de arado con la ayuda de un azadón levantando el suelo con una profundidad de 10 cm, es importante que esta práctica se repita 1 vez cada tres meses. Finalmente, en el caso de valores muy altos se recomienda el uso de maquinaria a una profundidad de 50 cm con un tractor que posea una pala de arado con ruedas dobles de baja presión de inflado con esto se espera disminuir la compactación del suelo. En el caso de la compactación baja y el ph neutro no se debe aplicar ninguna enmienda es por eso no existe recomendaciones para estos niveles. Es importante aclarar que todas estas medidas son consideradas para una hectárea, por lo que si el terreno es menor se deberá hacer una conversión para una adecuada aplicación.
- Se sugiere la socialización del manual con una implementación demostrativa de los pasos descritos en el manual, para una mejor capacitación de los beneficios de esta herramienta. De esta manera se integrarán efectivamente los conocimientos del manual.

GLOSARIO

Acido polimérico: Se trata de un polímero sintético que posee alto peso molecular proveniente del ácido acrílico. (Guadalupe, et al,2018)

Anegamiento: Se conoce anegamiento a la acción de inundación en un terreno por diferentes causas. Entre ellas el aumento del nivel freático del suelo o por riego excesivo. También el anegamiento se conoce como el apelmazamiento del suelo causando que el oxígeno no llegue a las raíces, esto favorece a la salinización de un suelo. (Green facts, 2023)

Base radial: Es una función que genera una predicción con una o más variables basado en otros valores obtenidos. (IBM, 2023)

Colinado: Se conoce al tipo de relieve que está formado por lutitas y areniscas. Estas se forman como cuerpos alejados o alternantes. (Centro geo, 2024).

Dinamismo: Es un apalabra derivada del griego δόναμις este posee el significado a cuando se desea aludir o que alguien posee una fuerza para alcanzar un objetivo. (De conceptos, 2016)

Economía circular: Es un tipo de economía en la que la producción y el consumo siguen un circuito redondo en el cual el producto llega al final de su vida y es la materia prima para hacer otro producto. De este modo el producto nunca genera un residuo permanente.

Escarpado: que no posee ni bajada ni subida transitable por lo general la superficie es muy áspera y peligrosa. (ASALE & RAE 2023)

Estabulados: Se denomina a la práctica de ingresar y guardar ganado en establos, encontramos dos tipos de estabulaciones fija y libre. La estabulación fija es aquella que los animales se encuentran atados en sus plazas en todo momento. Por otro lado, la estabulación libre permite el movimiento arbitrario del animal. (Asale & RAE, 2023) (Eustat.eus.,2015)

Fitotoxicidad: Se utiliza para describir algún efecto toxico que se ha producido por algún elemento que contenga componentes químicos, que perjudiquen e intervengan en el desarrollo y la productividad de algún ser vivo. (Florez & Peñaranda, 2019)

Gránulos: Es un material que posee estructura igual, pero de tamaño diferente, se hace alusión al material edáfico y los diferentes elementos que pueden formar varios gránulos de diferentes tamaños. Se puede asegurar que este material se encuentra en el citoplasma de células.

Herbáceas: Las plantas herbáceas o mejor conocidas como Hierbas, estas plantas poseen una alta capacidad de crecimiento y germinación. (Acosta, 2019)

Inherente: Se denomina inherente a una personas o cosa que se encuentra unido a otra.

Interrelacionados: Se trata de una relación entre dos o más personas. (WordRefernece, 2023)

Jerarquización: Acción de instaurar la reparación de una estructura en un sistema que necesita poder, responsabilidad por parte de sus miembros. (Significado, 2015)

Lixiviado: Es una sustancia líquida creada por diversos líquidos residuales que por lo general son causados por basuras en vertederos. Su aspecto es turbio y de mal olor además de poseer varios colores dependiendo de su composición. (Telwesa 2022)

Neutralizar: Neutralizar la consecuencia de una causa debido a la afluencia de otra diferente u opuesta. También se puede definir cómo la disminución de la efectividad de algo que se piense sea peligrosa. (RAE y RAE 2020)

Repotenciación: La repotenciación se conoce al acto de actualizar o mejorar un equipo electrónico. (Siemens Gamesa, 2022)

Shapefile: es un archivo sencillo que no posee topografía, se utiliza para obtener información que contenga ubicaciones geográficas y a su vez crea atributos con características geográficas. Estos se pueden representar con líneas, puntos y polígonos los que generan áreas. (ESRI,2021)

Significancia: En estadística la significancia es una fiabilidad al momento de analizar unos resultados, esta acción determina si los datos recogidos son resultado de una predicción o si realmente existen dichos resultados. (Fernández, 2022)

Soberanía alimentaria: Se conoce soberanía alimentaria al derecho de las personas, naciones a definir una política alimentaria, priorizando producción de alimentos, derechos a los campesinos, derecho de protección a productos agrícolas y la participación de pueblos. (Pierrick 2003)

