

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“Comparación de la efectividad de enmiendas orgánicas de
cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado,
Huánuco - 2025”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Catire Medina, Jazmin Stefani

ASESOR: Cámara Llanos, Frank Erick

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71000877

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44287920

Grado/Título: Maestro en ciencias de la salud con
mención en: salud pública y docencia universitaria

Código ORCID: 0000-0001-9180-7405

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002- 2250-3288
2	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002- 5671-1907
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002- 7194-3714

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día 17 del mes de diciembre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

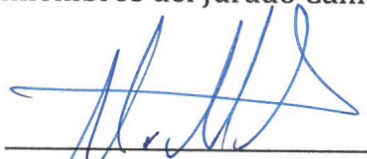
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Presidente)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2811-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE ENMIENDAS ORGÁNICAS DE CACHAZA Y VINAZA EN LA BIOESTIMULACIÓN DE UN SUELO DEGRADADO, HUÁNUCO - 2025"**, presentado por el (la) Bach. **CATIRE MEDINA, JAZMIN STEFANI** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

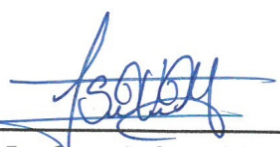
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobada Por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de Suficiente (Art. 47)

Siendo las 19.15 horas del día 17 del mes de Diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Milton Edwin Morales Aquino
DNI: 44342697
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Presidente


Mg. Raul Cajahuanca Torres
DNI: 22511841
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Secretario


Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JAZMIN STEFANI CATIRE MEDINA, de la investigación titulada "COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE ENMIENDAS ORGÁNICAS DE CACHAZA Y VINAZA EN LA BIOESTIMULACIÓN DE UN SUELO DEGRADADO, HUÁNUCO - 2024", con asesor(a) FRANK ERICK CÁMARA LLANOS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2676-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 14 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 28 de noviembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unas.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mi madre, con todo mi amor. Por ser mi mentora, guía y fuerza porque sin ella no habría logrado este proyecto profesional. Sus oraciones a diario para que la carrera profesional de sus frutos, ahora mamita como recompensa este proyecto, por tu gran labor y porque me inculcaste desde siempre tus buenos valores e inculcar en mí los valores que ahora me guían: trabajar siempre con responsabilidad, con amor por la sociedad y con respeto por el medio ambiente. Este logro también es tuyo.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento principal es a Dios por haberme permitido culminar la carrera de Ingeniería Ambiental. Sin Su guía y fortaleza, este logro no habría sido posible.

Con profundo amor y gratitud, agradezco a mi madre, Elizabeth Medina Hermosilla, por haberme apoyado desde mis inicios escolares hasta la culminación de la carrera profesional y por ser un ejemplo de madre bondadosa que jamás dejó que me rinda a pesar de las dificultades de la vida.

Agradezco a mis hijos porque desde un comienzo fueron el motor y motivo para seguir adelante en este proyecto profesional que me tracé y que siempre quiero que ellos vean a mamá como un ejemplo de vida, así como yo tomé el de mi mamá.

Agradezco a mis familiares que siempre estuvieron motivándome para que yo pueda ser una profesional de bien y con respeto a la sociedad y al medio ambiente.

Agradezco al asesor de este proyecto, el Mg. Frank Cámara Llanos por su apoyo moral y de conocimiento en todo el proceso que respecta la investigación, como también el apoyo brinda por los jurados revisores de este proyecto.

Finalmente, extendiendo mi sincero agradecimiento a mis docentes universitarios, quienes, con paciencia y dedicación, nos guiaron en este camino de formación académica y profesional. Su labor ha sido fundamental en la construcción de este logro.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I.....	13
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. ANTECEDENTE A NIVEL INTERNACIONAL	18
2.1.2. ANTECEDENTE A NIVEL NACIONAL.....	20
2.1.3. ANTECEDENTE A NIVEL LOCAL	22
2.2. BASES TEÓRICAS	24
2.2.1. ENMIENDAS ORGÁNICAS.....	24
2.2.2. CACHAZA	25
2.2.3. VINAZA	26

2.2.4.	SUELO DEGRADADO	27
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	34
2.4.	SISTEMA DE HIPÓTESIS	35
2.5.	SISTEMA DE VARIABLES	35
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	35
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	35
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
CAPÍTULO III		37
MARCO METODOLÓGICO		37
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
3.1.1.	ENFOQUE	37
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	37
3.1.3.	DISEÑO	37
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.2.1.	POBLACIÓN	38
3.2.2.	MUESTRA	38
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	39
3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	39
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	40
3.4.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	40
CAPÍTULO IV		41
RESULTADOS		41
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	41
4.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	57
CAPÍTULO V		60
DISCUSIÓN RESULTADOS		60
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES		64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		65
ANEXOS		69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros físicos iniciales.....	41
Tabla 2 Parámetros químicos iniciales	42
Tabla 3 Parámetros físicos con la aplicación de cachaza.....	43
Tabla 4 Parámetros químicos con la aplicación de cachaza	44
Tabla 5 Parámetros físicos con aplicación de vinaza más cachaza	45
Tabla 6 Parámetros químicos con aplicación de vinaza más cachaza	46
Tabla 7 Análisis de los parámetros químicos comunes	47
Tabla 8 Análisis de los parámetros químicos por nutrientes.....	50
Tabla 9 Cantidad de plantas del indicador por tratamiento	54
Tabla 10 Tamaño del tallo del indicador por tratamiento	55
Tabla 11 Tamaño de la raíz del indicador por tratamiento	56
Tabla 12 Prueba de normalidad.....	57
Tabla 13 Prueba de muestras emparejadas	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Adición de enmienda orgánica en el suelo	25
Figura 2 Materias primas, productos y subproductos de la industria cañera	26
Figura 3 Diagrama de textura del suelo	28
Figura 4 Escala de pH del suelo	30
Figura 5 Diseño de investigación	38
Figura 6 Distribución textural inicial	41
Figura 7 Distribución textural inicial post experimento con cachaza	43
Figura 8 Distribución textural inicial post experimento con Vinaza más cachaza	45
Figura 9 Variación de pH en el suelo bajo diferentes tratamientos	48
Figura 10 Variación de la conductividad en el suelo bajo diferentes tratamientos	48
Figura 11 Variación de la Materia orgánica pH en el suelo bajo diferentes tratamientos	49
Figura 12 Contenido de nitrógeno en el suelo bajo diferentes tratamientos	51
Figura 13 Contenido de Calcio en el suelo bajo diferentes tratamientos	52
Figura 14 Contenido de Fósforo en el suelo bajo diferentes tratamientos ...	52
Figura 15 Contenido de Potasio en el suelo bajo diferentes tratamientos ...	53
Figura 16 Variación de la Capacidad de Intercambio Catiónico en el suelo bajo diferentes tratamientos	53
Figura 17 Promedio de la cantidad de plantas del indicador	54
Figura 18 Promedio del tamaño de la raíz del indicador por tratamiento	55
Figura 19 Promedio del tamaño de la raíz del indicador por tratamiento	56

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Materia prima de la vinaza.....	78
Fotografía 2 Materia prima de la cachaza.....	78
Fotografía 3 Preparación de maceteros para el experimento	79
Fotografía 4 Mezcla de cachaza con el suelo degradado	79
Fotografía 5 Dosificación con vinaza + cachaza al suelo degradado	80
Fotografía 6 Siembra del indicador en los tratamientos.....	80
Fotografía 7 Visita técnica del asesor Mg. Frank Cámara	81
Fotografía 8 Visita técnica de los jurados revisores.....	81
Fotografía 9 Medición del desarrollo del indicador.....	82
Fotografía 10 Pesado final de los tratamientos para análisis.....	82
Fotografía 11 Desarrollo final del indicador en el grupo control.....	83
Fotografía 12 Desarrollo final del indicador en los tratamientos	83

RESUMEN

De la investigación; comparación de la efectividad de enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado, Huánuco – 2024. Se planteó por objetivo comparar la efectividad de enmiendas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado. Para ello se usó una metodología experimental explicativo, con 1 grupo control (sin estímulo) y dos experimentales, 1 usando cachaza y 2 usando vinaza + cachaza. Con una duración de 60 días después de aplicadas los estímulos, en el proceso se usó un indicador (alfalfa) al cual se consideró la morfología de la planta (cantidad, tamaño de tallo y raíz). Los datos presentaron normalidad (superiores al 0.05) y se usó la prueba paramétrica T de Student para muestras emparejadas (antes y después) Todos los valores de $p < 0.05$. Los resultados evidenciaron que, pH inicial 6.420, con la de aplicación de los tratamientos, se tuvo con Cachaza 7.852, y con Vinaza + Cachaza 7.667. La CE inicial fue 0.630 dS/m, el tratamiento con Cachaza tuvo 1.050 dS/m, y el tratamiento con Vinaza + Cachaza tuvo 0.760 dS/m. Respecto a la M.O. inicial fue de 1.689%, el tratamiento con cachaza (3.573%), y el tratamiento con de Vinaza + Cachaza (3.008%). El N total inicial fue 0.081%, el tratamiento de Cachaza y Vinaza + Cachaza alcanzaron 0.176% y 0.162%, respectivamente. El Ca inicial fue de 0.935 Cmol/kg, el tratamiento con cachaza 4.792 Cmol/kg y Vinaza + Cachaza 5.371 Cmol/kg. La CIC inicial: 16.310 Cmol/kg. El tratamiento con Cachaza 5.784 Cmol/kg, y el tratamiento con Vinaza + Cachaza 6.106 Cmol/kg. En cuanto al crecimiento de las plantas, el tratamiento con cachaza resultó en un aumento significativo en la cantidad de plantas (hasta 102) en comparación con los otros tratamientos. Concluyendo que, para bioestimular al suelo degradado la cachaza es una opción altamente recomendable, con efectos positivos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento del indicador.

Palabras claves: Cachaza, vinaza, suelos degradados, bioestimulación y enmiendas orgánicas.

ABSTRACT

From the research; comparison of the effectiveness of organic amendments of cachaça and vinasse in the biostimulation of a degraded soil, Huánuco – 2025. The objective of this study was to compare the effectiveness of cachaça and vinasse amendments in the biostimulation of a degraded soil. To this end, an explanatory experimental methodology was used, with 1 control group (without stimulus) and two experimental groups, 1 using cachaça and 2 using vinasse + cachaça. With a duration of 60 days after the stimuli were applied, an indicator (alfalfa) was used in the process to which the morphology of the plant (quantity, stem size and root) was considered. The data were normal (greater than 0.05) and the student T-parametric test was used for sandwiched samples (before and after) All values of $p < 0.05$. The results showed that the initial pH of 6.420, with the application of the treatments, was 7.852 with Cachaça, and 7.667 with Vinasse + Cachaça. the initial EC was 0.630 dS/m, treatment with Cachaza had 1.050 dS/m, and treatment with Vinasse + Cachaça had 0.760 dS/m. Regarding the initial O.M., it was 1.689%, treatment with cachaça (3.573%), and treatment with Vinasse + Cachaça (3.008%). The initial total N was 0.081%, the treatment of Cachaza and Vinasse + Cachaça reached 0.176% and 0.162%, respectively. the initial Ca was 0.935 Cmol/kg, the treatment with cachaça 4.792 Cmol/kg and Vinasse + Cachaça 5.371 Cmol/kg. The initial CEC: 16,310 Cmol/kg. Treatment with Cachaça 5,784 Cmol/kg, and treatment with Vinasse + Cachaça 6,106 Cmol/kg. As for plant growth, the cachaça treatment resulted in a significant increase in the number of plants (up to 102) compared to the other treatments. Concluding that, to biostimulate degraded soil, cachaça is a highly recommended option, with positive effects on soil fertility and indicator growth.

Keywords: Cachaça, vinasse, degraded soils, biostimulation and organic amendments.

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo constituye uno de los principales desafíos ambientales en la región andina del Perú, afectando directamente la productividad agrícola, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los ecosistemas. En el departamento de Huánuco, la intensa actividad agrícola, el uso inadecuado de agroquímicos y prácticas de manejo poco sostenibles han generado la pérdida progresiva de la calidad fisicoquímica del suelo. Esta problemática requiere estrategias integrales que permitan la recuperación de los suelos degradados, promoviendo prácticas amigables con el ambiente y accesibles para los productores locales.

En este contexto, las enmiendas orgánicas representan una alternativa eficiente y sostenible para la restauración de suelos afectados. La cachaza, subproducto del proceso de clarificación del jugo de caña en la industria azucarera, y la vinaza, residuo líquido de la destilación del etanol en la producción de aguardiente o etanol combustible, son residuos orgánicos ricos en materia orgánica y nutrientes. Ambos han sido utilizados con fines agrícolas, principalmente como mejoradores del suelo, debido a su capacidad para incrementar la actividad microbiológica, mejorar la estructura del suelo y favorecer la disponibilidad de nutrientes.

La bioestimulación del suelo mediante enmiendas orgánicas busca reactivar los procesos biológicos naturales mediante la adición de compuestos que promueven la proliferación de microorganismos beneficiosos. Esto permite restablecer las funciones ecológicas del suelo y, con ello, su productividad. Sin embargo, la eficacia de estas enmiendas puede variar en función de su composición, dosis, modo de aplicación y las características del suelo degradado, por lo que se hace necesario comparar su efectividad en condiciones específicas.

La presente investigación tiene como objetivo comparar la efectividad de la cachaza y la vinaza como enmiendas orgánicas para la bioestimulación de un suelo degradado del departamento de Huánuco. Se evaluó su influencia sobre indicadores fisicoquímicos (como el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico), permitiendo

identificar cuál de estos subproductos ofrece mejores resultados en la recuperación de la calidad del suelo.

Este estudio no solo busca aportar evidencia científica sobre el uso de residuos orgánicos industriales en la recuperación de suelos, sino también promover su aprovechamiento en el marco de una agricultura sostenible y una economía circular, reduciendo el impacto ambiental de estos residuos y fomentando su reutilización como insumos agrícolas.

La cachaza y la vinaza por su alto contenido de nutrientes le aporta al suelo beneficios que estimulan su recuperación, sin embargo, se debe considerar darles un tratamiento a estos elementos orgánicos, ya que su uso inadecuado podría incidir de manera negativa sobre el suelo, es allí donde radica la importancia de la información brindada en esta investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los suelos constituyen un elemento fundamental para la vida en el planeta; sin embargo, la presión ejercida por las actividades humanas los está llevando a condiciones críticas. Una gestión adecuada permite incrementar la producción de alimentos, contribuye a la regulación del clima y favorece la conservación de los servicios ecosistémicos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2015). La degradación del suelo es un problema global asociado principalmente al uso agrícola intensivo, la deforestación y el cambio climático. Este proceso se entiende como la alteración del equilibrio de sus propiedades, lo que reduce su capacidad productiva. Puede manifestarse en aspectos físicos (como la erosión), químicos (falta de nutrientes, acidez, salinidad, entre otros) y biológicos (baja materia orgánica) (Cartes, 2013).

En América Latina y el Caribe, el suelo es un recurso clave para satisfacer las necesidades de la población. Se estima que la región posee cerca de 800 millones de hectáreas con potencial agrícola. La deforestación es uno de los principales detonantes de los procesos de degradación, generando impactos severos sobre las funciones ecosistémicas. Esta zona es una de las más ricas del mundo: con solo el 8% de la población global, concentra el 23% de las tierras potencialmente cultivables, el 12% de la superficie ya cultivada, el 46% de los bosques tropicales y el 31% de las reservas de agua dulce. El cambio climático y la presión humana se consolidan como los principales impulsores de la degradación del suelo. A ello se suman factores culturales y sociales, como prácticas agrícolas inadecuadas derivadas de la tenencia insegura de la tierra, la escasa investigación y la limitada asistencia técnica (FAO, 2015).

En el Perú, la superficie degradada aumentó en un 10.4% entre 2015 y 2020. Para 2018, se estimaron 22 248 100 hectáreas degradadas, equivalente al 17.5% del territorio nacional (Ministerio del Ambiente, 2016). Los suelos

aptos para uso agropecuario constituyen solo el 7% del país y son, además, los más afectados por los procesos de deterioro: salinización en la costa, erosión progresiva en la sierra y pérdida de fertilidad en la Amazonía. Las regiones con mayor urgencia de intervención son Ayacucho, Áncash, Huánuco, Piura y Cusco (MINAM, 2016).

A pesar de contar con una limitada disponibilidad de tierras agrícolas y pecuarias, el Perú enfrenta una degradación constante originada por factores naturales y por prácticas inadecuadas en agricultura y ganadería. La degradación del suelo implica el deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, individualmente o en conjunto, lo cual limita el adecuado desarrollo de los cultivos y afecta la productividad (Brack y Mendiola, 2004).

En el caso de Huánuco, la generación de residuos orgánicos de origen agrícola, doméstico, municipal o procedentes de pequeñas industrias no recibe un manejo adecuado, lo que ocasiona acumulación excesiva en botaderos y la proliferación de vectores. Esto es especialmente problemático considerando que dichos residuos podrían ser valorizados y reutilizados.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos, ya sea mediante el reciclaje o su transformación en nuevos productos, permite reducir los problemas asociados a su eliminación y favorece una mejor utilización de los recursos naturales. En ese sentido, esta investigación propone la valorización de residuos agroindustriales que comúnmente son arrojados al ambiente sin ningún tratamiento, como la cachaza y la vinaza derivadas de la industria azucarera.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la efectividad de enmiendas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las condiciones del suelo antes del tratamiento?
- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de cachaza sobre los parámetros fisicoquímicos?
- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de cachaza y vinaza sobre los parámetros fisicoquímicos?
- ¿Cuáles son las características morfológicas de un indicador en la bioestimulación del suelo?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Comparar la efectividad de enmiendas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros físicos y químicos de las condiciones iniciales del suelo.
- Evaluar el efecto de la aplicación de cachaza sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo.
- Evaluar el efecto de la aplicación de cachaza más vinaza sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo.
- Describir las características morfológicas de un indicador en la bioestimulación del suelo.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La cachaza y la vinaza son residuos orgánicos que tienen un impacto negativo al ser vertidos sobre los cuerpos de agua, sin embargo, los impactos

son positivos para los suelos. La cachaza es útil como fertilizante orgánico o enmienda para el suelo, dado que aporta gran cantidad de nitrógeno al suelo, favoreciendo el desarrollo de las plantas, y con ello sustituir en parte la fertilización química. Por otro lado, la vinaza es un líquido de color de café con bajo pH, alto contenido de materia orgánica disuelta y en suspensión.

