

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

**EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE DE HARINA DE HUESOS DE
PESCADO EN LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.), EN
LA CAMPIÑA DE CAJAMARCA.**

PRESENTADO POR

BACHILLER : Ana Iris Sanchez Vargas

ASESOR : DR. Isidro Rimarachín Cabrera

CAJAMARCA – PERÚ

-2024-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Ana Iris Sanchez Vargas
DNI: 73302262
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
3. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
4. **Grado académico o título profesional:**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
5. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
6. **Título de Trabajo de Investigación:** EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE DE HARINA DE HUESOS DE PESCADO EN LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.), EN LA CAMPIÑA DE CAJAMARCA.
7. **Fecha de evaluación:** 10/12/2024
8. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 18%
10. **Código Documento:** oid:3117:414640567
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 18%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10/12/2024

Firma y/o Sello
Emisor Constancia



Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
26676820



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los once días del mes de octubre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 389-2024-FCA-UNC, de fecha 27 de agosto del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE DE HARINA DE HUESOS DE PESCADO EN LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.), EN LA CAMPIÑA DE CAJAMARCA"**, realizada por la Bachiller **ANA IRIS SANCHEZ VARGAS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y cincuenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
PRESIDENTE

MBA Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Isidro Rimarachin Cabrera
ASESOR

DEDICATORIA

A:

Dios, por fortalecer mi corazón y fortalecer mi mente, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis metas, además de su infinito amor y bondad.

Mi hijo Leonardo Jhosue Cabrera Sánchez, por ser parte de mi vida y alegrar mis días, brindarme amor infinito, para que vea en mi un ejemplo a seguir.

Mi madre Marina Vargas Rodríguez, por darme la vida, amarme profundamente, creer en mí y mantener su apoyo incondicionalmente a través del tiempo.

Mi padre Fidel Egberto Sánchez Rojas, por haberme brindado su confianza, por sus ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan.

AGRADECIMIENTO

A la universidad Nacional de Cajamarca, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a mi querida Agronomía por permitirme ser parte de ella y abrirme sus puertas para poder estudiar una carrera profesional.

A los docentes que contribuyeron a mi formación profesional por haberme transmitido sus conocimientos y experiencias que me han servido en el desarrollo de mi vida profesional.

Al Dr. Isidro Rimarachín Cabrera, por haberme brindado el asesoramiento y sus conocimientos en la etapa final del desarrollo del proyecto de investigación y tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	2
1.1.1. Formulación del problema	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Variables en estudio	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Agricultura orgánica.....	7
2.2.2. Abonos orgánicos.....	8
2.2.3. Biofertilizante.....	8
2.2.4. Funciones de los ingredientes empleados	11
2.2.5. Fertilización foliar	12
2.2.6. Cultivo de Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	13
2.3. Definición de términos	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Materiales	17
3.2. Metodología	19
3.2.3. Procedimiento.....	20
3.2.4. Evaluaciones.....	22
3.2.5. Tratamiento y análisis de datos	23
3.2.6. Presentación de la información	23
CAPITULO IV	24
RESULTADOS Y DISCUSION	24
4.1. Rendimiento en Kg.m ⁻²	25
4.2. Porcentaje de materia seca	28

4.3.	Altura de mata	31
4.4.	Número de brotes maduros	34
	CAPÍTULO V	38
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1.	CONCLUSIONES	38
5.2.	RECOMENDACIONES	38
	CAPITULO VI	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	ANEXOS	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Relación: Materia Prima (Estiércol)/Agua	9
Tabla 2 Valor nutricional según estado fenológico de la alfalfa.	14
Tabla 3 Tratamientos en estudio.	19
Tabla 4 Datos promedios de rendimiento, materia seca, altura de mata y numero de brotes para los tratamientos en estudio.	24
Tabla 5 Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento en Kg.m^{-2}	25
Tabla 6 Prueba de Tukey para el efecto de los tratamientos en rendimiento de alfalfa (Kg.m^{-2}).	26
Tabla 7 Análisis de varianza (ANOVA) para la materia seca (%).	28
Tabla 8 Prueba de Tukey para el efecto de los tratamientos en la materia seca (%).	29
Tabla 9 Análisis de varianza (ANOVA) para altura de mata (cm).	31
Tabla 10 Prueba de Tukey para el efecto de los tratamientos en la altura de mata (cm).	32
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) para número de brotes maduros.	35
Tabla 12 Prueba de Tukey para el efecto de los tratamientos en número de brotes maduros por mata.	36
Tabla 13 Datos del rendimiento de forraje verde de alfalfa en Kg.m^{-2}	46
Tabla 14 Datos del porcentaje de materia seca.	46
Tabla 15 Datos de altura de mata de alfalfa en cm.	46
Tabla 16 Datos de numero de brotes maduros de matas de alfalfa.	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación.....	17
Figura 2 Distribución de tratamientos.....	20
Figura 3 Medias del rendimiento de alfalfa ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$).....	27
Figura 4 Medias de la materia seca de alfalfa (%).....	30
Figura 5 Medias de la altura de mata de alfalfa (cm).	33
Figura 6 Medias de numero de brotes maduros por mata de alfalfa.	36
Figura 7 Resultados del análisis del biofertilizante utilizado en la investigación.	48
Figura 8 Resultados del análisis de suelo del campo experimental.	49
Figura 9 Preparación del Biofertilizante.	50
Figura 10 Pesado e incorporación de harina de pescado.	50
Figura 11 Filtrado de biofertilizante y dosificación.....	51
Figura 12 Distribución Tratamientos en estudio en la unidad experimental.	51
Figura 13 Aplicación del biofertilizante por tratamientos.	52
Figura 14 Medición de altura mata de alfalfa.	52
Figura 15 Conteo de numero de brotes por mata.	53
Figura 16 Rendimiento de forraje verde por m^2	53
Figura 17 Muestra para determinar materia seca.	54
Figura 18 Muestras de cada tratamiento para determinar materia seca.	54
Figura 19 Muestras en estufa para determinar materia seca.	55

RESUMEN

El problema de investigación ¿Cuál es el efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la campiña de Cajamarca?, tuvo como objetivo general determinar el efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la campiña de Cajamarca. La presente investigación se realizó en el I.E.S.T.P. Cefop Cajamarca – Unidad Operativa Cajamarca I, ubicado en el kilómetro 3.5 de la carretera Cajamarca – Baños del Inca. En el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos: T1: 500 ml; T2: 1000 ml; T3: 1500 ml; T4: 2000 ml de biofertilizante de harina de huesos de pescado por cada 10 litros de agua y un Testigo. Los resultados obtenidos indicaron que los tratamientos T4 y T3 fueron los más eficientes. El tratamiento T4 (2000 ml por 10 litros de agua) destacó con un rendimiento de 2.60 Kg.m⁻² de forraje verde, un 30.08% de materia seca, una altura de 77.65 cm y 18.35 brotes. El tratamiento T3 también mostró buenos resultados, con 2.39 Kg.m⁻² de forraje, 28.74% de materia seca, 74.58 cm de altura y 16.36 brotes, superando notablemente al testigo.

Palabras Claves: Biofertilizante, rendimiento, alfalfa.

ABSTRACT

The general objective of the research problem, what is the effect of fish bone meal biofertilizer on alfalfa (*Medicago sativa* L.) productivity in the countryside of Cajamarca, was to determine the effect of fish bone meal biofertilizer on alfalfa (*Medicago sativa* L.) productivity in the countryside of Cajamarca. The present research was carried out at the I.E.S.T.P. Cefop Cajamarca - Cajamarca I Operational Unit, located at kilometer 3.5 of the Cajamarca - Baños del Inca highway. A randomized complete block design (RCBD) was used in the experiment, with four treatments: T1: 500 ml; T2: 1000 ml; T3: 1500 ml; T4: 2000 ml of fish bone meal biofertilizer per 10 liters of water and a Control. The results obtained indicated that treatments T4 and T3 were the most efficient. The T4 treatment (2000 ml per 10 liters of water) stood out with a yield of 2.60 Kg.m⁻² of green forage, 30.08% of dry matter, a height of 77.65 cm and 18.35 shoots. Treatment T3 also showed good results, with 2.39 Kg.m⁻² of forage, 28.74% of dry matter, 74.58 cm in height and 16.36 shoots, significantly outperforming the control.

Key words: Biofertilizer, yield, alfalfa.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La campiña cajamarquina, centrada en la ganadería lechera, enfrenta el reto de la escasez de forraje, especialmente durante la época seca. Como solución, se propone impulsar la producción orgánica de pastos y forrajes, siendo el uso de biofertilizantes una alternativa destacada por su compatibilidad ambiental. Esta investigación busca mejorar el valor nutritivo de las pasturas, ofreciendo a los ganaderos de la cuenca de Cajamarca métodos para aumentar la producción. Los resultados obtenidos prometen ser valiosos para los productores locales, contribuyendo así a la sostenibilidad y eficiencia de la industria lechera regional.

La investigación efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en la campiña de Cajamarca es relevante por su impacto agronómico, ambiental, económico y de desarrollo local; evalúa el uso de un biofertilizante orgánico derivado de residuos de la industria pesquera en el cultivo de alfalfa, un importante forraje, lo que puede mejorar su productividad y calidad de manera sostenible, representa una alternativa ecológica a los fertilizantes químicos sintéticos, aprovechando un subproducto que sería un desecho contaminante; puede traducirse en mayores ingresos y rentabilidad para los productores al mejorar el rendimiento y calidad de la alfalfa; los resultados pueden ser transferidos y adoptados por los agricultores de Cajamarca y regiones similares, fomentando el desarrollo agrícola y económico local a través de prácticas sostenibles y el aprovechamiento de recursos propios.

De las especies forrajeras que se emplean para alimentar a los animales, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) constituye uno de los recursos importantes para la alimentación bovina (*Bos taurus*) en el Perú y en el mundo (Quispe, 2009), por ser una leguminosa forrajera que aporta un gran porcentaje de fibra, vitaminas, minerales, agua y proteínas, aumentando y mejorando la producción de leche y la ganancia de peso en de bovinos, u otros animales como cuyes, conejos y equinos; además, es fuente fijadora de nitrógeno a través de la simbiosis con diversas bacterias, incorpora materia orgánica, reduce la erosión y recupera la fertilidad del suelo. En la alimentación humana, en los últimos años ha manifestado una creciente importancia por su alto contenido nutricional (Guanopatin 2012). Teniendo en cuenta este

marco de referencia es relevante estudiar la aplicación de fertilizantes orgánicos vía foliar para incrementar la producción de esta especie forrajera.