Supuesto: Un supuesto es un dato el cual se asume como verdadero, este necesita de varias pruebas para comprobar su validez. Estos supuestos son: normalidad, varianza, independencia, entre otros. (Ramos, 2020)

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACOSTA, Ma BELÉN.** Plantas herbáceas: características y ejemplos. *ecologiaverde.com* [en línea]. 2019. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/plantas-herbaceas-caracteristicas-y-ejemplos-1950.html>.
2. **Agroesa. COCOLY.** Desde 1996 cuidando y nutriendo tus cultivos. *Agroesa - Desde 1996 cuidando y nutriendo tus cultivos* [en línea], 2021. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://agroesa.com/soluciones/cocoly/>.
3. **Agronet.** la importancia de la cal en la agricultura: beneficios para el suelo y las plantas. *Agronet.gov.co* [en línea], 2019. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-importancia-de-la-cal-en-la-agricultura-beneficios-para-el-suelo-y-las-plantas.aspx#:~:text=%C2%B7%20Aplicar%20la%20cal%20en%20el,forma%20homog%C3%A9nea%20sobre%20el%20suelo..>
4. **AIMITUMA FRANCO, Katheryne Micol & LLANQUI TICONA, Sheyla Estefanny.** "Enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy) como biorrecuperación de suelo salino en la zona rural de Cachipampa en el Distrito de San Pablo–Cusco". 2022.
5. **ALAMILLA ROSALES, Juan Carlos, et al.** "EFECTO DE MEJORADORES FISICOS, QUIMICOS Y BIOLOGICOS SOBRE LA COMPACTACION DE SUELOS EN EL CULTIVO DE AGUACATE (Persea americana)". 2023.
6. **ALBERICH T, et al.** "Metodologías participativas manual, observatorio internacional de ciudadanía y medio ambiente sostenible". Calle san Conrado 4, 6°3-28011 Madrid, 2009
7. **AL-KAISY, Ahmed & HUDA, Kazi Tahsin.** "Empirical Bayes application on low-volume roads: Oregon case study". *Journal of safety research*, 2022, vol. 80, p. 226-234.
8. **ANDRADE, Julio Flórez.** "El manual de innovación y sus aplicaciones". ADIEC. Asoc. Docentes Investigadores & Emprendedores del Caribe, 2022.
9. **Archived Perspective Notice | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management!** *sswm.info* [en línea], [sin fecha]. Disponible en: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf.

10. **ARELLANO, Guillen & DARLEY, Antonio.** "*Productividad de las principales especies gramíneas forrajeras mejoradas del trópico ecuatoriano en condiciones de seco*". 2022. Tesis de Licenciatura. BABAHOYO: UTB, 2022.
11. **ASALE, R. & RAE.** Diccionario de la lengua española RAE - ASALE. «*Diccionario de la lengua española*» - Edición del Tricentenario [en línea]. 2023. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://dle.rae.es/estabular>.
12. **ASALE, R. y RAE.** Diccionario de la lengua española RAE - ASALE. «*Diccionario de la lengua española*» - Edición del Tricentenario [en línea]. 2023. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://dle.rae.es/escarpado>.
13. **BBVA.** ¿Qué es el compost y cuáles son sus fases? El poder del suelo vivo. *BBVA NOTICIAS* [en línea]. 2023. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-compost-y-cuales-son-sus-fases-el-poder-del-suelo-vivo/>.
14. **BERRÍO BARRERA, María Fernanda & MONTENEGRO GONZALES, Nicolas.** "*Evaluación de servicios ecosistémicos y su incidencia en el valor del suelo en la cuenca del río coello, Tolima*". 2022 Tesis de Licenciatura.
15. **BILBAO, Sebastián E., et al.** "*Respuesta del sorgo granífero a la fertilización con nitrógeno, fosforo, azufre y zinc*". Horizonte Digital, 2023.
16. **BORRÁS, Víctor.** "Desigualdad espacial y pobreza en Montevideo y el Área Metropolitana: una aproximación desde el análisis de datos espaciales". *Posición. Revista del Instituto de Investigaciones Geográficas*, 2022, no 7.
17. **Cahema.** Rastrillo Aireador manual combisystem 7cm 8924-20 Gardena. [en línea], 2023. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://cahema.pe/multifuncional-manual/13880-rastrillo-aireador-manual-combisystem-7cm-8924-20-gardena.html>.
18. **CASTAÑEDA, Jose Luis Ramírez.** "Metodología para el desarrollo de modelos geotécnicos en 3D mediante el Kriging ordinario". *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 2023, vol. 26, no 51, p. e24970-e24970.
19. **CASTAÑO ROBAYO, María Haidy, et al.** "Predicción de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en cultivos de aguacate empleando modelos Machine Learning". 2022.

