



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

# **Evaluación del efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Arnold Anselmo Alarcón Muñoz

<https://orcid.org/0000-0002-6769-0021>

**Asesor:**

Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

<https://orcid.org/0000-0003-2213-1856>

**Código N° 6059322**

**Moyobamba, Perú**

**2023**



**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

**Evaluación del efecto de cuatro dosis de  
enmiendas para mejorar las propiedades  
físicoquímicas de los suelos del Alto  
Mayo distrito de Soritor 2022**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental


Presentado por

Arnold Anselmo Alarcón Muñoz

Sustentado y aprobado el 24 de noviembre del 2023, ante el honorable jurado:

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente de Jurado**  
Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta.

  
\_\_\_\_\_  
**Secretario de Jurado**  
Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala  
Diaz

  
\_\_\_\_\_  
**Vocal de Jurado**  
Ing. M.Sc. Alex Córdova Vásquez.

  
\_\_\_\_\_  
**ASESOR**  
Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

Moyobamba, Perú

2023



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS  
CONDUCTENTES A TÍTULO PROFESIONAL N.º 022-2023-UNSM/EPIA/UI**

**Jurado reconocido con Resolución N.º 013-2022-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 01 de febrero del 2022.**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

A las 11:00 horas del día viernes 24 de noviembre del 2023, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **“Evaluación del efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022”**, para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por **Arnold Anselmo Alarcón Muñoz**, con la asesoría del **Lic. Dr. Fabian Centurión Tapia**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el **Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz** (Secretario **Ing. M.Sc. Alex Córdova Vásquez** (Vocal) y acompañado por el **Lic. Dr. Fabian Centurión Tapia** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 170-2022-UNSM/CFT/FE, de fecha 27 de mayo del 2022**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue...*Quince*.....(15), tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGÍA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es QUINCE y correspondiente a la calificación de BUENO. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N.º 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las ..... horas, el mismo día 24 de noviembre del 2023.

Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta  
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Diaz  
Secretario de Jurado

Ing. M.Sc. Alex Córdova Vásquez  
Vocal del Jurado

Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia  
Asesor

Arnold Anselmo Alarcón Muñoz  
Autor

## Declaratoria de Autenticidad

Yo, **Arnold Anselmo Alarcón Muñoz** Campos, identificado con DNI N° **70794609**, egresado de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín, con la tesis titulada "**Evaluación del efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022**", declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigativa.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normativa vigente de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 24 de noviembre de 2023



---

**Arnold Anselmo Alarcón Muñoz**  
DNI N° 70794609

## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto:</b> Evaluación del efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Ciencia y Tecnología Ambiental.  <b>Línea de investigación:</b> Gestión de la Biodiversidad.  <b>Sublínea de investigación:</b> Biorremediación (Fitorremediación, lombricultura y microorganismos eficientes, etc.).  <b>Grupo de investigación:</b> Gestión de la biodiversidad, Resolución N° 032-2024-UNSM/CF/FE, Moyobamba 01 de febrero del 2024.  <b>Tipo de investigación:</b>          Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autor:</b> Arnold Anselmo Alarcón Muñoz</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental <a href="https://orcid.org/0000-0002-6769-0021">https://orcid.org/0000-0002-6769-0021</a></p>
<p><b>Asesor:</b> Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental <a href="https://orcid.org/0000-0003-2213-1856">https://orcid.org/0000-0003-2213-1856</a></p>

## **Dedicatoria**

Para las personas más importantes en mi vida, mis padres Lorenzo y Haydee, mis hermanos Geiner y Lyana, por ese gran apoyo e impulso incondicional que me brindan a diario y por hacer de mí, una gran persona.

A mi mentor y gran amigo, Ing. Wheeler José Cruz Chavarry, por guiarme y mostrarme el tan anhelado mundo de la investigación.

A Estelita, por estar siempre pendiente de mi formación académica y ese enorme apoyo moral.

A mis grandes amigos de la Facultad de Ecología, Arnold Maldonado y José Gichin Fernández por la gran amistad y consideración a mi persona.

A mi Alma Mater, mi querida Facultad de Ecología - Moyobamba, en especial a mis amigos compañeros que logre conocer, incitándoles a cumplir sus sueños y que sigamos contribuyendo al crecimiento de nuestra facultad.

## Agradecimientos

A dios por su amor infinito y porque el esfuerzo y la dedicación son para él. También por darme esa oportunidad de conocer gente tan importante que me ayudaron en mi formación profesional.

A mis padres Lorenzo Alarcón y Haydee Muñoz, por el inmenso apoyo incondicional de esta etapa de mi vida para poder llegar a ser profesional.

A mi hermano Geiner Keld Alarcón, por el apoyo desmedido en toda mi vida.

A mi gran mentor y amigo, Ing. Wheeler José Cruz Chavarry, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

A Estelita Rodríguez, una persona muy especial para mí, por darse el tiempo de compartir conmigo esa bella etapa de mi vida.

A la Universidad Nacional de San Martín, mediante su Instituto de Investigación y Desarrollo por el financiamiento al proyecto de investigación.

A mi asesor de la UNSM – Fecol, Lic. Dr. Fabian Centurión Tapia, por el apoyo en todo proceso de la ejecución del proyecto.

## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. Antecedentes de la investigación .....	18
2.2. Fundamentos teóricos .....	22
2.3. Definición de términos básicos .....	26
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	28
3.1.1 Contexto de la investigación.....	28
3.1.2 Periodo de ejecución .....	29
3.1.3 Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	29
3.1.4 Aplicación de principios éticos internacionales.....	29
3.2. Sistema de variables .....	29
3.2.1 Variables principales .....	29
3.3 Procedimientos de la investigación.....	30
3.3.1 Actividades preliminares .....	30
3.3.2 Evaluación las propiedades fisicoquímicas iniciales que poseen los suelos del Alto Mayo.....	32
3.3.3 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos de la investigación al largo del experimento. ....	34
3.3.4.Determinar el tratamiento óptimo (enmiendas) en la mejora del suelo ...	35
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
4.1 Propiedades fisicoquímicas iniciales.....	37
4.2 Características físico químicas de los tratamientos .....	38
4.3 Tratamiento óptimo.....	41

	10
4.4. Discusión de resultados.....	51
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS .....	61

## Índice de tablas

Tabla 1	<i>Coordenadas del campo experimental</i> .....	28
Tabla 2	<i>Descripción de variables por objetivo específico</i> .....	29
Tabla 3	<i>Tratamientos el proyecto de investigación</i> . ....	35
Tabla 4	<i>Diseño de ANOVA para DBCA</i> . ....	36
Tabla 5	<i>Resultados de las propiedades fisicoquímicas iniciales</i> . ....	37
Tabla 6	<i>Características físico químicas de los tratamientos</i> .....	38
Tabla 7	<i>Prueba de normalidad de datos</i> . ....	41
Tabla 8	<i>Resultado ANOVA para pH</i> .....	42
Tabla 9	<i>Prueba de Tukey (<math>p \leq 0.05</math>) para pH</i> . ....	42
Tabla 10	<i>ANOVA para conductividad</i> . ....	43
Tabla 11	<i>Prueba de Tukey (<math>p \leq 0.05</math>) valores de conductividad</i> .....	43
Tabla 12	<i>ANOVA para los valores de Materia Orgánica</i> . ....	44
Tabla 13	<i>Prueba de Tukey (<math>p \leq 0,05</math>) para Materia Orgánica</i> . ....	45
Tabla 14	<i>ANOVA para las concentraciones de Nitrógeno</i> .....	45
Tabla 15	<i>Prueba de Tukey (<math>p \leq 0,05</math>) para Nitrógeno</i> . ....	46
Tabla 16	<i>ANOVA para los valores de Fosforo</i> . ....	47
Tabla 17	<i>Prueba de Tukey (<math>p \leq 0,05</math>) para los valores de fosforo</i> . ....	47
Tabla 18	<i>ANVA no paramétrica de Kruskal-Wallis para Potasio</i> . ....	48

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Vista fotográfica de la preparación de campo. ....	31
<i>Figura 2.</i> Vista fotográfica de la demarcación del campo. ....	31
<i>Figura 3.</i> Vista fotográfica de la aplicación de las enmiendas. ....	32
<i>Figura 4.</i> Vista fotográfica del muestreo inicial de suelo. (A) Hoyado para sacar la muestra. (B) Homogenización de las muestras obtenidas en campo. (C) Partición de la muestra. (D) Muestra final para ser llevada a laboratorio. ....	33
<i>Figura 5.</i> Línea de tiempo del trabajo de investigación. ....	34
<i>Figura 6.</i> Muestreo de suelo de los tratamientos. A) Hoyado para la extracción de muestras. B) Homogenización de las muestras. C) Muestras listas para llevar al laboratorio. ....	35
<i>Figura 7.</i> Características físico químicas de los tratamientos. A) Valores de pH. B) Valores de conductividad (mS/m). C) Valores de materia orgánica (%). D) Valores de Nitrógeno (%). E) Valores de fósforo (ppm). F) Valores de potasio (ppm). ....	39
<i>Figura 8.</i> Características físico químicas de los tratamientos. A) Valores de calcio [C mol (+). Kg <sup>-1</sup> ]. B) Valores de magnesio [C mol (+). Kg <sup>-1</sup> ]. C) Valores de aluminio [C mol (+). Kg <sup>-1</sup> ]. D) Capacidad de intercambio catiónico (CICe). ....	40
<i>Figura 9.</i> Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para pH. ....	42
<i>Figura 10.</i> Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para conductividad. ....	44
<i>Figura 11.</i> Prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para Materia Orgánica. ....	45
<i>Figura 12.</i> Prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para Nitrógeno. ....	46
<i>Figura 13.</i> Prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de fósforo. ....	47
<i>Figura 14.</i> Mapa de ubicación del proyecto de investigación. ....	62
<i>Figura 15.</i> Mapa de ubicación del proyecto de investigación. ....	62
<i>Figura 16.</i> Diseño de investigación del proyecto. ....	63
<i>Figura 17.</i> Dimensiones de las parcelas. ....	63
<i>Figura 18.</i> Registro de datos en campo para el muestro de suelo. ....	64

## RESUMEN

Evaluación del efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022.

**Introducción:** En el pasar de los años, factores antropogénicos han causado daños significativos en el suelo debido a la tala de árboles y la explotación intensiva de tierras agrícolas. Esto ha llevado a la degradación del suelo y la pérdida de nutrientes y propiedades, lo que afecta su capacidad productiva. La mecanización y arado inadecuado del suelo han exacerbado este problema. La lluvia y la escorrentía también son factores que contribuyen a la degradación del suelo (Suazo y Vega, 2020; Damian-Suclupe et al., 2018). **Objetivo general:** Evaluar el efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022. **Materiales y métodos:** El estudio fue aplicado con nivel experimental, donde aplicó un DBCA con 4 tratamientos ( $T_0$ : Magnocal  $1,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$ ;  $T_1$ :  $1,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de dolomita;  $T_2$ :  $1,5 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de dolomita;  $T_3$ :  $2,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de dolomita) en tres repeticiones. La población fue los suelos del Alto Mayo jurisdicción Distrito de Soritor, teniendo como muestra no probabilística intencionada  $2\ 000 \text{ m}^2$  ( $0,2 \text{ ha}$ ). El criterio para la elección de la muestra se basó en áreas de suelos ácidos y con sobreproducción pasada. Se inició con la evaluación de las condiciones iniciales del suelo donde se instaló el experimento; posteriormente, se instalaron las 12 parcelas para luego evaluar sus parámetros físicos y químicos en dos momentos (a 2 meses y 4 meses de la instalación). Se utilizó el ANOVA para identificar las diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que para determinar el tratamiento óptimo se aplicó la prueba de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Estos análisis se realizaron en el software estadístico InfoStat v.2020e. **Resultados:** Inicialmente, el suelo evidenció tener una fertilidad moderada, bastante ácido y salino, limitando el crecimiento de cualquier planta. Los tratamientos  $T_3$  ( $2,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de dolomita) y  $T_1$  ( $1,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de dolomita) tuvieron los valores más altos, donde  $T_3$  fue mejor para pH, conductividad, cationes intercambiables (Ca, Mg y Al) y CIC; mientras que  $T_1$  fue mejor materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. Finalmente, podemos manifestar que el tratamiento óptimo fue  $T_3$ , ya que tuvo los mejores valores en gran parte de los parámetros. **Conclusiones:** De acuerdo a los resultados, se puede manifestar que la dolomita mejora las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo, teniendo como dosificación óptima  $2,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$ .

**Palabras clave:** Mejoramiento, suelos, dolomita, acidez, fertilidad

## ABSTRACT

Evaluation of the effect of four doses of amendments to improve the physicochemical properties of the soils of the Alto Mayo district of Soritor 2022.

**Introduction:** Over the years, anthropogenic factors have caused significant damage to the soil due to deforestation and intensive exploitation of agricultural lands. This has led to soil degradation and loss of nutrients and properties, which affects its productive capacity. Soil mechanization and inadequate plowing have exacerbated this problem. Rainfall and runoff are also factors contributing to soil degradation (Suazo and Vega, 2020; Damian-Suclupe et al., 2018). **General objective:** To evaluate the effect of four doses of amendments on the physicochemical properties of soils in the Alto Mayo district of Soritor in 2022. **Materials and methods:** The study was conducted at an experimental level, implementing a Completely Randomized Block Design (DBCA) with 4 treatments ( $T_0$ : Magnocal  $1,0 \text{ Tn.ha}^{-1}$ ;  $T_1$ :  $1,0 \text{ Tn.ha}^{-1}$  of dolomite;  $T_2$ :  $1,5 \text{ Tn.ha}^{-1}$  of dolomite;  $T_3$ :  $2,0 \text{ Tn.ha}^{-1}$  of dolomite) in three replications. The target population comprised the soils of Alto Mayo in the jurisdiction of Soritor District, with a purposive non-probabilistic sample of  $2\,000 \text{ m}^2$  (0,2 ha). The selection criteria for the sample were based on areas with acidic soils and a history of overproduction. The evaluation began with an assessment of the initial soil conditions at the experiment site; subsequently, 12 plots were established for the assessment of their physical and chemical parameters at two time points (2 months and 4 months after installation). ANOVA was used to identify significant differences between treatments, while Tukey's mean test ( $\alpha = 0.05$ ) was applied to determine the optimal treatment. These analyses were performed using the statistical software InfoStat v.2020e. **Results:** Initially, the soil showed moderate fertility, was quite acidic, and saline, limiting the growth of any plant. Treatments  $T_3$  ( $2.0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  of dolomite) and  $T_1$  ( $1.0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  of dolomite) had the highest values, with  $T_3$  being better for pH, conductivity, exchangeable cations (Ca, Mg, and Al), and CEC; while  $T_1$  was better for organic matter, nitrogen, phosphorus, and potassium. Finally, it can be stated that the optimal treatment was  $T_3$ , as it had the best values for most of the parameters.

**Conclusions:** According to the results, it can be stated that dolomite improves the physicochemical properties of soils in the Alto Mayo, with an optimal dosage of  $2.0 \text{ Tn.ha}^{-1}$ .

**Keywords:** improvement, soils, dolomite, acidity, fertility.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

A medida que ha transcurrido el tiempo, acciones humanas como la deforestación y actividades directas del ser humano han ocasionado graves perjuicios en el suelo, impactando negativamente en sus características y cualidades (Suazo y Vega, 2020). El desmesurado aumento de la población ha ocasionado a una alta demanda de producción de alimentos, generando una intensa explotación de terrenos agrícolas; comúnmente la mecanización y arados inadecuados del suelo. Esto ocasiona un violento proceso de degradación, visualizando pérdidas de nutrientes y de las propiedades del suelo, causado por la escorrentía y gotas de lluvia, factores fundamentales en la pérdida de capacidad productiva de las tierras (Damian et al., 2018). Los procedimientos agrícolas intensos han alterado las funciones ecosistémicas, evidenciado de forma significativa por el daño de la diversidad de flora y fauna (Landeros et al., 2011). Estas prácticas agrícolas son constantes del mismo cultivo, generando al año bajos aportes de carbono y la minimización de niveles de materia orgánica de los suelos, estos efectos producen la disminución progresiva de la fertilidad, cambios en la población microbiana de los suelos (micronutrientes y carbono orgánico) y la pérdida de niveles de materia orgánica (Duval et al., 2015).

Normalmente estos suelos se degradan por prácticas inadecuadas en el manejo agrícola y forestal, contaminación minera, urbana o industrial, o debido a fenómenos naturales (deslizamientos e incendios). Además, hay suelos que de acuerdo a su origen presentan características idénticas a las que se derivan de procesos de degradación; dentro del principal problema que presentan se encuentra la acidificación, el cual tiene diversos orígenes entre los cuales se encuentra la causa por materiales parentales ácidos, composición de la materia orgánica, excesivo empleo de fertilizantes de residuos ácidos (amoniacales, ureicos y nitrogenados) y la elevada percolación por exceso de pluviosidad, los cuales unos a otros factores tienden a reducir la producción y rendimiento (Bernal et al., 2014).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) informa que, en el contexto de América Latina, la utilización inadecuada de técnicas de labranza se configura como uno de los principales agentes que aceleran el deterioro del suelo. Este manejo deficiente origina alteraciones notables en las propiedades biológicas, químicas y físicas del sustrato, lo cual se traduce en una merma significativa en la productividad agrícola y, de forma aún más determinante, en una transformación del entorno ambiental (Vázquez et al., 2020).

En el contexto peruano, la agricultura de pequeña y mediana escala se caracteriza por una gestión deficiente, desorganizada y con un limitado nivel tecnológico. La población rural, debido a la carencia de conocimientos especializados, tiende a administrar los terrenos de forma inadecuada, lo que conlleva al uso excesivo e imprudente de sistemas de irrigación y a la aplicación incorrecta de fertilizantes sintéticos, los cuales presentan características no biodegradables y una alta toxicidad. Esta práctica resulta en una considerable degradación y contaminación del suelo, generando perjuicios a los cultivos, la salud humana y el entorno. En respuesta a esta problemática, la implementación de enmiendas orgánicas se ha consolidado como una tecnología sostenible que no solo recupera la producción de residuos agrícolas, sino que también mejora la fertilidad del suelo y minimiza la degradación del terreno (Damian et al., 2018).

Los suelos de la Selva Alta peruana, que engloban también aquellos situados en la región amazónica, exhiben un pH ácido y presentan deficiencias notables de nitrógeno y fósforo, llegando aproximadamente al 70%. Esta insuficiencia es la causa subyacente de la formación de estos suelos y, al mismo tiempo, el motivo por el cual ha experimentado cambios en el uso del suelo. Cuando el pH del suelo desciende por debajo de 5,5 se generan múltiples efectos perjudiciales relacionados con la acidez del terreno. Entre ellos se destaca la pérdida de nutrientes por lixiviación, la escasez de bases, la merma en la actividad microbiana, la acumulación tóxica de manganeso y aluminio, así como la formación de fosfatos insolubles de hierro y aluminio que conllevan a una alta fijación de fósforo, entre otros inconvenientes (Arévalo et al., 2016).