1.1. Problema de investigación

En la explotación ganadera de la región Cajamarca uno de los grandes problemas es la falta de alimento con alto contenido nutricional y perdurable y/o constante durante todo el año, esto debido a la geografía de nuestra zona y las condiciones climas adversas, es por eso que en la época de estiaje la falta de alimento fresco no permite la adecuada crianza del ganado vacuno y otros animales herbívoros; en ese sentido se necesita tener producciones forrajeras óptimas a través un buen manejo agronómico, especialmente de fertilización.

Para alcanzar mayor producción de alfalfa, reducir costos de producción, y mejorar las propiedades químicas y biológicas del suelo, la aplicación de fertilizantes foliares orgánicos son una de las mejores opciones, no solo por ser de fácil elaboración y aplicación, sino también por poseer una buena riqueza nutricional, y ser de fácil y rápida absorción por el follaje de las plantas (Timana, 2015).

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2005) y Barone (2010) señalan que, los fertilizantes orgánicos aplicados vía foliar al cultivo de alfalfa, permite que los nutrientes estén disponibles para el cultivo, de manera inmediata sin necesidad de lluvia o riego, provocando en la planta, un estímulo de crecimiento, mejorando la calidad y cantidad de follaje, debido a que mineralizan y potencializan las funciones fisiológicas del cultivo contribuyendo al incremento de su rendimiento, además, puede provocar cierto efecto repelente contra las plagas, se pueden aplicar al suelo o al cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular.

Por lo expuesto anteriormente se requiere elaborar abonos orgánicos líquidos de manera artesanal con insumos y recursos que posee el productor para obtener un producto con múltiples beneficios y que sea amigable con el medio ambiente.

1.1.1. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la campiña de Cajamarca?

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación teórica

El uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha contaminado, las diversas fuentes de aguas tanto superficiales como subterráneas, ha provocado la eutrofización de ríos, lagos y mares, ha generado la lluvia ácida y ha desequilibrado el ciclo global del N y del P; en el suelo el uso excesivo de agroquímicos ha destruido la micro-fauna y nutrientes del suelo, ha contaminado los suelos, pérdida de biodiversidad, contaminación de alimentos con residuos dañinos a largo plazo en la salud animal y humana; es por eso que se tiene que reducir el exceso de fertilizantes químicos que hoy vertemos sobre los campos, y racionalizar su uso porque muchos agricultores se han vuelto dependientes de estos productos desconociendo la eficacia de los abonos orgánicos y sus beneficios (Laurin, 2006).

1.2.2. Justificación social

Debido a que Cajamarca es una región agrícola por que la mayor parte de su economía radica en su mayoría en la producción agropecuaria, es que se buscan alternativas en el manejo sostenible del suelo, que puedan permitir un desarrollo sustentable de esta actividad; en la actualidad es de gran importancia reutilizar residuos (estiércol de ganado, de aves y otros componentes adicionales como en este caso la harina de huesos de pescado) resultantes de diferentes explotaciones que constituyen elementos orgánicos útiles en la mejora de la agricultura agroecológica; muchos agricultores desconocen la importancia de estos abonos y algunos creen que podría perjudicar a la agricultura vinculándolo con enfermedades (parásitos, hongos), y aún más desconocen la relación entre la cantidad de insumos (ingredientes) utilizados, y la calidad del producto resultante.

1.2.3. Justificación personal

Se justifica porque se pretende generar conocimientos nuevos sobre la producción de abonos orgánicos, estudiando el efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.), con la finalidad de impulsar una producción orgánica, sostenible y rentable en la producción pecuaria.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la campiña de Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de diferentes dosis del biofertilizante de harina de huesos de pescado en los componentes de la producción de la alfalfa (*Medicago sativa* L.), tales como rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca, altura de planta y número de brotes.

Determinar la dosis adecuada del biofertilizante de harina de huesos de pescado que permita obtener los mejores resultados en la producción de alfalfa en la campiña de Cajamarca.

Comparar el efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa respecto a un tratamiento control sin aplicación de biofertilizante.

1.4. Hipótesis

El biofertilizante de harina de huesos de pescado aumenta la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.).

1.5. Variables en estudio

1.5.1. Variable X (independiente)

Biofertilizante de harina de huesos de pescado

1.5.2. Variable Y (dependiente)

Producción de alfalfa

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Lema (2023), en su trabajo experimental “*Valoración productiva de un biol y su efecto en la fertilización de la Medicago sativa (alfalfa nacional) en la hacienda Pacahuan*”, realizado en Riobamba – Ecuador, cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento de una pradera de alfalfa nacional, utilizando diferentes concentraciones de biofertilizante (0, 2, 4 y 6 L / ha) a tres edades de corte (35, 45 y 55 días), evaluando además altura en cm cobertura basal en %, cobertura aérea en %, producción de forraje verde (t / FV / ha / corte) y producción de forraje en materia seca (t / MS / ha / corte), donde pudo concluir que al evaluar la composición química y microbiológica del biofertilizante (biol) a base de residuos de bovinos (Estiércol) se demostró que contiene un pH de 5.45, NT: <0.3; P2O5: < 0.55 y K2O: <0.33 %, así mismo se indican la presencia de bacterias *Bacillus s.p.* y *Lactobacillus s.p.* con una concentración de 70 x 10² y <10 ufc / ml, además de la existencia de la levadura *Sacharomyces s.p.* con 1L x 10⁶ ufc / ml, por otro lado el mejor rendimiento que presentó la pradera de alfalfa nacional, obtuvo al aplicar 4 l/ha de biol a los 35 días con una producción de forraje verde de 25.96 (t / FV / Ha / corte) y una producción de materia seca de 3.54 (t / MS / ha / corte). El análisis proximal reportó la mejor calidad de *Medicago sativa* a los 35 días con un valor de 21.81 % de proteína con una fibra bruta de 26.48 % aplicando 6 L / ha de biol a base de estiércol bovino. El mejor beneficio costo se obtuvo al aplicar 4 L / ha de biol, presentando un beneficio/costo de 1.57 (\$), es decir, por cada dólar invertido, se obtiene una ganancia de 57 centavos, por el cual muestra dicho tratamiento una rentabilidad del 57 %.

2.1.2. A nivel nacional

Azaña (2019), en su tesis “*Efecto de tres tipos de abono foliar biol en el rendimiento del cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.) En Tingua, distrito de Mancos, Yungay - Ancash 2019*”, cuyo objetivo fue, determinar el efecto de tres tipos de abono foliar biol, en el rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en Yungay – Ancash; el diseño experimental empleado fue un Diseño de Bloque Completo al Azar, con 4 tratamientos (T1:

biol de vacuno, T2: biol de ovino, T3: biol de cuy y T0: testigo), con cuatro repeticiones para cada tratamiento; comparó los resultados químicos obtenidos del biol siendo el del cuy con mayor contenido en: pH 7,00; conductividad eléctrica: 16,5 ds / m; Materia Orgánica: 0,05 mg / L, nitrógeno: 1,42 %, fósforo (P_2O_5): 0,82 %, potasio (K_2O): 0,54 %, calcio total: 0,1 mg / L, cobre total: 0,02 mg / L, magnesio total: 5,0 mg / L, manganeso total 0,010 mg / L; las aplicaciones se hicieron a razón de: 0,75 L de biol de cuy; 0,75 L de biol de vacuno y 0,75 L de biol de ovino en tres momentos, para un área total de 896 m², y se determinó el rendimiento usando el biol para el forraje en alfalfa, obteniendo los mejores resultados con el tratamiento T3 con biol de estiércol de cuy (1,5 L / mes) con un rendimiento de 4,33 kg / m²; 178,89 kg / parcela y 32 Tn / ha.

Durand (2018), en su tesis “*Producción de biol utilizando mezcla de heces vacunos y cuy, para mejorar la producción de alfalfa (Medicago sativa) Pariacoto, 2018*”, cuyo objetivo fue evaluar la mejora de la producción de alfalfa (*Medicago sativa*) con la aplicación del biol a base de mezclas de heces vacuno y cuyes, en Huaraz - Perú, siendo estas las diferentes proporciones: biol 1 (2 kg de heces de vaca y 2 kg de cuy), biol 2 (con 1,5 kg de heces de vaca y 2,5 kg de heces de cuy), biol 3 (2,5 kg de heces de vaca y 1.5 kg de heces de cuy). Se aplicó a los 7, 14 y 21 días; donde pudo concluir que la mejor alternativa para la mejora de la alfalfa es el biol 1 aplicado cada 7 días, cuyo parámetro físico químico arrojaron 7,25 de pH, 18,90 dS / cm de conductividad eléctrica, 30,42 g / L, 36,32 g / L de materia orgánica, 5521,22 mg / L de N, 3280,14 mg / L de P, 6734,21 mg / L de K.

2.1.3. A nivel local

Diaz (2017), en su trabajo “*Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (Medicago sativa V. vicius) en Cajamarca*”; cuyo objetivo fue evaluar al biol como un abono orgánico en la mejora de la producción de alfalfa (*Medicago sativa V. vicius*) y reforzar su propuesta como alternativa ecológica en la actividad agropecuaria; probándolo en tres parcelas de alfalfa cuya extensión fue de 2 x 4 m² cada una; con 2 tratamientos que fueron el T1 = 5 cc de biol en 5 L de agua, el T2 = 7,5 cc de Biol en 5 L de agua y el T0 = testigo sin aplicación de biol; la aplicación del aplicación de los tratamiento se hizo utilizando una mochila de fumigar a intervalos de 20, 30, 40 y 55 días; la evaluación se realizó al finalizar la última aplicación del biol, cuyo resultados fueron, que la mejor altura de la alfalfa lo obtuvo el T2, con un promedio de 90 cm, superando al T1 y T0 con promedios de

72 y 62 cm respectivamente, el mejor peso en fresco en kg también fue para el T2 con 2,63 kg / m² y para materia seca en porcentaje se obtuvieron los siguientes resultados T2 = 23,00 %, T1 = 21,04 % y T0 = 20,35 %, siendo el T2 el que obtiene mayor % de materia seca; concluyendo que la aplicación de biol orgánico permite la optimización del recurso forrajero (alfalfa) y al mismo tiempo se toma como una alternativa para mitigar el impacto ambiental causado por la ganadería.