20. **CEDEÑO-ZAMBRANO, José Randy, et al.** "Fertilización con magnesio en plátano 'Barraganete' (Musa AAB) Ecuador". *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 2022, vol. 35, no 1, p. 8-19.

21. **CENTROGEO.** Relieve Colinado Estructural-Erosional. Centrogeo.org.mx [en línea], 2024. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: http://mapas.centrogeo.org.mx/ciberatlas/lacandona/mosaico/geoformas/geofor_3.htm.

22. **CHITALOGRO YANEZ, Viviana Anabel, ANDRADE OROZCO, Ana Patricia & LLAMATUNBI PAILACHO, Evelyn Thalia.** "APLICACIÓN DEL MODELO USLE PARA ESTIMAR CUANTITATIVAMENTE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA" (trabajo de titulación) (ingeniería). UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL. Riobamba Ecuador. 2021

23. **COLCHA IPIALES, Michael Rosendo.** "Medidor de PH del suelo para el cultivo de rosas". 2022. Tesis de Licenciatura.

24. **COMINO ROMERO, Francisco.** "OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PARA LA MEJORA DEL COMPOST DE ALPERUJO". 2023.

25. **De conceptos.** Concepto de dinamismo - Definición en DeConceptos.com. Deconceptos.com [en línea], 2016. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://deconceptos.com/general/dinamismo>.

26. **DE LA CRUZ, A.** "Manejo y toma de las muestras del campo". Issuu [en línea], 2023. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: https://issuu.com/angelito__53/docs/maelo_y_de_la_cruz.

27. **DÍAZ-POVEDA, Vanessa Catalina & SADEGHIAN, Siavosh.** Eficiencia de enmiendas utilizadas como correctivos de la acidez del suelo en el cultivo del café en Colombia. *Revista Cenicafé*, 2022, vol. 73, no 1, p. e73103-e73103.

28. **DOMÍNGUEZ LÓPEZ, Luis Alberto & SOLSOL CACHIQUÉ, María Elena.** "Impacto ambiental por la actividad ganadera sobre la calidad del suelo, 2022". Revisión sistemática. 2022.

29. **ECHEVERRÍA, K.** Uso de sulfato de hierro en agricultura - TSI Group - Tecnosoluciones Integrales. *TSI Group - Tecnosoluciones Integrales* [en línea]. 2020.

[consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://tecnosolucionescr.net/blog/254-uso-de-sulfato-de-hierro-en-agricultura>.

30. **EL COMERCIO**. "La mitad de las tierras en Ecuador muestran signos de degradación". El Comercio [en línea], 2021. [consulta: 25 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/degradacion-suelo-planetaeideas-ecuador-desertificacion.html>.

31. **ESRI**. ¿Qué es un shapefile? —ArcMap | Documentación. Arcgis.com [en línea], 2021. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>.

32. **ESRI**. Análisis de superposición—ArcMap | Documentación. Arcgis.com [en línea], 2021. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/analyze/commonly-used-tools/overlay-analysis.htm>.

33. **ESRI**. Comprender el análisis de interpolación. ArcGIS Pro-3.2. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/understanding-interpolation-analysis.htm> s. f

34. **ESRI**. Comprender el análisis de superposición. ArcGIS pro-3.2. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/understanding-overlay-analysis.htm#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20superposici%C3%B3n%20incluye,para%20generar%20un%20an%C3%A1lisis%20integrado.> s.f

35. **ESRI**. Comprender el análisis de superposición—ArcGIS Pro | Documentación. Arcgis.com [en línea], 2024. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/understanding-overlay-analysis.htm#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20superposici%C3%B3n%20incluye,para%20generar%20un%20an%C3%A1lisis%20integrado.%20s.f>.

36. **ESRI**. Métodos determinísticos de interpolación espacial. ArcGIS pro-3.2. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/geostatistical-analyst/deterministic-methods-for-spatial-interpolation.htm>.f. s.f

37. **ESRI**. ¿Qué es el Álgebra de mapas? —ArcMap | Documentación. *Arcgis.com* [en línea], 2021. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/spatial-analyst/map-algebra/what-is-map-algebra.htm>.

38. **Eustat.eus**. Definición Estabulación. [en línea], 2015. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: https://www.eustat.eus/documentos/opt_1/tema_260/elem_6331/definicion.html.

39. **ESTRADA-ARELLANO, Erik, et al.** "Fertilización orgánica para mejorar calidad nutraceutica de híbridos de tomate y su efecto en las propiedades químicas del suelo". *Terra Latinoamericana*, 2022, vol. 40.

40. **FERMAGRI**. "Sulfato de hierro". *Fermagri.com* [en línea], 2022. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <http://www.fermagri.com/sulfato-de-hierro.html>.

41. **FERNANDEZ, Carlos**. Qué es la significancia estadística y cómo interpretarla en nuestros experimentos de media | Blog | Merkle. Merkle [en línea], 2022. [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.merkle.com/es/es/blog/significancia-estadistica-experimentos-media>.