En el contexto local, los suelos del alto mayo se han caracterizado por ser muy fértiles, sumado a ello su clima tropical que es propicio para el cultivo de café y otros cultivos agrícolas, que su comercialización dinamizaba la economía local. En el transcurso de los últimos años, los suelos agrícolas han venido perdiendo su fertilidad, evidenciándose en la disminución de los rendimientos en los cultivos, lo cual es causado por un mal manejo del suelo y la falta de técnicas adecuadas. En la actualidad, atravesamos por problemas ambientales que impactan directamente al ambiente (suelo, agua y aire). Frente a la problemática de la degradación del suelo, se hace imperativo proponer alternativas ecológicas y respetuosas con el medio ambiente. Una de las estrategias más prometedoras es la incorporación de enmiendas, las cuales representan una práctica agrícola sostenible. Estas enmiendas se han demostrado altamente efectivas para corregir la acidez en suelos con pH bajo, optimizando sus características físicas, químicas y biológicas, y fomentando un crecimiento vegetativo robusto. Asimismo, esta intervención reduce la toxicidad de elementos como el aluminio y el manganeso, al

mismo tiempo que incrementa la disponibilidad de nutrientes esenciales, tales como calcio, nitrógeno, fósforo y molibdeno.

Ante lo sustentado, se desarrolló la presente investigación que se enmarca en la problemática: ¿En qué medida influye las cuatro dosis de enmiendas en la mejora de las propiedades físico-químicas de los suelos del Alto Mayo - Soritor 2022?, planteando a partir de ello la  $H_i$ : Las cuatro dosis de enmiendas mejoran significativamente las propiedades físico-químicas de los suelos del Alto Mayo distrito Soritor 2022 y  $H_0$ : Las cuatro dosis de enmiendas no mejoran significativamente las propiedades físico-químicas de los suelos del Alto Mayo distrito Soritor 2022. El objetivo general fue: Evaluar el efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022. Los objetivos específicos fueron: Evaluar las propiedades fisicoquímicas iniciales que poseen los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor; evaluar las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos estudiados en la investigación; determinar el tratamiento óptimo del efecto de las enmiendas en la mejora de las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor.

El primer capítulo ofrece una introducción al estudio, el segundo examina los antecedentes y fundamentos teóricos, el tercero describe en detalle los materiales y métodos empleados, el cuarto presenta y discute los resultados obtenidos, y, finalmente, se exponen las conclusiones junto con las recomendaciones derivadas de la investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **Antecedentes internacionales**

Montoya et al. (2020), en su investigación tuvo como objetivo general revisar diversos tipos de enmiendas orgánicas utilizadas en todo el mundo, evaluar el impacto de la adición de microorganismos eficientes en dichas enmiendas, y determinar su efecto en la producción agrícola. Según los autores, las enmiendas orgánicas son una alternativa más rentable y accesible que los fertilizantes sintéticos en la producción agrícola a nivel global. Asimismo, destacan que las enmiendas orgánicas mejoran las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, aumentando la disponibilidad de macro y micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, lo que a su vez mejora la producción agrícola. Adicionalmente, estas enmiendas presentan la capacidad de mejorar la capacidad de retener agua del suelo, disminuir la emisión de GEI, restaurar suelos degradados, disminuir la erosión, capturar metales pesados y carbono, y convertir los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas en formas solubles.

Vázquez et al. (2020) llevaron a cabo la investigación titulada "Incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos". Su objetivo principal era evaluar el impacto de agregar enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost al suelo utilizado en monocultivo de *Gypsophila*. Para ello, realizaron un experimento en un invernadero, empleando un diseño completamente al azar (DCA) con nueve tratamientos distintos y evaluando tres ciclos de cosecha. Los resultados indican que la adición de compost o vermicompost tiene un impacto positivo y significativo en la absorción de fósforo, potasio, magnesio y azufre a través de las hojas en tres cosechas diferentes. Asimismo, se evidencia un aumento en la conductividad eléctrica, el fósforo disponible y el contenido de materia orgánica en el sustrato del suelo, acompañado de una reducción en la densidad aparente. También se observa un efecto de tamponamiento en el pH del suelo.

Vázquez y Loli (2018) llevaron a cabo un estudio con el objetivo general de evaluar el impacto de la aplicación de vermicompost y compost, elaborados a partir de residuos de podas de jardín y estiércol vacuno, en las propiedades de un suelo degradado en Ecuador. El experimento se realizó en un invernadero, utilizando macetas con 1,5 kg de suelo y aplicando diversas dosis de enmiendas en un diseño completo al azar (DCA)

con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos indican que el vermicompost mostraba niveles más bajos de pH, salinidad y concentración de sodio, pero una retención de humedad superior en comparación con el compost. En relación con el impacto de las enmiendas en el crecimiento de las plantas, se observó que el tratamiento con compost al 0,50% fue más efectivo para las dos primeras cosechas, mientras que el tratamiento con vermicompost al 0,50% fue más efectivo en la tercera cosecha. Además, se realizó un análisis de los sustratos después de las cosechas 1 y 3, comparándolos con las características iniciales del suelo. En conclusión, los autores concluyen que la aplicación de enmiendas orgánicas, como vermicompost y compost, tiene el potencial de mejorar las propiedades de suelos degradados y fomentar el crecimiento de las plantas en un entorno controlado, respaldando así prácticas agrícolas sostenibles para la recuperación del suelo y la protección del medio ambiente.

Delgado-Londoño (2017), en su estudio "Implementación de enmiendas orgánicas para restaurar las características físicas del suelo vinculadas a la erosión hídrica", enfatizó la relevancia de desarrollar proyectos destinados a analizar los factores que inciden en la erosión hídrica, centrándose específicamente en las propiedades físicas del suelo. Estas propiedades comprenden la densidad aparente, la densidad real, la estabilidad de los agregados, la humedad y la presencia de materia orgánica. El autor plantea la posibilidad de que la aplicación de enmiendas orgánicas en el suelo pueda mejorar estas propiedades físicas, generando beneficios económicos y medioambientales al facilitar una gestión más efectiva de los residuos. En resumen, la investigación resalta la importancia de emplear enmiendas orgánicas para restaurar las características físicas del suelo y reducir la erosión hídrica.

Calva y Espinoza (2017), en su investigación buscaron analizar el efecto de las enmiendas en el control de la acidez de un suelo típico de los suelos rojos de la provincia de Orellana, Loreto. Se aplicaron cuatro enmiendas y ocho dosis para cada una de ellas en un diseño completamente al azar (DCA) en un invernadero. Los resultados indicaron que el uso de dolomita y carbonato de calcio produjo los mejores rendimientos de biomasa. Además, se observó un aumento en el pH a medida que se incrementaban las dosis de enmiendas, según los análisis de laboratorio. A pesar de que la información obtenida fue útil para definir la dinámica de los cambios producidos por la adición de enmiendas en la acumulación de biomasa y en las propiedades del suelo, no fue suficiente para ofrecer una recomendación precisa sobre la dosis adecuada de enmiendas para suelos específicos.

## Antecedentes nacionales

Espinoza (2019) llevó a cabo un estudio para examinar los impactos de la dolomita en las propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema de plantación de "Pino Chuncho" durante un período de cuatro meses. Los resultados de la investigación indicaron una mejora en las características físicas del suelo, especialmente en los suelos con una textura franco, que presentaron una densidad aparente de 1,5 g/cm<sup>3</sup>, una porosidad del 23,8% y una mayor presencia de agregados con estabilidad al agua en el rango de 2 a 4,75 mm de diámetro. También se evidenció una mejora en las propiedades químicas del suelo, con un pH de 4,91, un contenido de materia orgánica del 5,1%, 17,4 ppm de fósforo, 327,4 k.ha<sup>-1</sup> de potasio, 4,2 de Ca, 1,23 Mg, 26,92% de acidez cambiante y 73,08% de bases cambiantes. La especie *Schizolobium parahyba* var. Amazonicum también experimentó un incremento en su altura y número de ramas. Los resultados indicaron que la dosis más alta de dolomita fue la que presentó los mejores resultados en todas las evaluaciones realizadas.

Mezones (2019) realizó un estudio de investigación titulado "Optimización del encalado en el control de la acidez del suelo en arrozales en Bellavista, provincia de Jaén, 2019". El objetivo principal del estudio fue neutralizar la acidez del suelo causada por la fertilización continua de sustancias nitrogenadas como urea, sulfato de amonio, fosfato diamónico y fosfato de amonio. El área de estudio cubrió 120 metros cuadrados divididos en 18 bloques, cada uno con tres profundidades (10, 20 y 30 centímetros). El pH se midió para cada profundidad, y se encontró que el promedio era de 5,4. El estudio probó el uso de fuentes de cal a base de calcio, como dolomita (CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>), cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>) y fosfato de roca (RF). Se encontró que la cantidad óptima de dolomita utilizada para el encalado era de 149,7 gramos de CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub> por metro cuadrado o 1,49 toneladas de CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub> por hectárea o 1,6 toneladas de CaCO<sub>3</sub> por hectárea.

Damian et al. (2018) realizaron un estudio titulado "Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo", con el propósito de evaluar cómo la aplicación de estas enmiendas impacta en la calidad del suelo. Los resultados revelaron que el tratamiento 1, que incluía la aplicación de un plan de enmiendas, yeso agrícola y materia orgánica, logró un rendimiento de arroz de 4795,20 kg, superando al tratamiento 2, que solo recibió fertilizantes químicos y alcanzó un rendimiento de 3124 kg de arroz. A pesar de que el tratamiento 2 tuvo un rendimiento inferior, demostró ser más rentable en comparación con el tratamiento 1, debido al mayor costo asociado al yeso agrícola y la materia orgánica utilizados en el tratamiento

1. En resumen, la aplicación del plan de enmiendas se asoció con una mejora en la calidad del suelo y un aumento en el rendimiento de arroz por hectárea (9590,40 kg), aunque con una rentabilidad más baja (0,24).

Tello (2018), en su investigación centrada en la recuperación de suelos degradados en la localidad de Río Espino-Monzón, determinó que la técnica IV resultó ser la más efectiva para mejorar la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en todos sus tratamientos en comparación con el grupo de control. Los tratamientos ejercieron efectos significativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, destacándose la influencia predominante de la propiedad biológica. En relación a la altura de las plantas de cacao, la técnica IV demostró ser la más exitosa en los tratamientos T7 y T3, logrando incrementos de hasta el 131% y 122%, respectivamente, en comparación con el grupo de control. La capacidad productiva del suelo está directamente relacionada con sus características, expresadas por la ecuación  $22.851 - 1.064 \text{ Arc} + 7,086 \text{ MO} + 3,185 \text{ Mo}^3$ . En conclusión, se infiere que la actividad microbiana y el contenido de materia orgánica desempeñan un papel crucial en la recuperación de suelos degradados con limitada capacidad productiva, y la aplicación de la técnica IV puede ofrecer mejores resultados en este contexto.

Arista (2017) se enfocó en mejorar el desempeño del forraje verde y la materia seca en pastos cultivados asociados en suelos ácidos de Ayacucho. Este objetivo se alcanzó mediante la combinación de dolomita y microorganismos eficientes en un experimento que comprendió tres niveles de dolomita y dos niveles de microorganismos eficientes. El tratamiento 2 se destacó al lograr los rendimientos más altos, y todos los tratamientos que incorporaron microorganismos eficientes superaron en rendimiento a aquellos que no los incluyeron. La aplicación conjunta de dolomita y microorganismos eficientes reveló un efecto sinérgico positivo en la producción de forraje verde y materia seca, resaltando así la importancia de los microorganismos eficientes en la producción de pastos cultivados asociados.

### **Antecedentes regionales y locales**

Cruzado (2020) en su estudio "Efecto de la aplicación de enmiendas de origen mineral en el pH del suelo en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), distrito de Pólvora-Tocache-San Martín", buscó identificar la enmienda agrícola más efectiva en aumentar la productividad del cultivo de cacao a través de pruebas de muestra de suelo, eliminación de malezas y aplicación de enmiendas. Los resultados indicaron que la aplicación de Magnecal en una cantidad de 95.83 kg produjo los mejores resultados agronómicos y aumentó el pH del suelo en comparación con otros tratamientos. El

tratamiento T0 presentó un pH de 4.91 y se observó un aumento en los valores del pH del suelo de 0,02 a 0,24 con la aplicación de las diferentes enmiendas.

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1. Enmiendas orgánicas**

Albarracín et al. (2018) refieren que, las enmiendas orgánicas resultan de la transformación de residuos industriales, animales y vegetales y que, al ser añadidos a los suelos, son capaces de mejorar las condiciones biológicas y fisicoquímicas, como también la productividad de productos agrícolas.

Por su parte, Murillo et al. (2020) señalan que, entre las principales enmiendas que existen están el vermicompost, estiércol de diversos animales, biochar, lodos de depuración y abonos verdes. La aplicación de enmiendas orgánicas se ha propuesto como una estrategia para el manejo de enfermedades causadas por patógenos del suelo; sin embargo, los resultados inconsistentes dificultan seriamente su uso práctico (Bonanomi et al., 2010).

Para Hoang et al. (2021) el uso de diversas enmiendas orgánicas para la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo (HTP) está en aumento, debido a que las enmiendas orgánicas no sólo proporcionan una fuente de carbono y nutrientes, sino que también añaden microorganismos beneficiosos exógenos para aumentar la tasa de degradación de TPH, mejorando así la salud del suelo.

Históricamente, las enmiendas orgánicas (desechos orgánicos) han sido la principal fuente de nutrientes para las plantas, su uso permite una mejor gestión de los recursos, a menudo finitos, para contrarrestar los cambios en los suelos que resultan de prácticas esenciales para la producción de cultivos, proporcionan macro y micronutrientes, incluido el carbono, para restaurar las propiedades físicas y químicas del suelo (Goss et al., 2013).

Para Maiti y Ahirwal (2019) las enmiendas orgánicas son la composición de fracciones orgánicas derivadas de biomasa y/o seres vivos, incluye compost, astillas de madera, biocarbón, estiércol animal, paja, cáscara, geotextil y residuos de aguas residuales; estas sustancias son extremadamente ricas en materia orgánica y macro y microelementos que aumentan la fertilidad de los suelos al mejorar las condiciones micro climáticas y también pueden proporcionar sustratos para el crecimiento microbiano

## 2.2.2. Tipos de enmiendas orgánicas

### Fertilizantes verdes

Los fertilizantes verdes son productos vegetales derivados de sistemas agrícolas, como aserrín, frutas, troncos, hojas, ramas, entre otros, que se reutilizan para enriquecer la tierra después de las cosechas (Forján et al., 2017).

Esta clase de adición al suelo (enmienda) se distingue por contener cantidades significativas de ácidos húmicos y fúlvicos (Brtnicky et al., 2019), lo cual presenta mayor suficiencia para conectar metales antes que fertilizantes de tipo inorgánicos (Forján et al., 2017); asimismo, presentan elevados niveles de relación C/N, ya que las zonas leñosas de los vegetales presentan niveles ricos en carbono a diferencia de las hojas que son ricas en nitrógeno (Dion et al., 2020).

Las especies vegetales empleadas como abonos verdes, en particular aquellas pertenecientes a las familias de leguminosas y fabáceas (Murillo et al., 2014), establecen una simbiosis con bacterias autóctonas del suelo, facilitando la fijación del nitrógeno atmosférico y previniendo su pérdida por lixiviación. Además, estas plantas potencian la actividad microbiana, contribuyen a mitigar los efectos erosivos, suministran tanto micro como macronutrientes y optimizan las propiedades fisicoquímicas del terreno (Zapata et al., 2020).

Los fertilizantes verdes nos proveen permanentemente el nitrógeno, lo cual debe tomarse en cuenta un nutriente limitante en el rendimiento agrícola. Según Sosa et al. (2019) las enmiendas de este tipo pueden proveer entre 20 y 80% de nitrógeno que las plantas necesitan, su inclusión a las tierras puede minimizar el empleo de fertilizantes sintéticos, que cada año suelen desarrollarse más de 200 millones de toneladas de aplicaciones en los terrenos.

### Vermicompost

Las comunidades microbianas, junto con las lombrices de tierra, juegan un rol fundamental al crear un ambiente que favorece la conversión de residuos peligrosos en productos utilizados en la respiración celular y en la formación de biomasa (Damian et al., 2018). Además, Forján et al. (2017) subrayan que organismos como *Dendrobaena rubida*, *Lumbricus terrestris* y *Eisenia foetida* poseen una destacada capacidad para bioacumular metales pesados (Zn, Cu, Cd y Pb), lo que resulta crucial para la desintoxicación del suelo y la optimización del reciclaje de nutrientes. Adicionalmente, las lombrices de tierra favorecen la disminución de la sedimentación al impulsar la cohesión de la materia orgánica en agregados de diversas escalas, lo que conlleva a

una optimización en la estructura del suelo. Zhang et al. (2017) señalan que el vermicompost contiene ácidos fúlvicos y húmicos que reducen la lixiviación y mejoran la capacidad de retención de agua en los suelos, mejorando su idoneidad para el cultivo de plantas.

### **Óxido de calcio (CaO)**

La sustancia conocida como "cal viva", producida por la calcinación del carbonato de calcio, es ampliamente utilizada para la aplicación de cal debido a su alta velocidad de reacción. Contiene una cantidad elevada de calcio (hasta un 71%), pero su manejo requiere precaución debido a que puede causar quemaduras en la piel humana (Toledo, 2016).

### **Carbonatos o cales agrícolas**

La caliza, cuya fórmula química es  $\text{CaCO}_3$ , posee un equivalente de óxido cálcico (CaO) que oscila entre el 24% y el 38%. Se extrae de las rocas calizas, donde constituye entre el 60% y el 96% de su composición. El producto final empaquetado puede presentar niveles variables de impurezas, como arcilla, limo y arena, según lo indicado por Toledo (2016).

#### **2.2.3. Dolomita**

Cal dolomítica o también conocido como carbonato doble de calcio y magnesio  $[(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ , cuenta con aproximadamente 13% de magnesio y 21% de calcio. Presenta una menor velocidad de reacción en comparación al carbonato de calcio. No obstante, cuenta con la ventaja de suplir magnesio, si se pretende emplearlo en tierras con deficiente magnesio (Toledo, 2016).