Veliz (2021), en su investigación “*Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento del cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.) variedad moapa en el fundo La Victoria – UNC*”, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*); variedad Moapa en el centro experimental fundo “La Victoria” Cajamarca - Perú, con el diseño estadístico de bloques completos al azar (DBCA); las concentraciones en estudio fueron: 5 %, 10 %, 15 %, 20 % y un testigo; los resultados obtenidos fueron: la concentración al 20 % tuvo mejor respuesta en altura de planta con 83,19 cm en promedio; en número de tallos por corona se logró la mejor media con la concentración al 20% con 25,47; en el diámetro de la corona se obtuvo un mejor promedio con la concentración al 15% con 17,91 cm. En el número de hojas por tallo y el área foliar por planta se obtuvo la mejor media con la concentración al 20 % con 26,47 y 6649,20 cm² respectivamente; en los rendimientos de materia seca (kg ha⁻¹corte-1) y materia fresca (kg ha⁻¹corte-1), los mejores resultados se obtuvieron con la concentración al 20 % con 20 580,02 kg ha⁻¹corte-1 y 71 190,67 kg ha⁻¹corte-1 correspondientemente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema holístico de producción que ayuda a preservar la salud del agroecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, prefiriendo el uso de prácticas de manejo locales, de acuerdo a las condiciones de cada zona; esto se logra utilizando métodos culturales, biológicos y mecánicos en oposición al uso de productos sintéticos para satisfacer necesidades específicas dentro del sistema (FIDA, 2003).

Con la agricultura orgánica, mediante la aplicación de abonos elaborados reciclando la materia orgánica, el uso de coberturas y abonos verdes, la implementación de técnicas de

conservación de los suelos y agua; se mejoran las características químicas, físicas y biológicas del suelo y la nutrición natural de las plantas; favoreciendo la recuperación y preservación del suelo y su biodiversidad, desarrollando sistemas productivos agropecuarios basados en un equilibrio ecológico, económico y social (Hermoso, 2000).

2.2.2. Abonos orgánicos

Producto obtenido del proceso de descomposición, aeróbica o anaeróbica, de todo tipo de residuos orgánicos, que contiene principalmente nitrógeno, fósforo o potasio en cantidades variables que se puede utilizar en forma sólida o líquida (Fundación MCCH, 2012).

Los abonos orgánicos contienen nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas; dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento en: los contenidos de materia orgánica del suelo, la actividad biológica benéfica, el mejor estado fitosanitario de las plantas, la capacidad de retención de humedad, la CIC, la estabilización del pH, el potasio disponible, el calcio y el magnesio; en las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, (Delgado y Salas, 2014).

2.2.3. Biofertilizante

Fertilizante orgánico natural que proporciona a las plantas todos los nutrientes que necesitan y mejorar la calidad del suelo creando un entorno microbiológico natural; al biofertilizante también se considera como productos agrobiotecnológicos que contienen consorcios de microorganismos vivos o latentes (bacterias u hongos micorrícicos, solos o combinados) que aportan nitrógeno y fósforo que agregados a los cultivos agrícolas para estimular su crecimiento y productividad (CEDRSSA, 2018).

El biofertilizante es un abono foliar que se descarga de un digestor y se utiliza como una fuente orgánica de fitorreguladores que permiten promover actividades fisiológicas para estimular el desarrollo de las plantas, existen distintas formas de enriquecerlo en el contenido de fitorreguladores, así como de sus precursores, mediante la adición de alfalfa picada en un 5 % del peso total de la biomasa, también se puede logra mayor contenido en fósforo adicionando vísceras de pescado (1kg /m²) (Promer, 2002).

Basauré (2006), refiere que los abonos orgánicos líquidos (bioles, biofertilizantes, biopreparados) son una estrategia que permite aprovechar el estiércol de los animales, sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica, dando como resultado un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas); que aplicadas vía foliar a los cultivos en una concentración entre 20 y 50% estimula el crecimiento, mejora la calidad de los productos e incluso tienen efecto repelente contra las plagas; estos abonos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos que permiten regular el metabolismo vegetal y ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

a. Elaboración del biofertilizante

Ortiz (2023) refiere que para que un digestor funcione correctamente, hay varios aspectos importantes que se deben tener en cuenta; la calidad de la biomasa que se usa como materia prima es crucial; también es necesario mantener la temperatura de digestión entre 25 y 35 grados Celsius, y el nivel de acidez (pH) debe estar cerca de 7.0; el digestor debe estar herméticamente cerrado para garantizar condiciones anaeróbicas; la relación entre materia seca y agua es otro factor clave, ya que afecta la concentración de partículas en la solución; por lo general, el agua debe constituir alrededor del 90% del peso total del contenido.

Tabla 1

Relación: Materia Prima (Estiércol)/Agua

Fuentes de estiércol	Estiércol	Cantidades utilizadas		
		%	Agua	%
Bovino	1 parte	50	1 parte	50
Porcino	1 parte	25	3 partes	75
Gallinaza	1 parte	25	3 partes	75

Fuente: Adaptado de Ortiz (2023)

Peñaherrera (2021), sugiere los siguientes pasos para la elaboración del biofertilizante.

- Recolección del estiércol procurando no mezclarlo con tierra.
- Colocar el estiércol en el recipiente.
- Agregar alfalfa u otra leguminosa picada (máximo 5 cm de tamaño).
- Agregar agua necesaria, dejando un espacio de 20 cm entre el agua y el borde del tanque.

- Colocar una tapa o pedazo de plástico en la boca del tanque y con una cuerda de nylon o alambre átelo fuertemente para mantener un medio anaeróbico.
- Pasado 60 días en la sierra el biofertilizante está listo para extraerse.
- Filtrar el biofertilizante obtenido, haciéndolo pasar por medio de filtros de alambre y tela, de esta manera está listo para utilizarlo.

b. Tiempo de fermentación del biofertilizante

La elaboración del biofertilizante más sencilla requiere un proceso de fermentación que toma entre 20 y 30 días; por otro lado, si se desea obtener biopreparados más complejos, enriquecidos con minerales, el tiempo de preparación se extiende, pudiendo durar entre 35 y 45 días (Carrera, 2011).

c. Microorganismos que intervienen en la fermentación

En el proceso de biodigestión intervienen secuencialmente diversos tipos de microorganismos, comenzando por las bacterias hidrolíticas y fermentadoras, seguidas por las acetogénicas obligadas; luego actúan las bacterias reductoras de protones de hidrógeno en relación sintrófica, junto con las sulfato reductoras que consumen hidrógeno y tienen una sintrofia facultativa; el proceso continúa con la participación de bacterias homoacetogénicas, seguidas por los microorganismos metanogénicos, y finalmente las bacterias desnitrificantes, completando así la cadena de degradación de la materia orgánica (Toapanta, 2023).

d. Ventajas del biofertilizante

Acelera el crecimiento y desarrollo de las plantas; mejora la producción y productividad de las cosechas; aumenta la resistencia a plagas y enfermedades; mejora la actividad de los microorganismos benéficos del suelo; ocasiona un mejor desarrollo de raíces, hojas y frutos; aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, otros); es ecológico por lo tanto compatible con el medio ambiente y no contamina el suelo; es económico; acelera la floración; en trasplante ayuda a una mejor adaptación de la planta en campo definitivo; conserva mejor el NPK, Ca, debido al proceso de descomposición anaeróbica lo cual permite aprovechar totalmente los nutrientes; el N que contiene se encuentra en forma amoniacal que es fácilmente asimilable (Guanopatin 2012).

2.2.4. Funciones de los ingredientes empleados

a. Estiércol

Su función fundamental es aportar los ingredientes vivos (microorganismos), para que ocurra la fermentación del biofertilizante, aporta principalmente inóculos de levaduras, hongos, protozoos, y bacterias, los cuales son los responsables de digerir, metabolizar y colocar en forma disponible para las plantas y el suelo a todos los elementos nutritivos (Restrepo, 2001).

b. El suero de la leche

Tiene la función de reavivar el biopreparado de la misma forma que lo hace la melaza; aportando vitaminas, proteínas, grasa y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos que se generan durante el periodo de la fermentación del biofertilizante, también permite que el tiempo propicio para la reproducción de la microbiología de la fermentación (Restrepo, 2001).

c. La melaza

Su función es aportar energía necesaria para así activar el metabolismo microbiológico, y el proceso de fermentación se perfeccione, además aportar otros componentes en menor cantidad como algunos minerales, entre ellos: boro (B), manganeso (Mn), hierro (Fe), calcio (Ca), potasio (K), fósforo (P), azufre (S), zinc (Zn) y magnesio (Mg) (Restrepo, 2001).

d. El agua

Tiene la función de facilitar el medio líquido donde se multiplica todas las reacciones bioenergéticas y químicas de fermentación anaeróbica del biofertilizante, muchos organismos presentes en la fermentación como levaduras y bacterias, viven más uniformemente en la masa líquida donde al mismo tiempo, los productos sintetizados, enzimas, vitaminas, pépticos, promotores de crecimiento, entre otros (Rendón, 2013).

e. Harina de pescado

Se obtiene luego de retirarle todo el contenido de agua y gran parte de sus grasas y aceites al pescado, quedando de este proceso la proteína como parte sólida, la cual es secada y molida al grado de una harina; el principal uso de la harina de pescado es la formulación de alimentos balanceados para el desarrollo de actividades, como acuicultura (la principal), avicultura, ganadería, y agricultura (Sociedad Nacional de Pesquería, s.f.).

La harina de pescado es una fuente de alto contenido en proteínas (60 – 75%), lo que hace que todas estas características en conjunto al efecto que tiene en el crecimiento la han convertido en una de las fuentes de proteína más investigada, con la intención de rebajar los costos en la elaboración de los abonos orgánicos (Smith et al., 2001). Al respecto Cabello et al. (2013) señalan que la harina de pescado elaborada con base en anchoa/sardina del Perú, está compuesta porcentualmente por 66,00 % de proteína, 9,70 % de grasa, 10,10 % de humedad y 2,90 % de sal.