El uso de estos residuos orgánicos (vinaza y cachaza) en enmiendas orgánicas ayudaron a un incremento de nutrientes similar a los que presentan la fertilización química, mejorando la disponibilidad de K y P. reduciendo la degradación de los suelos y favoreciendo su recuperación. Es por ello que en esta investigación se planteó el uso de estos residuos orgánicos.

El valor teórico de la investigación recalca en que se sigan generando nuevas propuestas para conservación de los suelos. Así también la implicancia metodológica se centra en la posibilidad de que la técnica que se usó sirva en nuevas investigaciones.

La investigación haciendo de la cachaza y la vinaza que son residuos de la agroindustria azucarera que se pueden usar como enmiendas en el suelo, se pudo evaluar la recuperación de suelos degradados, lo cual permitió no solo resolver hipótesis, sino también, aportar con el desarrollo sostenible y conservación del ecosistema.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Se limitó al uso de 2 residuos orgánicos que son la cachaza y vinaza.
- No existen antecedentes locales de estudios similares en el uso de residuos de la industria azucarera.
- El experimento se realizó en condiciones controladas.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Los criterios desarrollados en la viabilidad de la presente investigación fueron las siguientes:

- **Viabilidad ambiental**

Los suelos degradados son problemas ambientales y la importancia de restaurarlos usando elementos orgánicos fue una opción de solución.

- **Viabilidad operativa**

La investigación se mostró viable operativamente, ya que se contó con los recursos necesarios como; movilidad, personal de ayuda y materiales requeridos

- **Viabilidad técnica**

La investigación fue viable técnicamente ya que se contó con el asesoramiento de docentes de nuestra universidad conocedores y especializados en el área de estudio.

- **Viabilidad económica**

La investigación fue viable económicamente, desde su desarrollo hasta su ejecución ya que se cuenta con los recursos económicos y financieros asumidos por la investigadora.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTE A NIVEL INTERNACIONAL

González et al. (2024) en el artículo titulado: *“Influencia de la aplicación de Vinaza sobre el suelo y la caña de azúcar en su etapa inicial de desarrollo”* para la Universidad de Cienfuegos – Cuba. En la que tuvo por objetivo conocer el efecto de la aplicación de vinaza pura en indicadores de crecimiento de las plantas y de parámetros químicos en un suelo Ferralítico rojo en la etapa inicial de desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Se montó y condujo un experimento en condiciones semi controladas en diseño aleatorizado donde se emplearon cuatro tratamientos: testigo absoluto, dosis recomendada de NPK, y dosis de vinaza de 60 y 120 m³ ha⁻¹. Se caracterizó la composición química de la vinaza y del suelo y se evaluó el crecimiento de las plantas en diferentes momentos hasta los 60 días de su desarrollo. Los indicadores evaluados de la química del suelo y los fenológicos del cultivo de la caña de azúcar a edades tempranas demostraron que con la aplicación de vinaza estos pueden si no mejorarse, al menos permanecer en rangos que no afectan al suelo ni al cultivo.

Silva et al. (2022) en su investigación titulada *“Implicaciones ambientales de la disposición de vinaza en el suelo”* para la Universidad Santiago de Cali – Colombia. Tuvo por **objetivo** de describir las características fisicoquímicas y biológicas de la vinaza. En la **metodología** realizó una revisión bibliográfica de los impactos ambientales derivados de la disposición de la vinaza en el suelo y los esfuerzos realizados por algunos países para regular su uso. En los **resultados** identificó que el uso de vinaza en la industria cañera aumenta el rendimiento de los cultivos de caña de azúcar; sin embargo, la disposición inadecuada de vinaza puede generar acidificación, salinización y sodificación del suelo, aumento de las concentraciones de DBO, DQO y SST en el agua y disminución del oxígeno disuelto en

cuerpos de agua superficial. Observó que existen normas internacionales que regulan las características fisicoquímicas de la vinaza, siendo Cuba el país que regula un mayor número de parámetros; en Colombia el marco regulatorio es más flexible. Cuya **conclusión** menciona que cuando los suelos no tienen características propicias para asimilar el alto contenido de carga orgánica presente en la vinaza o cuando los volúmenes de vinaza vertidos al suelo son elevados, se generan impactos negativos como la salinización, sodificación, acidificación y disminución de la actividad biológica en el suelo.

Takata (2020) en su investigación titulada: “*Aplicación de vinaza al suelo*” en la Universidad de la República Uruguay – Uruguay. Cuyo **objetivo** fue caracterizar el efecto de la aplicación de vinaza sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo para el cultivo de caña de azúcar. En la **metodología** se estudió en condiciones controladas de laboratorio (humedad y temperatura), el efecto de la aplicación de vinaza en cinco suelos representativos del área de producción de caña de azúcar. Se incubó el suelo con dosis de vinaza equivalentes a 125, 250 y 375 m³ ha¹ y un testigo sin agregado, en un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones. Se realizaron muestreos de suelo, a los 14 y 180 días de iniciado el experimento, evaluándose pH, CE, N mineral, P disponible, cationes intercambiables, K en solución y K no intercambiable. Se midió la tasa de respiración microbiana, determinando la producción de CO₂. La aplicación de vinaza aumentó la concentración de K intercambiable en el suelo y de Ca, Mg, K y Na en solución. Se establecieron relaciones lineales entre la dosis de K agregado con la vinaza y las distintas fracciones de K. La relación entre el K intercambiable y en solución siguió un modelo exponencial, con mayor proporción de K en solución en los suelos arenosos. En los **resultados** no se observó efecto de la vinaza sobre pH y P disponible. Para N-NO₃ y CE el efecto se observó al final del experimento. La aplicación de vinaza contrarrestó el desbalance catiónico en aquellos suelos con predominio de Ca intercambiable. La tasa de respiración microbiana mostró aumentos significativos con el agregado de vinaza hasta los 20 días de iniciado el experimento, luego

solo se observaron diferencias entre suelos. **Concluyendo** que el sustrato es muy lábil y se mineralizó rápidamente, y que su aporte principal de nutrientes se relaciona con la disponibilidad de K, y en segundo término N, con escasos efectos sobre las propiedades del suelo.

2.1.2. ANTECEDENTE A NIVEL NACIONAL

Maxe y Peralta (2022) en su tesis titulado: *“Dosis óptima de enmiendas a base de cachaza y vinaza para la recuperación de suelos degradados por efecto salino sódico”* en la Universidad César Vallejo – Chiclayo. Cuyo **objetivo** fue determinar la dosis óptima de enmiendas a base de cachaza y vinaza que debe incorporarse para la recuperación de suelos degradados por efecto salino sódico. La **metodología** fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y se empleó la estadística descriptiva. Los **resultados** mejores que se obtuvo para la dosis de nivel bajo fueron 24.90 milimhos/cm de CE, 13.92 % de PSI, 0.50% de MO y 7.60 ppm de fósforo. Para el nivel medio fueron 23.75 milimhos/cm de CE, 13.04 % de PSI, 1.26% de MO y 7.50 ppm de fósforo. Finalmente, para la tercera dosis sus resultados fueron 22.64 milimhos/cm de CE (T 3.2), 13.38 % de PSI (T 3.2), 1.3% de MO y 7.75 ppm de fósforo. Se **concluyó** que el T3 (200%) fue la dosis que presentó resultados mejores con respecto a los demás puesto que obtuvo valores que fueron menores tanto de conductividad eléctrica como del porcentaje de sodio intercambiable, así mismo también presentó valores altos con respecto a los parámetros de potasio y fósforo, corroborándose estos resultados al plantar en cada maceta semillas del Brassica oleracea, el cual no llegó a observarse resultado alguno.

Otoya (2022) en el artículo titulado: “Efecto de la vinaza en el suelo de cultivo de *Saccharum officinarum* L. caña de azúcar” para la Revista Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de Trujillo. Cuyo objetivo fue determinar el efecto de la vinaza en el suelo de cultivos de *Saccharum officinarum* L. La vinaza utilizada para los ensayos se obtuvo de la Destilería de la empresa Casa Grande SAA y la aplicación se realizó conjuntamente con el agua de riego mediante tanque cisterna. Se

realizó en 5 bloques con 3 repeticiones, cada bloque con la dosis T1: Testigo, T2: 30 m3. ha-1, T3: 60 m3. ha-1, T4: 110 m3. ha-1, T5: 220 m3. ha-1, y se analizó las muestras a los 15, 30, 60, 90, 120 y 270 días de aplicada la vinaza. Se determinó que existe diferencia significativa en la Conductividad Eléctrica (C.E.) y en la concentración de potasio cambiante y disponible, mientras que el pH, la Capacidad de Intercambio Catiónico, Ca, Mg, Na, N, P, materia orgánica, carbonatos y micronutrientes como el B y Cu, no hay diferencia significativa. Se concluye que la aplicación de la vinaza en los cultivos de caña de azúcar tiene efecto significativo sobre el K, que es importante en el crecimiento del cultivo.

Tantaleán (2020) en su tesis titulada: *“Recuperación de suelos salinos mediante el uso de los subproductos del proceso de azúcar (cachaza, melaza y bagazo) utilizados como abono orgánico”* en la Universidad César Vallejo – Chiclayo. Cuyo **objetivo** fue recuperar suelos salinos aplicando subproductos del proceso de elaboración de azúcar (cachaza, melaza y bagazo) como abono orgánico, ayudando así al suelo en la disminución de sales y el aumento de nutrimentos, la aplicación del abono orgánico se ha dado en corto plazo, aproximadamente 6 semanas, aplicando 48 kg/m² de abono preparado en un espacio de 4 metros cuadrados. La **metodología** que se utilizó para obtener los datos del análisis; consiste en el método de investigación de campo que es por medio de la observación y análisis fisicoquímicos del antes y después de la aplicación del abono orgánico, e identificar el cambio del suelo tratado. El diseño optado para la investigación fue descriptiva, cuasi experimental y con un enfoque cuantitativo. Se **concluye** que el abono orgánico aplicado ha dado buenos resultados por el alto porcentaje de nutrimentos N (0.52%), P (0.46%), K (0.65%), MO (9.80%), CaO(0.73%) necesarios para el suelo, así mismo la salinidad inicial (23.78 mmhos/cm) con la aplicación de este tipo de compost ha disminuido ligeramente (7.93 mmhos/Cm).

2.1.3. ANTECEDENTE A NIVEL LOCAL

Modesto (2023) en su tesis *“Efecto del compost y microorganismos eficaces en la recuperación de suelos agrícolas degradados”* en la Universidad de Huánuco. Cuyo **objetivo** fue demostrar el efecto del compost y microorganismos eficaces en la recuperación de suelos agrícolas degradados en el Distrito de Molino, la **metodología** que utilizó fue de enfoque cuantitativo, alcance explicativo y de diseño experimental. Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 4 bloques, 4 tratamientos (compost, microorganismos eficaces, compost más microorganismos eficaces y testigo) con 4 repeticiones, haciendo un total de 16 unidades experimentales y 4 aplicaciones cada 20 días. Durante los 80 días de intervención en campo. Los **resultados** obtenidos para la propiedad física, si hubo diferencia significativa en la textura (arcilla) con el tratamiento 3 (compost más microorganismos eficaces) siendo un suelo franco a diferencia al resultado inicial que fue franco arcilloso. Para la propiedad química existe diferencia significativa en el pH modificando de 4.6 al inicio a 5.4 con el tratamiento 1 (compost) y 5.3 con el tratamiento 3 (compost más microorganismos eficaces). Por lo que **concluyó** que el tratamiento 1 y tratamiento 3 tienen efecto significativo en las propiedades físico y químico del suelo agrícola degradado del Distrito de molino, contribuyendo a la recuperación de nutrientes en el suelo.

Fasabi (2023) en su tesis: “Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado” en la Universidad de Huánuco. Cuyo **objetivo** fue demostrar el efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminada. En la **metodología** por medio un pre test identificó que el suelo estaba contaminado. Al evaluar el efecto del biochar en el suelo contaminado se obtuvo los siguientes resultados: respecto a los tratamientos con biochar la dosis del 20% de biochar fue más efectiva en la muestra 1. Los **resultados** respecto al análisis mecánico arena 47.67%, arcilla 15.33% y limo 37%, mientras que en las características químicas fueron:

El pH fue de 7.25, conductividad eléctrica fue de 2.61 dS/cm, materia orgánica fue de 2.20%, con respecto a los valores cambiables fueron los siguientes el nitrógeno con 0.11%, fósforo con 67.34 ppm, potasio con 236.13 ppm. Respecto a los tratamientos con biochar la dosis con el 25% de biochar fue más efectiva en la muestra 2 los resultados respecto al análisis mecánico arena 44.33%, arcilla 14.67% y limo 41%, mientras que en las características químicas fueron: El Ph fue de 7.38, la conductividad eléctrica fue de 3.08 dS/cm, la materia orgánica fue de 2.32 %, respecto a los valores cambiables fueron los siguientes el nitrógeno con 0.11%, fósforo con 93.78 ppm, potasio con 351.44 ppm. Llegó a la **conclusión** el tratamiento con biochar en suelo contaminando es más efectivo con la dosis del 25%, aunque ambas dosis mejoraron la calidad de suelo, teniendo cambios en los parámetros físico – químicos del suelo, se recomienda usar biochar para la estabilización de suelos contaminados y asimismo probar en diferentes dosis para lograr mejores resultados.

Ponce (2020) en su tesis: *“Aplicación de enmiendas para la recuperación de suelos degradados y efecto en el rendimiento del frijol (*Vigna unguiculata*) en la microcuenca del Monzón”* en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Teniendo por **objetivo** evaluar la aplicación de enmiendas para recuperar suelos degradados y efecto en el rendimiento del frijol (*Vigna unguiculata*) en la microcuenca del Monzón En la **metodología** utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial, con un tratamiento adicional (2A x 6B + 1C) con 4 repeticiones. Entre los **resultados** se tiene que con la aplicación de enmiendas químicas al suelo (roca fosfórica, dolomita y yeso agrícola), se observa una mejora en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, frente al tratamiento testigo, en cuanto a los parámetros biométricos se da cuando se aplica 10 Tm/ha de gallinaza y enmiendas químicas y al aplicar gallinaza 10 TM/ha + DO 2 TM/ ha se obtuvo mejor rentabilidad (B/C) para la producción de frijol caupí; es decir, por cada nuevo sol invertido, se obtendrá un retorno del capital invertido y una ganancia de 0.94 nuevos soles.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ENMIENDAS ORGÁNICAS

Murillo et al. (2020) señalan que las enmiendas o abonos orgánicos provienen de la descomposición y mineralización de residuos vegetales, animales e industriales. Cuando se incorporan al suelo, contribuyen a mejorar sus características físicas, químicas y biológicas, favoreciendo la infiltración y la retención de agua, estimulando la actividad microbiana y regulando el pH. Por estas razones, constituyen una fuente importante de nutrientes para el suelo y las plantas. No obstante, es indispensable evaluar el origen del material para evitar el ingreso de patógenos o sustancias potencialmente peligrosas.

En concordancia con esta definición, Suasaca et al. (2009) explican que se denomina abono o enmienda orgánica a todo residuo de origen vegetal o animal que, tras su descomposición, enriquece el suelo con los nutrientes requeridos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando además sus propiedades físicas (textura, estructura, color) y químicas (humedad, pH).

También conocidos como fertilizantes orgánicos, representan fuentes de nutrientes cuya composición es de naturaleza orgánica, por lo que requieren un proceso de descomposición para liberar los nutrientes en formas disponibles para los cultivos. Constituyen un elemento esencial dentro de los sistemas integrados de nutrición vegetal, ya que influyen notablemente en las propiedades del suelo, especialmente en los aspectos físicos, fisicoquímicos y biológicos. Asimismo, contribuyen al aporte de nutrientes mediante el reciclaje de los provenientes de la fertilización, los restos de cosechas y las excretas de animales (Herrera et al., 2022).

El aprovechamiento de residuos agrícolas a través de su transformación en enmiendas orgánicas constituye una estrategia eficaz que impulsa el desarrollo de los cultivos y favorece las condiciones del

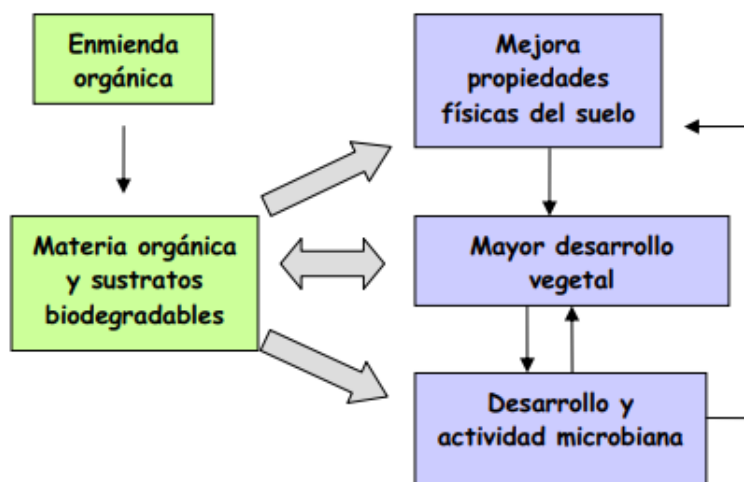
suelo, restituyendo muchos de los elementos que fueron extraídos durante la producción (Pérez et al., 2022).

2.2.1.1. EFECTOS FAVORABLES DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS SOBRE EL SUELO

La incorporación de enmiendas orgánicas ejerce un impacto positivo en las propiedades físicas del suelo, ya que mejora su estructura, promueve la formación y estabilidad de agregados y aumenta su capacidad de retener agua. Además, reduce la escorrentía superficial, lo que previene el arrastre de nutrientes y favorece un mejor desarrollo vegetal. Igualmente, estimula la actividad microbiana al incrementar las fuentes de energía y nutrientes disponibles, cerrando así el ciclo de fertilidad del suelo (García, 2008).