42. **FIGUEREDO, Nilsa Florentin, et al.** "Efectos de dosis creciente de fertilizante mineral con diferentes distancias de siembra en el cultivo desoja (*Glycine max L.*)". *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2022, vol. 6, no 6, p. 8336-8353.

43. **FLOREZ, ALVARO & PEÑARANDA, MARIA**. FITOTOXICIDAD: Más que un culpable, una mirada a los múltiples factores en interacción. Metroflor [en línea], 2019. [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.metroflorcolombia.com/fitotoxicidad-mas-que-un-culpable-una-mirada-a-los-multiples-factores-en-interaccion/>.

44. **GARZÓN ALCÍVAR, José Alejandro**. "Elementos que influyen en el desarrollo de la actividad ganadera tropical en el Ecuador". 2022. Tesis de Licenciatura. BABAHOYO: UTB, 2022.

45. **GARZÓN RUÍZ, Yulieth Tatiana & RICO ALARCÓN, Ana Lorena.** "Importancia del correcto manejo y establecimiento de praderas destinadas a ganadería de leche en clima frío". 2022.
46. **GAYOSSO-RODRÍGUEZ, Salomé, et al.** "Enmiendas orgánicas en el crecimiento de Stevia rebaudiana en Tabasco". *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2023, vol. 14, no 3, p. 425-435.
47. **GIANNINI, Ana P.** "Utilización de enmiendas orgánicas en reemplazo de la fertilización mineral". *Experiencias Agroecológicas del Territorio*, 2023, p. 15.
48. **GIL Luis.** Compost ¿qué es y cómo se obtiene? - Embutidos Luis Gil. *Embutidos Luis Gil* [en línea]. 2018. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.embutidosluisgil.com/blog/2018/07/compost-se-obtiene/>.
49. **GÓMEZ-CALDERÓN, N., VILLAGRA-MENDOZA, K. y SOLÓRZANO-QUINTANA, M.** "La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria)". 2018. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], vol. 31, no. 1, DOI <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-167.pdf>.
50. **GONZALES, Javier.** "Manual de transferencia de tecnología y conocimiento". The transfer institute. ISBN 978-84-613-5009-4. 2009.
51. **GONZÁLEZ JUÁREZ, Itzamna & RODRÍGUEZ LEÓN, Yuriri.** "Análisis de métodos determinístico y probabilístico en el cálculo del volumen de hidrocarburos de un campo a desarrollar". *Ingeniería petrolera*, 2022, vol. 62, no 3, p. 128-140.
52. **GOYZUETA ALPACA, Adrian Danilo & JIMENEZ DIAZ, Delia Liliana.** Análisis espacial de índices de calidad de agua y su influencia en áreas agrícolas en la cuenca media y baja Camaná 2017-2021. 2022.
53. **Greenfacts.** Anegamiento. Greenfacts.org [en línea], 2023. [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/anegamiento.htm#:~:text=Definici%C3%B3n%3A,y%20contribuye%20a%20la%20salinizaci%C3%B3n..>
54. **GUADALUPE, M., TIQUE, S., ALONSO, V. y BARRIOS, E.** Compositos poliméricos de Poli (ácido acrílico) con hidróxido férrico para el tratamiento de efluentes contaminados con arsénico Tesis que presenta Maestra en Nanociencias y Materiales. [en línea]. 2018 S.l.: [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en:

<https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/2050/1/TMIPICYTS2C62018.pdf>.

55. **HERNANDEZ HERNANDEZ, Alex Javier**. "Niveles de cal en el tratamiento terciario de aguas residuales domésticas para uso agrícola Subtanjalla Ica 2021". 2022.

56. **HUAMANI SIFUENTES, Christian Roberto**. "Reducción de la salinidad en suelos de uso recreativo mediante BIOL casero frutado en el parque N.º 2 de la Urb. Jardines de Shangrila, Puente Piedra, 2021". 2022.

57. **IBARRA ZAPATA, Enrique, et al.** Mapeo de una posible amenaza para el sector agrícola mexicano: avispon gigante asiático *Vespa mandarinia* (Smith 1852) (Hymenoptera: Vespidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 2022, vol. 81, no 1, p. 1-18.

58. IBM. *Ibm.com* [en línea], 2023. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=networks-radial-basis-function>.

59. **INTAGRI S.C.** Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo | Intagri S.C. *Intagri.com* [en línea], 2014. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientes-y-el-ph-del-suelo#:~:text=El%20rango%20de%20pH%20del,va%20de%205.5%20a%207.0...>

60. **JACTO**. Tipos de labranza para operaciones agrícolas. *Blog / Tecnología para la Agricultura* [en línea], 2023. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://bloglatam.jacto.com/tipos-de-labranza/>.