Las características físico-químicas de la harina de pescado varían por diferentes factores tales como la especie utilizada, la calidad de la materia prima, la época del año y los parámetros del **proceso**, lo que puede traducirse en una harina de baja o de óptima calidad; teniendo en cuenta que el término calidad no solo debe referirse al: grado o nivel de excelencia, grado de pureza; sino que también debe abarcar la composición intrínseca, valor nutritivo y grado de alteración (Rodríguez, 211).

f. Alfalfa

La utilización de la alfalfa en la producción de biofertilizantes es debido a que la alfalfa fija el nitrógeno al suelo y además de proporcionar elementos químicos medicinales y tóxicos que eliminan y controlan algunas plagas (Restrepo, 2001).

g. Levadura

Se trata de un microorganismo fúngico compuesto por una sola célula, clasificado dentro del grupo de los ascomicetos; este organismo se utiliza para potenciar y agilizar la etapa inicial del proceso fermentativo, específicamente durante las primeras 48 horas (Rendón, 2013).

2.2.5. Fertilización foliar

Técnica que permite la incorporación del fertilizante a la planta por medio de las hojas; para alfalfa el momento de aplicación es desde que poseen 15 cm de altura, con intervalo de aplicación de 10 días hasta 10 días antes del corte de la misma (Agronovida, 2010).

La aplicación de nutrientes directamente en las hojas se ha vuelto una técnica ampliamente adoptada y crucial en la agricultura moderna, esta práctica ayuda a remediar carencias nutricionales en las plantas, promueve un crecimiento saludable de los cultivos y

contribuye a mejorar tanto la producción como la calidad de las cosechas, no obstante, es importante aclarar que la nutrición foliar no reemplaza los métodos convencionales de fertilización del suelo, en su lugar, actúa como un complemento valioso, ofreciendo un refuerzo adicional para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas que no pueden ser completamente cubiertas mediante la fertilización tradicional del terreno (Macias, 2023).

a. Factores que influyen en la fertilización foliar

El éxito de la fertilización foliar depende de tres factores clave: la planta, el ambiente y la formulación del fertilizante, la formulación debe considerar la concentración del nutriente, el pH, coadyuvantes, tamaño de las gotas, características químicas y capacidad de penetración del nutriente, los factores ambientales incluyen temperatura, viento, luz, humedad relativa y momento de aplicación, en cuanto a la planta, se debe considerar la especie, estado nutricional, etapa de crecimiento y edad de las hojas, la atención a estos factores maximiza la eficacia de la fertilización foliar (Salvador, 2022).

b. Propósitos de la fertilización foliar

La práctica de incorporar elementos esenciales en los metabolitos generados durante la fotosíntesis es útil para varios fines. Estos incluyen corregir deficiencias nutricionales que pueden surgir durante el desarrollo de la planta, satisfacer necesidades nutricionales que no se cubren con la fertilización tradicional del suelo, proporcionar nutrientes que quedan retenidos en el suelo, y mejorar la calidad del producto (Murillo, 2021).

2.2.6. Cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa*)

Leguminosa que tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de sus raíces, lo que hace que los suelos donde crece sean mejores, muchas veces se planta como una manera de fertilizante natural a los terrenos; su uso fundamental es como planta forrajera para la alimentación del ganado por su alto valor nutritivo y alta producción, es una de las especies más cultivadas para forraje ya que soporta con facilidad las sequías aprovechándose de sus largas raíces que son capaces de hundirse hasta capas profundas del suelo (se han encontrado ejemplares cuyas raíces alcanzan los 10 m de profundidad) (Botanical, 2010).

a. Taxonomía

División: Angiospermae; Clase: Dicotyledoneae; Familia: Fabaceae; Género: *Medicago*; Especie: *Sativa* L. (Solano 2006 citado por Mamani 2016).

b. Importancia nutricional y económica

La alfalfa es fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales (García, 2013); además contiene minerales como calcio, fósforo, potasio, azufre y magnesio, que son importantes en la alimentación de ganado (Según Tazola, 2007 citado por Torrez, 2010); en la sierra norte del Perú, constituye el principal forraje para ganado lechero (*Bos Taurus*) y crianza de cuyes (*Cavia porcellus*), mejorando la economía de los agricultores (Ministerio de Agricultura de Cajamarca, 2009 citado por Tingal, 2015).

Tabla 2

Valor nutricional según estado fenológico de la alfalfa.

ESTADO FENOLÓGICO	% MS	% PB	Ca %	P %
Sin flor (rebrote basal \pm 5 cm) y aparición de 1° flores	16 - 22	22.9 - 26.5	1.8	0.30
> 10% floración-floración completa	19 - 26	16.5 - 22	2.0	0.25

Fuente: Adaptado de Juan N.A. (1989) citado por (Japón 2012)

c. Morfología

Posee un crecimiento herbáceo de porte semierecto y ramificado (Guevara 2011); raíz pivotante, de la corona de donde emergen los brotes basales dan lugar a los tallos (Argote, 2004 citado por Mamani, 2016); tiene tallos delgados, sólidos o huecos, cuadrados y fuertes (Vásquez, 2021); hojas trifoliadas o unifoliadas en primeras hojas verdaderas, con márgenes lisos y bordes superiores ligeramente dentados (Japón 2012).

d. Manejo del cultivo

Para el control de plantas acompañantes se realiza en etapas tempranas del cultivo, y después de corte, disminuyendo de esta manera la competencia por agua, nutrientes y luz (Infoagro, 2002 citado por Guanopatin, 2012); en alfalfa establecida, la invasión y competencia de arvenses debe ser protegida a través de un corte oportuno, deshierbo manual de hierbas indeseadas, antes de que se hagan dominantes (Mamani, 2016).

e. Cosecha

Se realiza cuando las plantas alcanzan un 10 % de floración, pero a 3600 m de altitud, no florece, por ello el corte se debe realizar cuando el rebrote basal está entre 3 a 5 cm

de altura (Condori, 1998 citado por Torres, 2010); pues cuando el corte se realiza en fases tempranas de desarrollo afecta la persistencia de la alfalfa, el tamaño y vigor de la corona, el número y vigor del rebrote, producto de la disminución de los carbohidratos de reserva (Musiera y Ratera, 1984 citado por Becerra, 2003).

Si la frecuencia de corte es alta, la altura de residuo debe ser mayor, esto debido a que los cortes altos dejan un área foliar que entrega energía adicional para iniciar el rebrote (Smith 1972, citado por Becerra, 2003); al respecto Smith (1969) citado por (Tingal 2015), pudo observar que las plantas cortadas a 5 cm tienen mayor brotación que plantas cortadas sin dejar material residual.

El rendimiento por hectárea con 6 a 9 cortes por año es de 90 t de forraje verde, 23 t de heno y 20 a 24 t de materia seca (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2005); categorías de rendimiento por corte expresado en t ha⁻¹. determinan que valores de 5,6 son comunes, 7,8 corresponde a un buen rendimiento y los superiores a 10,1 son excelentes (AID 1979, citado por Azaña, 2019).

2.3. Definición de términos

Biofertilizante

Es un fertilizante orgánico natural que ayuda a proporcionar a las plantas todos los nutrientes que necesitan y a mejorar la calidad del suelo creando un entorno microbiológico natural. Existe una corriente de opinión que considera exclusivamente como biofertilizantes a los productos elaborados que contienen consorcios de bacterias y hongos micorrícicos que pueden aportar nitrógeno y fósforo son productos agrobiotecnológicos que contienen microorganismos vivos o latentes (bacterias u hongos, solos o combinados) y que son agregados a los cultivos agrícolas para estimular su crecimiento y productividad, Centro de Estudios para el desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA, 2018).

Biodigestión

Proceso de descomposición por microorganismos anaeróbicos de los desechos orgánicos (Guevara, 2011).

Cutícula

Capa de células más externa del cuerpo primario de la planta; conforma el sistema de tejido dérmico de las hojas, tallos, raíces, flores, frutos y semillas (Shepherd y Griffiths, 2006; Reina y Yephremov, 2009, citado por Tafolla, 2013).

Harina de pescado

Es un producto obtenido del procesamiento de excedentes de pescados, eliminando su contenido de agua y aceite. La harina de pescado se hace con pescado seco triturado. Es rica en nitrógeno, contiene alrededor de un 7 por ciento de ácido fosfórico y muchos microelementos. Es considerado un gran activador del compost. Se aplica a la tierra como un abono de cobertura relativamente rápido. Es preciso asegurarse de mezclarlo bien con la tierra o cubrirlo después de esparcirlo, y debe guardarse en un contenedor hermético para que no atraiga a gatos, perros o insectos Sociedad Nacional de pesquería (SNP, 2022).

Fertilización foliar

Compuesto de origen natural o sintético, que se aplica directamente sobre follaje para proveer a las plantas uno o más nutrientes necesarios para su desarrollo y crecimiento (Fernández et al., 2015).

Mata

Planta de poca altura o tamaño, especialmente de tronco ramificado y leñoso Real Academia Española (RAE, 2022).