Figura 1

Adición de enmienda orgánica en el suelo



Nota. Uno de los efectos más característicos que provoca la enmienda con este tipo de residuos es la mejora de las propiedades físicas del suelo, y a largo plazo favorecen a las plantas. (García, 2008, p. 54).

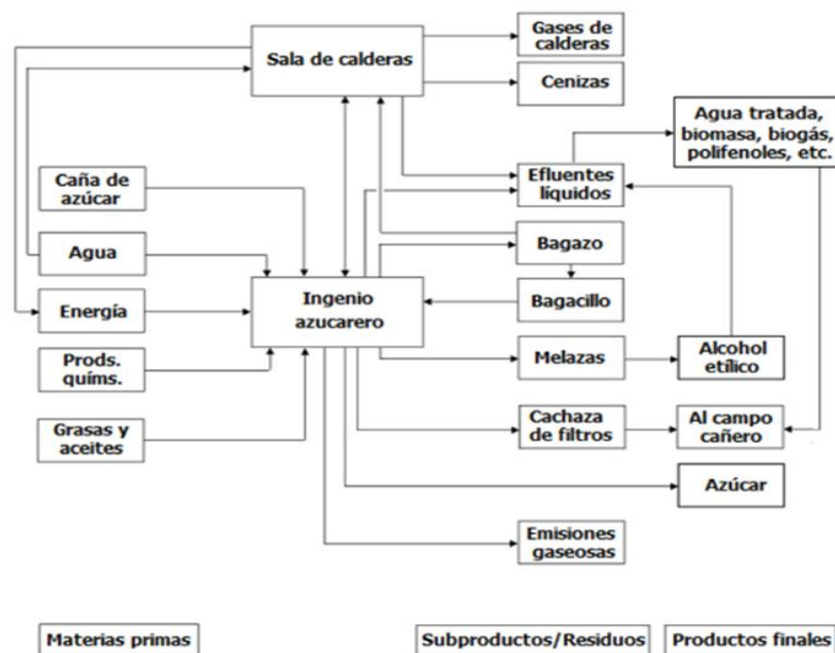
2.2.2. CACHAZA

Se trata de un subproducto sólido generado durante la etapa de clarificación de los jugos, con una producción estimada de 40 kg por tonelada de caña procesada y una humedad cercana al 70%. Su composición química es variable, influenciada por la variedad de caña, las condiciones agroecológicas y la eficiencia del proceso industrial.

Entre los nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal, el nitrógeno y el fósforo destacan por su alta concentración, seguidos por el potasio. Además, contiene cantidades moderadas de calcio, magnesio y diversos micronutrientes, junto con un significativo aporte de materia orgánica, que representa aproximadamente el 50%. Este residuo fue el componente predominante en la mezcla utilizada para compostaje, alcanzando una proporción del 70% (Sotomayor et al., 2019).

Figura 2

Materias primas, productos y subproductos de la industria cañera



Nota. Después del azúcar, el subproducto con mayor valor agregado hasta hace muy poco tiempo eran las mieles finales o me-lazas (Durán, 2022).

2.2.3. VINAZA

La vinaza es un residuo líquido generado durante la producción de alcohol a partir de melaza o jugos de caña, obteniéndose aproximadamente 13 litros de vinaza por cada litro de alcohol elaborado. Su composición química varía según el tipo de mosto utilizado en la fermentación —melaza, jugo de caña o mezclas—. Debido a su alto contenido de materia orgánica y sales minerales, presenta un fuerte potencial contaminante cuando se vierte en cuerpos de agua, ya que su elevada demanda de oxígeno para la estabilización química y biológica puede eliminar completamente la flora y fauna aeróbica. Actualmente, su manejo incluye su aplicación en suelos cañeros como fuente de potasio

y nitrógeno, así como en terrenos salinos o sódicos sin productividad. También se emplea en mezclas para compostaje, aportando la humedad necesaria y actuando como fuente de materia orgánica (Sotomayor et al., 2019).

2.2.4. SUELO DEGRADADO

García (2008) señala que el suelo, al ser un recurso vivo, dinámico y no renovable, requiere condiciones mínimas adecuadas para cumplir sus funciones esenciales, tales como la conservación del ecosistema, la producción de alimentos y el mantenimiento de la calidad ambiental a diferentes escalas. Sin embargo, enfrenta presiones y procesos que conducen a su degradación.

Desde sus consideraciones Aguirre et al. (2022) defienden que la degradación del suelo implica la reducción de su capacidad presente o futura para generar bienes o proveer servicios que garanticen el equilibrio del sistema. También representa un deterioro en la salud del recurso, reflejado en una disminución de su capacidad para ofrecer servicios ecosistémicos; cuando el origen es humano, se trata de una erosión antrópica.

La degradación física del suelo producto de una meteorización acelerada altera la porosidad y afecta la circulación de aire y agua, provocando compactación, sellamiento superficial e impidiendo la recarga de acuíferos. Por su parte, la degradación química resulta de la acumulación de sustancias tóxicas en concentraciones superiores a la capacidad de amortiguación del suelo, modificando sus propiedades y generando procesos como acidificación, salinización, pérdida de materia orgánica y contaminación. Las principales fuentes de contaminación difusa incluyen la deposición atmosférica, las actividades agrícolas y las inundaciones, que transportan y concentran contaminantes (Aguirre et al., 2022).

2.2.4.1. PARÁMETROS FÍSICOS DEL SUELO

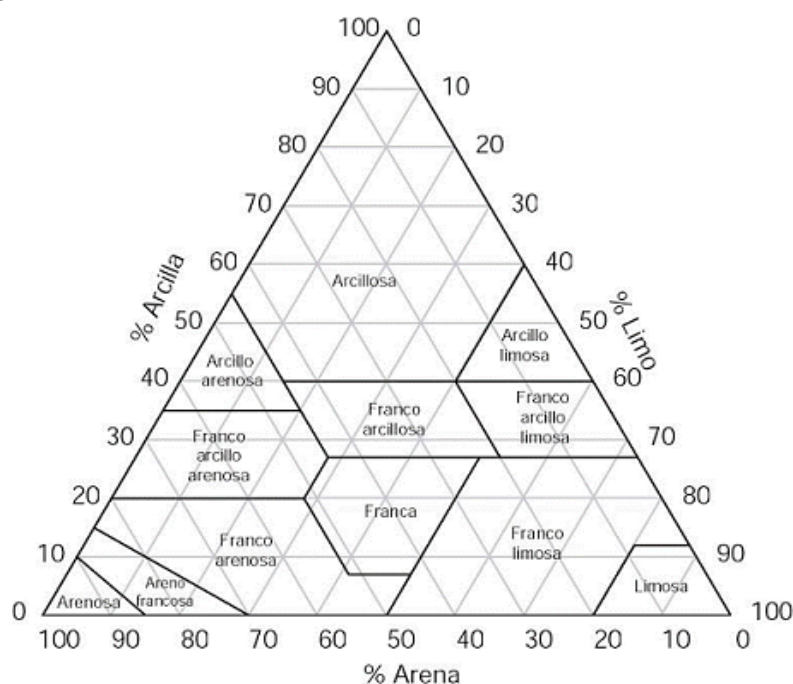
Las propiedades físicas del suelo están determinadas principalmente por el tamaño y la disposición de las partículas que lo integran. Esto incluye la textura, que corresponde a la proporción de partículas según su tamaño, y la estructura, que se refiere a la manera en que dichas partículas se agrupan junto con otros componentes como la materia orgánica.

a. Textura

La composición granulométrica de un suelo describe el porcentaje en peso de las partículas minerales que lo conforman, clasificadas en fracciones mutuamente excluyentes según su tamaño (Navarro y Navarro, 2014, p. 8).

Figura 3

Diagrama de textura del suelo



Nota. Es evidente que un suelo nunca está compuesto sólo de una fracción. Normalmente, pequeñas cantidades de la mayoría de las fracciones están presentes (Navarro y Navarro, 2014, p. 8).

La textura del suelo depende de los minerales presentes en la roca madre, y está estrechamente vinculada con la resistencia de dicha roca al desgaste, la calidad del material parental que de ella se origina y, en consecuencia, el potencial de formación y

desarrollo del suelo (Jaramillo, 2002). Generalmente, los suelos se clasifican en tres fracciones granulométricas principales: arena, limo y arcilla (Navarro y Navarro, 2014, p. 8).

2.2.4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL SUELO

Las propiedades químicas del suelo están relacionadas con su composición y con las sustancias que contiene. Entre los elementos más relevantes para la fertilidad destacan las sales o nutrientes, así como el pH (Guillermo, 2011). Los nutrientes influyen directamente en la capacidad de crecimiento de las plantas, pues están condicionados tanto por su disponibilidad en el suelo como por los niveles de pH (Guillermo, 2011).

a. pH del suelo

El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad del suelo. Su escala va de 0 a 14, donde 0 representa la máxima acidez, 7 indica neutralidad y 14 corresponde a un medio altamente alcalino. Este parámetro está estrechamente vinculado con la capacidad del suelo para absorber nutrientes, siendo ideales los valores ligeramente ácidos o neutros, entre 5.5 y 7 (Masís et al., 2017).

La acidez constituye una propiedad química fundamental porque regula la disponibilidad o inmovilidad de nutrientes en el suelo y afecta directamente el desarrollo de las plantas. Además, influye en la solubilidad de ciertos contaminantes —como los metales pesados— y en la degradación de agroquímicos. También determina el tipo de comunidades microbianas presentes, las cuales desempeñan un papel crucial en la solubilización o inmovilización de nutrientes y contaminantes. La escala de pH permite, por tanto, evaluar el nivel de acidez o alcalinidad del suelo (Masís et al., 2017).

Figura 4

Escala de pH del suelo



Nota. El pH del suelo es posiblemente la medición más simple que puede realizarse a la hora de determinar las características de los suelos. (Navarro y Navarro, 2014, p. 8).

b. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo, también conocida como humus, proviene de la descomposición de restos vegetales y animales. Este proceso biológico fundamental permite que el carbono retorne a la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO_2), mientras que el nitrógeno (N) se transforma primero en amonio (NH_4^+) y luego en nitrato (NO_3^-). Asimismo, otros elementos como fósforo (P), azufre (S) y diversos micronutrientes adquieren formas aprovechables por las plantas superiores. Durante este proceso, parte del carbono es incorporado a la biomasa microbiana y otra fracción se convierte en humus (Navarro y Navarro, 2014).

Todos los residuos de origen vegetal y animal que llegan al suelo constituyen su materia orgánica; la fuente principal son los restos vegetales, que proporcionan energía y alimento a los organismos edáficos, además de ser la base para la formación de los coloides orgánicos (humus) que se acumulan en el suelo (Jaramillo, 2002).

c. Macronutrientes

Aunque la fertilidad natural del suelo puede cubrir la demanda de varios nutrientes esenciales especialmente cuando se esperan bajos rendimientos, en la mayoría de cultivos los niveles de macronutrientes suelen ser insuficientes. Entre los nutrientes que con mayor frecuencia presentan deficiencias se encuentran el nitrógeno, fósforo y potasio; y, en menor medida, el boro y el

magnesio. En suelos alcalinos suelen aparecer problemas de disponibilidad de ciertos micronutrientes, mientras que el calcio se vuelve deficitario principalmente en suelos ácidos (Navarro y Navarro, 2014).

- **Nitrógeno (N):** cumple múltiples funciones en las plantas, favoreciendo el crecimiento, aportando el color verde de las hojas, siendo esencial para la fotosíntesis y contribuyendo a lograr mayores rendimientos. Sin embargo, su exceso puede retrasar la floración y la fructificación. Además, facilita la absorción de otros nutrientes como fósforo y potasio (Guillermo, 2011).
- **Fósforo (P):** es clave para el desarrollo vegetal. Ayuda a fortalecer a las plantas frente a plagas y enfermedades, promueve un crecimiento adecuado, favorece la formación de un sistema radicular profundo y robusto, y es esencial para la formación y maduración de frutos y semillas (Guillermo, 2011).
- **Potasio (k):** desempeña un papel fundamental en la nutrición vegetal. Contribuye a la formación de tallos vigorosos, estimula el crecimiento vegetativo, la fructificación y mejora la calidad de los frutos. Regula el balance hídrico de las plantas, participa en la fotosíntesis y en la síntesis de azúcares, aceites y almidones, además de incrementar la resistencia ante enfermedades (Guillermo, 2011).

d. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) varía según los minerales y compuestos presentes en el suelo. Este parámetro es fundamental porque regula la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, como K^+ , Mg^{2+} y Ca^{2+} . También influye en los procesos de floculación y dispersión de arcillas, afectando la estructura y estabilidad de los agregados del suelo. Además, determina el papel del suelo como sistema depurador natural, al

permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al ecosistema edáfico(Guillermo, 2011).

2.2.4.3. PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO DEL SUELO

Los indicadores microbiológicos engloban diversos factores relacionados con la calidad del suelo, como la abundancia y los subproductos de microorganismos y macroorganismos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Incluyen funciones como la tasa de respiración microbiana, niveles de ergosterol y otros compuestos fúngicos, velocidad de descomposición de los residuos vegetales y contenidos de N y C en la biomasa microbiana (Navarro y Navarro, 2013).

a. Aerobios

Algunas bacterias utilizan oxígeno gaseoso (aerobias), otras dependen del oxígeno combinado (anaerobias) y existen organismos facultativos capaces de emplear ambas fuentes. Su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 21 y 38 °C, siendo sensibles a valores fuera de este rango. Además, requieren suelos con alta disponibilidad de calcio (pH entre 6 y 8). Las bacterias participan en procesos esenciales para la salud del suelo, como la nitrificación, la oxidación del azufre y la fijación del nitrógeno atmosférico; cuando estos procesos se interrumpen, la vida vegetal se ve rápidamente afectada(Navarro, 2003).

Los nemátodos, protozoos y rotíferos conforman la microfauna del suelo. Aunque aparecen en casi todos los tipos de suelo, su función varía: los nemátodos suelen atacar tejidos vegetales, mientras que protozoos y rotíferos contribuyen a la descomposición de la materia orgánica (Navarro, 2003).

b. Fungi

Los hongos cumplen un papel crucial en la transformación de los componentes del suelo. Poseen una gran capacidad para descomponer sustancias resistentes como celulosa y lignina, lo que

los convierte en actores esenciales en la formación del humus. Si bien no oxidan amonio a nitrato ni fijan nitrógeno atmosférico — funciones propias de bacterias—, destacan por su elevada capacidad de descomposición (Navarro, 2003).

2.2.4.4. CONSERVACIÓN DEL SUELO

La conservación del suelo requiere la implementación de diversas prácticas culturales, agronómicas y sostenibles. Esto implica aplicar técnicas que contribuyan a preservar sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, garantizando así su capacidad productiva a largo plazo (Guillermo, 2011).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Adsorción**

“Acumulación de compuestos químicos en la interfase sólido-líquido; está especialmente relacionado con el intercambio iónico o retención en superficies” (Herrera et al., 2022, p. 45).

- **Absorción**

“Acumulación de moléculas dentro de sólidos ya existentes; más utilizado en la reacción química de los nutrientes con formas químicas del suelo o el paso de algunos iones al interior de los coloides del suelo” (Herrera et al., 2022, p. 45).

- **Bioestimulación**

“Son todas aquellas sustancias diferentes a los fertilizantes que traen beneficios a los cultivos al ser usadas en pequeñas cantidades, cuyos efectos incluyen: incrementos en la absorción de nutrientes, en el rendimiento, en la acumulación de biomasa, mejoras en el sistema radicular, en la floración, en el cuajado, en la calidad del fruto, la reducción de la dormancia de las semillas, o mejor respuesta frente al estrés biótico o abiótico” (Pérez et al., 2022, p. 90).

- **Calidad del suelo**

“La calidad del suelo abarca tres componentes básicos: las características biológicas, las físicas y las químicas; mientras que la salud está determinada principalmente por sus características ecológicas” (García, 2008, p. 8).

- **Caña de azúcar**

“La caña de azúcar es un pasto perenne que crece entre los trópicos (30° latitud norte y 30° de latitud sur) en más de 100 países. Es la planta herbácea de la Tierra más eficiente para almacenar la energía solar como biomasa alcanzando rendimientos de campo de hasta 150 ton/ha. De esta versátil planta se obtienen diversos productos: Azúcar en cristales, melazas, bagazo, cachaza, etanol, vinazas, biogás rico en metano, polifenoles, entre otros” (Durán, 2022).

- **Compostaje**

“Proceso biológico por el cual los microorganismos utilizan el material orgánico como fuente de alimentación, en presencia de aire (proceso aeróbico), obteniéndose como producto final un material estable y uniforme con características beneficiosas para el suelo y los cultivos. Requiere de la presencia de bacterias y hongos, cuyo desarrollo depende de las condiciones de temperatura, humedad, nutrientes, pH y concentración de oxígeno desde el inicio de la mezcla hasta la maduración del compost” (Sotomayor et al., 2019, p. 15).

- **Restauración del suelo**

Es el reverso de la degradación del suelo, pudiendo estos restaurarse por sí mismos una vez que los factores causantes de la degradación son eliminados. Es importante tener en cuenta que hay límites críticos de algunas propiedades clave del suelo para revertir los procesos de degradación y restaurar el suelo a su estado deseable (López, 2002, p. 72).

2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS

H1: Las enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza tienen efectividad favorable en bioestimulación de un suelo degradado, Huánuco.

H0: Las enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza no tienen efectividad favorable en bioestimulación de un suelo degradado, Huánuco.