Según Tello (2019), la dolomita se compone habitualmente de un 8 a 10% de carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ) y aproximadamente un 40% de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Su aplicación contribuye a corregir la acidez del suelo al neutralizar los ácidos presentes, elevando el pH. Además, suministra magnesio (Mg) y calcio (Ca), elementos esenciales para el crecimiento vegetal, y reduce la incidencia de sustancias tóxicas como el manganeso (Mn) y el aluminio (Al), al mismo tiempo que incrementa la disponibilidad de azufre (S), nitrógeno (N) y fósforo (P). Asimismo, la dolomita facilita una liberación más eficiente de nutrientes y la transformación de la materia orgánica (MO). El uso de la dolomita puede desarrollarse de manera manual empleando herramientas de labranza que permiten distribuir homogéneamente el material en los suelos.

#### **2.2.4. Suelo**

Desde la perspectiva de un pedólogo que suele estudiar a los suelos como cuerpos naturales sin relacionarlos con la actividad agrícola, Raudes & Sagastume (2009) mencionan que el suelo se encuentra conformado por materia inorgánica y orgánica, que se diferencia de rocas madres por diferentes horizontes de profundidades distintas, con características biológicas, composición química, propiedades morfológicas y físicas diferentes y particulares entre sí.

El suelo se caracteriza como un recurso vital, limitado, en constante cambio y susceptible, exhibiendo propiedades físicas, químicas y biológicas que varían tanto en tiempo como en espacio (Lal, 2009). Funciona como un ecosistema activo, siendo crucial el bienestar del suelo para la provisión de servicios ecosistémicos, que abarcan desde la garantía de aire y agua de calidad hasta la promoción de una estructura comunitaria biótica y microbiana diversa, respaldando así elevados niveles de productividad agrícola y contribuyendo a la salud humana (Maharjan et al., 2020).

Por su parte Van Es (2017) refiere que el suelo es la capa(s) de material mineral y/u orgánico y/o materia orgánica que se ven afectadas por procesos físicos, químicos y/o biológicos en la superficie planetaria o cerca de ella y suelen contener líquidos gases, biota y plantas.

#### **2.2.5. Degradación de los suelos**

La degradación del suelo conduce a una disminución en la producción de cultivos debido a la práctica común de utilizarlos intensivamente durante un corto período de tiempo sin implementar medidas de recuperación, ya que la seguridad alimentaria humana se considera una prioridad (FAO y OEIA, 2007).

Cuando los suelos empiezan a degradarse se considera vegetación competitiva adaptable al medio, lo cual por los agricultores es apreciado como matorral y son difíciles de combatirlos como la shapumba, debido a que retardan en el proceso de recuperación de la zona estructural de los suelos y al desarrollar algunas actividades resulta no rentable por la alta cantidad de fertilizantes y alto número de personas que se requieren, ante esta necesidad muchos agricultores dejan a un lado dicho suelo y tienden a continuar degradando a otras tierras menos intervenidas (Villagaray, 2014).

La disminución de la calidad del suelo, en conjunto con el calentamiento global y el aumento de la población, plantean una seria amenaza para la protección de la seguridad alimentaria a nivel global y la preservación del medio ambiente (Allen et al., 2011; Oliver

y Gregory, 2015). La degradación del suelo generalmente se atribuye a la mala gestión del suelo y los nutrientes, el pastoreo excesivo, la eliminación excesiva de residuos de cultivos y las actividades no agrícolas a gran escala (Karlen y Rice, 2015).

### **2.2.6. Propiedades del suelo**

#### **Propiedades físicas**

La evaluación de la calidad del suelo resulta de suma importancia, ya que mejorar sus propiedades físicas constituye un desafío significativo. Las propiedades físicas del suelo son esenciales para evaluar su calidad, ya que indican su capacidad para retener, movilizar y suministrar agua a las plantas. Asimismo, revelan las limitaciones potenciales que podrían afectar el crecimiento radicular, la germinación de las plántulas y la infiltración del agua. Dichas características guardan relación con la estructura y disposición de los poros y partículas del suelo. La evaluación de la calidad del suelo se fundamenta en la medición de diversos parámetros, entre los que se incluyen la conductividad hidráulica saturada, la capacidad de retención de agua, la profundidad del perfil, la tasa de infiltración, la estabilidad de los agregados, las densidades aparente y real, la extensión de la capa arable, la humedad, la porosidad, así como la textura y la estructura del suelo (Hünneimyer et al., 1997).

#### **Propiedades químicas**

Los parámetros químicos que evalúan la calidad del suelo consideran características que modifican las interacciones entre el suelo y las plantas, influyendo en la disponibilidad de microorganismos, nutrientes y agua, en la capacidad amortiguadora del terreno y en la calidad del recurso hídrico. Entre estos indicadores se destacan el potasio (K), fósforo (P) y nitrógenos disponibles, la conductividad eléctrica (CE), el pH, el nitrógeno y carbono orgánico, así como el contenido de materia orgánica (MO). En particular, aquellos indicadores que reflejan estándares de fertilidad —como potasio, fósforo, nitrógeno, materia orgánica y pH— son fundamentales para la producción agrícola (Acevedo et al., 2005).

### **2.3. Conceptualización de términos fundamentales**

#### **Acidez del suelo**

El proceso de acidificación de los suelos es espontáneo ya que se desarrolla en la pedogénesis. En diferentes áreas a nivel mundial, la producción agrícola se ve limitada por la acidez de los suelos, lo cual altera al crecimiento y desarrollo radicular, como también a la absorción de nutrientes e hídrica por los vegetales (Asqui, 2018).

**Agricultura sostenible**

Se conoce como agricultura sostenible a la capacidad que tienen los agroecosistemas para preservar la cantidad y calidad de recursos de la naturaleza a mediano y largo plazo, conciliando la producción agrícola con la minimización de impactos ambientales y tomando en consideración las necesidades básicas de las poblaciones rurales (Zinck et al., 2005).

**Fertilización orgánica**

Brindar suficientes elementos para que las tierras tengan la capacidad de brindar a las plantas una equilibrada y suficiente alimentación a través de los fenómenos físico-químicos. Para dar cumplimiento a este objetivo, resulta pertinente que las contribuciones orgánicas formen parte de la base de la fertilización (Jiménez, 2014).

**Potencial de hidrógeno (pH)**

pH significa potencial de hidrógeno “pondus hydrogenii” y nos da a conocer los niveles de hidrógeno en la solución de los suelos; la escala de medición va entre 1 a 14, donde un pH nuestro presente un valor de 7 (Toledo, 2016).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

##### 3.1.1 Contexto de la investigación

El trabajo de experimentación se desarrolló en el distrito de Soritor, sector Calora, el campo experimental se instaló en un lugar donde previamente existía sembríos de café. Los vecinos colindantes cuentan con cultivos de café, algunos con cultivos de maní y yuca; además, existen criaderos de cerdos. También existen pequeños manchales de bosques, que poco a poco van desapareciendo por la actividad ganadera y agrícola. El mapa de ubicación se puede visualizar en los anexos 2 y 3.

##### a. Ubicación geográfica

**Tabla 1**

*Coordenadas del campo experimental*

N°	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	266675,90	9322538,04
2	266714,74	9322547,61
3	266726,70	9322499,06
4	266687,87	9322489,49

##### b. Ubicación política

Distrito : Soritor

Provincia : Moyobamba

Región : San Martín

País : Perú

##### c. Contexto histórico

El trabajo de experimentación se desarrolló en el distrito de Soritor, sector Calora, el campo experimental se instaló en un lugar donde previamente existió sembríos de café. Los vecinos colindantes cuentan con cultivos de café, algunos con cultivos de maní y yuca, y también se desarrolla la crianza de chanchos. También existen pequeños manchales de bosques, que poco a poco van desapareciendo por la actividad ganadera y agrícola.

### 3.1.2 Periodo de ejecución

La implementación del estudio comenzó el 27 de mayo de 2022, luego de contar con la aprobación formal del proyecto de tesis mediante la resolución N° 170-2022-UNSM/CFT/FE. Las labores de campo se iniciaron el 12 de junio de 2022 y culminaron el 23 de enero de 2023, con la realización del último muestreo de suelos en las parcelas experimentales.

### 3.1.3 Control ambiental y protocolos de bioseguridad

El proyecto de investigación no conllevó daños al ambiente. Al contrario, esta investigación pretende generar una tecnología ecoamigable para la agricultura sostenible. Del mismo modo, se tuvo en cuenta el tema de bioseguridad, en la aplicación de la dolomita y en el muestreo de suelo en los ensayos.

### 3.1.4 Aplicación de principios éticos internacionales

Este estudio ha seguido rigurosamente los principios éticos asociados a la investigación, en particular, al acatar la propiedad intelectual de los autores citados en artículos científicos, tesis y trabajos académicos mencionados a lo largo de la investigación. Asimismo, se tuvo en cuenta el reglamento de investigación recientemente instaurado por la Universidad Nacional de San Martín. Finalmente, el autor certificó la autenticidad de la investigación y su adherencia a los principios éticos que garantizan el respeto por la propiedad intelectual, con el fin de prevenir cualquier acto de plagio o reproducción no autorizada.

## 3.2. Sistema de variables

### 3.2.1 Variables principales

Variable independiente: Dosis de enmiendas.

Variable dependiente : Propiedades fisicoquímicas del suelo.

**Tabla 2**

*Descripción de variables por objetivo específico*

**Objetivo específico N° 1: Evaluar las propiedades fisicoquímicas iniciales que poseen los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor.**

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Propiedades fisicoquímicas iniciales de los suelos	- pH	Cadenas de custodia, resultados de laboratorio, fichas de recolección de datos, registro fotográfico.	- %
	- Conductividad		- Escala nominal
	- Materia orgánica		- Escala numérica
			- Unidad de pH
			- mS/cm

- Elementos disponibles (N, P y K)	- %
- Textura (arena, arcilla y limo)	- %
- Clase textural (franco, arcilloso, arenoso, etc).	- Escala numérica
- Cationes cambiables (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Al <sup>+++</sup> )	- C mol(+).Kg <sup>-1</sup>
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	

---

**Objetivo específico Nº 2: Evaluar las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos estudiados en la investigación.**

---

Propiedades fisicoquímicas de los tratamientos	- pH		- Escala numérica pH
	- Conductividad		- mS.m <sup>-1</sup>
Propiedades fisicoquímicas de los tratamientos	- Materia orgánica		- %
	- Elementos disponibles (N, P y K)	Cadenas de custodia, resultados de laboratorio, fichas de recolección de datos, registro fotográfico.	- %
	- Cationes cambiables (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Al <sup>+++</sup> )		- ppm
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)		- ppm
			- Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>

---

**Objetivo específico Nº 3: Determinar el tratamiento óptimo del efecto de las enmiendas en la mejora de las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor.**

---

Tratamiento óptimo de las enmiendas en la mejora de las propiedades fisicoquímicas de los suelos	Tratamiento óptimo	Prueba estadística (Shapiro Wilks, ANOVA, Kruskal Wallis y prueba Tukey).	- Testigo (1,5 TM/ha) - Tratamientos de dolomita (1,0; 1,5 y 2,0 Tn.ha <sup>-1</sup> ) - Ho: p valor > 0,05; H <sub>1</sub> : p valor ≤ 0,05
--	--------------------	---	---

---

### 3.3 Procedimientos de la investigación

#### 3.3.1 Actividades preliminares

##### i. Preparación del campo

Se realizó el desmalezado y limpieza del área de experimentación. Luego de haber realizado el desmalezado, se procedió a dar una aireación mecánica al suelo, a fin de poder ayudar a la asimilación de la enmienda (Figura 1).



**Figura 1**

Vista fotográfica de la preparación de campo.

## ii. Demarcación del campo

Se demarcó el área del experimento (810,00 m<sup>2</sup>), dividiéndose en 12 parcelas. Una vez trazadas las parcelas, se realizó el trazado por cuadrantes para la aplicación de la enmienda (Ver anexo 4 y 5).



**Figura 2.**

Vista fotográfica de la demarcación del campo.

### iii. Aplicación de la enmienda

Este proceso se realizó manualmente con la técnica de la aspersión mecánica de sólidos, luego se procedió a humedecer el suelo. Finalmente, se tapó con materia orgánica para evitar la volatilización de la enmienda. Es preciso considerar que para la aplicación de la enmienda (dolomita), se tuvo en cuenta la dosificación que estipula el presente trabajo de investigación, que se explica a mayor detalle en el acápite 3.3.3 (Tabla 3).



**Figura 3**

Vista fotográfica de la aplicación de las enmiendas.

### 3.3.2 Evaluación las propiedades fisicoquímicas iniciales que poseen los suelos del Alto Mayo.

Se realizó un análisis de suelo antes de iniciar el experimento, para ver las características iniciales del terreno. A pesar de que la finalidad del proyecto no es contrastar un antes o después, esta técnica nos ayudó a enriquecer el análisis de la eficiencia de las enmiendas en la mejora de las características del suelo.



**Figura 4**

Vista fotográfica del muestreo inicial de suelo. (A) Hoyado para sacar la muestra. (B) Homogenización de las muestras obtenidas en campo. (C) Partición de la muestra. (D) Muestra final para ser llevada a laboratorio.

Se llevaron a cabo las técnicas de muestreo de suelo según las pautas establecidas por MINAM (2014), en la Guía de Muestreo de Suelos. La muestra de suelo fue llevada al “Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarés (LABSAF) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Sede El Porvenir – San Martín. El resultado del análisis de suelo se presentó en tablas y figuras, realizando un análisis descriptivo de los parámetros obtenidos.

### 3.3.3 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos de la investigación al largo del experimento.

Las evaluaciones se realizaron cada 60 días, luego de haber aplicado la enmienda (dolomita). Se estipuló realizar dos evaluaciones. Las muestras de suelos por tratamiento fueron llevadas al "Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare (LABSAF) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Sede El Porvenir – San Martín, para su análisis correspondiente. Las variables que se analizaron fueron: pH, Conductividad ( $\text{mS.m}^{-1}$ ), Materia orgánica (%), N %, P (ppm), K (ppm), Mg (ppm), además de los cationes cambiabiles [Calcio ( $\text{Cmol}(+).\text{Kg}^{-1}$ ), Magnesio ( $\text{Cmol}(+).\text{Kg}^{-1}$ ), Aluminio ( $\text{Cmol}(+).\text{Kg}^{-1}$ )] y Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Dentro de los instrumentos utilizados, tenemos la ficha de campo recomendado y validado por el MINAM (2014) para muestreo de suelos. Esta nos sirvió para recolectar y codificar las muestras de suelo a evaluar (Anexo 6). La figura 1 muestra la línea de tiempo de las acciones realizadas en el marco de la ejecución de actividades de la investigación



**Figura 5**

Línea de tiempo del trabajo de investigación.



**Figura 6**

Muestreo de suelo de los tratamientos. A) Hoyado para la extracción de muestras. B) Homogenización de las muestras. C) Muestras listas para llevar al laboratorio.

### 3.3.4. Determinar el tratamiento óptimo (enmiendas) en la mejora del suelo

Una vez concluidos los análisis de suelo en campo y organizada la información en tablas y figuras, se llevará a cabo un análisis estadístico con el fin de detectar diferencias significativas entre los tratamientos (debido a las variaciones en las concentraciones de dolomita) y determinar cuál constituye la opción óptima. A continuación, se describen los tratamientos empleados en la investigación:

**Tabla 3**

*Tratamientos el proyecto de investigación*

Clave	Tratamiento	Dosis
T <sub>0</sub>	“Testigo”	1,0 Tn. ha <sup>-1</sup> de Magnocal
T <sub>1</sub>	“Tratamiento 1”	1,0 Tn. ha <sup>-1</sup> de dolomita
T <sub>2</sub>	“Tratamiento 2”	1,5 Tn. ha <sup>-1</sup> de dolomita
T <sub>3</sub>	“Tratamiento 3”	2,0 Tn. ha <sup>-1</sup> de dolomita

Los tratamientos se distribuyeron en tres bloques, conformando un total de 12 parcelas dispuestas mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Antes de aplicar cualquier método estadístico, se sometieron los datos a la prueba de normalidad (Shapiro Wilk) con el propósito de decidir entre pruebas paramétricas o no paramétricas. En caso de que los datos exhiban una distribución paramétrica, se llevará a cabo el

Análisis de Varianza (ANOVA); en caso contrario, se empleará la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Ambas pruebas buscan determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos. Los análisis estadísticos fueron realizados con InfoStat v.2020e. Se presenta el modelo matemático para el análisis de varianza en DBCA:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- i = Tratamientos
- j = Bloques
- Y = Mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas
- u = Parámetros fisicoquímicos
- t<sub>i</sub> = Efecto de los tratamientos en la mejora de las propiedades fisicoquímicas
- B<sub>j</sub> = Efecto de los bloques en la mejora de las propiedades fisicoquímicas
- e<sub>i</sub> = error experimental asociado a la unidad experimental

**Tabla 4**

*Diseño de ANOVA para DBCA*

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	p-valor
Tratamiento	GLT	SCT	CMT	p-valorT
Bloques	GLB	SCB	CMB	
Error	GLE	SCE	CME	
Total	GLTotal			

La decisión estadística en cuanto a la existencia de diferencias significativas se tomará de acuerdo a los siguientes enunciados:

Si el valor p es menor que  $\alpha = 0,05$ , se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos o bloques, según corresponda; por lo tanto, se procede a aplicar la prueba de medias (Tukey). En cambio, si el valor p supera  $\alpha = 0,05$ , no se detectan diferencias significativas entre los tratamientos o bloques.

Finalmente, si  $p\text{-valor} < \alpha = 0,05$ ; los resultados serán analizados mediante una prueba de medias (5%), para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados de la prueba se presentarán en tablas y gráficos para facilitar la visualización práctica de los resultados. Los análisis estadísticos se realizaron en el software InfoStat v.2020e.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Propiedades fisicoquímicas iniciales

Se examinaron las propiedades fisicoquímicas de la zona experimental, seleccionándose este suelo por exhibir las características de degradación requeridas para el estudio. Los análisis revelaron un suelo marcadamente ácido ( $\text{pH} = 4,99$ ). La conductividad eléctrica, que indica la capacidad del suelo para conducir la electricidad y se asocia a su nivel de salinidad, mostró un valor que sugiere una salinidad moderada ( $2,82 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ ). En relación con la materia orgánica, se determinó que el suelo posee una fertilidad moderada (4,83%).

El nitrógeno, fósforo y potasio son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, el suelo presentó cantidades moderadas de estos nutrientes ( $\text{N} = 0,24\%$ ;  $\text{P} = 5,30 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ ;  $\text{K} = 33,00 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ ); referente al análisis textural, los valores indican que el suelo es de textura franco.