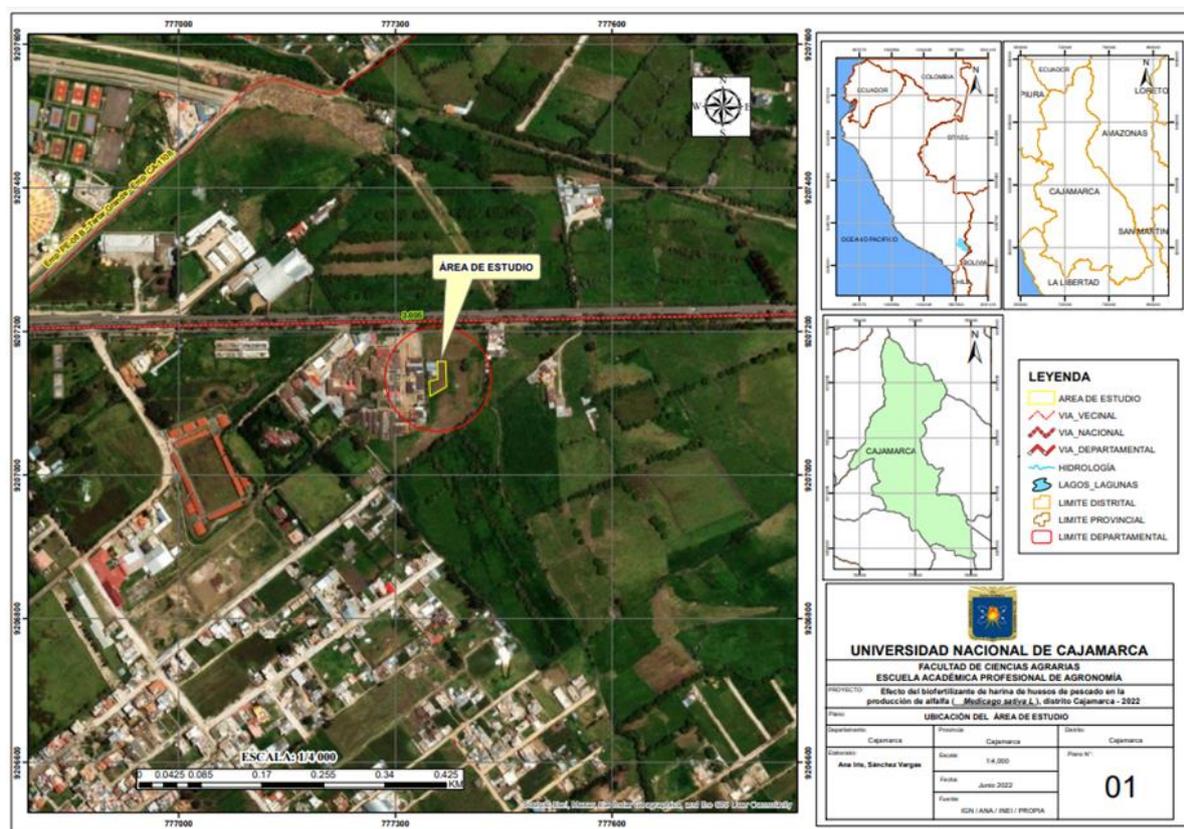
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la parcela de alfalfa (*Medicago sativa* L. Var. La lecherita) del I.E.S.T. P. CEFOP Cajamarca – Unidad Operativa Cajamarca I; esta parcela estaba ubicada en el kilómetro 3.5 de la carretera Cajamarca – Baños del Inca, con coordenadas UTM 9207098N y 777358E, a una altitud de 2660 m, en el Distrito, Provincia y Departamento de Cajamarca.

Figura 1

Mapa de ubicación.



3.1. Materiales

3.1.1. Material vegetal

Se empleó la especie vegetal de alfalfa (*Medicago sativa* L. Var. La lecherita)

3.1.2. Materiales para preparar el biofertilizante

1 tanque de plástico de 200 L

1 botella descartables de 3 L

Manguera transparente de 5/8 pulgadas

3.1.3. Insumos para preparar 200 litros de biofertilizante

Harina de huesos de pescado (30 kg)

Bazofia (20 kg)

Alfalfa (5 kg)

Melaza (8 kg)

Suero (40 L)

Levadura (100 g)

3.1.4. Equipos

Balanza digital

Estufa

Mochila de fumigar

Laptop

Cámara fotográfica

3.1.5. Herramientas

Zapapico

Palanas

Comba

3.1.6. Otros materiales experimentales

Hoz

Wincha

Rafia

Metro cuadrado

Letreros

Estacas

Bolsas de cartón

Cuaderno de apunte

3.2. Metodología

3.2.1. Diseño del campo experimental

En este estudio se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) debido a las particularidades de la investigación. El experimento consistió en cinco tratamientos: cuatro con diferentes dosis de biofertilizante elaborado a partir de harina de huesos de pescado (500 ml, 1000 ml, 1500 ml y 2000 ml por cada 10 litros de agua) y un grupo testigo sin aplicación. Estos tratamientos se designaron como T1, T2, T3, T4 y Testigo, respectivamente. La utilización del DBCA como modelo estadístico permitió un control más efectivo de la variabilidad experimental y una mayor precisión en la evaluación de los efectos de los tratamientos, cuyo modelo matemático es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Son las observaciones obtenidas la j -ésima vez que se repite el experimento, con el tratamiento i -ésimo.

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i

B_j = Efecto del Bloqueo j

E_{ij} = Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

Tabla 3

Tratamientos en estudio.

Tratamientos	Descripción
T1	500 ml de biofertilizante / 10 L de agua
T2	1000 ml de biofertilizante / 10 L de agua
T3	1500 ml de biofertilizante / 10 L de agua
T4	2000 ml de biofertilizante / 10 L de agua
T5 (testigo)	0 ml de biofertilizante / 10 L de agua

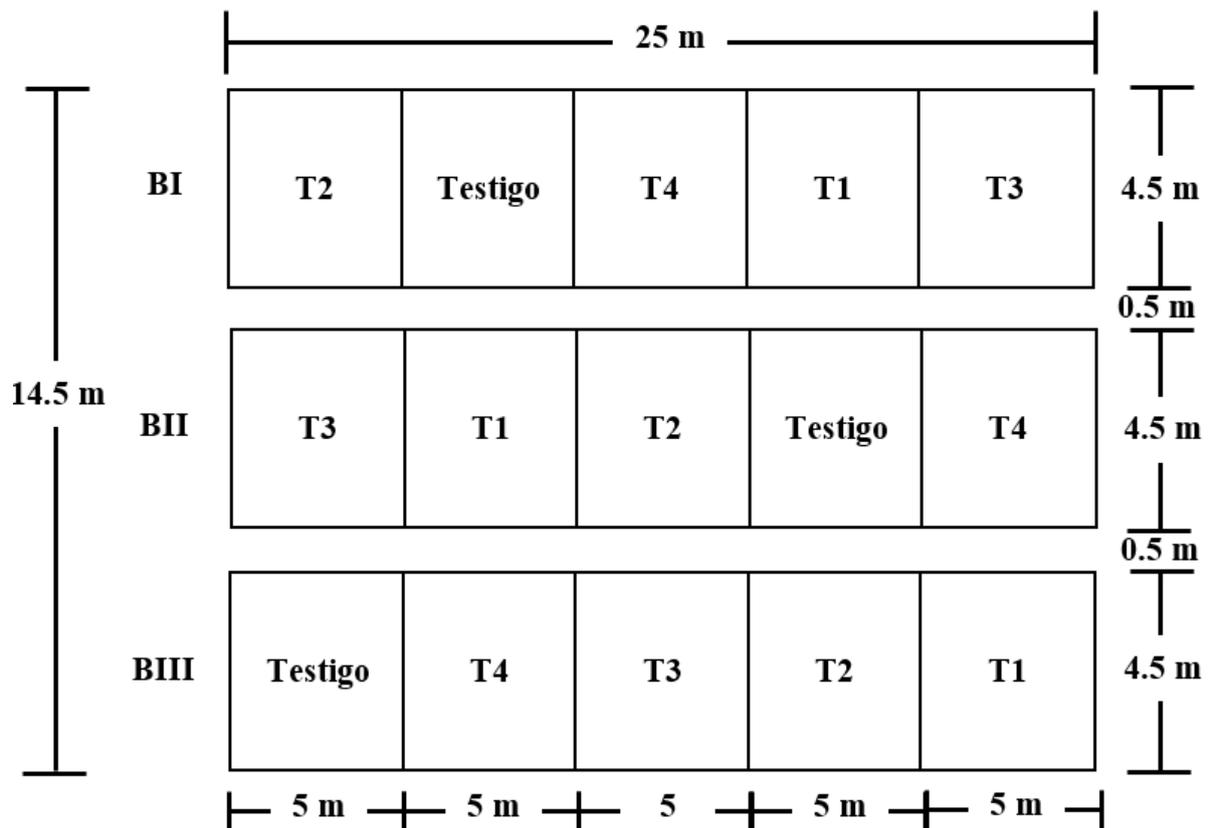
3.2.2. Arreglos de los tratamientos

El experimento se estructuró mediante la distribución aleatoria de los tratamientos en tres bloques, que actuaron como repeticiones. El área experimental total abarcó 362.5 m²,

divididos en tres bloques de 112.5 m² cada uno. Estos bloques albergaron un total de 15 tratamientos, con cada tratamiento ocupando una parcela de 22.5 m². Para completar el diseño y mejorar la accesibilidad, se incorporaron dos calles de 12.5 m² cada una. Esta configuración permitió una disposición eficiente y funcional del espacio, facilitando la realización del experimento y el manejo de las distintas parcelas y tratamientos.

Figura 2

Distribución de tratamientos



3.2.3. Procedimiento

a. Elaboración del biofertilizante

Antes de iniciar el experimento, se preparó el biofertilizante siguiendo un proceso específico. Se comenzó picando alfalfa en trozos de 3 a 5 cm, que luego se combinó en un tanque con harina de huesos de pescado, bazofia, suero de leche no salado y levadura; se llenó el recipiente con agua no potable, dejando un espacio de 10 cm en la parte superior; después de tapar e instalar una válvula de purga, la mezcla se dejó fermentar durante 94 días, removiéndola a los ocho días de iniciado el proceso. Una vez completada la fermentación, el

biofertilizante se cosechó y almacenó en baldes de 20 litros con tapas herméticas hasta su uso en el experimento.

b. Muestreo y análisis de suelo

Antes de aplicar los tratamientos, se realizó un muestreo de suelo en cada bloque del experimento; se tomaron tres submuestras por bloque utilizando la técnica del zigzag, recolectando muestras al inicio, centro y final de cada área; estas muestras se combinaron para obtener una muestra representativa de cada bloque; las muestras se enviaron al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina para un análisis completo de caracterización del suelo, incluyendo el contenido de nitrógeno; los resultados detallados de este análisis se encuentran disponibles en los anexos, específicamente en la figura 8).

c. Análisis del biofertilizante

Antes de aplicar el biofertilizante al cultivo, se tomó una muestra de 1000 ml de biofertilizante y se envió al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina para el análisis de materia orgánica y Análisis de microelementos de materia orgánica líquida (Los resultados del análisis del biol ver en los anexos en la figura 7).

d. Instalación

Se seleccionó una parcela de alfalfa de un área de 387.5 m², se cortó el forraje de la cosecha anterior para uniformizar el rebrote, al mismo tiempo se hizo la eliminación de arvenses de la parcela, y la limpieza de bordes; la delimitación de las parcelas se realizó en parte del lote de 4000 m² de cultivo establecido de alfalfa de siete meses de edad.

e. Aplicación del biofertilizante

Obtenido los resultados del análisis de laboratorio, se procedió a la aplicación del biofertilizante en cada uno de los tratamientos de los 3 bloques experimentales especificados; el suministro se efectuó en 4 aplicaciones (8, 16, 24 y 32) días después del corte; la preparación y aplicación del biofertilizante, consistió en disolver la dosis de producto especificado para cada tratamiento en 10 L de agua, utilizando una mochila de 20 L de capacidad se procedió a la aspersión de la solución.

f. Riego

El área de pastura estaba equipada con un sistema de riego por aspersión, lo que permitió satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de manera eficiente. Se implementó un programa de riego tecnificado con una frecuencia semanal, realizando riegos cada 8 días, lo que resultó en 4 eventos de riego mensuales; cada sesión de riego tenía una duración de 2 horas y cubría una zona circular con un radio de 15 metros; este método aseguró una distribución uniforme del agua en toda el área cultivada, optimizando el uso del recurso hídrico y promoviendo un crecimiento adecuado de la pastura.

g. Deshierbo

Para evitar la competencia por espacio, luz, agua y nutrientes con el cultivo de alfalfa; los arvenses que se presentaron en las unidades experimentales se eliminaron de manera manual, el primer deshierbo se realizó después del corte, y los deshierbos sucesivos se hicieron cada 10 días en los primeros 20 días después del corte del forraje.