61. **Jatun Sacha HAGAMOS NUESTRO BIOL (FERTILIZANTE ORGANICO)**. [en línea]. sf. [sin fecha]. S.l.: Disponible en: https://www.unodc.org/documents/bolivia/DI_Hagamos_nuestro_biol.pdf.

62. **LA PACA**. Penetrómetros - LAPACA. *Lapacacr.com* [en línea]. 2024. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <http://www.lapacacr.com/productos/suelo/penetrometros#:~:text=Penetr%C3%B3metro%20manual,previamente%20una%20barrena%20tipo%20Edelman...>

63. **LI, Xiaoke, et al.** "Limit state Kriging modeling for reliability-based design optimization through classification uncertainty quantification". *Reliability Engineering & System Safety*, 2022, vol. 224, p. 108539.

64. **LLAMUSUNTA GUASGUA, Shirley Edith**. "Evaluación del cultivo de Arveja chaucha (*pisium sativum*) previa a la incorporación de abono verde de Avena (*avena sativa*) con tres enmiendas químicas en terrazas de banco en el sector Salache, parroquia Eloy

Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2021-2022". 2022. Tesis de Licenciatura. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).

65. **LUCIO PILCO Jennifer Tathiana.** "*Caracterización social del páramo de las comunidades: Chinigua y Casa Cóndor de la parroquia San Juan, cantón Riobamba, período 2008-2018 según el uso del espacio geográfico*". 2023. Tesis de Licenciatura. Riobamba.

66. **MAGAP.** "*Estudio de cadenas pecuarias de Ecuador*" Ecuador. Dirección de estudio del sector agropecuario. 2013

67. **MAGAP.** En Chimborazo: Unidades de Asistencia Técnica Rural del MAGAP atienden a productores, durante las 24 horas – Ministerio de Agricultura y Ganadería. *Agricultura.gob.ec* [en línea], 2019. [consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/en-chimborazo-unidades-de-asistencia-tecnica-rural-del-magap-atienden-a-productores-durante-las-24-horas/>.

68. **MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Bruno Alberto; TAULLARD SILVA, Federico & VARGAS CASTIÑEIRAS, Joaquín.** "Efecto del sistema de cultivo sobre propiedades físicas del suelo y su relación con el rendimiento de maíz y soja". 2022.

69. **MELO, Arturo & MORA, Brayan.** "La geoestadística: la estadística aplicada a las ciencias de la tierra2. *Sigma*, 2022, vol. 18, no 1, p. 15-22.

70. **MOROCHO, Carlos Chunchu; CHUNCHO, Guillermo.** "Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión". *Bosques Latitud Cero*, 2019, vol. 9, no 2, p. 71-83.

71. **MUÑOZ ULECIA, Enrique, et al.** "Ganadería extensiva y sostenibilidad". 2022.

72. **Parlamento Europeo.** ECONOMÍA CIRCULAR: DEFINICIÓN, IMPORTANCIA Y BENEFICIOS | TEMAS | PARLAMENTO EUROPEO, 2023. Economía circular: definición, importancia y beneficios | Temas | Parlamento Europeo. *Temas / Parlamento Europeo* [en línea]. 2023. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>.

73. **PDOT San Juan,** "ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO RURAL DE 2019-2023",

2019

LA PARROQUIA SAN JUAN

74. **PIERRICK**. La Vía Campesina convoca a una Semana de Movilización contra la OMC. *Via Campesina Español* [en línea]. 2003. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://viacampesina.org/es/quignifica-soberanalimentaria/>.

75. **QUISPE-MARTÍNEZ, Dante Euclides; BLANCO-GALLEGOS, Boris & HUANCA-AROHUANCA, Jesús William**. "Trashumancia en los Andes del Altiplano: Un estudio de caso en la comunidad Aimara de Sisipa, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*", 2023, vol. 25, no 3, p. 148-158.

76. **RAE y RAE**, 2024. Diccionario panhispánico de dudas RAE - ASALE. «Diccionario panhispánico de dudas» [en línea]. [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.rae.es/dpd/inherente>.

77. **RAE y RAE**. Diccionario de la lengua española (2001) RAE - ASALE. «Diccionario esencial de la lengua española» [en línea]. 2020. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.rae.es/drae2001/neutralizar>.

78. **RAMOS, marisela**. SUPUESTOS ESTADÍSTICOS EN LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES. *prezi.com* [en línea], 2020. [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en: <https://prezi.com/p/ii7m9bmevwdo/supuestos-estadisticos-en-las-pruebas-experimentales/#:~:text=Son%20los%20resultados%20observados%20de%20unos%20experimentos%20que%20son%20independientes..>

79. **ROBLES, Erik Orlando Luna; SILVA, Israel Cantú; PULIDO, Silvia Janeth Bejar**. "Efectos del cambio climático en la gestión sostenible del recurso suelo". *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 2022, vol. 16, no 3, p. e1097-e1097.