Los cationes cambiabiles son nutrientes importantes para las plantas que están disponibles para su absorción. Los valores indican que el suelo tiene una cantidad moderada de calcio, una cantidad baja de magnesio y potasio, y una cantidad alta de aluminio. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una medida de la capacidad del suelo para retener nutrientes en forma de cationes, el suelo presenta un valor de 8,76 indica que el suelo tiene una capacidad moderada para retener nutrientes.

Los resultados obtenidos del análisis del suelo evidenciaron que este presenta una fertilidad moderada, pero es bastante ácido y salino, lo que puede limitar el crecimiento de las plantas (Tabla 5). Sería recomendable tomar medidas para corregir el pH y la salinidad, y agregar nutrientes adicionales según las necesidades específicas de las plantas que se desean cultivar.

**Tabla 5**  
*Resultados de las propiedades fisicoquímicas iniciales*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>
<b>Ensayo</b>		
pH	--	4,99
Conductividad	mS/m	2,82
Materia orgánica	%	4,83
Nitrógeno	%	0,24
Fósforo	$\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$	5,30
Potasio	$\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$	33,00
<b>Análisis textural</b>		
Arena	%	51,38

Limo	%	16,91
Arcilla	%	35,28
Clase textural	--	Franco
<b>Cationes cambiables</b>		
Calcio (Ca <sup>+2</sup> )	C mol(+).Kg <sup>-1</sup>	1,14
Magnesio (Mg <sup>+2</sup> )	C mol(+).Kg <sup>-1</sup>	0,32
Potasio (K <sup>+</sup> )	C mol(+).Kg <sup>-1</sup>	0,10
Sodio (Na <sup>+</sup> )	C mol(+).Kg <sup>-1</sup>	ND
Aluminio (Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup> )	C mol(+).Kg <sup>-1</sup>	7,20
CICe	--	8,76

Fuente: Elaboración propia a partir del INFORME DE ENSAYO N° 07011-22/SU/ELPROVENIR del LABSAF - INIA (Ver Anexo 7).

## 4.2 Características físico químicas de los tratamientos

En la tabla 6 se muestran el análisis físico químicos realizados en los tratamientos en las dos evaluaciones. En el parámetro pH, hubo variaciones en la primera y segunda evaluación respecto al valor inicial. En la primera evaluación el que tuvo valores alto fue T<sub>2</sub> (1,5 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con 5,07; mientras que en la segunda evaluación el que tuvo valores altos fue T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con 6,68. Referente a la conductividad, en la primera evaluación el que tuvo el valor más alto fue T<sub>2</sub> (1,5 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con 0,63 mS.m<sup>-1</sup>; mientras que en la segunda evaluación fue T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con 5,70 mS.m<sup>-1</sup>. En materia orgánica, en la primera y segunda evaluación el valor más alto lo tuvo T<sub>1</sub> (1,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con 6,91% y 6,37% respectivamente.

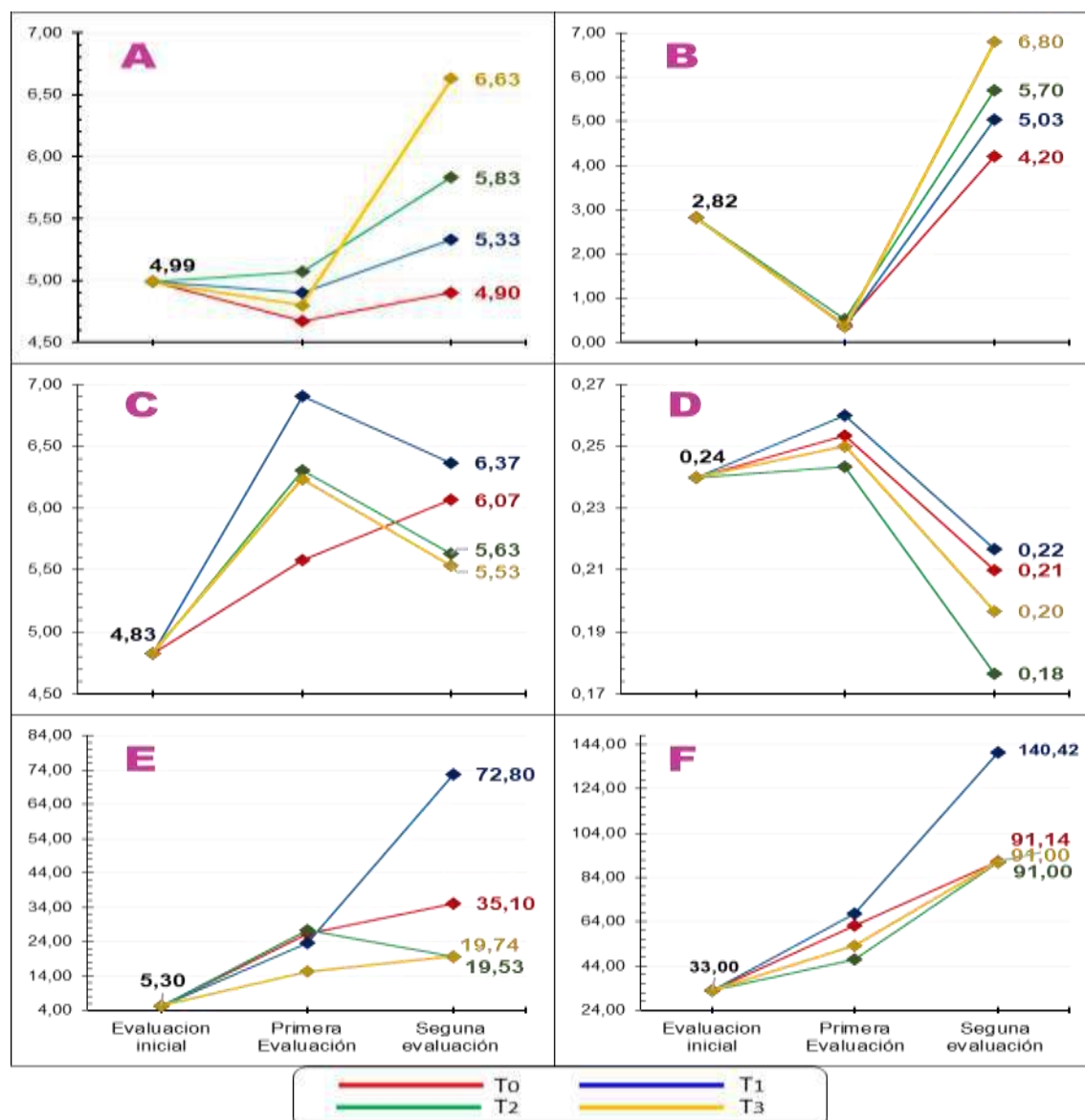
**Tabla 6**

*Características físico químicas de los tratamientos*

Parámetro	Unidad	Evaluaciones	Valor inicial	Tratamientos			
				T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
pH	--	Eval <sub>0</sub>	4,99	--	--	--	--
		Eval <sub>1</sub>	--	4,67	4,90	5,07	4,80
		Eval <sub>2</sub>	--	4,90	5,33	5,83	6,63
Conductividad	mS.m <sup>-1</sup>	Eval <sub>0</sub>	2,82	--	--	--	--
		Eval <sub>1</sub>	--	0,40	0,37	0,53	0,37
		Eval <sub>2</sub>	--	4,20	5,03	5,70	6,80
Materia orgánica	%	Eval <sub>0</sub>	4,83	--	--	--	--
		Eval <sub>1</sub>	--	5,58	6,91	6,30	6,23
		Eval <sub>2</sub>	--	6,07	6,37	5,63	5,53
Nitrógeno	%	Eval <sub>0</sub>	0,24	--	--	--	--
		Eval <sub>1</sub>	--	0,25	0,26	0,24	0,25
		Eval <sub>2</sub>	--	0,21	0,22	0,18	0,20
Fosforo	ppm	Eval <sub>0</sub>	5,30	--	--	--	--
		Eval <sub>1</sub>	--	26,18	23,57	27,35	15,33
		Eval <sub>2</sub>	--	35,10	72,80	19,53	19,74
Potasio	ppm	Eval <sub>0</sub>	33,00	--	--	--	--
		Eval <sub>1</sub>	--	62,40	67,60	46,80	53,40
		Eval <sub>2</sub>	--	91,14	140,42	91,00	91,00
Calcio	Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>	Eval <sub>0</sub>	1,14	--	--	--	--

		Eval <sub>1</sub>	--	1,65	1,52	3,94	2,19
		Eval <sub>2</sub>	--	1,37	2,46	3,20	4,67
		Eval <sub>0</sub>	0,32	--	--	--	--
Magnesio	Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>	Eval <sub>1</sub>	--	0,47	1,12	0,98	1,20
		Eval <sub>2</sub>	--	0,23	1,76	3,15	4,41
		Eval <sub>0</sub>	7,20	--	--	--	--
Aluminio	Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>	Eval <sub>1</sub>	--	3,24	2,31	2,48	1,52
		Eval <sub>2</sub>	--	3,24	2,31	0,99	0,10
		Eval <sub>0</sub>	8,76	--	--	--	--
CIC	Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>	Eval <sub>1</sub>	--	6,66	6,44	8,51	6,75
		Eval <sub>2</sub>	--	5,99	8,04	8,13	9,82

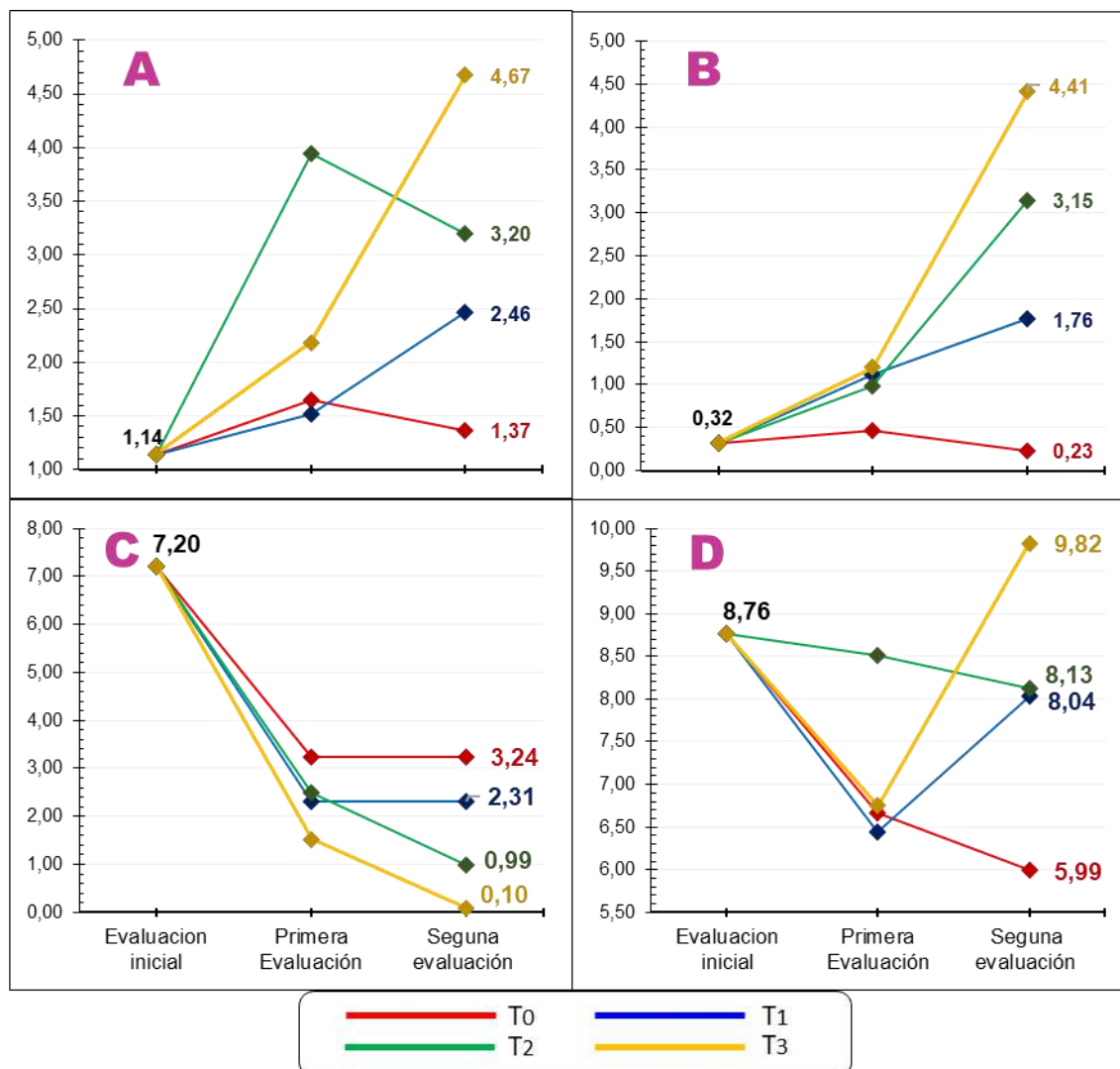
Nota: El significado de los acrónimos son: Eval<sub>0</sub> (Evaluación inicial), Eval<sub>1</sub> (Primera evaluación) y Eval<sub>2</sub> (Segunda evaluación) (Ver Anexo 8 y 9).



**Figura 7**

Características físico químicas de los tratamientos. A) Valores de pH. B) Valores de conductividad (mS/m). C) Valores de materia orgánica (%). D) Valores de Nitrógeno (%). E) Valores de fósforo (ppm). F) Valores de potasio (ppm).

Para los valores de nitrógeno, T<sub>1</sub> (1,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) tuvo los valores más altos en las dos evaluaciones (0,26% y 0,22% respectivamente). Para los valores de fósforo, en la primera evaluación T<sub>2</sub> (1,5 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) tuvo los valores más altos con 27,35 ppm; mientras que para la segunda evaluación fue T<sub>1</sub> con 72,80 ppm. Para potasio, en ambas evaluaciones T<sub>1</sub> tuvo los valores más altos con valores de 67,60 ppm y 140,42 ppm (Figura 7).



**Figura 8**

Características físico químicas de los tratamientos. A) Valores de calcio [C mol (+). Kg<sup>-1</sup>]. B) Valores de magnesio [C mol (+). Kg<sup>-1</sup>]. C) Valores de aluminio [C mol (+). Kg<sup>-1</sup>]. D) Capacidad de intercambio catiónico (CICe).

Concerniente a los cationes cambiables, para calcio el tratamiento que tuvo los mejores valores en la primera evaluación fue T<sub>2</sub> (1,5 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con 3,94 Cmol(+).Kg<sup>-1</sup>; mientras que en la segunda evaluación fue T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con 4,67 Cmol(+).Kg<sup>-1</sup>. En magnesio, en ambas evaluaciones el T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) tuvo los mejores valores con 1,20 y 4,41 Cmol(+).Kg<sup>-1</sup>; mientras que para aluminio el que tuvo mejores valores en ambas evaluaciones fue T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con valores de

1,52 y 0,10 Cmol(+).Kg<sup>-1</sup>. Finalmente, para CIC en la primera evaluación el que tuvo el valor más alto fue T<sub>2</sub> (1,5 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) con 8,51 Cmol(+).Kg<sup>-1</sup>; mientras que para la segunda evaluación T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) tuvo el valor más alto con 9,82 Cmol(+).Kg<sup>-1</sup> (Figura 8).

### 4.3 Tratamiento óptimo

**Prueba de normalidad.** Se aplicó la prueba de normalidad a través del test de Shapiro-Wilk, lo cual indicó que los parámetros pH, conductividad, materia orgánica, nitrógeno y fósforo se distribuyen de manera normal. En contraste, el parámetro potasio fue el único que no cumplió con la normalidad. A continuación se presenta la Tabla 7, que resume los resultados de dicha prueba.

**Tabla 7**  
*Evaluación de la normalidad de los datos*

Variable	p-valor	Decisión
pH	0,8285	0,8285 > 0,05 Distribución paramétrica (Normal)
Conductividad	0,8957	0,8957 > 0,05 Distribución paramétrica (Normal)
Materia orgánica	0,7653	0,7653 > 0,05 Distribución paramétrica (Normal)
Nitrógeno	0,1093	0,1093 > 0,05 Distribución paramétrica (Normal)
Fosforo	0,3715	0,3715 > 0,05 Distribución paramétrica (Normal)
Potasio	0,0198	0,0198 < 0,05 No presenta distribución normal

Nota: "Regla de decisión: i) Si p-valor es mayor al nivel de significancia (p-valor > 0,05), los valores presentan normalidad; ii) Si p-valor es menor al nivel de significancia (p-valor < 0,05), los valores presentan no normalidad, y tienen que ser analizados por una prueba no paramétrica".

### Análisis de varianza y prueba de medias

#### Parámetro pH

La Tabla 8 presenta el resultado del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los valores de pH en los cuatro tratamientos. Los datos revelan diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que el pH está influenciado, entre otros factores, por la aplicación de diversas dosis de dolomita, resultando en una mejora de la acidez del suelo. Este hallazgo se respalda en un p-valor inferior al nivel de significancia (0,0290 < 0,05), y se observó un coeficiente de variación del 9,14%.

**Tabla 8***Resultado ANOVA para pH*

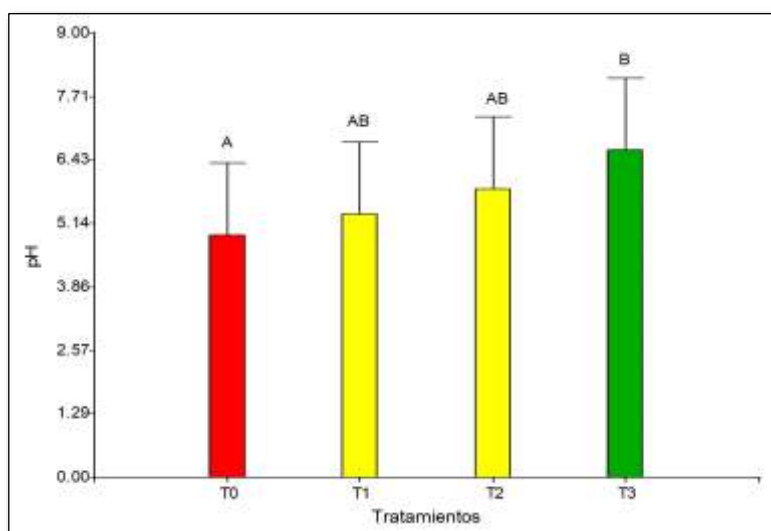
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F Calculado	p-valor
Tratamiento	3	4,98	1,66	6,17	0,0290
Bloque	2	0,30	0,15	0,57	0,5951
Error	6	1,62	0,27		
Total	11	6,90			

La Tabla 9 y la Figura 9 evidencian diferencias significativas, dividiendo los tratamientos en tres grupos (A, AB y B). Se identificó al tratamiento T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) del grupo B como el óptimo, ya que presentó un valor promedio de pH de 6,63. Por otro lado, los tratamientos T<sub>1</sub> (1,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) y T<sub>2</sub> (1,5 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita), clasificados en el grupo AB, muestran características intermedias, compartiendo similitudes tanto con T<sub>0</sub> (1,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de magnocal, grupo A) como con T<sub>3</sub> (grupo B), con promedios de pH de 5,33 y 5,83 respectivamente. Finalmente, el tratamiento testigo T<sub>0</sub> (1,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de magnocal) del grupo A presentó el menor valor de pH, con un promedio de 4,90.