2.5. SISTEMA DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Enmiendas orgánicas (cachaza y vinaza).

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Suelo degradado.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: “Comparación de la efectividad de enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado, Huánuco”

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
VI: Enmiendas orgánicas	También denominados fertilizantes orgánicos, son fuentes de nutrientes con una composición química orgánica, por lo cual deben pasar por un proceso de descomposición para que se liberen los nutrientes en forma asimilable para los cultivos(Herrera et al., 2022).	Se van a aprovechar residuos orgánicos que se producen en la industria de la caña de azúcar, estos residuos por lo general no tienen una adecuada disposición final.	Cachaza	Cantidad (kg)	Balanza Días calendarios
				Tiempo	
			Cachaza + vinaza	Cantidad (kg)	
				Tiempo	
VD: Suelo degradado	Es un proceso que reduce la capacidad actual o futura del sistema para producir bienes o prestar servicios en pro del equilibrio del sistema. Es también un cambio en la salud del recurso que se refleja en una rebaja de la capacidad del ecosistema para prestar servicios (Aguirre et al., 2022).	Se va a considerar suelo en la que se realizan cultivos de caña de azúcar, que por el tipo de actividad alteran las propiedades del suelo. Se realizará una pre prueba para conocer las condiciones.	Parámetros físicos	Tipo textural	Análisis de laboratorio
			Parámetros químicos	pH CE Materia Orgánica Macronutrientes (N; C; P; K) C.I.C	Prueba de probeta Multiparámetro
			Crecimiento del indicador	Cantidad Tamaño de talla Tamaño de raíz	

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se consideró de tipo aplicada, dado que su principal carácter buscó la aplicación o la utilización de diferentes conocimientos adquiridos y a su vez se adquirirán nuevos conocimientos en el tiempo, posterior a la implementación y sistematización la práctica que se basa en la investigación (Martínez, 2012, p. 16).

3.1.1. ENFOQUE

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, dado que se analizaron aspectos numéricos, además de investigar y comprobar información y datos. Para ello se generó objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o perspectiva teórica (Hernández & Mendoza, 2018).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

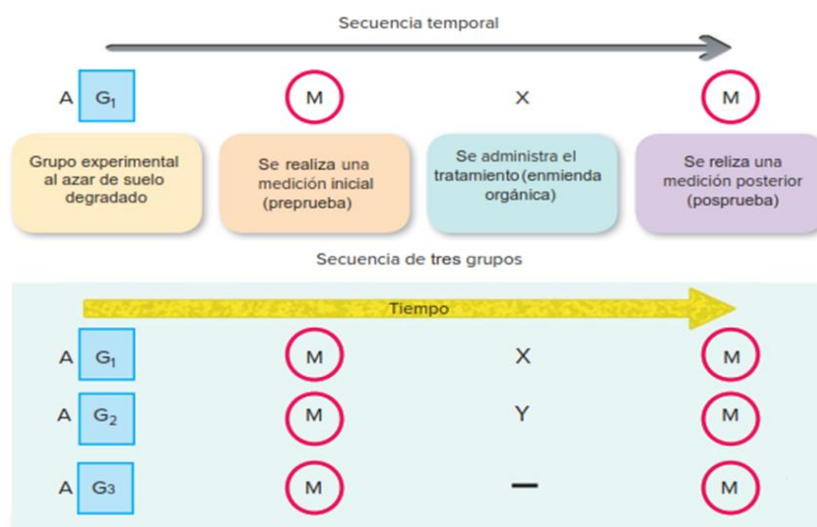
La presente investigaciones tuvo un alcance explicativo, dado que se tiene como propósito establecer (explicar) las causas de los sucesos, problemas o fenómenos que se estudian, señalando cuáles son las causas (variables independientes), cuáles son los efectos o consecuentes (variables dependientes) y cuáles son los factores intervinientes (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, p. 52).

3.1.3. DISEÑO

La presente investigación precisó un diseño experimental considerando que se hará una administración de manera intencional tratamientos con enmiendas orgánicas sobre el suelo degradado. Considerando también los contextos de campo y laboratorio. Para ello se va tener en cuenta; 2 Grupos experimentales (con tratamiento experimental) y un grupo de control o testigo (no recibe el tratamiento. (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, p. 162). Siguiendo el siguiente diseño:

Figura 5

Diseño de investigación



Nota. El primer grupo experimental (G1) se administrará la enmienda orgánica de cachaza y el segundo grupo experimental (G2) se administrará la enmienda orgánica de cachaza + vinaza y el tercer grupo (G3) será el grupo control es decir no recibirá ningún estímulo. Diseño adaptado de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018, p. 162).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población es el conjunto de todos los elementos de la misma especie que presentan una característica determinada o que corresponden a una misma definición y a cuyos elementos se le estudiarán sus características y relaciones. Está definida por el investigador (Lerma, 2016, p. 72).

Para la investigación se tomó como población el suelo degradado localizado en el la Hacienda Cachigaga, Tomayquichua – Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

La muestra es un subconjunto de población. A partir de los datos de las variables obtenidos de ella para reflejar la esas mismas variables para la población (Lerma, 2016, p. 73).

La muestra se consideró 25 kilos por grupo experimental que son tres (3), haciendo un total de 75 kilos. Considerando lo mencionado por Maxe y Peralta (2022) será un muestreo no pirobalística.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

a) Para la toma de muestras de suelo

En el primer paso se hizo un reconocimiento de la zona de estudio para luego definir el área en para la extracción de las muestras. Proceder a extraer 75 kg de suelo en los diferentes puntos seleccionados, considerando la profundidad de 20 – 30 cm en cada uno de ellos. Se procederá a homogeneizar las muestras para luego obtener 1 kg de este en una bolsa ziplock, respectivamente etiquetado y rotulado y llevarlo al laboratorio de la Universidad Agraria de la Selva (UNAS) para datos del pre tratamiento.

Se colocaron, en macetas y distribuyendo diferentes dosis de cachaza y vinaza en cada una de ellas. Previo a esto, en la parte inferior de cada maceta se colocó papel filtro para evitar pérdidas de suelo, luego se agregó 2 cm de grava en cada una de ella.

Se llevó 1kg de muestra de cada tratamiento al laboratorio de la UNAS después de haber pasado los 3 meses de tratamiento. Se llevó las muestras en bolsas impermeables y rotuladas para obtener los resultados. Después de que el laboratorio emitió los resultados de la efectividad de las enmiendas orgánicas en el suelo degradado se comparó con los resultados de la muestra inicial.

b) Para la elaboración del compost

Se tuvo una primera pila formada por 70% de cachaza y 30% de ceniza y regada con agua (Sotomayor et al., 2019). La segunda pila formada por 70% de cachaza y 30% de ceniza y regada con 200 ml de vinaza (concentración de azúcar) (Sotomayor et al., 2019).

c) Dosificación

– Tratamiento 1: Cachaza

Proporción: 1 kg de cachaza + 15 kg de suelo degradado

Etiquetado: T. Cachaza.

- **Tratamiento 2: Cachaza + Vinaza**

Proporción: 500 g de cachaza + 1 litro de vinaza + 15 kg de suelo degradado

Etiquetado: T. Cachaza/vinaza

- **Grupo Control**

Sin adición de insumos orgánicos (solo suelo degradado)

Etiquetado: T. Control

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

La presente investigación contempló las tablas y gráficos haciendo uso de la estadística descriptiva permitiendo comprender la estructuración de los datos tanto de manera general como individual a través de gráficos para ser presentados. Buscando así la interpretación más fácil, de la misma manera examinar estos datos también se permite descubrir datos inesperados o erróneos para que de esta manera se nos facilite decidir qué método debe ser utilizado en etapas posteriores del análisis y obtener así conclusiones válidas.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La técnica usada para el procesamiento y análisis de los datos fue el programa IBM SPSS Statistics V.26, complementado a ello el Microsoft Excel, en los que fueron elaborados los gráficos con los resultados que se obtuvieron de los tratamientos. Además, se pudo contrastar la hipótesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la comparación de la efectividad de enmiendas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado se muestran los resultados en función de los objetivos trazados:

Para, analizar los parámetros físicos y químicos de las condiciones iniciales del suelo, se tuvo:

Tabla 1

Parámetros físicos iniciales

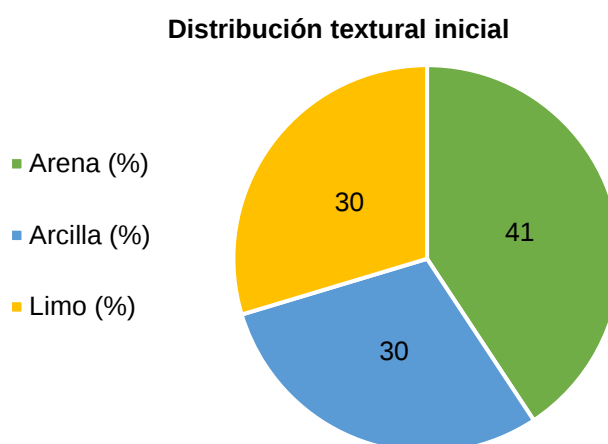
Nº	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural
M1(A)	41	28	29	Franco Arcilloso
M1(B)	40	31	30	Franco Arcilloso

Nota. Se evaluaron 2 muestras representativas iniciales. M1 (A); muestra inicial uno y M1 (B); muestra inicial dos.

De la tabla 1, la proporción de arena, arcilla y limo en ambas muestras corresponde a una textura franco arcillosa, característica por su capacidad de retener una mayor cantidad de agua por el alto contenido de partículas finas.

Figura 6

Distribución textural inicial



Nota. La media de las muestras en el gráfico de pastel, muestran que según su proporción (%) de arena, arcilla y limo es una textura franco arcillosa, es decir con poca aireación y la posibilidad de compactación.

Tabla 2*Parámetros químicos iniciales*

Nº	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	C	P	K	CIC
M1(A)	6.45	0.681	1.674	0.078	0.981	7.843	171.386	17.25
M1(B)	6.39	0.579	1.703	0.083	0.889	7.651	173.972	15.37

Nota. Se evaluaron 2 muestras representativas iniciales. M1 (A); muestra inicial uno y M1 (B); muestra inicial dos.

De la tabla 2, de acuerdo con los resultados obtenidos en las muestras evaluadas, se observa que el pH del suelo es de 6.45 y 6.39, lo que indica una acidez ligeramente ácida. La conductividad eléctrica (0.681 y 0.579 dS/m) se encuentra dentro de un rango considerado no salino, lo cual no representa un riesgo para el crecimiento vegetal. La materia orgánica presenta un valor de 1.674 y 1.703 %, clasificándose como baja fertilidad natural del suelo y la necesidad de aplicar enmiendas orgánicas para su mejora.

En cuanto al contenido de nitrógeno total, este alcanza 0.078 y 0.083 %, valor también bajo, esto podría limitar el desarrollo de las plantas. El calcio disponible es de 0.981 y 0.889 Cmol/kg, lo cual está dentro de rangos aceptables, contribuyendo a la estabilidad estructural del suelo. Por otro lado, el fósforo disponible alcanza 7.843 y 7.651 mg/kg, considerado bajo para suelos agrícolas. El potasio disponible se encuentra en 171.386 y 173.972 mg/kg, valor que se considera medio, ofreciendo cierto nivel de disponibilidad para los cultivos. Finalmente, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 17.25 y 15.37 Cmol/kg, lo cual sugiere una moderada capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes.

Para evaluar el efecto de la aplicación de cachaza sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo, se tuvo:

Tabla 3

Parámetros físicos con la aplicación de cachaza

N°	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural
M1(C)	51	16	33	Franco
M2(C)	51	14	35	Franco
M3(C)	50	18	32	Franco
M4(C)	51	17	32	Franco
M5(C)	50	17	33	Franco
M6(C)	50	18	32	Franco

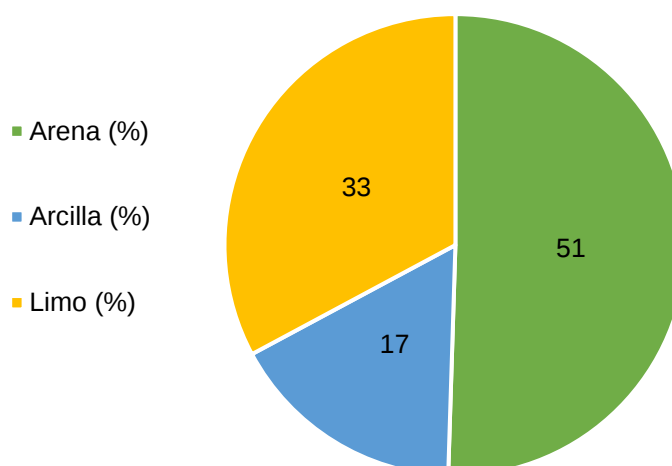
Nota. Para el efecto de la aplicación de dosis con cachaza se consideró 6 repeticiones (unidades experimentales) de muestras. a las que se aplicó una proporción de 1 kg de cachaza por cada 15 kg de suelo degradado. M indica la cantidad de muestras y (C) el tratamiento con cachaza.

De la tabla 3, para la proporción de arena, arcilla y limo en todas las unidades evaluadas indica una textura franca, caracterizada por un equilibrio entre las partículas gruesas y finas.

Figura 7

Distribución textural inicial post experimento con cachaza

Distribución textural post experimento - Cachaza



Nota. La media de las muestras en el gráfico de pastel, muestran que según su proporción (%) de arena, arcilla y limo es una textura franca, en la que la arena es la proporción mayor con 51 %. Lo que favorece una adecuada retención de agua, buena aireación y facilidad en el trabajo del suelo.

Tabla 4*Parámetros químicos con la aplicación de cachaza*

N°	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	C	P	K	CIC
M1(C)	7.95	1.08	4.01	0.200	5.244	26.723	279.409	6.888
M2(C)	7.80	1.01	3.30	0.165	3.338	20.014	232.047	4.065
M3(C)	7.82	1.02	3.50	1.750	4.536	24.084	241.035	5.073
M4(C)	7.85	0.98	3.58	0.179	6.582	19.751	266.454	6.582
M5(C)	7.81	1.01	3.06	1.154	4.612	24.531	279.157	6.852
M6(C)	7.88	1.20	3.45	1.183	4.442	20.918	264.154	5.241

Nota. Para el efecto de la aplicación de dosis con cachaza se consideró 6 repeticiones (unidades experimentales) a las que se aplicó una proporción de 1 kg de cachaza por cada 15 kg de suelo degradado. M indica la cantidad de muestras y (C) el tratamiento con cachaza.

De la tabla 4, según las muestras de suelo evaluadas, se observa que el pH varía entre 7.81 y 7.85, lo cual indica una ligera alcalinidad. La conductividad eléctrica (CE) oscila entre 0.98 y 1.08 dS/m, clasificándose dentro del rango de suelos no salinos, lo que sugiere una baja acumulación de sales solubles. La materia orgánica (M.O.) mostró valores entre 3.3% y 4.01%, lo que representa un contenido medio a alto, indicando una buena capacidad del suelo para mantener la fertilidad y la estructura. El contenido de nitrógeno total tuvo valores de 0.154% a 0.200%, ubicándose en niveles moderados que pueden contribuir adecuadamente al desarrollo vegetal.

En el calcio disponible oscila entre 3.338 y 6.582 Cmol/kg, valores que indican una buena disponibilidad del mismo. El fósforo disponible se encuentra en un rango de 19.751 a 26.723 mg/kg, clasificado como alto. El potasio disponible varía entre 232.047 y 279.409 mg/kg, considerado también un nivel alto. Finalmente, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se sitúa entre 4.065 y 6.888 Cmol/kg, lo cual indica una baja a moderada capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes.

Para evaluar el efecto de la aplicación de vinaza más cachaza sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo, se tuvo:

Tabla 5

Parámetros físicos con aplicación de vinaza más cachaza

N°	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural
M1(CV)	47	22	31	Franco
M2(CV)	49	20	31	Franco
M3(CV)	51	20	29	Franco
M4(CV)	47	18	35	Franco
M5(CV)	49	21	30	Franco
M6(CV)	47	22	31	Franco

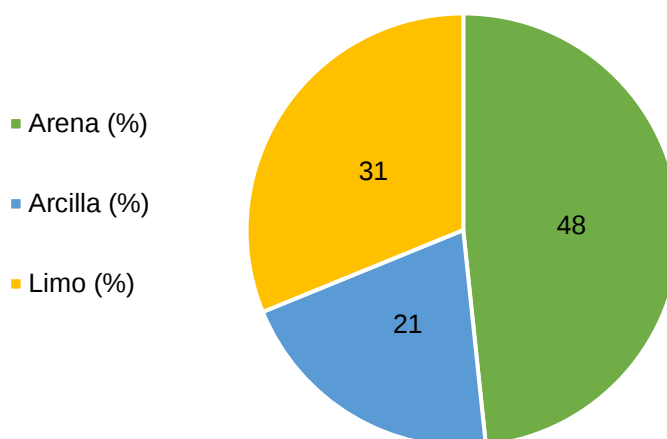
Nota. Para el efecto de la aplicación de dosis de vinaza más cachaza se consideró 6 repeticiones (unidades experimentales) a las que se aplicó una proporción de 1 litro de vinaza + 500 kg de cachaza por cada 15 kg de suelo degradado. M indica la cantidad de muestras y (CV) el tratamiento con cachaza más vinaza.

Por la tabla 5, se aprecia que, la proporción de arena, arcilla y limo en todas las unidades evaluadas indica una clase textural de suelo franco, al igual que el tratamiento solo con cachaza, el equilibrio entre las partículas gruesas y finas, favorece una adecuada retención de agua, buena aireación y se tiene un suelo optimo.

Figura 8

Distribución textural inicial post experimento con Vinaza más cachaza

Distribución textural post experimento - Vinasa + Cachaza



Nota. La media de las muestras en el gráfico de pastel, muestran que según su proporción (%) de arena, arcilla y limo es una textura franca, en la que la arena es la proporción mayor con 48 %. Lo que favorece una adecuada retención de agua, buena aireación y facilidad en el trabajo del suelo.

Tabla 6*Parámetros químicos con aplicación de vinaza más cachaza*

Nº	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	C	P	K	CIC
M1(CV)	7.61	0.85	3.41	0.171	3.216	23.610	240.062	4.303
M2(CV)	7.67	0.71	3.03	0.152	6.764	23.698	229.999	7.892
M3(CV)	7.59	0.65	2.28	0.114	5.748	22.251	243.135	6.814
M4(CV)	7.83	0.83	2.93	0.146	3.808	20.935	281.277	4.776
M5(CV)	7.65	0.83	3.39	0.125	6.549	23.558	240.259	7.980
M6(CV)	7.61	0.69	3.01	0.145	6.141	23.911	239.243	4.871

Nota. Para el efecto de la aplicación de dosis de vinaza más cachaza se consideró 6 repeticiones (unidades experimentales) a las que se aplicó una proporción de 1 litro de vinaza + 500 kg de cachaza por cada 15 kg de suelo degradado. M indica la cantidad de muestras y (CV) el tratamiento con cachaza más vinaza.