80. **ROSALES TARAZONA, Michael Claudio**. "Modelo de estimación de la conductividad hidráulica saturada in situ en función de las propiedades físicas del suelo en la localidad de Marian–2021". 2022.

81. **RUGEL, Marco Antonio Jaramillo & HERRERA, Darwin Gabriel García**. "Percepción de las Metodologías Participativas y Evaluación Formativa en las Clases de Educación Física". *Polo del Conocimiento*, 2022, vol. 7, no 9, p. 901-931.

82. **SERNA MONTENEGRO, Gisel Sthepfany, et al.** "Propuesta pedagógica para minimizar la degradación de suelos por fertilizantes químicos en la vereda". La Fortuna. 2022.

83. **Siemens Gamesa**. La repotenciación como alternativa para evitar las emisiones de toneladas de CO2. *Siemensgamesa.com* [en línea], 2020. [consulta: 28 febrero 2024].

Disponible en: <https://www.siemensgamesa.com/es-es/descubrir/innovaciones/2020/04/siemens-gamesa-repowering#:~:text=En%20t%C3%A9rminos%20sencillos%2C%20repotenciar%20es,la%20producci%C3%B3n%20anual%20de%20energ%C3%ADa..>

84. **Significado.** Definición de Jerarquización. Significado.com [en línea], 2015. [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en: <https://significado.com/jerarquizacion/>.

85. **SOTO, Luis Delmis Pérez; RODRÍGUEZ, Yosvel Enrique Olivet & FAJARDO, Mailín Capote.** "Variabilidad espacial de la compactación del suelo". (Original). *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 2023, vol. 7, no 4, p. 493-510.

86. **TAIPE, María Verónica, et al.** "Realidades de la ganadería bovina en la provincia de Manabí. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*", 2022, vol. 6, no 4, p. 311-338.

87. **TELWESA.** ¿Qué es un lixiviado? - Telwesa. Telwesa [en línea]. 2022. [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en: <https://telwesa.com/que-es-un-lixiviado/>.

88. **TOBAR, Dennys Andrés Bolaños; PALMA, Pamela Carolina Guerrero & VALLEJOS, Jaime Alejandro Iturralde.** *ÁLGEBRA DE MAPAS PARA DETERMINAR LAS ZONAS CON POTENCIAL TURÍSTICO DEL CANTÓN TULCÁN-ECUADOR. ÍNDICE GENERAL*, 2022.

89. **Universidad de Navarra.** Granulo. <https://www.cun.es> [en línea], 2024. [consulta: 29 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/granulo>.

90. **VASYL CHERLINKA.** Labranza De Conservación Para Proteger El Suelo. *EOS Data Analytics* [en línea]. 2022. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://eos.com/es/blog/labranza-de-conservacion/>.

91. **VEGA BLANCAS, Vicente de Jesús, et al.** "Análisis de la fertilidad del suelo mediante la validación e interpolación Kriging de sus variables". *Terra Latinoamericana*, 2022, vol. 40.

92. **WordReference.com.** interrelacionado - Definición - *Wordreference.com* [en línea], 2024. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.wordreference.com/definicion/interrelacionado>.



ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS POR PROPIETARIO

FID	Compactación	pH
1	180	5,61
2	260	5,42
3	180	5,75
4	200	5,8
5	240	5,66
6	260	5,72
8	240	5,79
9	180	5,75
10	340	5,73
11	420	5,58
12	260	5,75
13	220	5,82
14	480	5,87
15	180	5,86
16	260	5,74
17	240	5,62
19	520	5,66
20	420	6,04
21	420	5,76
22	300	5,74
23	420	5,67
24	440	5,32
31	220	5,91
32	180	5,83
39	240	5,83
40	240	5,76
41	160	6,1
42	200	5,9
43	400	6,77
47	230	5,79
48	340	5,6
49	500	5,91
50	240	6
51	290	5,62
52	240	5,56
53	140	5,95
54	220	6,13
55	260	6,7

FID	Compactación	pH
56	280	5,9
57	499	5,66
59	280	5,48
60	220	5,54
62	410	6
63	380	6,01
65	290	5,76
66	320	5,81
67	260	5,78
68	260	5,67
70	320	5,66
71	340	5,65
72	250	5,5
73	340	5,55
74	340	5,92
75	580	5,72
76	320	5,57
79	260	5,57
80	240	5,58
81	190	5,91
83	320	6,17
84	180	7,16
85	300	5,81
86	480	5,8
87	300	5,56
89	250	6,14
90	240	7,02
91	180	6
92	370	5,55
93	280	5,61
94	260	5,7
95	270	5,64
97	240	5,97
98	180	5,62
99	300	5,77
100	290	5,75
101	320	5,53
102	680	5,51
103	660	5,63
105	200	6,74
106	210	7,54