**Tabla 9***Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para pH.*

Tratamiento	n	Medias	P. Tukey
T <sub>0</sub>	3	4,90	A
T <sub>1</sub>	3	5,33	A B
T <sub>2</sub>	3	5,83	A B
T <sub>3</sub>	3	6,63	B

Nota: Las medias que presenten una letra en común son significativamente iguales.

**Figura 9**

Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para pH.

### Parámetro Conductividad

En la tabla 10 se presenta el resultado del ANOVA para los valores de conductividad ( $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) obtenido en los cuatro tratamientos. Estos resultados señalan que existen diferencias significativas desde un punto de vista estadístico. Se concluye, por lo tanto, que los valores de conductividad se ven afectados, entre otros factores, por la aplicación de diferentes dosis de dolomita, lo cual contribuye a mejorar los niveles de salinidad en el suelo. Este hallazgo se respalda en que el p-valor es inferior al umbral de significancia establecido ( $0,05 \leq 0,05$ ), y se observó un coeficiente de variación del 16,07%.

**Tabla 10**  
*ANOVA para conductividad*

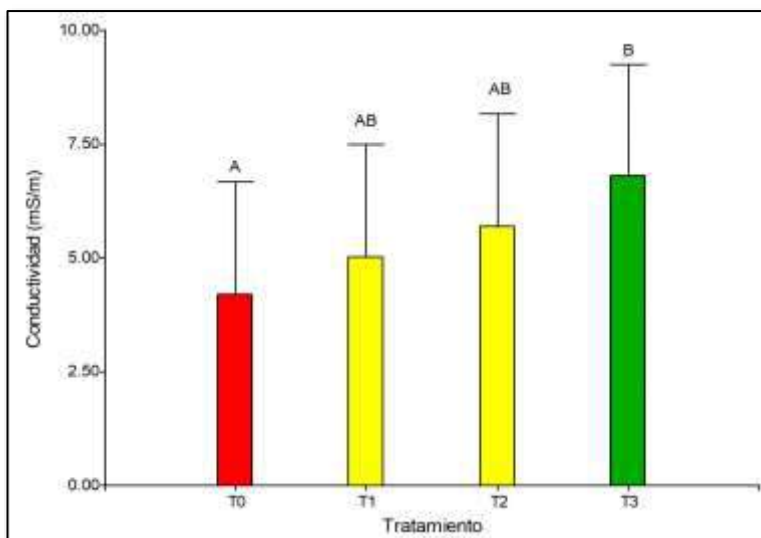
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F Calculado	p-valor
Tratamiento	3	10,86	3,62	4,75	0,0502
Bloque	2	0,67	0,34	0,44	0,6630
Error	6	4,58	0,76		
Total	11	16,11			

Los resultados de la prueba de medias evidencian diferencias significativas (véase Tabla 11 y Figura 10), identificando tres grupos de tratamiento (A, AB y B). Se destaca que el tratamiento  $T_3$  ( $2,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de dolomita), perteneciente al grupo B, resultó ser el óptimo, con un valor promedio de conductividad de  $6,80 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Por otro lado, los tratamientos  $T_1$  ( $1,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de dolomita) y  $T_2$  ( $1,5 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de dolomita), clasificados en el grupo AB, presentan características intermedias entre el tratamiento testigo  $T_0$  ( $1,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de magnocal, grupo A) y  $T_3$ , con promedios de  $5,03 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$  y  $5,70 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$  respectivamente. Finalmente, el tratamiento  $T_0$  ( $1,0 \text{ Tn. ha}^{-1}$  de magnocal) del grupo A mostró la conductividad más baja, con un valor promedio de  $4,20 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

**Tabla 11**  
*Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) valores de conductividad*

Tratamiento	n	Medias	P. Tukey	
$T_0$	3	4,20	A	
$T_1$	3	5,03	A	B
$T_2$	3	5,70	A	B
$T_3$	3	6,80	B	

Nota: Las medias que presenten una letra en común son significativamente iguales.



**Figura 10**

Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para conductividad.

### Parámetro Materia Orgánica

Los resultados del ANOVA para la Materia Orgánica (%) en los cuatro tratamientos indican que no se observan diferencias significativas. En consecuencia, se concluye que los valores de materia orgánica (%) no dependen, entre otros factores, de la aplicación de diversas dosis de dolomita, es decir, no afectan la mejora de la fertilidad del suelo (véase Tabla 12). Este resultado se sustenta en que el p-valor es superior al nivel de significancia establecido ( $0,6086 > 0,05$ ), y el coeficiente de variación registrado fue del 14,06%.

**Tabla 12**

ANOVA para los valores de Materia Orgánica

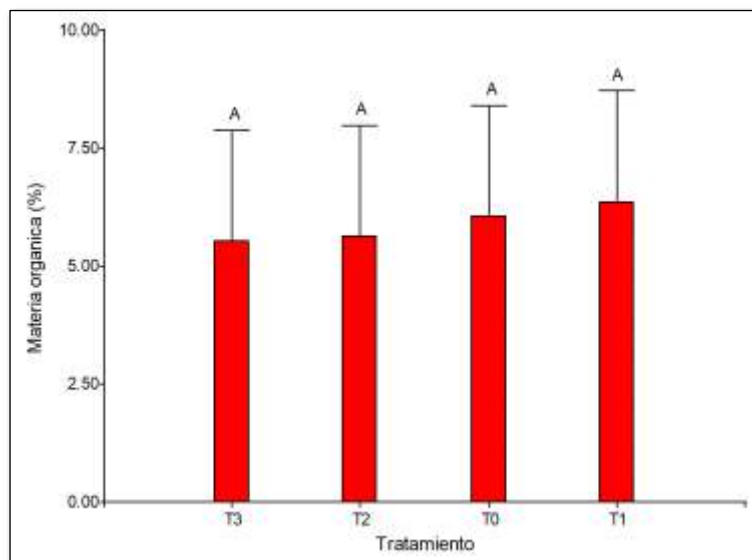
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F Calculado	p-valor
Tratamiento	3	1,35	0,45	0,66	0,6086
Bloque	2	1,42	0,71	1,03	0,4133
Error	6	4,13	0,69		
Total	11	6,90			

La Tabla 13 y la Figura 11 demuestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, evidenciando la presencia de una única agrupación (A), lo que indica que no se puede identificar un tratamiento óptimo específico. Además, el tratamiento T<sub>1</sub> (1,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) exhibió el mayor contenido de materia orgánica con un 6,37%, seguido del T<sub>0</sub> (1,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de magnocal) con un 6,07%. En contraste, el T<sub>3</sub> (2,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) presentó los valores más bajos, alcanzando un 5,53%.

**Tabla 13***Prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para Materia Orgánica*

Tratamiento	n	Medias	P, Tukey
T <sub>0</sub>	3	6,07	A
T <sub>1</sub>	3	6,37	A
T <sub>2</sub>	3	5,63	A
T <sub>3</sub>	3	5,53	A

Nota: Las medias que presenten una letra en común son significativamente iguales

**Figura 11**

Prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para Materia Orgánica.

### Parámetro nitrógeno

El análisis ANOVA aplicado a los valores de nitrógeno (%) en los cuatro tratamientos demuestra que, estadísticamente, no existen diferencias significativas. En consecuencia, se concluye que las concentraciones de nitrógeno (%) no dependen, entre otros factores, de la aplicación de diversas dosis de dolomita, lo que indica que dichas variaciones no inciden en la mejora de los niveles de nitrógeno del suelo (véase Tabla 4). Este hallazgo se respalda en que el valor  $p$  es mayor al nivel de significancia establecido ( $0,6253 > 0,05$ ), con un coeficiente de variación del 22,41%.

**Tabla 14***ANOVA para las concentraciones de Nitrógeno*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F Calculado	p-valor
Tratamiento	3	2,8E-03	9,3E-04	0,46	0,7174
Bloque	2	4,6E-3	2,3E-03	1,13	0,3825
Error	6	0,01	2,0E-03		
Total	11	0,02			

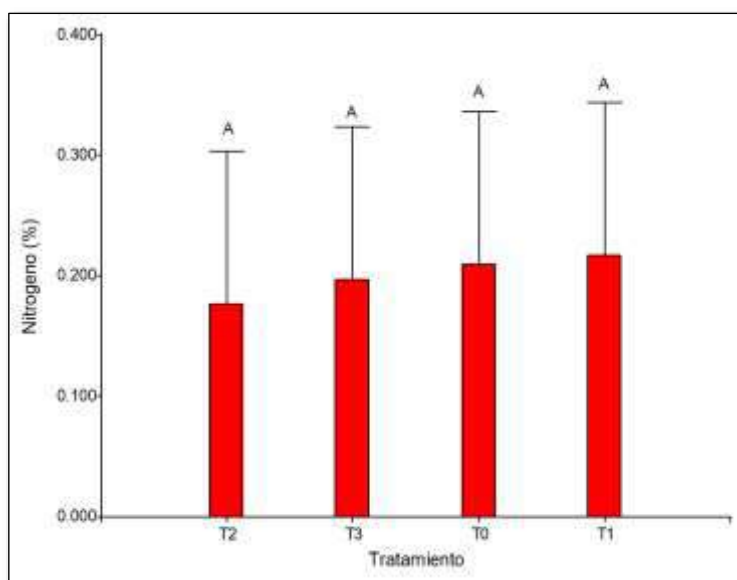
Los resultados muestran que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (véase Tabla 15 y Figura 12), ya que se observó una única agrupación (A), lo que indica la ausencia de un tratamiento óptimo. En cuanto al contenido de nitrógeno, el tratamiento T<sub>1</sub> (1,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) presentó el valor más alto, alcanzando un 0,22%, seguido por T<sub>0</sub> (1,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de magnocal) con un 0,21%. Por último, el tratamiento T<sub>2</sub> (1,5 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) mostró el valor más bajo, con un 0,18%.

**Tabla 15**

*Prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para Nitrógeno*

Tratamiento	n	Medias	P, Tukey
T <sub>0</sub>	3	0,21	A
T <sub>1</sub>	3	0,22	A
T <sub>2</sub>	3	0,18	A
T <sub>3</sub>	3	0,20	A

Nota: Las medias que presenten una letra en común son significativamente iguales



**Figura 12**

Prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para el análisis de Nitrógeno.

### Parámetro fósforo

La Tabla 16 presenta el resultado del ANOVA aplicado a los valores de fósforo (ppm) en los cuatro tratamientos. Los datos evidencian diferencias estadísticamente significativas, lo que confirma que las concentraciones de fósforo se ven afectadas, entre otros factores, por la aplicación de diferentes dosis de dolomita, contribuyendo a la mejora de este nutriente en el suelo. Este hallazgo se sustenta en que el p-valor es inferior al nivel de significancia ( $0,0022 < 0,05$ ) y se registró un coeficiente de variación del 16,07%.

**Tabla 16**

ANOVA para los valores de Fosforo

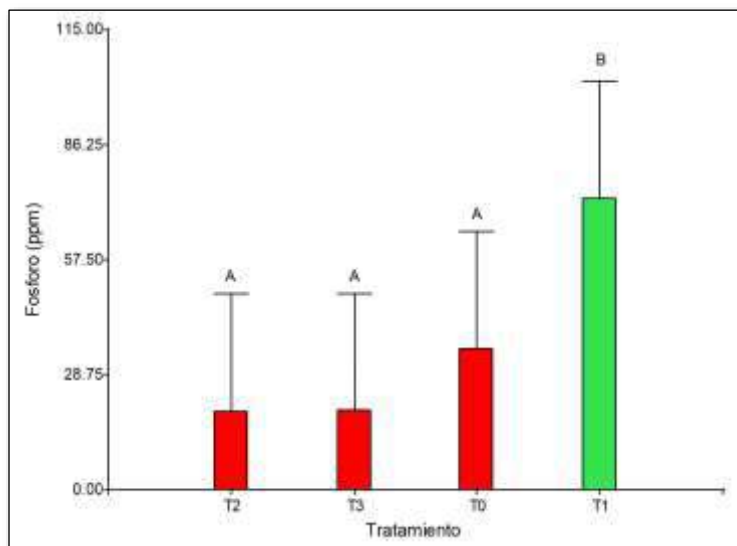
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F Calculado	p-valor
Tratamiento	3	5664,21	1888,07	17,56	0,0022
Bloque	2	1700,79	850,40	7,91	0,0208
Error	6	645,10	107,52		
Total	11	8010,11			

La Tabla 17 y la Figura 13 evidencian diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando la existencia de dos agrupaciones (A y B). Se identificó que el tratamiento T<sub>1</sub> (1,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita), clasificado en el grupo B, es el óptimo, presentando un valor promedio de 72,80 ppm de fósforo. En contraste, los tratamientos T<sub>0</sub> (1,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de magnocal), T<sub>3</sub> (2,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) y T<sub>2</sub> (1,5 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) se agrupan en la categoría A. Finalmente, el tratamiento T<sub>2</sub>, perteneciente al grupo A, mostró el valor más bajo de fósforo, alcanzando un promedio de 19,53 ppm.

**Tabla 17**Prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los niveles de fósforo.

Tratamiento	n	Medias	P, Tukey
T <sub>2</sub>	3	19,53	A
T <sub>3</sub>	3	19,74	A
T <sub>0</sub>	3	35,10	A
T <sub>1</sub>	3	72,80	B

Nota: Las medias que presenten una letra en común son significativamente iguales

**Figura 13**Prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los niveles de fósforo.

### Parámetro potasio

De acuerdo con los resultados de la prueba de normalidad (Tabla 7), se determinó que los valores de este parámetro no se distribuyen de forma normal ( $p\text{-valor} = 0,0198 <$

0,05). En vista de ello, se recurrió a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para evaluar si existían diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la mejora del suelo. El p-valor obtenido fue 0,4433, superando el nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Por consiguiente, se concluye que no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que las diversas dosis aplicadas al suelo ejercen un efecto similar en la mejora de las condiciones fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo (Tabla 18).

Es relevante destacar que, al no encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de Kruskal-Wallis, no se procedió al análisis de medias para datos no paramétricos. Se observó que el tratamiento T<sub>1</sub> (1,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) registró el valor más alto, alcanzando 140,42 ppm, mientras que los tratamientos T<sub>2</sub> (1,5 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) y T<sub>3</sub> (2,0 Tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita) mostraron los valores más bajos, ambos con 91,00 ppm.

**Tabla 18**

*Análisis de varianza no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis para el parámetro potasio.*

Tratamiento	Repetición	N	Medias	H	p-valor
T <sub>0</sub> - Testigo (Cal agrícola)	1	1	78,20	10,96	0,4433
T <sub>0</sub> - Testigo (Cal agrícola)	2	1	125,46		
T <sub>0</sub> - Testigo (Cal agrícola)	3	1	69,77		
T <sub>1</sub> - 1,0 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	1	1	112,98		
T <sub>1</sub> - 1,0 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	2	1	164,36		
T <sub>1</sub> - 1,0 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	3	1	143,91		
T <sub>2</sub> - 1,5 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	1	1	66,30		
T <sub>2</sub> - 1,5 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	2	1	93,60		
T <sub>2</sub> - 1,5 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	3	1	113,10		
T <sub>3</sub> - 2,0 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	1	1	109,20		
T <sub>3</sub> - 2,0 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	2	1	93,60		
T <sub>3</sub> - 2,0 Tn, ha <sup>-1</sup> de dolomita	3	1	70,20		

Dentro de los estudios citados, como los realizados por Montoya et al. (2020), Vázquez et al. (2020) y Vázquez y Loli (2018), se respalda la relevancia de las enmiendas orgánicas para mejorar las propiedades físico-químicas del suelo y mitigar los efectos adversos del monocultivo. La incorporación de enmiendas en forma de compost y vermicompost incrementa el porcentaje de materia orgánica, estabiliza los rangos del pH y eleva la disponibilidad de fósforo. Los resultados de la presente investigación son coherentes con estos hallazgos, puesto que el tratamiento T<sub>1</sub>, que aplicó 1,0 tn·ha<sup>-1</sup> de dolomita, mostró los mayores valores de materia orgánica, nitrógeno y potasio, lo cual sugiere que el uso de enmiendas orgánicas constituye una práctica eficaz para mejorar la fertilidad del suelo.

Por otro lado, Delgado-Londoño (2017) también sugiere que la aplicación de enmiendas orgánicas puede ayudar a recuperar las propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. En este sentido, aunque la investigación actual no midió directamente la erosión del suelo, es posible que la mejora de los parámetros físicos y químicos del suelo como resultado de la aplicación de enmiendas también pueda tener un efecto positivo en la prevención de la erosión del suelo.

En ese mismo enfoque, Montoya et al. (2020), manifiesta que las enmiendas orgánicas tienen impactos positivos en los cultivos, mejorando la estructura y fertilidad del suelo, controlando enfermedades y plagas, reduciendo la erosión del suelo y mejorando la calidad del producto. Sin embargo, los efectos pueden variar según las condiciones específicas de cada situación y es necesario evaluar cuidadosamente cada caso.

En resumen, la investigación actual respalda la idea de que la aplicación de enmiendas orgánicas puede ser una práctica efectiva para mejorar las propiedades del suelo, lo que puede tener un impacto positivo en la producción agrícola. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para comprender mejor los mecanismos detrás de estos efectos y para determinar la mejor manera de aplicar estas prácticas en diferentes sistemas de cultivo.

Los niveles de pH fueron evolucionando desde su primera evaluación hasta la segunda (60 días después), teniendo evolución desde 4,99 hasta 6,63, teniendo como tratamiento óptimo T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita). Calva y Espinosa (2017), en su investigación aplicaron varios materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. Observaron un incremento en el pH después de 45 días de incubación, pero solo en dosis altas de enmiendas, que podrían haber superado la capacidad tampón del suelo. La dosis óptima para obtener el mayor rendimiento se encuentra entre 1,0 y 1,5 Tn.ha<sup>-1</sup>, suficiente para elevar el pH y eliminar los problemas de acidez y precipitar el Al<sup>+3</sup> tóxico. Por otro lado, Mezones (2019) en su investigación aplicó dolomita para mejorar los niveles de acidez del suelo en suelos arroceros de la provincia de Jaen, obteniendo como tratamiento óptimo la aplicación de 1,49 Tn.ha<sup>-1</sup> de dolomita. Ambas investigaciones citadas guardan mucha relación con los resultados obtenidos.