3.2.4. Evaluaciones

a. Rendimiento de forraje verde por metro cuadrado

Se realizó lanzando el m² en cada unidad experimental (tratamiento) de los tres bloques (repeticiones) en estudio, se cortó el pasto que quedó dentro del metro cuadrado, luego se pesó en una balanza digital, el resultado se expresó en kg de peso verde por m².

b. Materia seca

Se pesó 100 g del follaje verde proveniente del rendimiento por m² de cada tratamiento (unidad experimental), luego se colocó en la estufa a 75 °C por tres días (72 horas) para el respectivo secado, posteriormente se obtuvo el peso del pasto seco (deshidratado). Los cálculos de materia seca se determinaron con la siguiente fórmula:

$$MS = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso verde}} \times 100$$

c. Altura de mata

Se midió la altura de 5 matas de alfalfa en forma aleatoria de la parte central de cada unidad experimental (tratamiento y testigo); la medida se tomó desde el ras del suelo hasta el ápice del brote más alto de la mata.

d. Número de brotes maduros

Se contaron los brotes en estado maduro de 5 matas de alfalfa elegidas en forma aleatoria de la parte central de cada unidad experimental (tratamiento) para evitar el efecto de borde.

3.2.5. Tratamiento y análisis de datos

Los datos adquiridos en las evaluaciones fueron ordenados, clasificados y agrupados en tablas de Excel, de acuerdo a al análisis estadístico ha realizado; se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos (biofertilizante); realizada la prueba anterior y en los casos donde se encuentre diferencias estadísticas, se hizo la prueba de Tukey para comparaciones múltiples al 95 % de confiabilidad, esta prueba determinó la mejor dosificación de biofertilizante en la producción de alfalfa.

3.2.6. Presentación de la información

La presentación de resultados se realizó haciendo el uso de tablas y figuras con sus respectivas interpretaciones y discusiones; de acuerdo a las variables motivo de evaluación en el proceso de ejecución de la fase experimental del proyecto.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

Para determinar el efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de la alfalfa, se realizó el análisis de varianza (ANVA) al 95 % de probabilidad, obteniéndose los promedios correspondientes de conformidad con la información de la tabla 4.

Tabla 4

Datos promedios de rendimiento, materia seca, altura de mata y numero de brotes para los tratamientos en estudio.

V. dependiente	Tratamiento	Media	Agrupación	Coef. Var %
Rendimiento Kg.m ⁻²	T4	2.60	A	4.12
	T3	2.39	A	
	T2	2.08	B	
	T1	1.84	BC	
	Testigo	1.81	C	
Materia seca %	T4	30.08	A	1.50
	T3	28.74	B	
	T2	25.93	C	
	T1	24.67	D	
	Testigo	21.02	E	
Altura mata cm	T4	78.10	A	4.25
	T3	74.36	B	
	T2	70.88	C	
	T1	67.60	D	
	Testigo	64.10	E	
Brotes	T4	18.35	A	4.56
	T3	16.36	B	
	T2	14.85	B	
	T1	12.63	C	
	Testigo	12.10	C	

La tabla muestra que el tratamiento T4 fue el más efectivo, logrando un mayor rendimiento de forraje, un mejor porcentaje de materia seca, una mayor altura de planta y un mayor número de brotes en comparación con los otros tratamientos y el grupo control.

4.1. Rendimiento en kg m⁻²

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado (Tabla 5) para evaluar el rendimiento de alfalfa verde en Kg.m⁻² mostró que la variable "bloques" no presentó una significancia estadística (p-valor = 0.4185), ya que este valor supera el nivel de significancia del 5 %. Esto sugiere que no existen diferencias significativas en el rendimiento de alfalfa verde entre los bloques del estudio, lo que indica que los bloques no tuvieron un impacto relevante en las variaciones observadas en el rendimiento.

Por otro lado, en contraste con los resultados correspondientes a la fuente de variación "tratamientos" fueron altamente significativos (p-valor < 0.0001), lo que revela diferencias significativas en el rendimiento de alfalfa verde entre los diferentes tratamientos aplicados. Esto indica que los tratamientos tuvieron un efecto considerable en el rendimiento de alfalfa verde en Kg.m⁻², influenciando de manera diferenciada este aspecto particular del desarrollo del cultivo.

El coeficiente de variación (CV) para el rendimiento de alfalfa verde en Kg.m⁻² fue del 4.12%, lo que refleja una baja variabilidad en el rendimiento dentro de cada tratamiento. Este resultado sugiere que el diseño experimental fue apropiado y que los datos obtenidos son confiables.

Tabla 5

Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento en Kg.m⁻².

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	0.02	2	0.01	0.97	0.4185
Tratamiento	1.44	4	0.36	45.98	<0.0001
Error	0.06	8	0.01		
Total	1.52	14			

CV = 4.12 %

La prueba de Tukey realizada para comparar los distintos tratamientos con el testigo reveló diferencias significativas en el rendimiento de alfalfa en Kg.m^{-2} entre los tratamientos evaluados (ver Tabla 6 y Figura 3). Los tratamientos T4 y T3 mostraron efectos estadísticamente similares en el rendimiento, con valores de 2.60 y 2.39 Kg.m^{-2} respectivamente, ambos pertenecientes al grupo A. Estos resultados superaron tanto al testigo como al resto de los tratamientos en términos de rendimiento.

El tratamiento T2, con un rendimiento de 2.08 Kg.m^{-2} , se ubicó en el grupo B, lo que indica que su rendimiento es inferior al de los tratamientos T4 y T3, pero aun significativamente mayor que el del testigo. Por otro lado, el tratamiento T1, con una media de 1.84 Kg.m^{-2} pertenece al grupo BC. Aunque su rendimiento es menor en comparación con los tratamientos de los grupos A y B, sigue siendo significativamente superior al del testigo.

Finalmente, el testigo, con un rendimiento promedio de 1.81 Kg.m^{-2} , mostró el valor más bajo de todos. Esto confirma que la falta de aplicación del biofertilizante conduce a un rendimiento significativamente menor en comparación con los tratamientos evaluados. Todos los tratamientos que incluyeron el biofertilizante de huesos de pescado resultaron en rendimientos de alfalfa significativamente superiores al del testigo. Los tratamientos T4 y T3 fueron los más efectivos, mientras que el testigo registró el menor rendimiento.

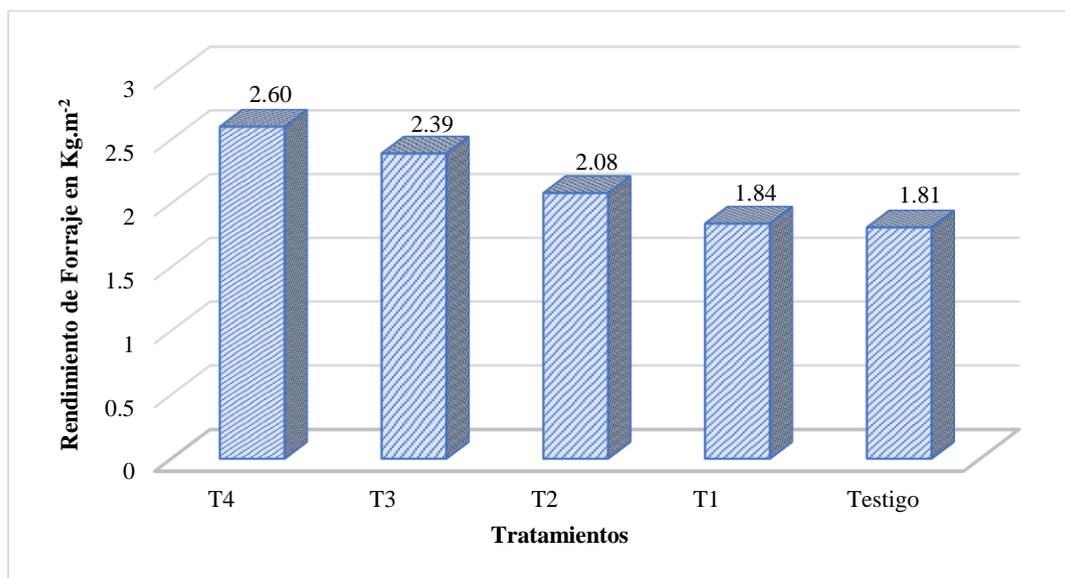
Tabla 6

Prueba de Tukey para el efecto de los tratamientos en el rendimiento de alfalfa (Kg.m^{-2}).

Tratamientos	Rendimiento de Forraje (Kg.m^{-2})	Agrupación
T4	2.60	A
T3	2.39	A
T2	2.08	B
T1	1.84	BC
Testigo	1.81	C

Figura 3

Medias del rendimiento de alfalfa (Kg.m^{-2})



Los resultados para rendimiento de forraje verde en Kg.m^{-2} concuerdan con Azaña (2019), quien alcanzó un rendimiento de 4.33 Kg.m^{-2} usando biol de estiércol de cuy. Aunque los rendimientos en este estudio son más bajos, la tendencia de mejora con biofertilizantes es similar. De manera similar, Díaz (2017) reportó un incremento en el rendimiento de alfalfa con biol, logrando 2.63 Kg.m^{-2} , comparable al resultado del T4 en este estudio.