De la tabla 6, en las muestras de suelo analizadas, se observó que el pH varía entre 7.59 y 7.83, lo que indica una reacción ligeramente alcalina. La conductividad eléctrica (CE) oscila entre 0.65 y 0.85 dS/m, valores que se encuentran dentro del rango considerado no salino, lo que indica que el suelo no presenta problemas de salinidad con condiciones favorables.

El contenido de materia orgánica varía entre 2.28% y 3.41%, indicando una disponibilidad de materia orgánica de nivel medio. En nitrógeno total, presenta valores que se sitúan entre 0.114% y 0.171%, niveles considerados bajos a moderados. El calcio intercambiable oscila entre 3.216 y 6.764 Cmol/kg. Por otro lado, el fósforo disponible se encuentra en un rango de 20.935 a 23.698 mg/kg, niveles considerados adecuados a altos. El potasio disponible varía entre 229.999 y 281.277 mg/kg, niveles que pueden considerarse altos.

Finalmente, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) tuvo valores que van desde 4.303 a 7.892 Cmol/kg, indicando una capacidad baja a moderada del suelo para retener y suministrar nutrientes.

Tabla 7*Análisis de los parámetros químicos comunes*

Parámetro	Tratamiento	N	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
pH	Inicial	6	6.420	0.000	6.420	6.420
	Control	6	7.642	0.007	7.625	7.659
	Cachaza	6	7.852	0.023	7.793	7.911
	Vinaza + Cachaza	6	7.667	0.035	7.577	7.756
CE	Inicial	6	0.630	0.000	0.630	0.630
	Control	6	0.747	0.033	0.660	0.834
	Cachaza	6	1.050	0.033	0.966	1.135
	Vinaza + Cachaza	6	0.760	0.035	0.669	0.851
MO	Inicial	6	1.689	0.000	1.689	1.689
	Control	6	2.962	0.178	2.504	3.420
	Cachaza	6	3.573	0.098	3.322	3.825
	Vinaza + Cachaza	6	3.008	0.168	2.577	3.440

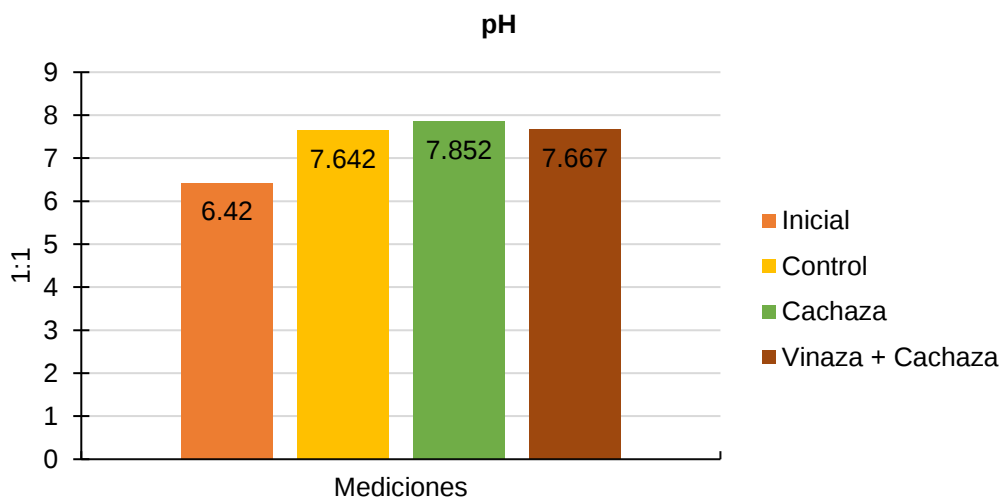
Nota. En la tabla se muestran los valores promedios, errores estándar e intervalos de confianza al 95% para los parámetros pH, conductividad eléctrica (CE) y materia orgánica (MO), evaluados en cuatro condiciones: situación inicial del suelo (sin tratamiento), tratamiento con Control, tratamiento con Cachaza y tratamiento combinado Vinaza + Cachaza.

De la tabla 7, se aprecia para; pH inicial fue de 6.420, lo que indica ligera acidez del suelo. Después de aplicación de los tratamientos, se tuvo un aumento en el pH. El tratamiento con Cachaza mostró el valor más alto (7.852), seguido por Vinaza + Cachaza (7.667) y el Control (7.642).

Para la CE inicial se tuvo 0.630 dS/m, lo que indica un suelo no salino. El tratamiento con Cachaza presentó el valor más alto (1.050 dS/m), aunque aún dentro de un rango considerado como bajo riesgo de salinidad. El tratamiento con Vinaza + Cachaza presentó un valor intermedio (0.760 dS/m), mientras que el Control alcanzó 0.747 dS/m. Lo que indica que, la aplicación de cachaza incrementa la salinidad del suelo en mayor medida que los otros tratamientos. Respecto a la M.O. inicial fue de 1.689%, un nivel bajo. Los tratamientos muestras para la Cachaza el valor más alto (3.573%), seguido de Vinaza + Cachaza (3.008%) y Control (2.962%).

Figura 9

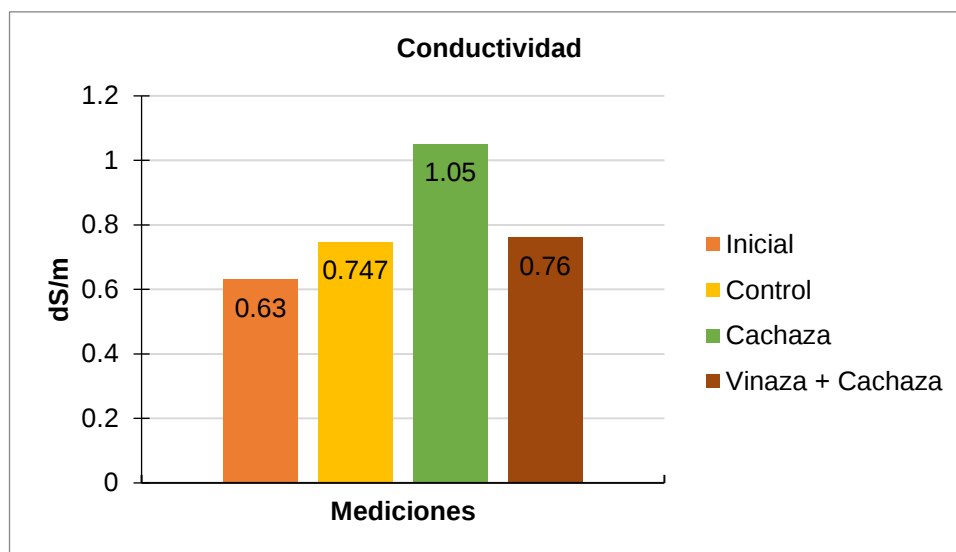
Variación de pH en el suelo bajo diferentes tratamientos



Nota. La figura 9 por gráfico de barras muestra que, la variación del pH inicial de 6.420, tuvo un aumento en el pH. El tratamiento con Cachaza mostró el valor más alto (7.852), seguido por Vinaza + Cachaza (7.667) y el Control (7.642).

Figura 10

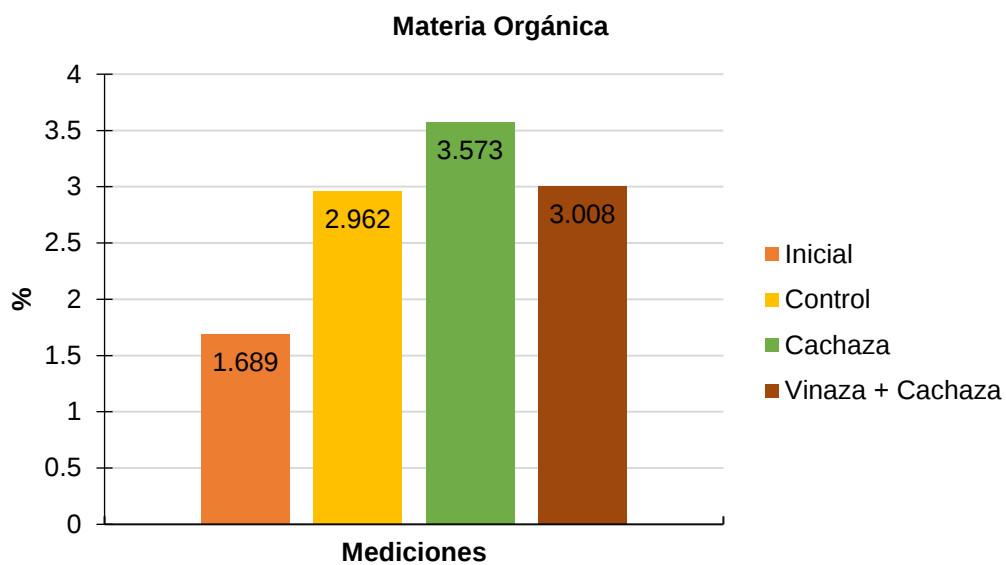
Variación de la conductividad en el suelo bajo diferentes tratamientos



Nota. La figura 10 por gráfico de barras muestra que, la variación de CE inicial 0.630 dS/m. El tratamiento con Cachaza presentó el valor más alto (1.050 dS/m), aunque aún dentro de un rango considerado como bajo riesgo de salinidad. El tratamiento con Vinaza + Cachaza presentó un valor intermedio (0.760 dS/m), mientras que el Control alcanzó 0.747 dS/m

Figura 11

Variación de la Materia orgánica pH en el suelo bajo diferentes tratamientos



Nota. La figura 16 por gráfico de barras muestra que, la variación de M.O. inicial fue de 1.689%, un nivel bajo. Los tratamientos muestras para la Cachaza el valor más alto (3.573%), seguido de Vinaza + Cachaza (3.008%) y Control (2.962%).

Tabla 8

Análisis de los parámetros químicos por nutrientes

Parámetro	Tratamiento	N	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
N	Inicial	6	0.081	0.000	0.081	0.000
	Control	6	0.147	0.009	0.122	0.171
	Cachaza	6	0.176	0.006	0.159	0.193
	Vinaza + Cachaza	6	0.142	0.008	0.121	0.163
Ca	Inicial	6	0.935	0.000	0.935	0.935
	Control	6	3.901	0.768	1.928	5.875
	Cachaza	6	4.792	0.438	3.668	5.917
	Vinaza + Cachaza	6	5.371	0.610	3.804	6.938
P	Inicial	6	7.747	0.000	7.747	7.747
	Control	6	15.866	0.649	14.198	17.533
	Cachaza	6	22.670	1.162	19.682	25.658
	Vinaza + Cachaza	6	22.661	0.513	21.341	23.980
K	Inicial	6	172.679	0.000	172.679	172.679
	Control	6	192.680	9.227	168.961	216.400
	Cachaza	6	260.376	8.047	239.690	281.062
	Vinaza + Cachaza	6	248.996	7.614	229.424	268.568
CIC	Inicial	6	16.310	0.000	16.310	16.310
	Control	6	5.864	0.824	3.746	7.981
	Cachaza	6	5.784	0.474	4.564	7.003
	Vinaza + Cachaza	6	6.106	0.677	4.366	7.846

Nota. La tabla presenta los valores medios, errores estándar e intervalos de confianza al 95% para los nutrientes nitrógeno (N), calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), evaluados en cuatro condiciones: condición inicial del suelo (sin tratamiento), control, cachaza y vinaza + cachaza.

De la tabla 8, se aprecia por los tratamientos el Nitrógeno (N) total tuvo un valor inicial: 0.081%, indicando un nivel bajo de nitrógeno en el suelo. El tratamiento Control incrementó el valor a 0.147%, mientras que el tratamiento de Cachaza y Vinaza + Cachaza alcanzaron 0.176% y 0.162%, respectivamente.

Respecto al Calcio (Ca) intercambiable el valor inicial fue de 0.935 Cmol/kg, bajo respecto a niveles ideales. El Control presenta un valor medio de 3.901 Cmol/kg, Cachaza aumenta a 4.792 Cmol/kg y Vinaza + Cachaza alcanza el valor más alto con 5.371 Cmol/kg. Todos los tratamientos incrementan considerablemente la disponibilidad de calcio, especialmente el tratamiento combinado, que mejora la estructura del suelo y la absorción de otros nutrientes.

Fósforo (P) disponible Valor inicial: 7.747 mg/kg, considerado bajo. El tratamiento Control eleva este valor a 15.866 mg/kg, mientras que Cachaza

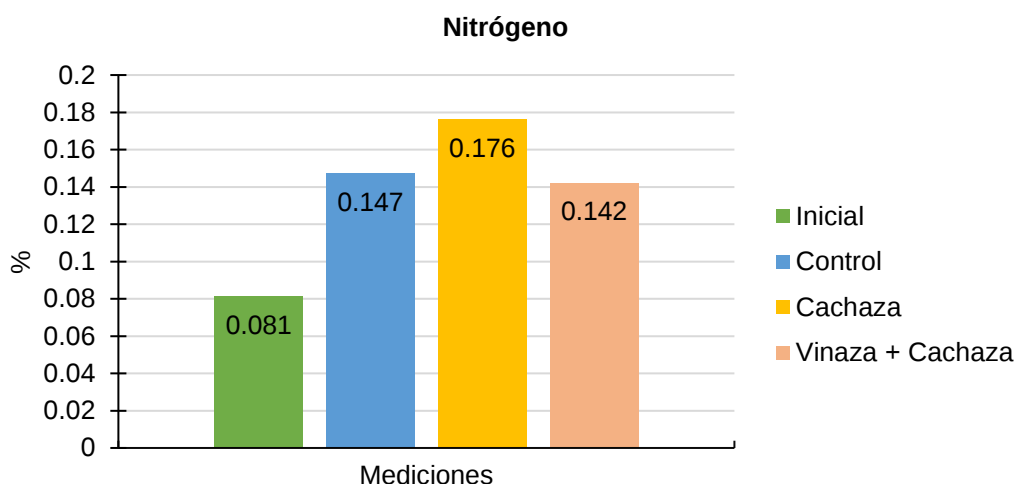
alcanza 22.670 mg/kg y Vinaza + Cachaza llega a 22.661 mg/kg. Tanto Cachaza como Vinaza + Cachaza duplican o triplican los niveles iniciales, lo cual es favorable para el desarrollo radicular y la productividad del cultivo.

Potasio (K) disponible Valor inicial: 172.679 mg/kg. El Control lo incrementa a 192.830 mg/kg, Cachaza a 260.376 mg/kg y Vinaza + Cachaza a 248.996 mg/kg. Se observa un aumento significativo del potasio con los tratamientos orgánicos, especialmente con cachaza, mejorando así la calidad de los frutos y la resistencia de las plantas al estrés hídrico.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), valor inicial: 16.310 Cmol/kg. El Control redujo este valor a 5.864 Cmol/kg, lo que indica una posible pérdida de fertilidad natural del suelo en ausencia de enmiendas. La Cachaza elevó la CIC a 5.784 Cmol/kg, y el tratamiento con Vinaza + Cachaza lo incrementó hasta 6.106 Cmol/kg.

Figura 12

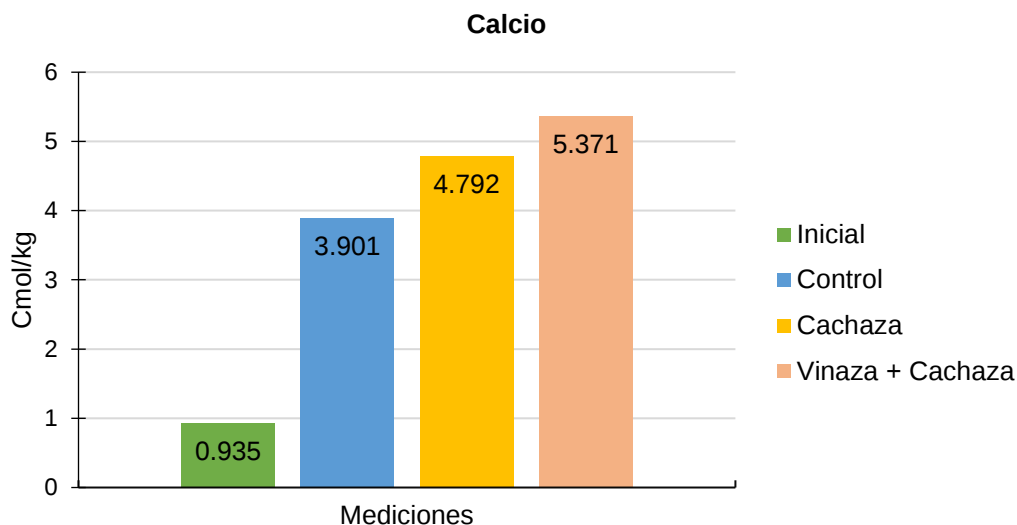
Contenido de nitrógeno en el suelo bajo diferentes tratamientos



Nota. La figura 12 por gráfico de barras muestra que, el contenido de nitrógeno en el tratamiento Control incrementó el valor a 0.147%, mientras que el tratamiento de Cachaza y Vinaza + Cachaza alcanzaron 0.176% y 0.162%, respectivamente.