Por otro lado, los niveles de nitrógeno decayeron totalmente en la segunda evaluación, teniendo niveles bajos de concentración de nitrógeno. Monsalve-C et al. (2017), explica este fenómeno, pues en su investigación analiza los factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando se aplican enmiendas orgánicas al suelo. Los autores destacan que la mineralización de nitrógeno depende de diversos

factores, como el tipo de enmienda, la relación carbono/nitrógeno, la temperatura y la humedad del suelo, entre otros. Concluyeron que es necesario evaluar cuidadosamente cada situación para determinar el impacto de las enmiendas orgánicas en la mineralización de nitrógeno.

Referente a los valores de cationes cambiabiles obtenidos en la investigación, Bernal et al. (2014), menciona que la incorporación de dolomita en el suelo contribuye y favorece el incremento de bases intercambiables, ya que la acción principal de esta técnica consiste en la corrección de las condiciones químicas del mismo.

El estudio de Espinoza Veli (2019) analizó el impacto de cuatro dosis de dolomita en las propiedades físico-químicas del suelo en una plantación de "pino chuncho", evidenciando que los tratamientos comprendieron variadas cantidades de dolomita, desde 1,0 hasta 2,0 Tn. ha<sup>-1</sup>. Los resultados indicaron que los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> (1,5 Tn. ha<sup>-1</sup> y 2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita, respectivamente) mejoraron significativamente los valores de pH, conductividad, calcio, magnesio, aluminio y CIC del suelo en comparación con los otros tratamientos.

Por otro lado, la tesis de Arista (2017) evaluó diferentes niveles de dolomita y microorganismos eficientes en pastos cultivados asociados en suelos ácidos de Ayacucho. Los resultados indicaron que la aplicación de dolomita mejoró significativamente las propiedades químicas del suelo, incluyendo el pH, la saturación de bases y la disponibilidad de nutrientes, lo que se tradujo en un aumento en el rendimiento del cultivo.

En su artículo, Damian et al. (2018) presentó un plan de enmiendas para mejorar el suelo, incluyendo el uso de yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz. Los resultados mostraron que las enmiendas mejoraron significativamente la fertilidad del suelo y la producción de cultivos.

Sias (2020) realizó un estudio en el que combinó gallinaza con dolomita, evidenciando mejoras significativas en las propiedades del suelo. Al aplicar 2,0 Tn de gallinaza junto a 4,0 Tn de dolomita, se obtuvieron valores de pH de 5,54 y 7,56 Cmol(+)/kg de Ca. Además, al mezclar gallinaza con 2,0 Tn de dolomita se registraron mejoras en la materia orgánica (1,66%), nitrógeno (0,08%) y potasio (260,14 ppm). Esto en contraste con los resultados obtenidos en la investigación, sugieren la importancia de asociar a los elementos encalantes con algún otro material orgánico, ya que se puede evidenciar que se obtienen buenos resultados.

En resumen, estos estudios subrayan la relevancia de incorporar enmiendas al suelo—tales como dolomita, yeso agrícola, compost y humus de lombriz—para optimizar sus propiedades físico-químicas y, en consecuencia, potenciar la productividad de los cultivos. Los resultados también sugieren que la cantidad y el tipo de enmiendas utilizadas pueden influir en la efectividad de la enmienda en el suelo, lo que resalta la importancia de evaluar diferentes dosis y tipos de enmiendas para determinar la mejor opción para cada situación específica.

Los resultados de la investigación deben abrir paso a nuevas líneas de investigación, donde se trate de usar las dosis óptimas aplicando algún cultivo, a fin de poder evaluar otras variables como crecimiento, desarrollo, rendimiento, etc. Además, se puede sugerir asociar la dolomita con algún fertilizante (orgánico e inorgánico).

Finalmente, Los resultados del análisis de varianza y las pruebas de medias destacan el impacto significativo de la dosificación de dolomita en los parámetros de pH, conductividad y fósforo del suelo. Basándonos en los resultados, se recomienda la aplicación de dolomita para mejorar propiedades específicas del suelo. La dosis óptima, evidenciada en el tratamiento T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup>), ha mostrado impactos notables en pH y conductividad, indicando mejoras en la corrección de acidez y salinidad. Sin embargo, para objetivos específicos, como el aumento de fósforo y magnesio, se sugiere considerar la dosis de 1,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita (T<sub>1</sub>).

Es fundamental reconocer que, aunque la dosificación de dolomita ha demostrado eficacia en la mejora selectiva del suelo, no se observaron cambios significativos en materia orgánica, nitrógeno y potasio. Por lo tanto, al implementar esta recomendación, se debe tener en cuenta la necesidad de estrategias adicionales para abordar la fertilidad del suelo en términos de estos nutrientes específicos. La dosificación óptima de dolomita se presenta como una herramienta valiosa para corregir la acidez y salinidad del suelo, pero una gestión integral podría ser necesaria para abordar la fertilidad del suelo de manera completa.

#### **1.4. Discusión de resultados**

En el estudio llevado a cabo por Espinoza Veli (2019), se evaluó el impacto de cuatro dosis de dolomita en la mejora de las propiedades físico-químicas del suelo en una plantación de “Pino chuncho” (*Schizolobium parahyba*). Los resultados evidenciaron que la aplicación de dolomita contribuyó a optimizar la calidad del suelo, reflejándose en un incremento del pH y en una mayor disponibilidad de nutrientes. En la investigación para la primera evaluación, el tratamiento T<sub>2</sub> (1,5 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) presentó valores altos

de pH y conductividad, mientras que en la segunda evaluación el tratamiento T<sub>3</sub> (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) obtuvo los valores más altos. En cuanto a los nutrientes, se observó que T<sub>1</sub> (1,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita) tuvo los valores más altos de materia orgánica y nitrógeno en ambas evaluaciones. El fósforo y el potasio aumentaron en diferentes tratamientos en las dos evaluaciones. En términos de los cationes cambiables, se observó que el calcio, el magnesio y el aluminio mejoraron en diferentes tratamientos en las dos evaluaciones. Luego de exponer los resultados de ambas investigaciones, se puede asegurar que la aplicación de dolomita a diferentes dosis mejora significativamente la calidad del suelo, la cual quedó demostrado tanto para mejorar los suelos del Alto Mayo y mejorar suelos para plantas forestales, como es el caso de la investigación de Espinoza Veli (2019), en su investigación con "Pino chuncho" (*Schizolobium parahyba*).

Por otro lado, el estudio de Cruzado (2017) evaluó el efecto de diferentes enmiendas agrícolas en los niveles de pH y disponibilidad de nutrientes en el suelo de una plantación de cacao. Se encontró que el tratamiento T<sub>3</sub> (Magnecal de 95,83 kg) fue el que generó mejores resultados en los niveles agronómicos y estadísticamente superiores a los otros tratamientos utilizados, con valores de pH de 4,91 para el tratamiento T<sub>0</sub> y aumentos de 0,24, 0,22, 0,07 y 0,02 para los tratamientos T<sub>2</sub> (Dolomita), T<sub>3</sub> (Magnocal), T<sub>1</sub> (cal agrícola) y T<sub>4</sub> (Magnocal), respectivamente.

Impacto Positivo en la Calidad del Suelo:

Ambas investigaciones sugieren un impacto positivo de las enmiendas agrícolas, especialmente la dolomita, en la mejora de la calidad del suelo. Este efecto se manifiesta en aumentos significativos en el pH y la disponibilidad de nutrientes, lo que puede contribuir a condiciones más propicias para el crecimiento de plantas. La variabilidad en los resultados entre las diferentes dosis de dolomita y tipos de enmiendas (como se muestra en los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>) resalta la importancia de considerar cuidadosamente la cantidad y tipo de enmienda aplicada. Esto tiene implicaciones directas en la eficacia ambiental y agronómica de las prácticas de manejo del suelo.

Evaluación en Contextos Diferentes:

La investigación de Espinoza Veli (2019) se enfoca en mejorar los suelos del Alto Mayo y su idoneidad para plantas forestales, específicamente el "Pino chuncho" (*Schizolobium parahyba*). Por otro lado, el estudio de Cruzado (2017) se centra en el suelo de una plantación de cacao. Ambos contextos representan aplicaciones prácticas de la investigación agrícola y forestal. Aunque los resultados son prometedores en

términos de mejora inmediata de la calidad del suelo, es importante considerar los impactos a largo plazo de la aplicación de enmiendas agrícolas. Esto incluye la sostenibilidad de la práctica y posibles efectos secundarios en el ecosistema circundante. La superioridad estadística del tratamiento T<sub>3</sub> (Magnocal) en el estudio de Cruzado (2017) subraya la importancia de seleccionar enmiendas agrícolas adecuadas según los requerimientos específicos del suelo y las plantas cultivadas.

En síntesis, el empleo de enmiendas agrícolas puede generar efectos positivos y significativos en la calidad del suelo y en la disponibilidad de nutrientes. No obstante, la selección correcta de las enmiendas y la aplicación de dosis específicas son fundamentales para maximizar tanto los beneficios ambientales como agronómicos. Además, al tratarse de un compuesto inorgánico aceptado en la agricultura orgánica, la dolomita no produce impactos negativos en el ambiente; al contrario, contribuye a mejorar su calidad, tal como se evidenció en los resultados de la presente investigación.

## CONCLUSIONES

En este estudio, se evaluaron cuatro dosis de enmiendas en los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor durante el año 2022. Los resultados indican mejoras significativas en las propiedades fisicoquímicas del suelo. La aplicación de dolomita mostró un aumento constante en el pH, reducción en la acidez y mejora en la disponibilidad de nutrientes. Además, se observaron aumentos en la materia orgánica y nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Los cationes intercambiables, como calcio y magnesio, también experimentaron mejoras, indicando una mayor capacidad del suelo para retener nutrientes. Estos resultados respaldan la efectividad de las enmiendas en la mejora sostenible de la calidad del suelo en la región.

Los resultados iniciales del análisis del suelo revelan una fertilidad moderada, aunque se destaca su acidez y salinidad, con un pH de 4,99, lo cual podría limitar el crecimiento vegetal. En cuanto a los cationes cambiabiles, se observa una cantidad moderada de calcio, bajos niveles de magnesio y potasio, una alta presencia de aluminio, y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) que sugiere una retención moderada de nutrientes por parte del suelo.

El estudio analizó el efecto de aplicar diversas dosis de dolomita sobre las propiedades químicas del suelo. Los hallazgos revelaron modificaciones significativas en los parámetros evaluados en ambas fases de la investigación. En términos generales, la incorporación de dolomita contribuyó a mejorar la calidad del suelo, destacándose en la corrección del pH y en el aumento de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Además, se evidenció un efecto positivo en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. En síntesis, estos resultados sugieren que la aplicación de dolomita puede ser una estrategia efectiva para optimizar la calidad del suelo en zonas agrícolas.

Los resultados del análisis de varianza y las pruebas de medias indican que las dosificaciones de dolomita presentaron un impacto significativo en pH, conductividad y fosforo del suelo, indicando mejoras en la acidez y salinidad. El tratamiento óptimo fue T3 (2,0 Tn. ha<sup>-1</sup>), con valores destacados de pH (6,63) y conductividad (6,80 mS.m<sup>-1</sup>). Aunque T1 y T2 también mejoraron, no se observaron cambios en materia orgánica, nitrógeno y potasio. Estos hallazgos son importantes para determinar la dosificación óptima de dolomita en la mejora de las propiedades del suelo en los parámetros evaluados.

## RECOMENDACIONES

A la comunidad científica a fin, a pesar de los resultados positivos, es necesario seguir evaluando el impacto a largo plazo de estas enmiendas en la sostenibilidad del suelo. Además, futuras investigaciones podrían explorar la interacción de estas enmiendas con diferentes tipos de cultivos para obtener una comprensión más completa de su efectividad en diversos contextos agrícolas.

A los profesionales de la agricultura, cuando tengan suelos moderadamente fértiles y muy ácidos, se les recomienda tomar medidas para corregir el pH y la salinidad, y agregar nutrientes adicionales según las necesidades específicas de las plantas que se desean cultivar

Para la comunidad agrícola, se recomienda la dosis de 2,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita (T<sub>3</sub>) para mejorar conductividad, calcio, aluminio, materia orgánica y CIC. Para aumentar fósforo y magnesio, se sugiere la dosis de 1,0 Tn. ha<sup>-1</sup> de dolomita (T<sub>1</sub>). T<sub>1</sub> también destaca por altos niveles de nitrógeno en ambas evaluaciones. La elección de la dosis dependerá del objetivo específico en cuanto a los nutrientes del suelo.

A la comunidad científica ligada al campo de agricultura, se recomienda realizar más investigaciones en otros parámetros y condiciones de suelo para obtener una comprensión más completa de los efectos de la dosificación de dolomita en la fertilidad del suelo.

Finalmente, al gobierno local y regional en sus áreas de agricultura, tomar en cuenta los resultados de esta investigación, ya que se demostró que la aplicación de dolomita tiene efectividad para mejorar los parámetros físicos químicos del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E., Carrasco, M., León, O., Martínez, E., Silva, P., Castillo, G. y González, S. (2005). Criterios de calidad de suelo agrícola [En línea]. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_suelos/1\\_portada\\_indice.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/1_portada_indice.pdf)
- Arévalo-Gardini, E., Obando-Cerpa, M. E., Zúñiga-Cernades, L. B., Arévalo-Hernández, C. O., Baligar, V., y He, Z. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología aplicada*, 15(2), 81-89. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v15n2/a03v15n2.pdf>
- Aridor, K., y Ben-Zvi, D. (2018). Statistical modeling to promote students' aggregate reasoning with sample and sampling. *ZDM*, 50(7), 1165-1181. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11858-018-0994-5>
- Arista, P. R. (2017). *Niveles de dolomita y de microorganismos eficientes en pastos cultivados asociados, en suelos ácidos de Ayacucho* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Facultad De Ciencias Agrarias]. Disponible en repositorio institucional. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3109>
- Asqui saraza, C. R. (2018). *Efecto de encalado en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Imilla negra en un suelo ácido del CIP. Camacani-Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Antiplano]. Repositorio institucional: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10174>
- Astier-Calderón, M., Maass-Moreno, M., y Etchevers-Barra, J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5), 605-620. <https://www.agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/download/214/214>
- Bernal, A. A., Montaña, J. C., Sánchez, R., Albarrán, Y. L., y Ulloa, F. E. F. (2014). Evaluación de materiales encalantes y orgánicos sobre las bases intercambiables de un suelo sulfatado ácido en invernadero. *Temas agrarios*, 19(1), 19-31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4994549>
- Brtnicky, M., Dokulilova, T., Holatko, J., Pecina, V., Kintl, A., Latal, O., ... y Datta, R. (2019). Long-term effects of biochar-based organic amendments on soil microbial parameters. *Agronomy*, 9(11), 747. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110747>

- Calva, C., y Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110-120. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.505>
- Correa, J. (2019). *Efecto de enmiendas cálcicas y orgánicas en la absorción de cadmio en plántones de cacao (Theobroma cacao L.) en la Región San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín, Facultad De Ciencias Agrarias]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3237>
- Cruzado, D. (2020). *Efecto de la aplicación de enmiendas de origen mineral en el pH del suelo en plantaciones de cacao (Theobroma cacao), distrito de Pólvora–Tocache–San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín, Facultad De Ciencias Agrarias]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3758>
- Damian, M. J., Gonzáles Veintimilla, F., Quiñones Paredes, P., y Terán Iparraguirre, J. R. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa*, 25(1), 141-158. <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- Delgado-Londoño, D. M. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*, (17), 77-83. <https://doi.org/10.21501/21454086.1907>
- Dion, P. P., Jeanne, T., Thériault, M., Hogue, R., Pepin, S., y Dorais, M. (2020). Nitrogen release from five organic fertilizers commonly used in greenhouse organic horticulture with contrasting effects on bacterial communities. *Canadian Journal of Soil Science*, 100(2), 120-135. <https://cdnsiencepub.com/doi/full/10.1139/cjss-2019-0056>
- Duval, M. E., Capurro, J. E., Galantini, J. A., y Andriani, J. M. (2015). Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. *Ciencia del suelo*, 33(2), 247-261. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/2642>
- Espinoza Veli, N. D. (2019). *Efecto de cuatro dosis de dolomita en las propiedades físicas y químicas del suelo en una plantación de schizolobium parahyba var. amazonicum “pino chuncho”, en Antonio Raimondi–Las Vegas–Daniel Alomía Robles* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1610>
- FAO/OIEA (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura/ El Organismo Internacional de Energía Atómica). (2007). Utilización de las rocas

- fosfóricas para una agricultura sostenible. *Boletín FAO fertilizantes y nutrición vegetal*, 13 Roma. 135 p. [En línea]: <http://www.fao.org/3/a-y5053s.pdf>
- Forjan, R., Asensio, V., Guedes, R. S., Rodríguez-Vila, A., Covelo, E. F., y Marcet, P. (2017). Remediation of soils polluted with inorganic contaminants: role of organic amendments. In *Enhancing cleanup of environmental pollutants* (pp. 313-337). Springer, Cham. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-55423-5\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-55423-5_10)
- Herrmann, C. J., y Gozálvez, M. R. (2005). Disponibilidad de Fertilizantes y Enmiendas Minerales para el Agro Argentino. *Disponibilidad de fertilizantes y enmiendas minerales para el agro argentino* [en línea]. Argentina, Buenos Aires: Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 353, p. 59. [consultado: 25 de marzo de 2022]. ISSN 0328-9065. <https://repositorio.segemar.gob.ar/handle/308849217/2960>
- Jiménez Mideros, J. (2014). *Elaboración de abono orgánico líquido fermentado (biol), a partir de vísceras de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), de los criaderos piscícolas de la parroquia de Tufiño* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales]. Repositorio institucional. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/15>
- Landeros-Sánchez, C., Moreno-Seceña, C. J., Gavrillov, L. N., Egorova, O. B., y Angón, C. (2011). Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad. *La biodiversidad en Veracruz: estudio de Estado (Cruz Angón, A., ed.). Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, AC Ciudad de México, México, 477-491.* [https://www.researchgate.net/profile/Cesareo-Landeros-Sanchez/publication/280319743\\_Impacto\\_de\\_la\\_agricultura\\_sobre\\_la\\_biodiversidad/links/55b2934c08ae9289a0858cf8/Impacto-de-la-agricultura-sobre-la-biodiversidad.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Cesareo-Landeros-Sanchez/publication/280319743_Impacto_de_la_agricultura_sobre_la_biodiversidad/links/55b2934c08ae9289a0858cf8/Impacto-de-la-agricultura-sobre-la-biodiversidad.pdf)
- Mezones, M. S. (2019). *Optimización del Encalado sobre el Control de Acidez del Suelo Arrocerero en Bellavista-Provincia de Jaén, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Disponible en repositorio institucional. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/144>
- MINAM (2014). Guía para Muestreo de Suelos (En el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo). Perú. 39 pp. [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO\\_MINAM1.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf)
- Monsalve-C, O. I., Gutiérrez-D, J. S., y Cardona, W. A. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas

- orgánicas al suelo. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 200-209. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5663>
- Montoya, S. A. M., Mora, A. M., y Vásquez, C. J. F. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58-68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Amparo Rojas, L., y Bonilla, R. R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 270-278. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v37n3/pyf03314.pdf>
- Sánchez, D. M. A., Parra, A. L. R., Ortega, F. S., y Acevedo, G. M. (2019). Producción de abono orgánico mediante el compostaje aerotérmico de residuos de poda. *Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 16(1), 156-162. [https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/BISTUA/article/view/3203](https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/BISTUA/article/view/3203)
- Sias, D. Y. (2020). *Efecto de enmiendas orgánicas e inorgánicas en la recuperación de suelos degradados bajo un cultivo de frijol Phaseolus vulgaris en un inceptisol* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria De La Selva, Escuela De Posgrado]. Repositorio concytec. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS\\_7b9813b5cd370cc12416ad4d0e03a7b5](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS_7b9813b5cd370cc12416ad4d0e03a7b5)
- Sosa-Rodrigues, B. A., Sánchez-de-Prager, M., García-Vivas, Y. S., Espinoza-Guardiola, M. D., Rodríguez, J. A., y Sosa-Rodríguez, G. M. (2019). Dinámica de nitrógeno del suelo en agroecosistemas bajo el efecto de abonos verdes. *Acta agronómica*, 68(4), 257-264. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/71963](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/71963)
- Suazo Gómez, D y Vega Artola, M. (2020). *Estudio de mejoramiento físico químico de los suelos en tres unidades productivas para el cultivo del maíz (Zea Mays) en la comunidad de Nandayosis, municipio de Villa Carlos Fonseca, departamento de Managua* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua]. Repositorio institucional. <http://ribuni.uni.edu.ni/3841/>
- Tello Reátegui, P. (2019). *Aplicación de diferentes metodologías en el uso de enmiendas para la recuperación de suelos degradados en la localidad de Río Espino-Monzón* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Escuela de postgrado]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1648>

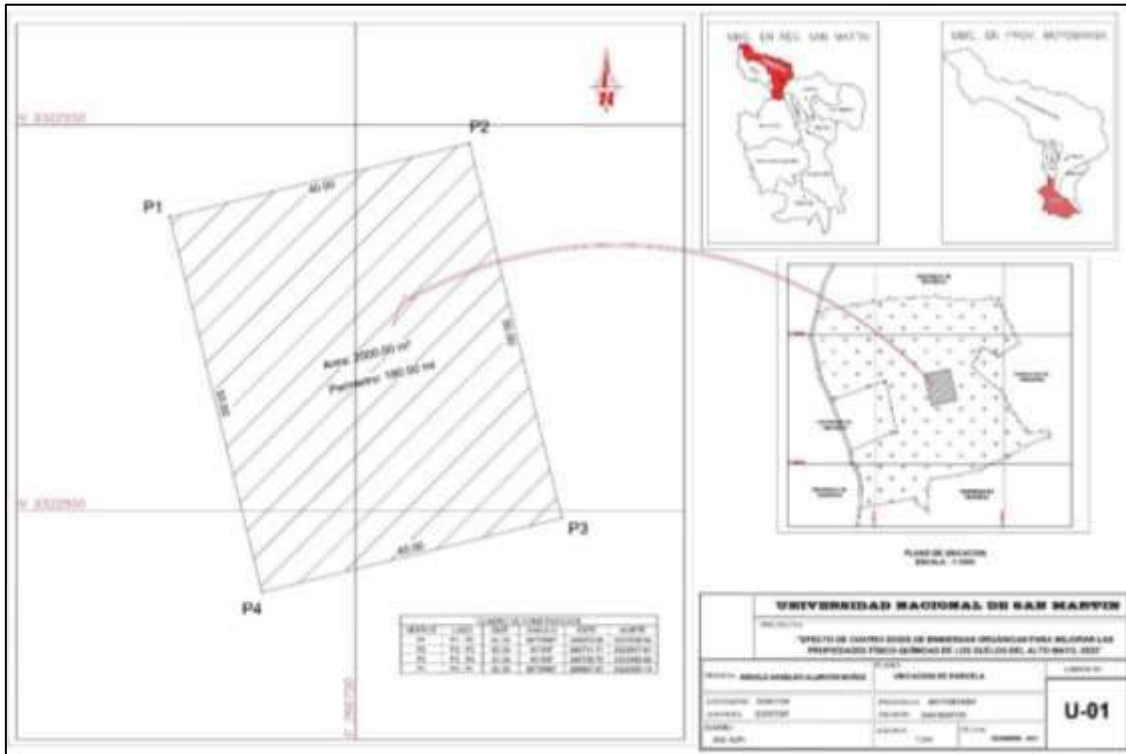
- Tello, P. (2019). *Aplicación de diferentes metodologías en el uso de enmiendas para la recuperación de suelos degradados en la localidad de Río Espino-Monzón* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Escuela de postgrado]. Disponible en repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1648>
- Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos en las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos* [en línea]. Honduras: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Tegucigalpa [Consulta: 27-12-2021]. ISBN: 978-99979-55-01-2. <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/handle/123456789/379>
- Vázquez, J., y Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 43-52. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>
- Vázquez, J., Alvarez-Vera, M., Iglesias-Abad, S., y Castillo, J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105-112. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.12>
- Villagaray Yanqui, S. M. (2014). Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (erythroxylon coca) En VRAEM, Perú, con aplicación de Tecnología Agroforestal. *Acta Nova*, 6(3), 210-224. [http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v6n3/v6n3\\_a03.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v6n3/v6n3_a03.pdf)
- Zapata-Hernández, I., Zamora-Natera, J. F., Trujillo-Tapia, M., y Ramírez-Fuentes, E. (2020). ¿ La incorporación de residuos de diferentes especies de *Lupinus*, como abono verde, afecta la actividad microbiana del suelo?. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 45-56. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v38n1/2395-8030-tl-38-01-45.pdf>
- Zhang, Y., Wang, L., Li, W., Xu, H., Shi, Y., Sun, Y., ... y Li, Y. (2017). Earthworms and phosphate-solubilizing bacteria enhance carbon accumulation in manure-amended soils. *Journal of Soils and Sediments*, 17(1), 220-228. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-016-1482-6>
- Zinck, J. A., Berroterán, J. L., Farshad, A., Moameni, A., Wokabi, S., y Van Ranst, E. (2005). La sustentabilidad agrícola: un análisis jerárquico. *Gaceta ecológica*, (76), 53-72. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907606.pdf>

## ANEXOS

## Anexo 01. Matriz de consistencia y coherencia

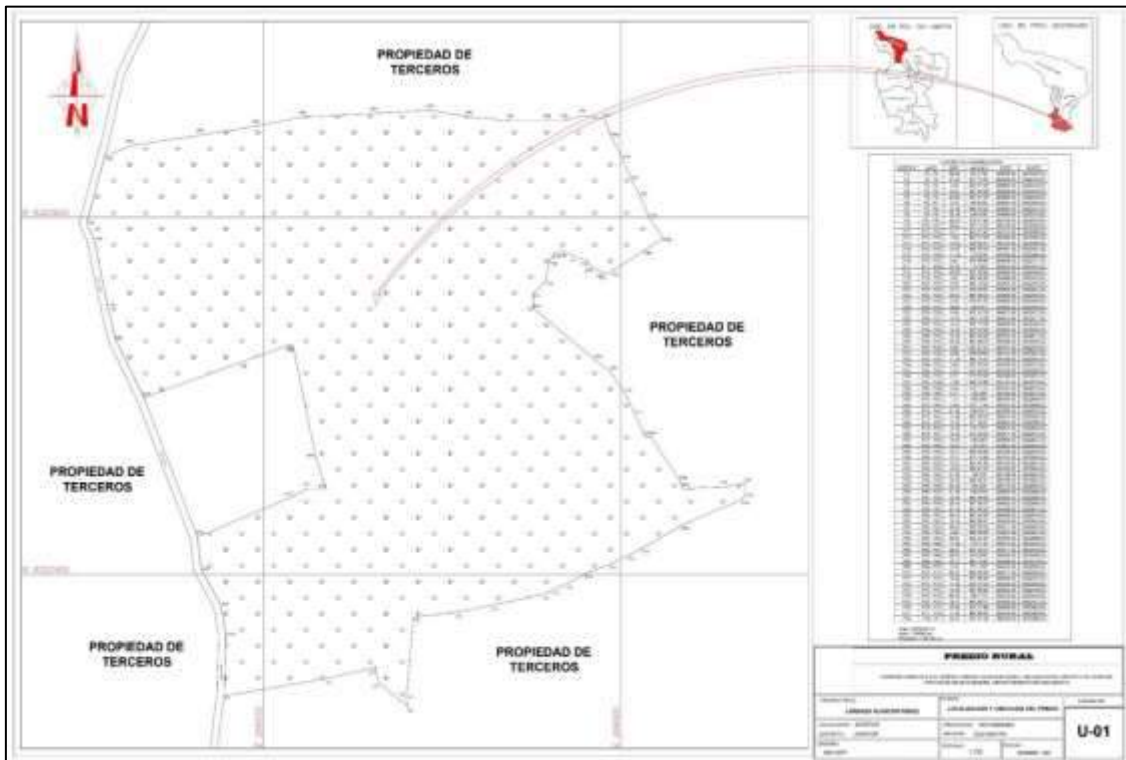
Título: "Evaluación del efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022"																
Problema	Objetivos	Hipótesis	Sistema de variables	Metodología												
<p>¿En qué medida influye las cuatro dosis de enmiendas en la mejora de las propiedades físico-químicas de los suelos del Alto Mayo - Soritor 2022?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar el efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Evaluar las propiedades fisicoquímicas iniciales que poseen los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor.</p> <p>Evaluar las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos estudiados en la investigación.</p> <p>Determinar el tratamiento óptimo del efecto de las enmiendas en la mejora de las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor.</p>	<p>H<sub>i</sub>: Las cuatro dosis de enmiendas mejoran significativamente las propiedades físico-químicas de los suelos del Alto Mayo distrito Soritor 2022.</p> <p>H<sub>0</sub>: Las cuatro dosis de enmiendas no mejoran significativamente las propiedades físico-químicas de los suelos del Alto Mayo distrito Soritor 2022</p>	<p><i>Evaluación inicial de las propiedades fisicoquímicas</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable abstracta</th> <th>Variable concreta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Propiedades fisicoquímicas iniciales de los suelos</td> <td>           - pH            Conductividad            - Materia orgánica            - Elementos disponibles (N, P y K)            - Textura (arena, arcilla y limo)            - Clase textural (franco, arcilloso, arenoso, etc).            - Cationes cambiabiles (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Al<sup>+++</sup>)            - Capacidad de intercambio catiónico (CIC)         </td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Propiedades fisicoquímicas de los tratamientos</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable abstracta</th> <th>Variable concreta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Programa de educación ambiental</td> <td>           - pH            - Conductividad            - Materia orgánica            - Elementos disponibles (N, P y K)            - Cationes cambiabiles (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Al<sup>+++</sup>)            Capacidad de intercambio catiónico (CIC)         </td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Determinar el tratamiento óptimo</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable abstracta</th> <th>Variable concreta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tratamiento óptimo de las enmiendas en la mejora de las propiedades fisicoquímicas de los suelos</td> <td>Tratamiento óptimo</td> </tr> </tbody> </table>	Variable abstracta	Variable concreta	Propiedades fisicoquímicas iniciales de los suelos	- pH Conductividad - Materia orgánica - Elementos disponibles (N, P y K) - Textura (arena, arcilla y limo) - Clase textural (franco, arcilloso, arenoso, etc). - Cationes cambiabiles (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Al <sup>+++</sup> ) - Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Variable abstracta	Variable concreta	Programa de educación ambiental	- pH - Conductividad - Materia orgánica - Elementos disponibles (N, P y K) - Cationes cambiabiles (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Al <sup>+++</sup> ) Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Variable abstracta	Variable concreta	Tratamiento óptimo de las enmiendas en la mejora de las propiedades fisicoquímicas de los suelos	Tratamiento óptimo	<p><b>Tipo de Investigación:</b> <i>Aplicada</i></p> <p><b>Nivel de la Investigación:</b> <i>Explicativo</i></p> <p><b>Población y muestra:</b> Población: Los suelos del Alto Mayo jurisdicción Distrito de Soritor Muestra: 2 000 m<sup>2</sup> (0,2 ha (Muestra no probabilística)</p> <p><b>Diseño de la Investigación:</b> Experimental</p> <p><b>Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparación de terreno</li> <li>- Demarcación de las parcelas de investiga</li> <li>- Muestreo inicia del suelo</li> <li>- Aplicación de la enmienda</li> <li>- Evaluación de los tratamientos</li> <li>- Determinación del tratamiento optimo</li> </ul>
Variable abstracta	Variable concreta															
Propiedades fisicoquímicas iniciales de los suelos	- pH Conductividad - Materia orgánica - Elementos disponibles (N, P y K) - Textura (arena, arcilla y limo) - Clase textural (franco, arcilloso, arenoso, etc). - Cationes cambiabiles (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Al <sup>+++</sup> ) - Capacidad de intercambio catiónico (CIC)															
Variable abstracta	Variable concreta															
Programa de educación ambiental	- pH - Conductividad - Materia orgánica - Elementos disponibles (N, P y K) - Cationes cambiabiles (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Al <sup>+++</sup> ) Capacidad de intercambio catiónico (CIC)															
Variable abstracta	Variable concreta															
Tratamiento óptimo de las enmiendas en la mejora de las propiedades fisicoquímicas de los suelos	Tratamiento óptimo															

**Anexo 02. Mapa de ubicación del proyecto de investigación**



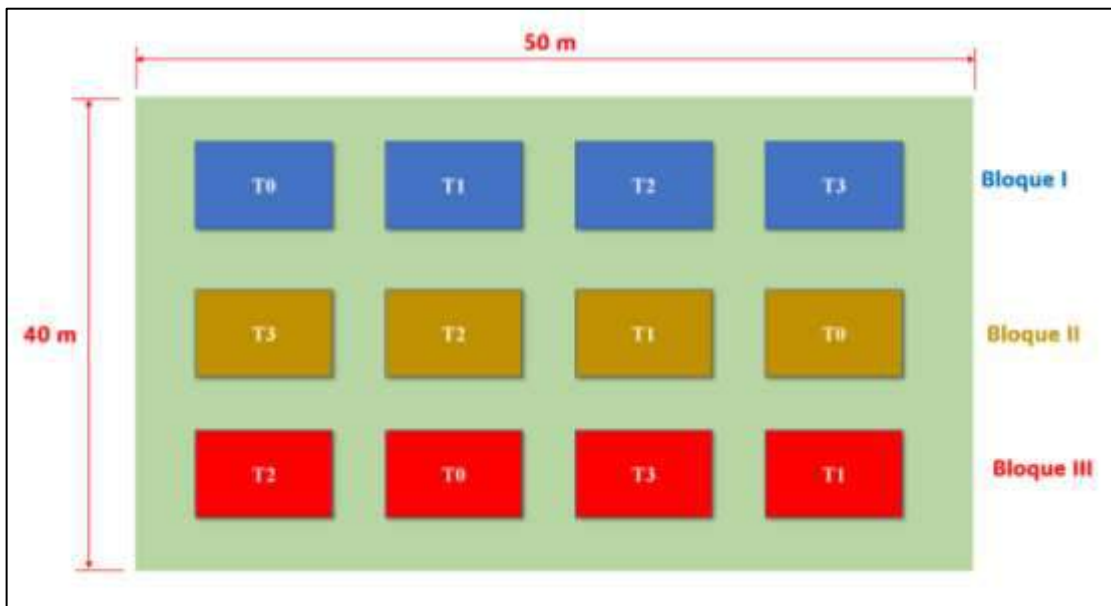
**Figura 14**  
Mapa de ubicación del proyecto de investigación.

**Anexo 03. Mapa de ubicación de la población del proyecto de investigación**



**Figura 15**  
Mapa de ubicación del proyecto de investigación.

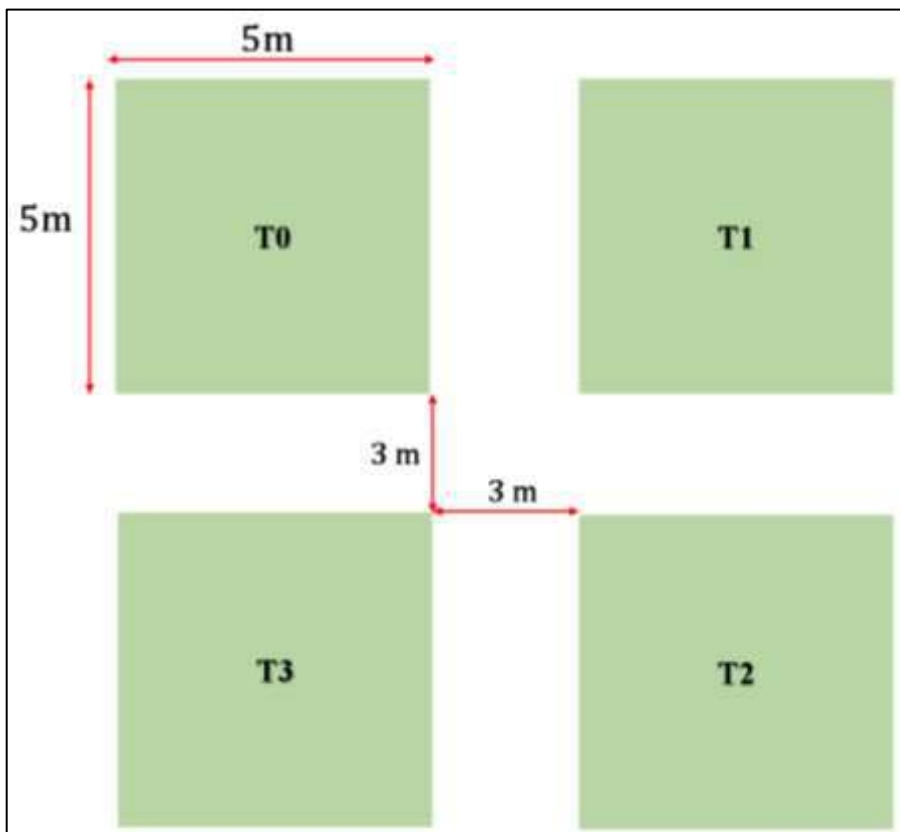
#### Anexo 04. Diseño de investigación del proyecto



**Figura 16**

Diseño de investigación del proyecto.