La mejora en el rendimiento puede explicarse por la presencia de nutrientes y microorganismos beneficiosos en el biofertilizante, tal como lo propone Guanopatin (2012). Estos microorganismos pueden promover la descomposición orgánica y mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo, facilitando su absorción por las plantas. Además, la harina de huesos de pescado utilizada en este estudio es una fuente rica en proteínas, calcio, fósforo y otros minerales que son clave para el crecimiento y desarrollo de las plantas, como lo señalaron Smith et al. (2001) y Cabello et al. (2013). Estos nutrientes no solo mejoran la fertilidad del suelo, sino que también refuerzan los mecanismos de defensa natural de las plantas, optimizando su capacidad de absorción de agua y nutrientes, lo que posiblemente contribuyó al mayor rendimiento observado en los tratamientos con biofertilizante, en especial en el caso del T4, que presentó los resultados más destacados. Este efecto combinado de los nutrientes y los microorganismos podría explicar el notable incremento en la producción en comparación con los tratamientos sin biofertilizante.

4.2. Porcentaje de materia seca

El análisis de varianza (ANOVA) realizado (Tabla 7) para evaluar el porcentaje de materia seca en alfalfa reveló que la variable "bloques" no fue estadísticamente significativa (p -valor = 0.1341), ya que este valor excede el nivel de significancia del 5%. Esto indica que no hubo diferencias significativas en el porcentaje de materia seca de la alfalfa entre los bloques, lo que sugiere que los bloques no influyeron de manera relevante en las variaciones observadas en el rendimiento de materia seca.

Por otro lado, los resultados relacionados con la fuente de variación "tratamientos" fueron altamente significativos (p -valor < 0.0001), lo que demuestra diferencias significativas en el porcentaje de materia seca de la alfalfa entre los tratamientos aplicados. Esto sugiere que los tratamientos tuvieron un impacto considerable en el rendimiento de materia seca, influyendo de manera diferenciada en este aspecto específico de la producción de alfalfa.

El coeficiente de variación (CV) para el porcentaje de materia seca de alfalfa fue del 1.50%, lo que indica una baja variabilidad en la materia seca dentro de cada tratamiento. Este resultado sugiere que el diseño experimental fue adecuado y que los datos obtenidos son fiables.

Tabla 7

Análisis de varianza (ANOVA) para la materia seca (%).

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	0.79	2	0.4	2.61	0.1341
Tratamientos	152.19	4	38.05	249.85	<0.0001
Error	1.22	8	0.15		
Total	154.2	14			

CV = 1.50%

La prueba de Tukey, utilizada para comparar los diferentes tratamientos con el testigo, evidenció diferencias significativas en el porcentaje de materia seca de la alfalfa entre los tratamientos evaluados (ver Tabla 8 y Figura 4). El tratamiento T4 destacó con la materia seca estadísticamente diferente, alcanzando un 30.08 %, y fue clasificado en el grupo A. Este

resultado superó tanto al tratamiento testigo como al resto de los tratamientos en cuanto a materia seca.

El tratamiento T3, con un 28.74 % de materia seca, se ubicó en el grupo B, mientras que el tratamiento T2, con un 25.93 %, fue asignado al grupo C. Aunque estos valores de materia seca son inferiores al del tratamiento T4, siguen siendo significativamente mayores que los del testigo. Por su parte, el tratamiento T1, con un 24.67 % en promedio, quedó en el grupo D. Aunque este porcentaje de materia seca es menor en comparación con los tratamientos de los grupos A, B y C, sigue siendo notablemente superior al del testigo.

Finalmente, el testigo, con un promedio de 21.02 % de materia seca, presentó el valor más bajo entre todos los tratamientos. Esto confirma que la ausencia de biofertilizante conduce a un porcentaje de materia seca significativamente inferior en comparación con los tratamientos evaluados. Todos los tratamientos que incorporaron el biofertilizante de huesos de pescado lograron porcentajes de materia seca de alfalfa considerablemente superiores al del testigo. Los tratamientos T4 y T3 fueron los más efectivos, mientras que el testigo mostró el porcentaje más bajo de materia seca.

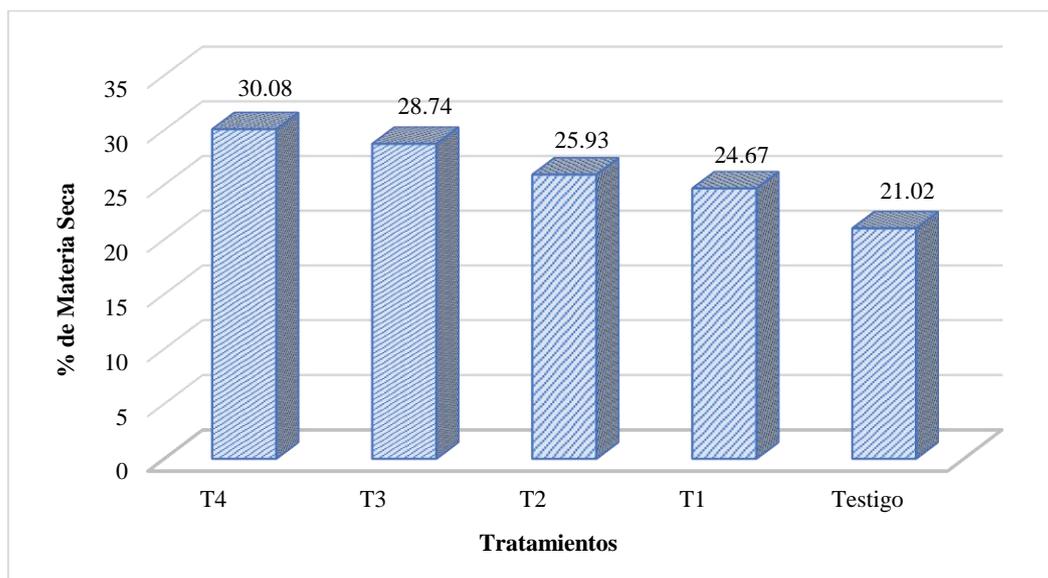
Tabla 8

Prueba de Tukey para el efecto de los tratamientos en la materia seca (%).

Tratamiento	Materia Seca (%)	Agrupación
T4	30.08	A
T3	28.74	B
T2	25.93	C
T1	24.67	D
Testigo	21.02	E

Figura 4

Medias de la materia seca de alfalfa (%).



Los resultados obtenidos para materia seca superan los logrados por Diaz (2017), quien obtuvo un máximo de 23% de materia seca con biol. Esta diferencia podría deberse a la inclusión de harina de pescado en el biofertilizante utilizado en el presente estudio. Veliz (2021) también reportó un rendimiento de 20,580.02 kg/ha/corte de materia seca con biol al 20%. Aunque las unidades varían, la tendencia de mejora con biofertilizantes es consistente con los resultados de este estudio.

El aumento en el porcentaje de materia seca podría explicarse por la mejor nutrición de las plantas debido a los nutrientes aportados por el biofertilizante, como sugieren Delgado y Salas (2014); estos autores señalan que los abonos orgánicos, como los biofertilizantes, contienen nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas; dependiendo del nivel aplicado, estos abonos originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, la actividad biológica benéfica, y mejoran el estado fitosanitario de las plantas.

Restrepo (2001) refuerza esta idea al explicar que los biofertilizantes aportan ingredientes vivos (microorganismos) que son responsables de digerir, metabolizar y colocar en forma disponible para las plantas y el suelo todos los elementos nutritivos; este autor destaca que los componentes como el estiércol, la melaza y el suero de leche en los biofertilizantes proporcionan una variedad de nutrientes y energía necesaria para activar el metabolismo

microbiológico, lo que resulta en una mejor absorción de nutrientes por parte de las plantas. Estos procesos mejorados de nutrición y absorción podrían conducir a un aumento en la síntesis y acumulación de materia seca en las plantas tratadas con biofertilizantes, explicando así los mayores porcentajes observados en comparación con plantas no tratadas.

4.3. Altura de mata

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar la altura de la mata en alfalfa (Tabla 7) mostró que la variable "bloques" no fue estadísticamente significativa, con un p-valor de 0.3037, superior al nivel de significancia del 5%. Esto indica que no hubo diferencias significativas en la altura de la mata entre los bloques, lo que sugiere que estos no tuvieron un efecto relevante en las variaciones observadas en esta variable.

Por otro lado, los resultados para la fuente de variación "tratamientos" fueron altamente significativos (p-valor < 0.0001), lo que evidencia diferencias marcadas en la altura de la mata de la alfalfa entre los tratamientos aplicados. Esto indica que los tratamientos influyeron de manera considerable en la altura de la mata, afectando de manera diferenciada este aspecto particular de la producción de alfalfa.

El coeficiente de variación (CV) para la altura de la mata de alfalfa fue del 4.25%, lo que refleja una baja variabilidad en la altura dentro de cada tratamiento. Este resultado indica que el diseño experimental fue apropiado y que los datos obtenidos son consistentes y confiables.

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) para altura de mata (cm).

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	0.79	2	0.39	1.39	0.3037
Tratamientos	362.65	4	90.66	319.15	<0.0001
Error	2.27	8	0.28		
Total	365.71	14			

CV = 4. 25%

La prueba de Tukey, utilizada para comparar los diferentes tratamientos con el testigo, evidenció diferencias significativas en la altura de mata de alfalfa entre los tratamientos evaluados (ver Tabla 10 y Figura 5). El tratamiento T4 destacó con una altura de mata estadísticamente diferente, alcanzando un 78.10 centímetros, y fue clasificado en el grupo A. Este resultado superó tanto al tratamiento testigo como al resto de los tratamientos en cuanto a altura de mata.

El tratamiento T3, con una altura promedio de mata de 78.10 centímetros, se ubicó en el grupo B, mientras que el tratamiento T2, con una altura de 74.36 centímetros, fue clasificado en el grupo C. Aunque estos valores son inferiores al del tratamiento T4, siguen siendo significativamente mayores que los obtenidos por el testigo. Por su parte, el tratamiento T1, con una altura promedio de 67.60 centímetros, quedó en el grupo D. Aunque esta altura es menor en comparación con los tratamientos de los grupos A, B y C, continúa siendo considerablemente superior a la del testigo.

Finalmente, el testigo, con un promedio de 64.10 centímetros en altura de mata, presentó el valor más bajo entre todos los tratamientos. Esto confirma que la falta de biofertilizante resulta en una altura de mata significativamente menor en comparación con los tratamientos evaluados. Todos los tratamientos que incluyeron biofertilizante de huesos de pescado lograron alturas de mata de alfalfa considerablemente superiores a las del testigo. Los tratamientos T4 y T3 fueron los más efectivos, mientras que el testigo registró la menor altura.