Figura 13

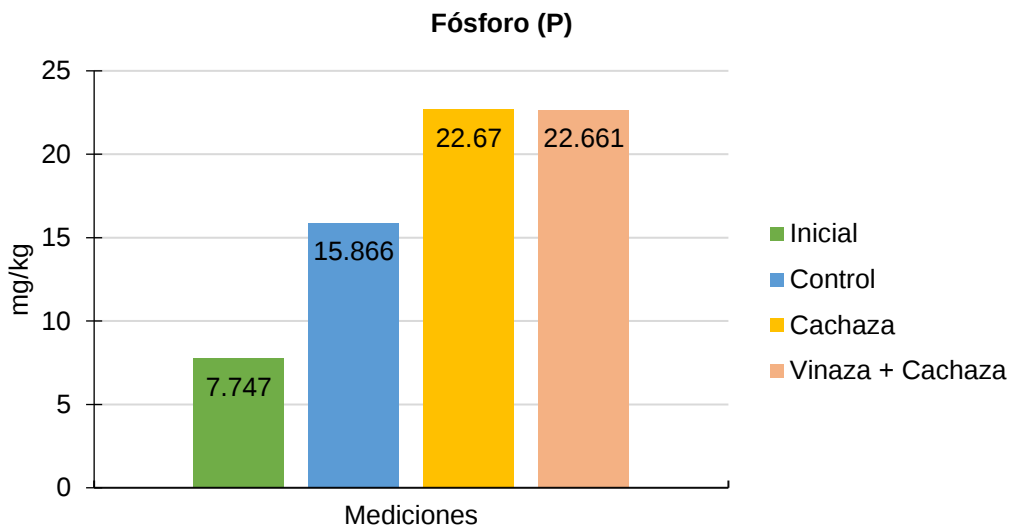
Contenido de Calcio en el suelo bajo diferentes tratamientos



Nota. La figura 13 por gráfico de barras muestra que, el contenido de Calcio en el Control presenta un valor medio de 3.901 Cmol/kg, Cachaza aumenta a 4.792 Cmol/kg y Vinaza + Cachaza alcanza el valor más alto con 5.371 Cmol/kg.

Figura 14

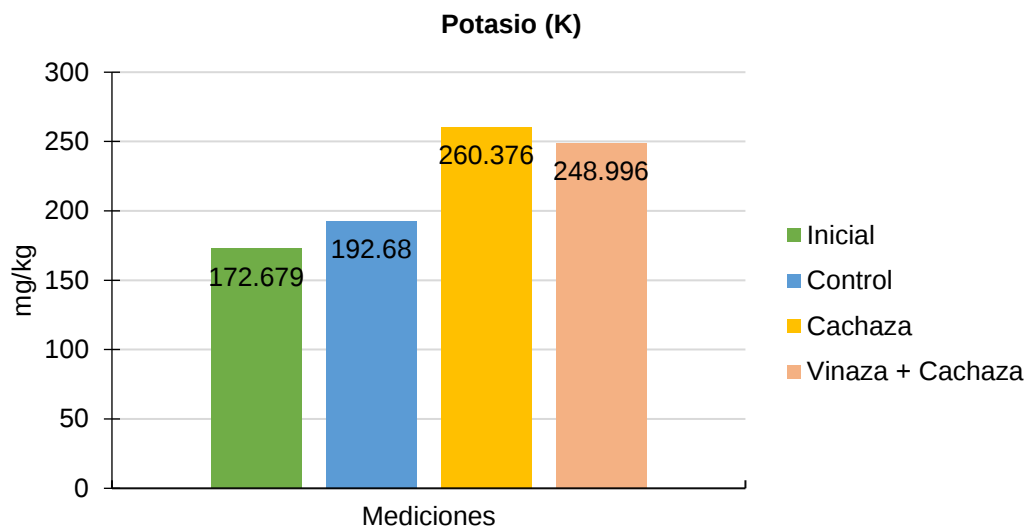
Contenido de Fósforo en el suelo bajo diferentes tratamientos



Nota. La figura 14 por gráfico de barras muestra que, el contenido de Fósforo (P) disponible Valor inicial: 7.747 mg/kg, considerado bajo. El tratamiento Control eleva este valor a 15.866 mg/kg, mientras que Cachaza alcanza 22.670 mg/kg y Vinaza + Cachaza llega a 22.661 mg/kg.

Figura 15

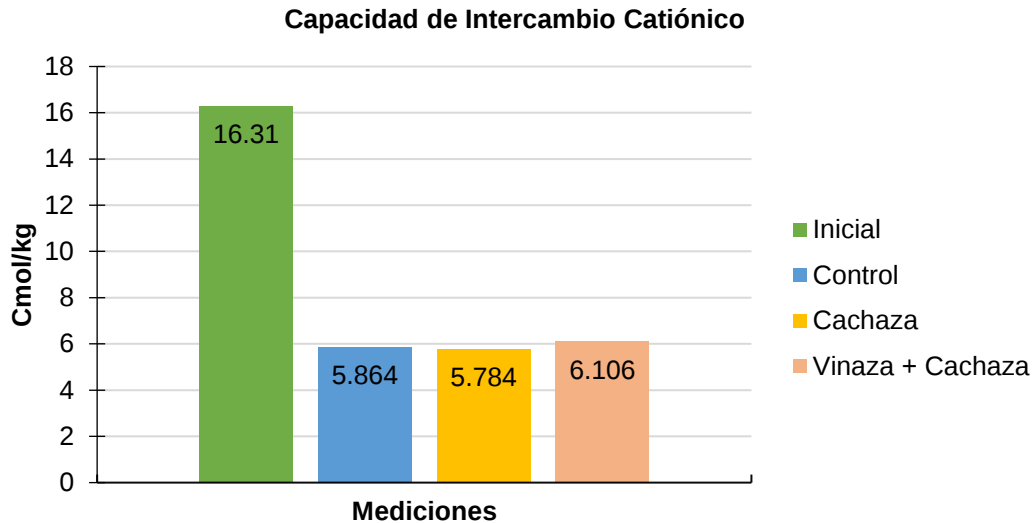
Contenido de Potasio en el suelo bajo diferentes tratamientos



Nota. La figura 15 por gráfico de barras muestra que, el contenido de Potasio (K) disponible. Valor inicial: 172.679 mg/kg. El Control lo incrementa a 192.830 mg/kg, Cachaza a 260.376 mg/kg y Vinaza + Cachaza a 248.996 mg/kg.

Figura 16

Variación de la Capacidad de Intercambio Catiónico en el suelo bajo diferentes tratamientos



Nota. La figura 16 por gráfico de barras muestra que, la variación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), valor inicial: 16.310 Cmol/kg. El Control redujo este valor a 5.864 Cmol/kg, lo que indica una posible pérdida de fertilidad natural del suelo en ausencia de enmiendas. La Cachaza elevó la CIC a 5.784 Cmol/kg, y el tratamiento con Vinaza + Cachaza lo incrementó hasta 6.106 Cmol/kg.

Para describir las características morfológicas de un indicador en el la bioestimulación del suelo degradado. se tuvo:

Tabla 9

Cantidad de plantas del indicador por tratamiento

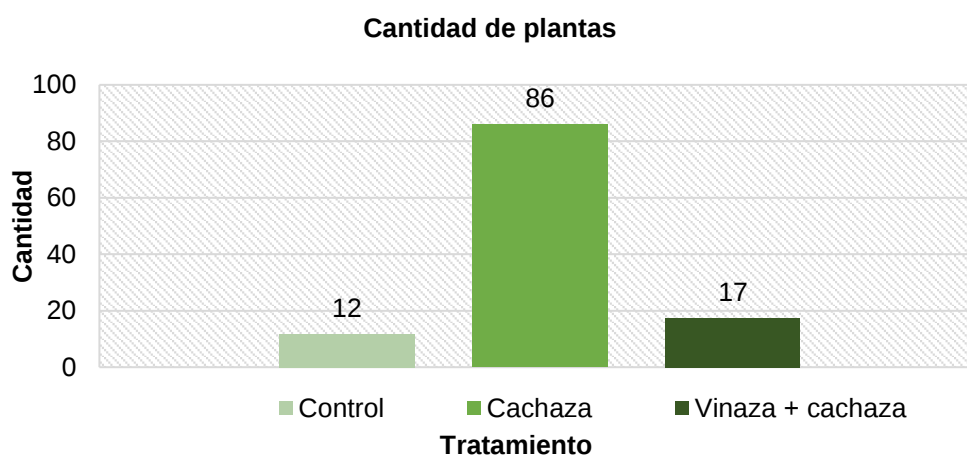
Numero de maceteros	Cantidad del indicador		
	Tratamiento de control	Tratamiento de cachaza	Tratamiento con vinaza + cachaza
1	10	83	35
2	15	92	12
3	13	95	5
4	12	56	6
5	18	88	7
6	2	102	39

Nota. Se contabilizaron la presencia del indicador (alfalfa) en un periodo de crecimiento de 45 días desde su siembra. en una misma línea de tiempo para todos los tratamientos.

De la tabla 9, se aprecia que la cachaza fue el tratamiento más efectivo, con el mayor incremento del indicador evaluado. El tratamiento con vinaza + cachaza tuvo una mejora moderada respecto al control, pero menor al efecto al de la cachaza.

Figura 17

Promedio de la cantidad de plantas del indicador



Nota. Los datos muestran las medias de la cantidad de plantas contabilizadas por unidad experimental.

En la figura 6, por grafico de barras se aprecia la diferencia significativa en cantidad de plantas en los tratamientos, el grupo control presenta una media de 12 plantas, con cachaza una media de 86 plantas y el tratamiento con vinaza + cachaza una media de 17 plantas.

Tabla 10

Tamaño del tallo del indicador por tratamiento

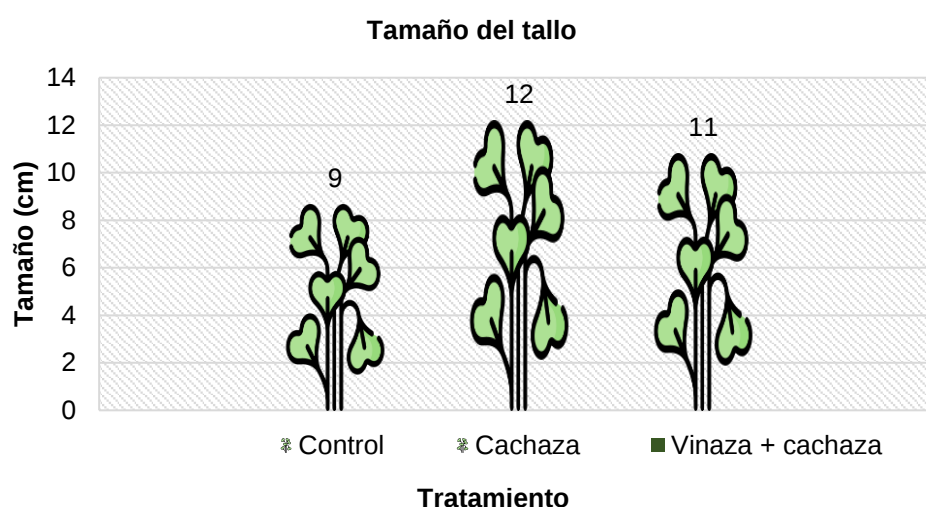
Numero de plantas	Tamaño promedio del tallo del indicador (cm)		
	Tratamiento de control	Tratamiento de cachaza	Tratamiento con vinaza + cachaza
1	8.80	12.11	9.78
2	8.45	12.95	12.08
3	8.57	12.98	10.79
4	8.89	12.10	10.76
5	8.85	11.48	10.37
6	8.32	11.62	11.14

Nota. Se midió el tallo del indicador (alfalfa) en un periodo de crecimiento de 45 días desde su siembra. en una misma línea de tiempo para todos los tratamientos.

En la tabla 10, se tiene el tamaño del tallo del indicador usado (*Medicago sativa*) se aprecia que el tratamiento con dosis de cachaza produjo mayor tamaño de tallo. para lo cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 18

Promedio del tamaño de la raíz del indicador por tratamiento



Nota. Los datos muestran las medias de la cantidad de plantas contabilizadas por unidad experimental.

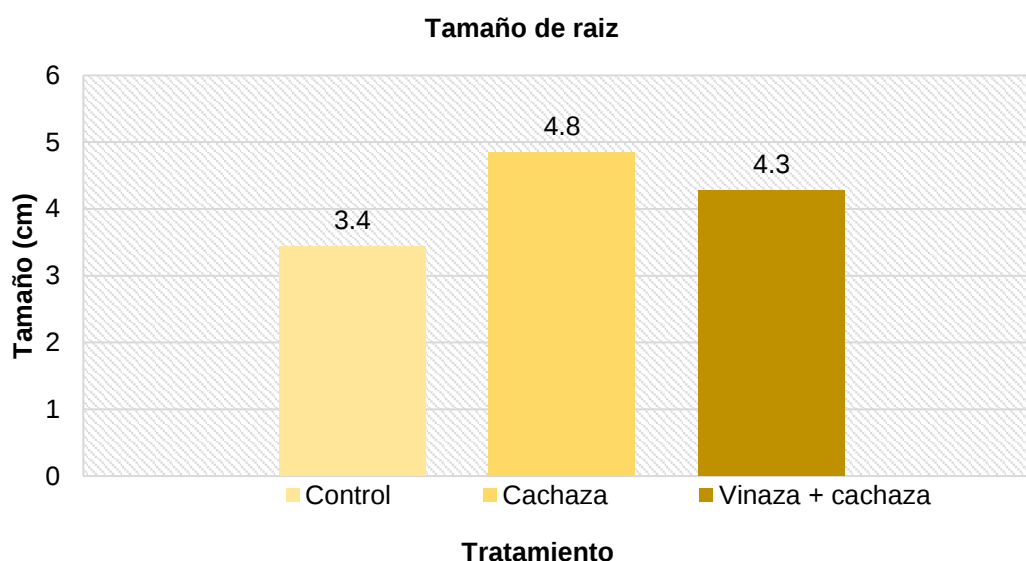
De la figura 18, se puede apreciar que el tamaño del tallo en el tratamiento con cachaza presenta una media de 12 cm y el tratamiento con vinaza + cachaza una media de 11 cm y el grupo control con 9 cm. En la que se evidencia las diferencias en los tamaños y desarrollo del tallo del indicador.

Tabla 11*Tamaño de la raíz del indicador por tratamiento*

Numero de plantas	Tamaño promedio de la raíz del indicador (cm)		
	Tratamiento de control	Tratamiento de cachaza	Tratamiento con vinaza + cachaza
1	3.160	4.94	3.84
2	3.330	4.52	3.69
3	3.180	4.35	7.39
4	3.505	4.62	3.39
5	3.620	5.11	3.53
6	3.811	5.53	3.81

Nota. El tamaño en centímetros (cm) de la raíz fue del crecimiento del indicador en 45 días.

De la tabla 11, considerando el tamaño de la raíz del indicador (*Medicago sativa*) se aprecia que el tratamiento con dosis de cachaza produjo raíces más largas mayores a los 4 cm. El tratamiento con vinaza + cachaza con raíces menores y el grupo control menor aún. para lo cual se muestra la siguiente figura.

Figura 19*Promedio del tamaño de la raíz del indicador por tratamiento*

Nota. El tamaño en centímetros (cm) de la raíz fue del crecimiento del indicador en 45 días.

De la figura 19, considerando la media del tamaño de la raíz del indicador (*Medicago sativa*) se aprecia que el tratamiento con dosis de cachaza produjo raíces una media de 4.8 cm. Lo cual es el tamaño mayo. usando el tratamiento con vinaza + cachaza se tuvo 4.3 cm y el grupo control una media de 3.4 cm.

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para el uso de la prueba paramétrica se realizó la prueba de normalidad.

Tabla 12

Prueba de normalidad

Parámetro	Tipo de tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	Control	0,908	6	0,425
	Cachaza	0,888	6	0,306
	Vinaza + Cachaza	0,806	6	0,067
CE	Control	0,911	6	0,440
	Cachaza	0,810	6	0,072
	Vinaza + Cachaza	0,852	6	0,163
MO	Control	0,901	6	0,380
	Cachaza	0,892	6	0,328
	Vinaza + Cachaza	0,871	6	0,230
N	Control	0,867	6	0,214
	Cachaza	0,987	6	0,980
	Vinaza + Cachaza	0,963	6	0,845
Ca	Control	0,897	6	0,354
	Cachaza	0,935	6	0,622
	Vinaza + Cachaza	0,854	6	0,169
P	Control	0,945	6	0,702
	Cachaza	0,897	6	0,357
	Vinaza + Cachaza	0,878	6	0,260
K	Control	0,975	6	0,922
	Cachaza	0,880	6	0,271
	Vinaza + Cachaza	0,881	6	0,273
CIC	Control	0,862	6	0,195
	Cachaza	0,877	6	0,254
	Vinaza + Cachaza	0,846	6	0,146

Nota. Se considera Shapiro-Wilk por el número de grados de libertad (gl) lo cual fue 6.

De la tabla 12, verificando el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk a los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del suelo (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio y capacidad de intercambio catiónico), según los tratamientos evaluados: Control, Cachaza y Vinaza + Cachaza. Los resultados mostraron que, los valores de significancia (p) fueron mayores a 0.05, indicando que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en ninguna de las combinaciones analizadas. Los valores de p variaron entre 0.067 y 0.980.

Por lo que, se concluye que los datos presentan una distribución normal en los tres tratamientos, lo que valida el uso de análisis estadísticos paramétricos para la comparación de medias y evaluación de los efectos de los tratamientos aplicados.

Para el uso de la prueba de hipótesis con normalidad de datos se usó t de Student para medias emparejadas, considerando los cambios que se producen de la media inicial y posterior al experimento.

Tabla 13

Prueba de muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas				
Parámetro	Tipo de tratamiento	t	gl	Sig. (bilateral)
pH	Control	-186,786	5	0,000
	Cachaza	-62,220	5	0,000
	Cachaza + vinaza	-35,823	5	0,000
CE	Control	-3,449	5	0,018
	Cachaza	-12,780	5	0,000
	Cachaza + vinaza	-3,682	5	0,014
MO	Control	-7,142	5	0,001
	Cachaza	-19,274	5	0,000
	Cachaza + vinaza	-7,865	5	0,001
N	Control	-7,005	5	0,001
	Cachaza	-14,854	5	0,000
	Cachaza + vinaza	-7,480	5	0,001
Ca	Control	-3,864	5	0,012
	Cachaza	-8,816	5	0,000
	Cachaza + vinaza	-7,276	5	0,001
P	Control	-12,515	5	0,000
	Cachaza	-12,838	5	0,000
	Cachaza + vinaza	-29,058	5	0,000
K	Control	-2,168	5	0,082
	Cachaza	-10,898	5	0,000
	Cachaza + vinaza	-10,024	5	0,000
CIC	Control	12,683	5	0,000
	Cachaza	22,189	5	0,000
	Cachaza + vinaza	15,073	5	0,000

Nota. Todos los valores de **p < 0.05**, lo que indica que las diferencias observadas son **estadísticamente significativas**.