#### Anexo 05. Dimensiones de las parcelas



**Figura 17**

Dimensiones de las parcelas.

## Anexo 06. Registro de datos en campo para el muestro de suelo

Datos generales:									
Nombre del sitio en estudio:					Departamento:				
Razón social:					Provincia:				
Uso principal:					Dirección del Predio:				
Datos del punto de muestreo:									
Nombre del punto de muestreo:					Operador: (empresa/persona):				
Coordenadas: X:                      Y: (utm, uTMSE)					Descripción de la superficie: (pa, arboles, cemento, vegetación)				
Temperatura [°C]:					Precipitación (pa, humedad):				
Técnica de muestreo: (pa, sondas manuales/mecánicas/médicas, sarga, etc.)					Instrumentos usados:				
Profundidad final: (en metros bajo la superficie)					Napa freática: (pa, profundidad en m)				
Instalación de un pozo en el agujero: (pa, descripción)					Relleno del agujero después del muestreo: (pa, descripción)				
Datos de las muestras:									
Clave de la muestra:									
Fecha:									
Hora:									
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)									
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)									
Características organolépticas:									
Color:									
Olor:									
Textura:									
Compactación/Consistencia:									
Humedad:									
Componentes antropogénicos:									
Estimación de la fracción > 2 mm (%):									
Cantidad de la muestra: (volumen o peso)									
Medidas de conservación:									
Tipo de muestra: (simple/compuesta)									
Para muestras superficiales compuestas:									
Área de muestreo (m <sup>2</sup> ):									
Número de sub-muestras:									
Comentarios:					Croquis:				

**Figura 18**

Registro de datos en campo para el muestro de suelo.

## Anexo 07. Resultado del análisis inicial de suelo



## INFORME DE ENSAYO

### N° 07011-22/SU/EL PORVENIR

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Arnold Anselmo Alarcón Muñoz
Propietario / Productor	: Arnold Anselmo Alarcón Muñoz
Dirección del cliente	: Moyobamba
Solicitado por	: Arnold Anselmo Alarcón Muñoz
Muestreado por	: Reservado por el Cliente
Número de muestra(s)	: 01 muestras
Producto declarado	: Suelo Agrícola
Presentación de las muestras(s)	: Bolsas de plástico
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s)	: Soritor / Moyobamba / San Martín
Fecha(s) de muestreo	: Reservado por el Cliente
Fecha de recepción de muestra(s)	: 16/06/2022
Lugar de ensayo	: LABSAF El Porvenir
Fecha(s) de análisis	: del 04/07/2022 al 11/07/2022
Cotización del servicio	: 011-22-Epv
Fecha de emisión	: 12/07/2022

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU010-EPV-22	...	...	...	...	...
Matriz Analizada	Suelo	...	...	...	...	...
Fecha de Muestreo	Reservado por el c	...	...	...	...	...
Hora de Inicio de Muestreo (h)	No proporcionado por el cliente	...	...	...	...	...
Condición de la muestra	Conservada	...	...	...	...	...
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Parcela 1	...	...	...	...	...
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>			
pH	unid. pH	NA	4.99	...	...	...
Conductividad	mS/m	—	2.82	...	...	...
Materia Orgánica	%	—	4.83	...	...	...
Nitrógeno	%	—	0.24	...	...	...
Fósforo	mg kg <sup>-1</sup>	—	5.30	...	...	...
Potasio	mg kg <sup>-1</sup>	—	33.00	...	...	...
<b>Análisis de Textura</b>						
Arena	%	—	51.48	...	...	...
Limo	%	—	16.91	...	...	...
Arcilla	%	—	35.28	...	...	...
Clase Textural	---	---	Franco	...	...	...
<b>Cationes cambiabiles</b>						
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	cmol/Kg	—	1.14	...	...	...
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	cmol/Kg	—	0.32	...	...	...
Potasio (K <sup>+</sup> )	cmol/Kg	—	0.10	...	...	...
Sodio (Na <sup>+</sup> )	cmol/Kg	—	ND	...	...	...
Aluminio (Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup> )	cmol/Kg	—	7.20	...	...	...
CICe			8.76	...	...	...



## INFORME DE ENSAYO

### N° 07011-22/SU/EL PORVENIR

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad	ISO 11265, First Edition, 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Método AS-09. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos.
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Método AS-07, de Walkley y Black. Determinación de Materia Orgánica del suelo.
Nitrógeno	Estimado a partir de la materia orgánica: % N = % de materia orgánica x 0.05
Fósforo	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Método AS-10. Determinación del fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos por el procedimiento de Olsen y colaboradores
Potasio	Extracción con acetato de amonio pH 7 y lectura con Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
Cationes cambiabiles (Al, H) "Acidez cambiabile"	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Método AS-33. Determinación de la acidez y el aluminio intercambiable por el procedimiento de cloruro de potasio.
Cationes cambiabiles (Ca, Mg, Na, K) "Bases cambiabiles"	Extracción con KCl o acetato de amonio, y lectura con Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

#### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C


LABSAF

Pro  Agua  
 Firma  
 Nombre del quien autoriza  
 Cargo de quien Autoriza

FIN DE INFORME DE ENSAYO

## Anexo 08. Resultado del primer análisis a los tratamientos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



**INFORME DE ENSAYO**  
N° 03001-23/SU/ LABSAF - EL PORVENIR

## I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
 Propietario / Productor : Arnold Alarcon  
 Dirección del cliente : Jr. Maynas N° 179, Tarapoto -San Martin  
 Solicitado por : Arnold Alarcon  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 12 muestras  
 Producto declarado : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) : Cacerio / Distrito / Provincia  
 Fecha(s) de muestreo : 2022-10-17  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2022-10-17  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF El Porvenir  
 Fecha(s) de análisis : 2023-02-19  
 Cotización del servicio : 027-22-Epv  
 Fecha de emisión : 2023-03-06

## II. RESULTADO DE ANALISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU334-EPv-22	SU335-EPv-22	SU336-EPv-22	SU337-EPv-22	SU338-EPv-22	SU339-EPv-22		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	1	2	3	4	5	6		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
pH	unid. pH	--	4.6	4.7	4.7	5.1	5.0	4.6
Conductividad	mS/m	--	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4
Materia Orgánica	%	--	7.77	3.21	5.76	6.07	8.44	6.21
Nitrógeno	%	--	0.27	0.27	0.22	0.25	0.29	0.24
Fósforo	ppm	--	41.05	29.59	7.91	25.85	27.57	17.30
Potasio	ppm	--	78.00	93.60	15.60	19.50	78.00	105.30
Calcio (**)	C mol+/Kg	--	1.79	1.40	1.77	1.87	1.52	1.16
Magnesio (**)	C mol+/Kg	--	0.51	0.55	0.36	1.73	1.31	0.33
Potasio (**)	C mol+/Kg	--	0.20	0.24	0.04	0.05	0.20	0.27
Aluminio (**)	C mol+/Kg	--	2.58	2.98	4.17	3.37	1.39	2.18
Acidez (**)	C mol+/Kg	--	1.65	1.25	0.26	1.06	1.63	1.24
ClCe (**)	C mol+/Kg	--	6.74	6.42	6.60	8.08	6.06	5.18
<b>Análisis de Textura</b>								
Arena	%	--	49	55	55	51	49	45
Limo	%	--	12	10	10	11	11	17
Arcilla	%	--	40	36	36	38	40	38
Clase Textural	---	--	Franco	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco	Franco	Franco



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017  
Dirección: Carretera Fernando Belaúnde Terry km 14.5 Juan Gerra- San Martín

Página 1 de 3  
F-46 / Ver.04  
www.inia.gob.pe

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° 03002-23/SU/ LABSAF - EL PORVENIR**
**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente Propietario / Productor Dirección del cliente Solicitado por Muestreado por Número de muestra(s) Producto declarado Presentación de las muestras(a) Referencia del muestreo Procedencia de muestra(s) Fecha(s) de muestreo Fecha de recepción de muestra(s) Lugar de ensayo Fecha(s) de análisis Cotización del servicio Fecha de emisión	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN Arnold Alarcon Jr. Maynas N° 179, Tarapoto -San Martín Arnold Alarcon Cliente 12 muestras Suelo Agrícola Bolsas de plástico oscura Reservado por el Cliente Cacerio / Distrito / Provincia 2022-10-17 2022-10-17 Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF El Porvenir 2023-02-19 027-22-Epv 2023-03-06
--	---

**II. RESULTADO DE ANALISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU340-EPv-22	SU341-EPv-22	SU342-EPv-22	SU343-EPv-22	SU344-EPv-22	SU345-EPv-22		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00	13:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	7	8	9	10	11	12		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
pH	unid. pH	--	5.8	4.7	4.7	5.3	4.7	4.4
Conductividad	mS/m	--	0.9	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4
Materia Orgánica	%	--	7.63	5.52	5.76	6.48	6.70	5.52
Nitrógeno	%	--	0.27	0.24	0.22	0.27	0.25	0.23
Fósforo	ppm	--	30.73	23.47	27.84	21.18	15.69	9.22
Potasio	ppm	--	78.00	23.40	39.00	132.60	19.50	11.70
Calcio (**)	C mol(+)/Kg	--	9.32	1.13	1.37	3.46	1.50	1.60
Magnesio (**)	C mol(+)/Kg	--	2.40	0.27	0.26	2.82	0.44	0.25
Potasio (**)	C mol(+)/Kg	--	0.19	0.17	0.24	0.29	0.28	0.24
Aluminio (**)	C mol(+)/Kg	--	0.10	3.97	3.38	0.79	0.60	3.18
Acidez (**)	C mol(+)/Kg	--	0.60	0.87	1.26	1.02	1.62	2.06
ClCe (**)	C mol(+)/Kg	--	12.61	6.41	6.51	8.48	4.44	7.34
<b>Análisis de Textura</b>								
Arena	%	--	45	53	49	47	43	50
Limo	%	--	17	9	11	14	13	11
Arcilla	%	--	38	38	40	40	44	40
Clase Textural	--	--	Franco	Franco arenoso	Franco	Franco	Franco	Franco

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° 03001-23/SU/ LABSAF - EL PORVENIR**

**III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265, First Edition, 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.9 AS-09, 2002. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos.
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7 AS-07, 2002. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Nitrogeno Total	ISO 11261, First Edition, 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl Method.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.11 AS-11, 2002. Determinación de Fósforo extraíble en suelos neutros y ácidos. Procedimiento de Bry y Kurtz.
Potasio Disponible	EPA 6020 B Rev 2. (Validado - Modificado) 2014. INDUCTIVELY COUPLED PLASMA—MASS SPECTROMETRY
Acidez y aluminio intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.3.39 AS-33, 2000. Contenido de Acidez y aluminio intercambiable por el procedimiento de dición de potasio.
CICe	Manual de Procedimientos de los análisis de suelos y aguas con fines de riego. Lima-Perú (Marzo 2017)

**IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras. Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



**INFORME DE ENSAYO**  
N° 03001-23/SU/ LABSAF - EL PORVENIR

**V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO**

El presente informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Clenit Matos Poma - Responsable del laboratorio del LABSAF El Porvenir.

Firma  
Lucas García Bartra  
Responsable del laboratorio

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Pro Suelos y Aguas

**LABSAF**

## Anexo 09. Resultado del segundo análisis a los tratamientos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



**INFORME DE ENSAYO**  
N° 03003-23/SU/ LABSAF - EL PORVENIR

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
Propietario / Productor	Arnold Alarcon
Dirección del cliente	Jr. Maynas N° 179, Tarapoto -San Martin
Solicitado por	Arnold Alarcon
Muestreado por	Cliente
Número de muestra(s)	12 muestras
Producto declarado	Suelo Agrícola
Presentación de las muestras(s)	Bolsas de plástico oscura
Referencia del muestreo	Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s)	Cacerio / Distrito / Provincia :
Fecha(s) de muestreo	2023-01-23
Fecha de recepción de muestra(s)	2023-01-24
Lugar de ensayo	Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF El Porvenir
Fecha(s) de análisis	2023-02-20
Cobertura del servicio	006-23-EPV
Fecha de emisión	2023-03-06

**II. RESULTADO DE ANALISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU035-EPV-23	SU036-EPV-23	SU037-EPV-23	SU038-EPV-23	SU039-EPV-23	SU040-EPV-23		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17		
Hora de inicio de Muestreo (h)	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	1	2	3	4	5	6		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
pH	unid. pH	--	5.0	4.8	4.9	5.7	5.2	5.1
Conductividad	mS/m	--	4.0	4.8	3.8	4.6	5.5	5.0
Materia Orgánica	%	--	6.90	6.40	4.90	5.10	7.10	6.90
Nitrógeno	%	--	0.27	0.19	0.17	0.20	0.23	0.22
Fósforo	ppm	--	23.40	62.40	19.50	50.70	93.60	74.10
Potasio	ppm	--	0.20	0.24	0.04	0.05	1.83	0.27
Calcio (**)	C mol+/Kg	--	1.68	1.44	0.99	2.63	2.28	2.48
Magnesio (**)	C mol+/Kg	--	0.22	0.30	0.18	2.44	1.72	1.13
Potasio (**)	C mol+/Kg	--	0.06	0.16	0.05	0.13	0.24	0.19
Aluminio (**)	C mol+/Kg	--	2.58	2.98	4.17	3.37	1.39	2.18
Acidez (**)	C mol+/Kg	--	1.65	1.25	0.26	1.06	1.63	1.24
ClCe (**)	C mol+/Kg	--	6.19	6.13	5.65	9.63	7.26	7.22
<b>Análisis de Textura</b>								
Arena	%	--	47	45	51	51	50	46
Limo	%	--	12	18	16	30	16	28
Arcilla	%	--	41	37	33	19	35	23
Clase Textural	--	--	Franco	Franco	Franco	Franco Arcillo Arenoso	Franco	Franco Arcillo Arenoso



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017  
Dirección: Carretera Fernando Belaunde Terry km 14.5 Juan Gerra- San Martín

Página 1 de 3  
F-46 / Ver.04  
www.inia.gob.pe

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 03003-23/SU/ LABSAF - EL PORVENIR

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Ciente	: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
Propietario / Productor	: Arnold Alarcon
Dirección del cliente	: Jr. Maynas N° 179, Tarapoto -San Martin
Solicitado por	: Arnold Alarcon
Muestreado por	: Cliente
Número de muestra(s)	: 12 muestras
Producto declarado	: Suelo Agrícola
Presentación de las muestras(s)	: Bolsas de plástico oscura
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s)	: Cacerio / Distrito / Provincia
Fecha(s) de muestreo	: 2023-01-23
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2023-01-24
Lugar de ensayo	: Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF El Porvenir
Fecha(s) de análisis	: 2023-02-20
Cotización del servicio	: 006-23-Epv
Fecha de emisión	: 2023-03-06

**II. RESULTADO DE ANALISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU041-EPV-23	SU042-EPV-23	SU043-EPV-23	SU044-EPV-23	SU045-EPV-23	SU046-EPV-23		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17	2022-10-17		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	7	8	9	10	11	12		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
pH	unid. pH	--	5.7	5.8	6.0	5.8	6.5	7.6
Conductividad	mS/m	--	5.2	5.8	6.3	8.1	6.9	5.4
Materia Orgánica	%	--	5.40	6.40	5.10	5.60	5.60	5.40
Nitrógeno	%	--	0.16	0.23	0.14	0.26	0.16	0.17
Fósforo	ppm	--	18.85	28.72	11.23	15.41	29.50	14.31
Potasio	ppm	--	66.30	93.60	113.10	109.20	93.60	70.20
Calcio (**)	C mol+/Kg	--	3.13	2.63	3.85	5.03	5.28	3.71
Magnesio (**)	C mol+/Kg	--	2.57	2.97	3.90	5.15	4.66	3.43
Potasio (**)	C mol+/Kg	--	0.17	0.24	0.29	0.28	0.24	0.18
Aluminio (**)	C mol+/Kg	--	1.59	0.99	0.40	0.10	0.10	0.10
Acidez (**)	C mol+/Kg	--	0.43	0.42	0.81	0.40	0.40	0.40
ClCe (**)	C mol+/Kg	--	7.89	7.25	9.25	10.96	10.68	7.83
<b>Análisis de Textura</b>								
Arena	%	--	46	49	58	48	52	48
Limo	%	--	25	28	26	26	20	28
Aroilla	%	--	30	23	17	27	28	25
Clase Textural	--	--	Franco	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco	Franco Arcillo Arenoso

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° 03003-23/SU/ LABSAF - EL PORVENIR**

**III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265, First Edition, 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09.2002. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2002. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Nitrogeno Total	ISO 11261, First Edition, 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl Method.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.11 AS-11. 2002. Determinación de Fósforo extraíble en suelos neutros y ácidos. Procedimiento de Bry y Kurtz.
Potasio Disponible	EPA 6920 B Rev.2. (Validado - Modificado) 2014. INDUCTIVELY COUPLED PLASMA—MASS SPECTROMETRY
Acidez y aluminio intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMAR/NAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.39 AS-33. 2000. Contenido de Acidez y aluminio intercambiable por el procedimiento de dióxido de potasio.
CICe	Manual de Procedimientos de los análisis de suelos y aguas con fines de riego, Lima-Perú (Marzo 2017)

**IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



**INFORME DE ENSAYO**  
N° 03003-23/SU/ LABSAF - EL PORVENIR

**V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO**

- El presente informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Genil Matos Poma - Responsable del laboratorio del LABSAF El Porvenir.

*Firma*  
Lucas Garcia Bartra  
Responsable del laboratorio

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Pro Suelos y Aguas

**LABSAF**

# Evaluación del efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022

*por* Arnold Anselmo ALARCON MUNOZ

---

**Fecha de entrega:** 06-feb-2025 09:41a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2579588205

**Nombre del archivo:** TESIS\_ARNOLD\_12.12.2024.docx (11.85M)

**Total de palabras:** 16224

**Total de caracteres:** 90368

# Evaluación del efecto de cuatro dosis de enmiendas para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos del Alto Mayo distrito de Soritor 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**24%**  
INDICE DE SIMILITUD

**23%**  
FUENTES DE INTERNET

**6%**  
PUBLICACIONES

**10%**  
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="https://repositorio.unas.edu.pe">repositorio.unas.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	2%
5	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="https://tesis.unsm.edu.pe">tesis.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://revistas.sena.edu.co">revistas.sena.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="https://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a> Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%