FID	Compactación	pH
107	310	5,81
108	340	5,56
113	340	6,2
116	270	5,51
117	310	5,84
118	360	5,86
119	200	5,51
122	300	5,73
123	400	5,74
124	200	5,59
125	260	5,36
126	280	5,86
127	220	5,59
128	200	7,23
129	330	5,67
130	270	7,98
131	300	5,59
132	250	5,2
134	200	5,61
136	210	5,67
137	730	5,2
138	340	5,82
139	230	5,7
140	190	5,7
141	160	5,64
143	280	5,73
144	320	6,77
145	410	5,5
146	150	5,63
147	150	5,7
148	380	5,59
149	260	5,54
150	290	5,7
151	240	5,75
152	260	5,87
154	230	5,57
155	210	6,23
156	580	5,27
157	500	5,65
160	390	6,96
161	220	5,64

FID	Compactación	pH
162	270	7,12
163	300	5,39
168	500	5,53
169	260	5,48
170	280	5,63
173	510	5,61
174	500	5,56
175	330	5,63
176	270	5,32
177	440	7,88
178	300	5,7
179	600	6,38
180	360	5,48
181	460	5,75
182	390	5,6
183	360	5,61
184	320	5,6
185	500	6,02
186	220	5,69
187	200	5,9
188	260	6,12
189	220	6,25
191	170	5,45
192	220	7,29
193	280	6,82
194	300	6,78
195	560	7,3
196	410	6,93
197	440	5,55
198	280	5,79
200	310	7,48
201	430	5,7
202	370	6,95
203	320	7,57
204	520	5,68
205	500	5,84
206	220	6,7
207	240	5,67
208	330	5,75
209	200	6,75
210	190	5,94

FID	Compactación	pH
211	250	5,86
212	460	6,54
214	460	6,21
215	600	5,85
216	480	6,14
217	330	5,82
218	240	7,34
222	300	6,06
223	260	7,65
224	240	6,68
225	200	5,92
226	400	5,8
227	220	5,82
228	480	5,81
229	250	7,03
230	190	8
231	390	5,87
234	240	5,34
235	220	6
236	300	5,81
237	250	6,28
238	630	6,83
240	240	7
241	300	5,72
244	270	5,88
245	300	5,66
246	300	7,28
249	330	6,82
251	390	6,41
252	320	5,82
253	240	5,86
254	420	5,87
255	500	6,44
256	520	5,58
257	230	7,37
258	460	6,21
259	700	6
260	390	6,05
261	240	5,93
262	240	5,81
263	360	5,58

FID	Compactación	pH
264	240	5,85
265	710	5,6
267	310	6,49
268	360	5,73
275	330	7,62
276	500	7,96