De la tabla 13, los tratamientos con cachaza y cachaza + vinaza mejoraron significativamente varias propiedades del suelo, incluyendo el pH, la materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes (N, P, K, Ca), y la capacidad de retención de nutrientes (CIC). Lo que indica que, son efectivas para mejorar las condiciones de un suelo degradado, lo cual puede tener un impacto positivo en la fertilidad del suelo.

Aunque ambos tratamientos mejoraron las propiedades del suelo de manera significativa y diferenciada, considerando la Sig. (bilateral) en la que todos los caos son menores al 0.05.

Considerando la hipótesis planteada:

H1: Las enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza tienen efectividad favorable en bioestimulación de un suelo degradado, Huánuco.

H0: Las enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza no tienen efectividad favorable en bioestimulación de un suelo degradado, Huánuco.

Ambas enmiendas orgánicas tienen un efecto sinérgico en las propiedades del suelo, como la materia orgánica y el fósforo. Esto indica que la combinación de estos dos materiales tiene un mayor impacto en la mejora de la calidad del suelo que la cachaza sola. Por lo que, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se concluye con la hipótesis alterna (H1).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN RESULTADOS

Comparar la efectividad de enmiendas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado. La cachaza emerge como la enmienda más eficaz para la bioestimulación del suelo y el crecimiento vegetal. El tratamiento con vinaza + cachaza tiene un efecto positivo, pero más moderado en comparación con la cachaza sola, lo que sugiere que la vinaza, aunque útil, puede interferir en algunos casos con los beneficios óptimos de la cachaza. La sinergia entre cachaza y vinaza debería ser investigada más a fondo para optimizar su uso en la restauración de suelos.

Los resultados de este estudio subrayan la efectividad de la cachaza como una enmienda orgánica para mejorar tanto las propiedades físicas como químicas de los suelos degradados, favoreciendo el crecimiento de las plantas de manera notable. A pesar de que la combinación de vinaza y cachaza tiene beneficios en términos de mejora de la materia orgánica y el pH del suelo, cachaza sola resultó ser más eficaz en promover la salud del suelo y el crecimiento vegetal. Esto sugiere que, en suelos degradados, la cachaza podría ser la opción preferida para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la productividad agrícola. Estos resultados son contrario a lo manifestado por autores como Silva et al. (2022) y Takata (2020) quienes sugieren que la mezclado la cachaza + vinaza son más favorables para los suelos degradados.

Analizar los parámetros físicos y químicos de las condiciones iniciales del suelo. Los datos iniciales muestran un suelo que tiene un pH ligeramente ácido y suficientes niveles de fósforo y potasio. Sin embargo, el suelo podría necesitar de enmiendas orgánicas para aumentar la materia orgánica, liberar nitrógeno y mejorar la retención de nutrientes. Por lo que es un buen punto de partida para realizar la bioestimulación, como mencionan Modesto (2023) y Fasabi (2023) que, la baja cantidad de nutrientes y acides limitan al suelo para proporcionar un buen desarrollo de las plantas. Teniendo los datos iniciales se puede interpretar mejor el impacto del experimento sobre el suelo.

Evaluar el efecto de la aplicación de cachaza sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo. La cachaza incrementó el pH, lo cual es un factor crucial para la mejora de la disponibilidad de nutrientes, ya que ciertos nutrientes como el fósforo y calcio se vuelven más accesibles en suelos alcalinos. Esto lo indica además Maxe y Peralta (2022) que de su investigación presentó valores altos de potasio y fósforo, lo que favorece la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes. Sin embargo, en algunos casos, un pH demasiado alto podría ser contraproducente si se vuelve excesivamente alcalino, lo que limita la disponibilidad de otros nutrientes. Así también, Tantaleán (2020) mostró que el abono orgánico da buenos resultados por el alto porcentaje de nutrientes N, P, K, MO, Ca necesarios para reducción de la salinidad inicial. Considerando lo que menciona Quintanilla (2019) que las enmiendas corrigen la sodicidad y la salinidad del suelo, pero se debe dar mayor investigación en campo.

El tratamiento con cachaza tuvo un efecto muy significativo sobre la materia orgánica (MO), con un aumento de 1.89 unidades, mientras que la combinación de vinaza + cachaza también mostró un aumento notable, aunque menor (1.32 unidades). Esto estimula los nutrientes mencionados por Modesto (2023) en la que menciona que los abonos o enmiendas orgánicas contribuyen a la recuperación de nutrientes en el suelo. A ello Fasabi (2023) agrega que, los abonos orgánicos mejoraron la calidad de suelo. Además estos estímulos son favorables frente al grupo control tal como sostiene Ponce (2020) que observó una mejora en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, frente al tratamiento al control.

Evaluar el efecto de la aplicación de cachaza más vinaza sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo. Un aumento en la conductividad eléctrica generalmente indica que el suelo tiene una mayor cantidad de nutrientes disponibles en forma soluble. Sin embargo, si este aumento es excesivo, puede resultar en problemas de salinidad, lo que podría afectar negativamente el crecimiento de las plantas. El tratamiento con vinaza + cachaza tuvo un incremento más moderado en la CE (0.76), lo que podría ser un indicio de que la combinación de vinaza y cachaza tiene un efecto más equilibrado en cuanto

a la solubilidad de las sales. De esta manera lo presenta Maxe y Peralta (2022) dado que sus resultados respecto a la conductividad eléctrica como del porcentaje de sodio intercambiable fueron menores. Sin embargo Silva et al. (2022) describe que, el uso de vinaza aumenta el rendimiento de los cultivos. Lo cual es contraria a lo mencionado por Takata (2020) La aplicación de vinaza contrarrestó el desbalance catiónico. Los datos de la investigación coinciden con este último concepto dado que el uso de la vinaza es menos favorable, ya que se si usa un indicador este tipo de enmienda es menos competitiva si se usa solamente cachaza, así como menciona Cordero (2019) del uso de la vinaza lo cual restringe la producción del indicador usado (frijol). Sin embargo, se podrían considerar otras incidencias.

Describir las características morfológicas de un indicador en el la bioestimulación del suelo. El tratamiento con cachaza parece haber creado las condiciones más favorables para el crecimiento de las plantas, lo que se debe a los mejoramientos en la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de retención de agua. Sin embargo, la combinación vinaza + cachaza parece tener un efecto limitado sobre el crecimiento de las plantas, debido a efectos contraproducentes de la vinaza, como el aumento de la salinidad o la presencia de compuestos que inhiben el crecimiento. Esto puede implicar que, aunque la vinaza aporta beneficios en términos de materia orgánica y nutrientes, su interacción con la cachaza podría no ser tan sinérgica como se esperaba.

CONCLUSIONES

Los tratamientos aplicados influyeron positivamente en la mejora de las propiedades químicas del suelo, esto sugiere que la cachaza sola es más efectiva para mejorar el pH y la materia orgánica, mientras que la combinación de vinaza y cachaza puede ser útil en situaciones donde se quiera moderar el efecto en conductividad eléctrica.

Se evidenció un incremento en el pH, CE y MO en comparación con la condición inicial. El tratamiento con Cachaza sola mostró los valores más altos tanto en pH como en MO, mientras que el tratamiento combinado de Vinaza + Cachaza logró mejoras importantes, especialmente en la materia orgánica, aunque en menor magnitud que la cachaza aplicada sola. Estos resultados respaldan el uso de enmiendas orgánicas como una estrategia efectiva para la recuperación de suelos degradados.

Los tratamientos con cachaza y vinaza + cachaza mejoraron significativamente la disponibilidad de macronutrientes esenciales (N, P, K y Ca) en comparación con el suelo sin tratamiento y el control. La cachaza sola mostró mayor efectividad en la mejora de nitrógeno, fósforo y potasio, mientras que el tratamiento combinado destacó en el aumento del calcio. Si bien la CIC no alcanzó los niveles iniciales, los tratamientos orgánicos mostraron una tendencia positiva hacia su recuperación, lo que indica su potencial en la rehabilitación de suelos degradados.

Del desarrollo del indicador (alfalfa) la cachaza se presenta como la opción más efectiva promoviendo un crecimiento vegetal notablemente superior en cantidad, tamaño del tallo y la raíz. Si bien la vinaza + cachaza también tiene beneficios, su efectividad en términos de crecimiento de las plantas es más limitada.

RECOMENDACIONES

Fomentar el uso de enmiendas orgánicas locales como estrategia de recuperación de suelos degradados. especialmente aquellas que provienen de residuos agroindustriales como la cachaza y la vinaza. debido a su alto contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales para la actividad microbiana del suelo.

Dado que los resultados demostraron que la aplicación de cachaza mejora significativamente los parámetros químicos del suelo y promueve una mayor bioestimulación del indicador en comparación con la vinaza y el tratamiento combinado, se recomienda su uso como enmienda prioritaria para la recuperación de suelos con baja fertilidad.

Aunque el tratamiento con vinaza + cachaza mostró efectos positivos, estos fueron inferiores a los obtenidos con cachaza sola. Se sugiere realizar ensayos adicionales para determinar las proporciones óptimas que permitan potenciar los beneficios de ambas enmiendas sin generar efectos limitantes por posibles interacciones negativas.

La aplicación de cachaza y vinaza produjo incrementos en el pH y la CE del suelo. Es importante realizar un seguimiento técnico regular para evitar que estos valores excedan los límites recomendables y afecten la disponibilidad de micronutrientes o generen condiciones de salinidad.

Realizar estudios a largo plazo para evaluar los efectos persistentes de las enmiendas sobre la productividad agrícola y la sostenibilidad del suelo. Considerando las interacciones entre las enmiendas orgánicas, la retención de agua, la fertilidad del suelo, y su impacto sobre el rendimiento de los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V., & Mercado, T. (2022). Suelo y cambio climático: Incluye estudio de casos (Primera edición). Editorial Unimagdalena.
- Brack, A., & Mendiola, C. (2004). Ecología del Perú (2.a ed.). Bruño.
- Cartes, G. (2013). Degradación de suelos agrícolas. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/10/SueloAgricola201310.pdf>
- Cordero, J. F. (2019). Evaluación de dos tipos de vinaza como fertilizante y acondicionador de suelo en el cultivo de frijol [Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6562>
- Durán, M. del C. (2022). Aprovechamiento de los subproductos del procesamiento de la caña de azúcar: Bagazo, cachaza, vinazas, metano, polifenoles, aguas residuales tratadas. RD-ICUAP, 115-130.
- FAO. (2015). Estado Mundial del Recurso Suelo. <https://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- Fasabi, I. Y. (2023). Efecto de la incorporación del biochar de origen orgánico (cascarilla de arroz) en la calidad del suelo agrícola contaminado [Tesis, Universidad de Huánuco]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/20.500.14257/4177>
- García, C. (2008). Enmiendas Orgánicas para Suelos Basadas en Residuos Orgánicos. Academia de Ciencias de la Región de Murcia.
- González, J. M., Pineda, E., Lago, J. L., & Almogueva, M. (2024). Influencia de la aplicación de Vinaza sobre el suelo y la caña de azúcar en su etapa inicial de desarrollo. Revista Científica Agroecosistemas, 12(1), 118-124.
- Guillermo, L. (2011). Edafología 1 (Primera edición). <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la Investigación, las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta. Mc Graw Hill Education.
- Herrera, J. A., Ramírez, L. F., Guzmán, R., & Gorgon, H. (2022). Evaluación de la fertilidad del suelo y de la nutrición de los cultivos. Científico-Técnica.
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia.
- Lerma, H. D. L. (2016). Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto (Quinta Edición). Ecoe Ediciones.
- López, R. (2002). Degradación del Suelo, Causas, Procesos, Evaluación e Investigación (2.a ed.). CIDIAT.
- Martínez, H. (2012). Metodología de la investigación. Cengage Learning Editores.
- Masís, F., Hernández, R., & Gilberto, P. (2017). Química agrícola (1.a ed.). PROMADE.
- Maxe, S. Y., & Peralta, H. J. (2022). Dosis óptima de enmiendas a base de cachaza y vinaza para la recuperación de suelos degradados por efecto salino sódico [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100268>
- Ministerio del Ambiente. (2016). Estrategia Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía 2016-2030. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/LUCHA-CONTRA-LA-DESERTIFICACION-Y-LA-SEQUIA-2016-2030.pdf>
- Modesto, G. G. (2023). Efecto del compost y microorganismos eficaces en la recuperación de suelos agrícolas degradados [Universidad de Huánuco]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/20.500.14257/4244>
- Murillo, S. A., Mendoza, A., & Fadul, C. J. (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.

Navarro, G. (2003). Química agrícola: El suelo y los elementos químicos: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Editorial Paraninfo.

Navarro, G., & Navarro, S. (2013). Química agrícola: Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas (Tercera Edición). Mundi-Prensa Libros.

Navarro, G., & Navarro, S. (2014). Fertilizantes: Química y acción. Ediciones Paraninfo, S.A.

Otoya, A. (2022). Efecto de la vinaza en el suelo de cultivo de *Saccharum officinarum* L. caña de azúcar. SCIÉENDO INGENIUM, 18(2), 141-146.

Pérez, W., Arévalo, Y., Palomino, L., Quintanilla, J., Ortíz, L. F., & Duarte, S. (2022). Manual de producción de Enmiendas Orgánicas para Restablecer la Fertilidad del Suelo (1.a ed.). INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/>

Ponce, R. (2020). Aplicación de enmiendas para la recuperación de suelos degradados y efecto en el rendimiento del frijol (*Vigna unguiculata*) en la microcuenca del Monzón [Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1794>

Quintanilla, J. E. (2019). Aplicación de residuos de la industria azucarera para la remediación de un suelo salino-sódico de Costa Central [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3853>

Silva, J. A., Marín, J. S., & Ochoa, M. S. (2022). Implicaciones ambientales de la disposición de vinaza en el suelo [Thesis, Universidad Santiago de Cali]. En Repositorio Institucional USC. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/5150>

Sotomayor, C., Esquivel, C. M., Garnica, M. E., Rojas, H. C., Ruiz, M., Sanzano, A., Quaia, E. A., Paz, D., & Abregú, M. (2019). Manejo sustentable de residuos de caña de azúcar: Elaboración y ejemplo de compost en suelos cañeros. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/163070>

Suasaca, A., Camapasa, C., & Huanacuni, T. (2009). Producción, Manejo y Aplicación de Abonos Orgánico (p. 25). AGROPUNO.

Takata, V. (2020). Aplicación de vinaza al suelo [Universidad de la República Uruguay]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32565>

Tantaleán, K. N. (2020). Recuperación de suelos salinos mediante el uso de los subproductos del proceso de azúcar (cachaza, melaza y bagazo) utilizados como abono orgánico [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72654>

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Catire Medina, J. S. (2026). *Comparación de la efectividad de enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado, Huánuco - 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

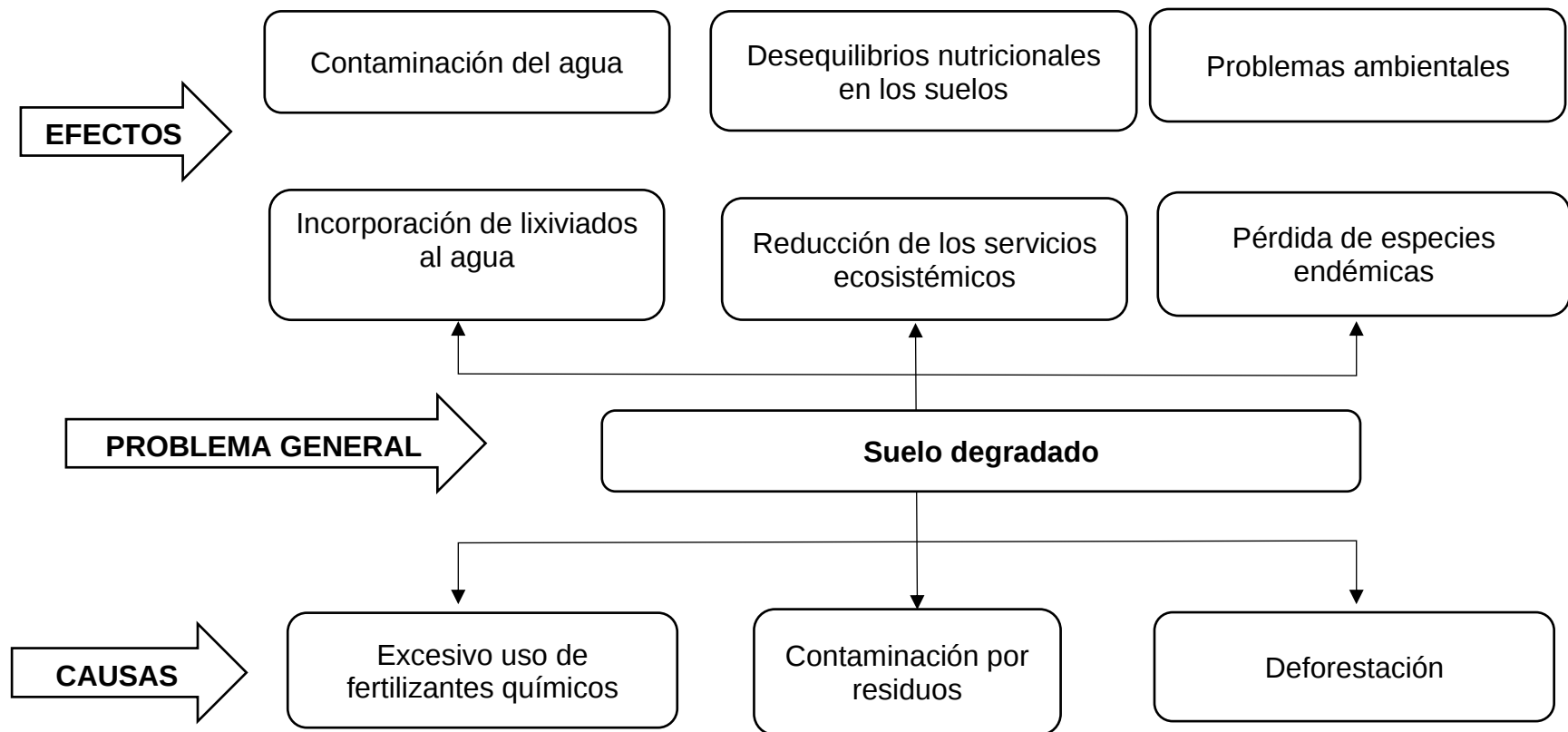
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Comparación de la efectividad de enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado. Huánuco”

Problema general	Objetivo general	Hipótesis	Variables/dimensiones	Metodología
¿Cuál es la efectividad de enmiendas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado?	Comparar la efectividad de enmiendas de cachaza y vinaza en la bioestimulación de un suelo degradado.	H1: Las enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza tienen efectividad favorable en bioestimulación de un suelo degradado.	VI: Enmiendas orgánicas (cachaza y vinaza). Abono de cachaza	Tipo: Aplicada porque utiliza diferentes conocimientos. Enfoque: cuantitativo, dado que se van a analizar aspectos numéricos. Alcance: explicativo, dado que se tiene como propósito establecer (explicar) las causas de los sucesos. Diseño: experimental considerando que se hará una administración de manera intencional Población el suelo degradado localizado en el la Hacienda Cachigaga. Tomayquichua – Huánuco. Muestra: se considerará por 25 kilos por grupo experimental que son tres (3). haciendo un total de 75 kilos.
Problemas específicos	Objetivos específicos			
¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de las condiciones del suelo antes del tratamiento? ¿Cuál es el efecto de la aplicación de cachaza sobre los parámetros fisicoquímicos? ¿Cuál es el efecto de la aplicación de cachaza y vinaza sobre los parámetros fisicoquímicos? ¿Cuáles son las características morfológicas de un indicador en el la bioestimulación del suelo?	- Analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las condiciones del suelo antes del tratamiento. - Evaluar el efecto de la aplicación de cachaza sobre los parámetros fisicoquímicos. - Evaluar el efecto de la aplicación de cachaza y vinaza sobre los parámetros fisicoquímicos. - Describir las características morfológicas de un indicador en el la bioestimulación del suelo.	H0: Las enmiendas orgánicas de cachaza y vinaza no tienen efectividad favorable en bioestimulación de un suelo degradado.	Abono de cachaza + vinaza VD: Suelo degradado Parámetros físicos Parámetros químicos características morfológicas del indicador	

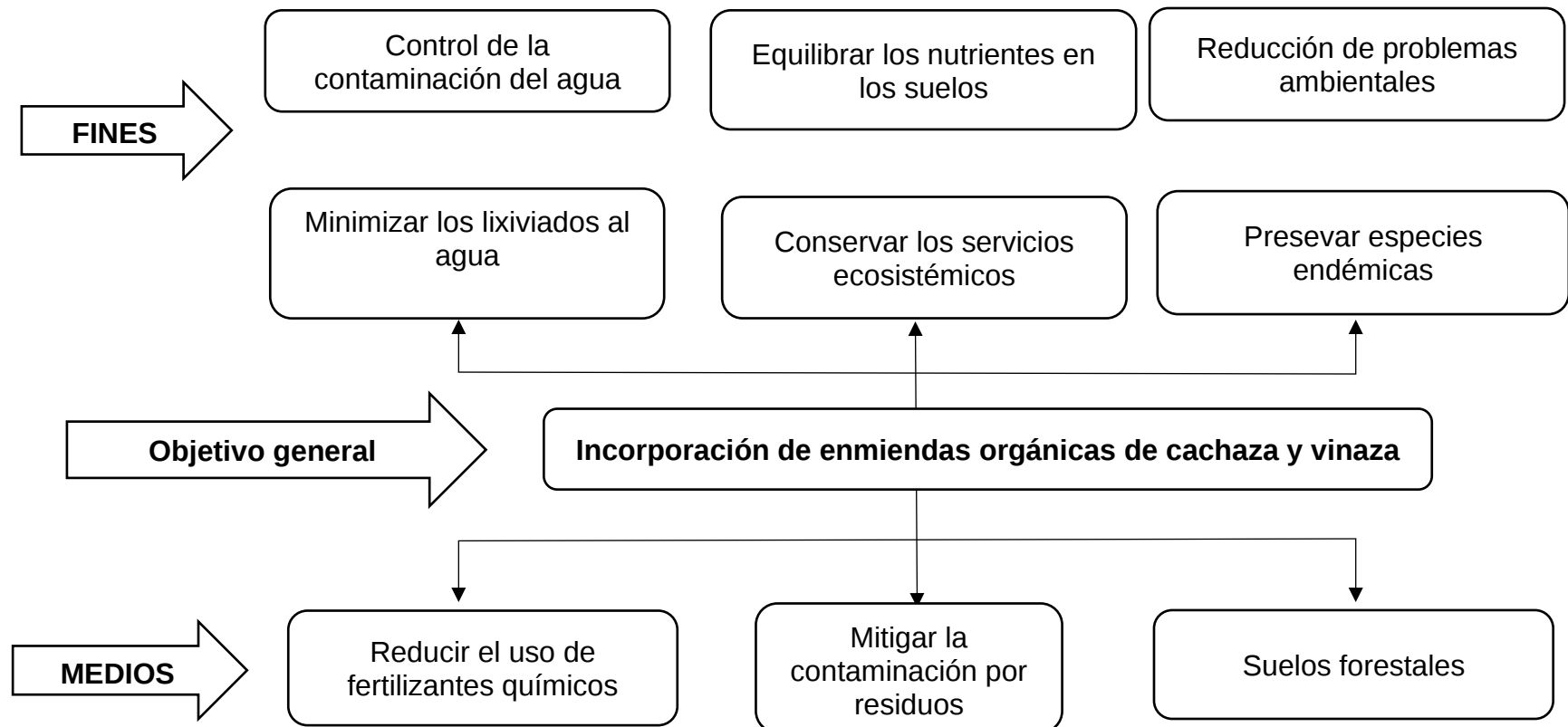
ANEXO 2

DIAGRAMA DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 3

DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5

DATOS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA Y ECOTOXICOLOGÍA

		ANÁLISIS DE SUELOS																					
SOLICITANTE:		CATIRE MEDINA JAZMIN STEFANI										FECHA DE REPORTE:		25/06/2025									
PROCEDENCIA:		HUANUCO										RECIBO N°		615276874									
OBSERVACIÓN:		SUSTRATOS										MUESTREADO POR:		EL SOLICITANTE									
RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO																							
N°	ANÁLISIS FÍSICO										ANÁLISIS QUÍMICO												
	DATOS		Área	Arriba	Línea	Clase Textural	CE	pH	Materia Orgánica	N	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CIC ₂	Base Carbonato	Acidez Canchales	Saturación de Aluminio
			Ar	Ar	Lo		ultra		M.O.					total	disponible	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio				
	CÓDIGO DEL LABORATORIO	DATOS DEL SUSTRATO	%	%	%	1:1	1:1	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES Cmol(+) /kg											
																	%	%	%				
1	905-0649-1	GRUPO CONTROL 1	51	16	33	Francoso	0.81	7.62	2.33	0.116	16.243	188.301	8.301	6.996	1.086	0.213	0.007	0	0	—	100	0	0
2	905-0649-2	GRUPO CONTROL 2	51	20	29	Francoso	0.62	7.66	3.47	0.173	17.690	220.538	3.172	1.904	1.053	0.204	0.012	0	0	—	100	0	0
3	905-0649-3	GRUPO CONTROL 3	49	20	31	Francoso	0.80	7.64	3.20	0.160	16.989	201.738	5.110	3.888	1.015	0.197	0.010	0	0	—	100	0	0
4	905-0649-4	GRUPO CONTROL 4	51	18	31	Francoso	0.83	7.63	3.09	0.154	13.262	160.101	5.243	4.298	0.723	0.211	0.010	0	0	—	100	0	0
5	905-0649-5	T. CACHAZA 1	51	16	33	Francoso	1.08	7.95	4.01	0.200	26.723	279.409	6.888	5.244	1.338	0.292	0.015	0	0	—	100	0	0
6	905-0649-6	T. CACHAZA 3	51	14	35	Francoso	1.01	7.80	3.30	0.165	20.014	232.047	4.065	3.388	0.579	0.094	0.013	0	0	—	100	0	0
7	905-0649-7	T. CACHAZA 4	51	16	32	Francoso	1.02	7.82	3.50	0.175	24.084	241.035	5.703	4.536	0.834	0.322	0.011	0	0	—	100	0	0
8	905-0649-8	T. CACHAZA 6	50	18	31	Francoso	0.98	7.85	3.58	0.179	19.751	266.484	6.582	4.676	1.330	0.281	0.095	0	0	—	100	0	0
9	905-0649-9	T. VINAZA 1	47	22	31	Francoso	0.85	7.61	3.41	0.171	23.610	240.062	4.303	3.216	0.829	0.244	0.015	0	0	—	100	0	0
10	905-0649-10	T. VINAZA 2	49	20	31	Francoso	0.71	7.67	3.03	0.152	23.698	229.999	7.892	6.764	0.753	0.374	0.002	0	0	—	100	0	0
11	905-0649-11	T. VINAZA 5	51	20	29	Francoso	0.65	7.59	2.28	0.114	22.251	243.135	6.814	5.748	0.706	0.348	0.012	0	0	—	100	0	0
12	905-0649-12	T. VINAZA 6	47	18	35	Francoso	0.83	7.65	2.93	0.146	20.935	281.277	4.776	3.808	0.621	0.331	0.016	0	0	—	100	0	0
Los datos fueron procesados por el sistema informático de la Red Nacional de Análisis de Suelos (RNAS) y los resultados se expresan en unidades de medida internacional (SI). Los datos fueron validados por el sistema de control de calidad de la Red Nacional de Análisis de Suelos (RNAS).																							

MÉTODOS ANALÍTICOS

01. pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1
02. C.E. Conductímetro - Extracto Acuoso
03. Materia orgánica: Método de Walkley y Black
04. Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
05. Fósforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de NH_4CO_3 0.5M, pH 8.5
06. Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
07. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
Ca Mg K Na : Absorción atómica
08. C.I.C. efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.5)
Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan.
09. Densidad Aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Método de la Probeta
10. Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Método de la Probeta
11. Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso: Método Melich III - EAA
12. Determinación del Boro: Método de la Azometina - H
13. Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA - EAA
14. Cadmio Total: Extracción USEPA 3050 - EAA
15. Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.
16. Determinación colorimétrica de molibdeno

Interpretación de Salinidad	Rango (dS/m)
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	> 16

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg K ₂ O/ha)	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240

INTERPRETACIÓN DEL pH

Según Scheffer y Schachtschabel	pH en KCl	UNALM	pH en agua
Extremadamente ácido	< 4.0	Fuertemente ácido	< 5.5
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9	Moderadamente ácido	5.5 - 6.0
Medianamente ácido	5.0 - 5.9	Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Ligeramente ácido	6.0 - 6.9	Neutro	7.0
Neutro	7.0	Ligeramente alcalino	7.2 - 7.8
Ligeramente alcalino	7.1 - 8.0	Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Mediana alcalino	8.1 - 9.0	Fuertemente alcalino	> 8.5
Fuertemente alcalino	9.1 - 10		
Extremadamente alcalino	> 10		

Interpretación de Carbonato de Calcio	Rango (%)
Bajo	< 1
Medio	1-5
Alto	5-15
Muy alto	> 15

Interpretación de Materia Orgánica	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2-4
Alto	> 4

Interpretación de Nitrógeno Total	Rango (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> 0.2

Interpretación de Fósforo Disponible	Rango (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7-14
Alto	> 14



GRACIAS POR LA CONFIANZA Y PREFERENCIA

ANEXO 6

FICHA DE CAMPO

TRATAMIENTO DE VINAZA

TRATAMIENTO DE CONTROL CACHAZA	1		2		3		4		5		6	
	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ
1	10	4	11	3	10	3.8	10	3.8	10	2.8	9.5	3.5
2	11.8	4.1	12	2	11.4	2.1	11.5	2.9	11.4	3.4	12.5	2.4
3	10	5	11	4	12.5	4.8	10.5	3.2	9.5	2.6	11.7	3.5
4	9	3.8	12.2	4.4	11.5	3.2	11.3	2.7	11.4	2.5	12.8	6.8
5	8	2.7	12	5	10.3	3.9	13.8	2.8	10.3	3	9.4	4.5
6	12	4.9	11.8	3.8	9.3	3.6	11.4	3.6	9.4	4.2	10.8	1.9
7	11	2	10	4.9	8.4	2.9	10.8	4.1	8.5	3.8	11.8	2.5
8	9	3.5	12.1	4.3	12.2	4	9.8	4.5	10.3	4.4	10.5	4.6
9	10	3.8	15.4	2.8	11.8	4.2	8.5	2.8	12.4	4.9	11.8	4.9
10	7	1.6	13.3	2.7	10.5	3.4	10	3.5	10.5	3.7	10.5	3.5

TRATAMIENTO DE CACHAZA

TRATAMIENTO DE CONTROL CACHAZA	1		2		3		4		5		6	
	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ
1	11.4	6	12	5	12.3	4.2	11.3	5.2	12.3	3.4	11.3	5.8
2	12.4	6.1	12.3	4	13.4	4.5	12.4	4.5	11.4	4.2	10.4	5.3
3	13.3	5	13.4	6	14.5	4.4	12.4	3.8	11.3	5.3	10.7	5.4
4	13	4.1	13.2	3.4	13.5	3.7	11.6	3.7	11.4	5.4	10.8	5.2
5	12	5.3	12.4	4	12.3	4.1	12.3	4.6	11.3	4.8	11.4	5.2
6	11	5.2	13.3	6	12.3	4.3	12.4	4.3	11.4	5.2	11.6	5.9
7	12	4.3	12.4	5.8	12.4	4.2	11.5	5.2	11.5	5.8	12.4	5.4
8	13	4.5	13.1	4.3	13.3	4.8	11.6	5.3	11.3	5.4	12.6	5.4
9	12	4.8	14.2	3.5	13.4	4.9	12.5	5.4	11.4	5.9	12.4	5.7
10	11	4.1	13.2	4.2	12.4	4.4	13	4.3	11.5	5.7	12.6	4.9

GRUPO CONTROL

TRATAMIENTO DE CONTROL CACHAZA	1		2		3		4		5		6	
	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ	TALLO	RAIZ
1	7.9	2.4	9	2.5	7	3.8	10.	3.6	9.4	3.5	9.9	4.7
2	8.7	3.2	8.3	2.4	8	2.6	9.4	4.2	8.5	2.6	8.3	4.5
3	10	4	10.4	3.5	8.5	3.2	8.4	3.1	10.6	4.4	6.4	4.6
4	9	3.6	7.2	2.7	9.6	2.6	9.6	4.8	9.7	3.2	7.6	3.4
5	9.8	2.8	9.4	3	6.9	2.7	4.3	5.4	8.8	4.3	9.1	2.9
6	8.5	3.6	5.3	3.5	7.5	3.8	10.6	3.3	7	4.7	10.3	4.2
7	8.6	2.6	8.4	3.4	9.5	3.9	9.5	6.4	6.3	3.5	5.7	3.3
8	7.9	2.5	7.1	4.2	8.7	3.7	8.9	4.2	9.4	2.6	7.5	2.5
9	8.4	3.1	9.2	2.8	10.5	2.8	8.5	2.2	10.6	3.4	9.6	4.4
10	9.2	3.7	10.2	4.3	9.6	2.7	9.7	1.3	8.2	4	8.8	3.6

Tamaño promedio del indicador (cm)				
NUMERO DE PLANTAS	TRATAMIENTO DE CONTROL	TRATAMIENTO DE CACHAZA	TRATAMIENTO CON VINAZA + CACHAZA	COMENTARIOS
1	10	83	35	
2	15	92	12	
3	13	95	5	
4	12	56	6	
5	18	88	7	
6	2	102	39	

ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Materia prima de la vinaza



Fotografía 2

Materia prima de la cachaza



Fotografía 3

Preparación de maceteros para el experimento



Fotografía 4

Mezcla de cachaza con el suelo degradado



Fotografía 5

Dosificación con vinaza + cachaza al suelo degradado



Fotografía 6

Siembra del indicador en los tratamientos



Fotografía 7

Visita técnica del asesor Mg. Frank Cámara



Fotografía 8

Visita técnica de los jurados revisores



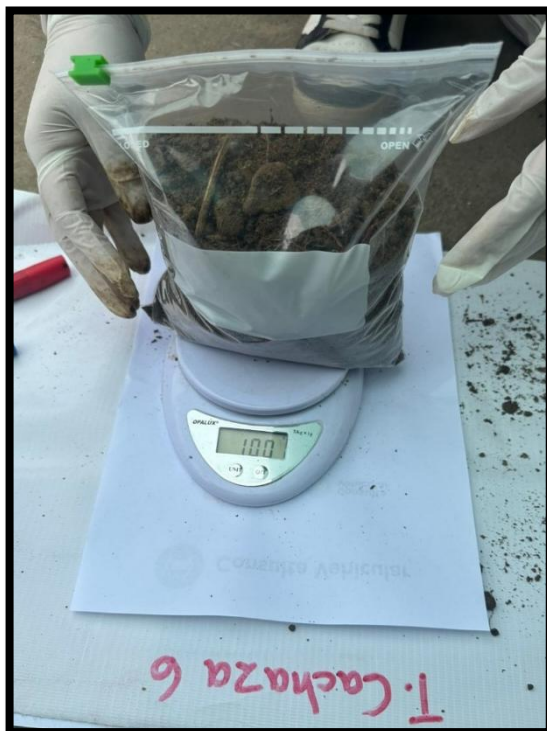
Fotografía 9

Medición del desarrollo del indicador



Fotografía 10

Pesado final de los tratamientos para análisis



Fotografía 11

Desarrollo final del indicador en el grupo control



Fotografía 12

Desarrollo final del indicador en los tratamientos