ANEXO B: MEDICIÓN DEL PH DEL SUELO



ANEXO C: MEDICIÓN DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO



ANEXO D: SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO



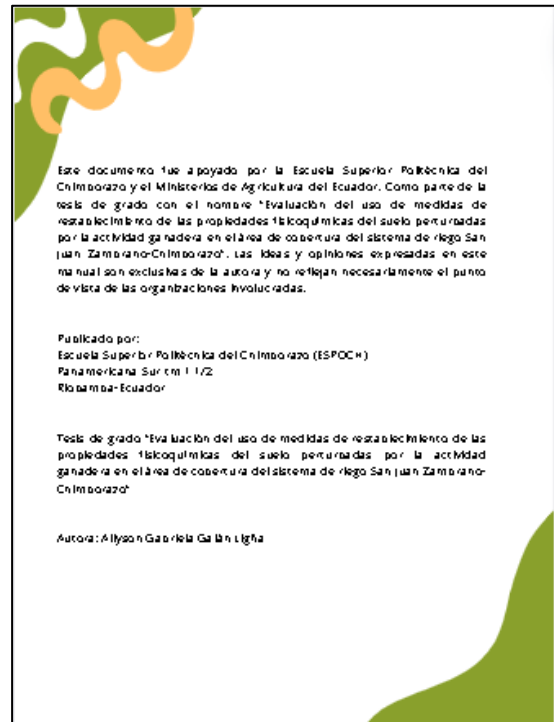
ANEXO E: IMPLEMENTACIÓN DE ENMIENDAS



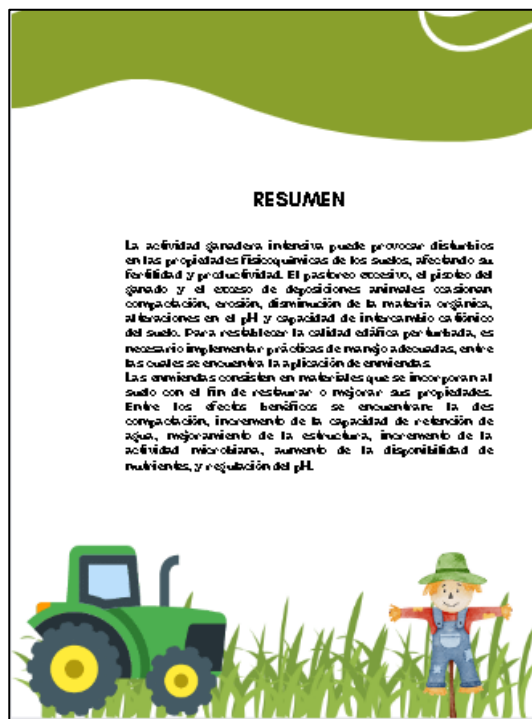
ANEXO F: CUADRICULAS DE TRATAMIENTOS



ANEXO G: MANUAL PÁGS. 1-2



ANEXO H: MANUAL PÁGS. 3-4



ANEXO I: MANUAL PÁGS. 5-6

PASO 1: MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA

Durante la primera fase se debe realizar tomas de muestras las cuales servirán para establecer el nivel de fertilidad. Es importante que los datos obtenidos se basen en la población agrícola.

Estas muestras van a depender de la profundidad del suelo. Por lo que a medida que se aumenta la profundidad se debe ir realizando la elección más adecuada para recolectar las muestras.

Recorrido en cuadrícula:

Este método se hace dividiendo el terreno en cuadrículas iguales y recolectar una muestra en cada una.

Explicación: Ir al terreno en cuadrículas iguales y en el centro de cada una recoger una muestra.

Recorrido en zigzag:

Este método se hace recorriendo en líneas cruzadas.

Explicación: Ir al terreno en líneas cruzadas y recoger una muestra en cada una de las líneas.

Recorrido en X:

Este método se hace recorriendo en forma de X.

Explicación: En el terreno, dividir en una X, recoger una muestra en cada una de las líneas y en el centro de cada una de ellas.

PASO 2: CON LOS DATOS OBTENIDOS COMPARAR EN LA SIGUIENTE TABLA LA CLASE DE PH Y COMPACTACIÓN DEPENDIENDO DEL RANGO DE PH Y COMPACTACIÓN

PH

Clase	pH
Ácido	Menor a 5
Moderadamente ácido	5 a 6,5
Neutro	6,5 a 7,5
Moderadamente alcalino	7,5 a 9
Alcalino	Mayor a 9

COMPACTACIÓN

Clase	Rango de compactación por el número de golpes	Clase	Rango de compactación por el número de golpes
Bajo	Menor a 100	Bajo	Menor a 2
Moderado	100 a 200	Moderado	3 a 10
Alto	200 a 400	Alto	11 a 21
Muy alto	Mayor a 400	Muy alto	Mayor a 22

ANEXO J: MANUAL PÁGS. 7-8

PASO 3: LEER LAS RECOMENDACIONES Y COMPARAR LOS RESULTADOS NECESARIOS SEGÚN SE NECESITE:

COMPACTACIÓN

BAJO	no se debe efectuar ninguna medida.
MODERADO	Se recomienda aplicar el sulfato de calcio de 2 a 3 kg por hectárea o de cada 200 litros de agua 1 o 1,5 kg dependiendo del rango de compactación.
ALTO	Se sugiere el método de la planta con un azudón, se recomienda levantar el suelo con una profundidad de 10 cm repitiendo 1 vez cada tres meses. O a su vez si posee un equipo manual se recomienda realizar la reducción de 1 equipo cada 5 cm una vez por cada tres meses.
MUY ALTO	Se sugiere utilizar maquinaria en una profundidad de 50 cm con un equipo de ruedas dobles de baja presión de inflado.

pH

ÁCIDO	Se recomienda aplicar el sulfato de calcio para sustrato si el grado de pH es preferible usar el agrícola diluido para mayor penetración.
ÁCIDO MODERADO	Se recomienda aplicar el cal viva de la misma manera y recomendada por hectárea para aumentar el grado de pH.
NEUTRO	No se debe efectuar ninguna medida.
ALCALINO MODERADO	Se recomienda aplicar de 20 a 30 kg de sulfato de calcio por hectárea o por cada 100 litros de agua 2 o 3 kg del sulfato.
ALCALINO	Se recomienda aplicar 30 kg de sulfato de calcio por hectárea y repetir el proceso durante 4 días.





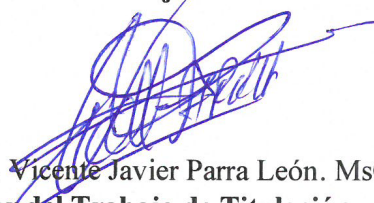


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 08/05/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Allyson Gabriela Galán Ligña
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Recursos Naturales Renovables
Título a optar: Ingeniera en Recursos Naturales Renovables


Ing. Jorge Daniel Córdova Lliquin. MSc
Director del Trabajo de Titulación


Ing. Agr. Vicente Javier Parra León. MSc
Asesor del Trabajo de Titulación