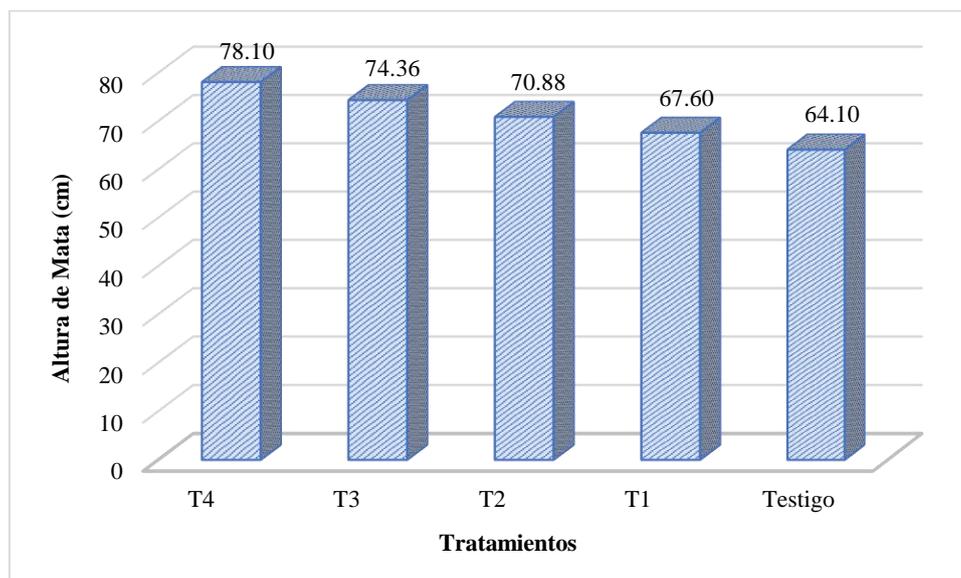
Tabla 10

Prueba de Tukey para el efecto de los tratamientos en la altura de mata (cm).

Tratamiento	Altura de Mata (cm)	Agrupación
T4	78.10	A
T3	74.36	B
T2	70.88	C
T1	67.60	D
Testigo	64.10	E

Figura 5

Medias de la altura de mata de alfalfa (cm).



Los resultados conseguidos para altura de mata de alfalfa son similares a los de Díaz (2017), quien reportó una altura máxima de 90 cm con biol, aunque la diferencia podría deberse a variaciones en la composición del biofertilizante o en las condiciones ambientales. Por su parte, Veliz (2021) obtuvo una altura de planta de 83.19 cm con biol al 20%, lo que es comparable con los resultados observados en este estudio.

El aumento en la altura de las plantas puede atribuirse a la mejor nutrición ya la presencia de fitohormonas en el biofertilizante, como sugiere Basaure (2006). Este autor refiere que los abonos orgánicos líquidos, como los biofertilizantes, contienen principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas) que, aplicados vía foliar a los cultivos, estimulan el crecimiento y mejoran la calidad de los productos.

La harina de pescado utilizada en este estudio probablemente aportó nutrientes adicionales que contribuyeron al crecimiento de las plantas. Como señalan Smith et al. (2001), la harina de pescado es una fuente de alto contenido en proteínas (60-75%), lo que la convierte en un ingrediente valioso para la elaboración de abonos orgánicos. Además, según Cabello et al. (2013), la harina de pescado elaborada con base en anchoa/sardina del Perú contiene un 66,00% de proteína, lo que podría haber enriquecido significativamente el biofertilizante utilizado.

Esta mejora en la nutrición se alinea con lo expuesto por Delgado y Salas (2014), quienes indican que los abonos orgánicos, al aportar diversos elementos nutritivos, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo y en la actividad biológica benéfica. Esto, a su vez, mejora el estado fitosanitario de las plantas y aumenta su capacidad de retención de humedad, factores que pueden contribuir a un mayor crecimiento en altura.

Restrepo (2001) refuerza esta idea al explicar que los biofertilizantes aportan microorganismos vivos que metabolizan y hacen disponibles los elementos nutritivos para las plantas. Este proceso mejorado de nutrición, combinado con la acción de las fitohormonas mencionadas por Basaure (2006), podría explicar el aumento significativo en la altura de las plantas tratadas con el biofertilizante enriquecido con harina de pescado.

4.4. Número de brotes maduros

El análisis de varianza (ANOVA) realizado (Tabla 5) para examinar el número de brotes maduros de alfalfa reveló que la variable "bloques" no mostró significancia estadística (p -valor = 0.4117), ya que este valor es superior al nivel de significancia del 5 %. Esto indica que no hubo diferencias significativas en el número de brotes maduros de alfalfa entre los bloques, lo que sugiere que los bloques no influyeron de manera importante en las variaciones observadas en el número de brotes maduros de la alfalfa.

En cambio, los resultados relacionados con la fuente de variación "tratamientos" mostraron una alta significancia (p -valor < 0.0001), lo que evidencia diferencias significativas en el número de brotes maduros de alfalfa entre los distintos tratamientos aplicados. Esto sugiere que los tratamientos ejercieron un efecto notable en el número de brotes maduros, influyendo de manera diferenciada en este aspecto específico del desarrollo del cultivo.

El coeficiente de variación (CV) para el número de brotes maduros de alfalfa fue de 4.56 %, lo que indica una baja variabilidad en el número de brotes maduros dentro de cada tratamiento. Este hallazgo sugiere que el diseño experimental fue adecuado y que los datos obtenidos son consistentes y fiables.

Tabla 11*Análisis de varianza (ANOVA) para número de brotes maduros.*

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	0.91	2	0.46	0.99	0.4117
Tratamientos	81.02	4.00	20.25	44.06	<0.0001
Error	3.68	8.00	0.46		
Total	85.61	14.00			

CV = 4.56

La prueba de Tukey, empleada para comparar los diferentes tratamientos con el testigo, mostró diferencias significativas en el número de brotes maduros por mata de alfalfa entre los tratamientos evaluados (ver Tabla 12 y Figura 6). El tratamiento T4 sobresalió al alcanzar 18.35 brotes maduros por mata, siendo estadísticamente distinto y ubicado en el grupo A. Este resultado superó tanto al tratamiento testigo como al resto de los tratamientos en cuanto al número de brotes maduros por mata de alfalfa.

El tratamiento T3, con un promedio de 16.36 tallos maduros por planta de alfalfa, se posicionó en el grupo B, mientras que el tratamiento T2, con 14.85 tallos maduros por planta, fue asignado al grupo C. Aunque estos valores son menores que los del tratamiento T4, siguen siendo significativamente superiores al del testigo. En cuanto al tratamiento T1, con un promedio de 12.63 tallos maduros por planta, fue clasificado en el grupo C, siendo inferior en comparación con los tratamientos de los grupos A y B, pero estadísticamente similar al testigo.

Por último, el tratamiento testigo, con un promedio de 12.10 tallos maduros por planta, presentó el valor más bajo entre todos los tratamientos. Esto confirma que la ausencia de biofertilizante resulta en un número significativamente menor de tallos maduros por planta en comparación con los tratamientos evaluados. Todos los tratamientos que incluyeron el biofertilizante de huesos de pescado lograron un número de tallos por planta de alfalfa notablemente superior al del testigo, destacando los tratamientos T4 y T3 como los más efectivos, mientras que el testigo mostró el valor más bajo.

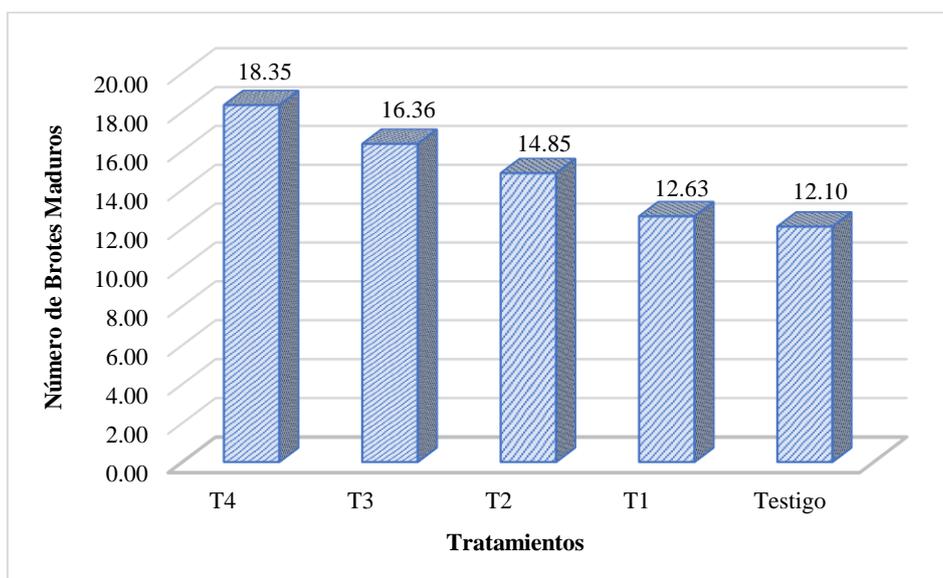
Tabla 12

Prueba de Tukey para el efecto de los tratamientos en número de brotes maduros por mata.

Tratamientos	Número de brotes maduros	Agrupación
T4	18.35	A
T3	16.36	B
T2	14.85	B
T1	12.63	C
Testigo	12.10	C

Figura 6

Medias de numero de brotes maduros por mata de alfalfa.



Los resultados encontrados para número de brotes maduros por mata de alfalfa son más bajos a los que reporto Veliz (2021) que fueron 25.47 brotes por corona con su mejor tratamiento de biol al 20%, lo cual es superior a los resultados obtenidos en este estudio. Esta diferencia podría deberse a variaciones en la composición del biofertilizante o en las condiciones de cultivo.

El aumento en el número de brotes maduros puede atribuirse a la mejor nutrición de las plantas y a la presencia de fitohormonas en el biofertilizante, como sugieren Basaure (2006) y Restrepo (2001). La harina de pescado utilizada en este estudio probablemente aportó nutrientes adicionales que favorecieron el desarrollo de brotes.

En general, los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con los antecedentes revisados, mostrando una mejora significativa en el rendimiento y desarrollo de la alfalfa con la aplicación de biofertilizantes. La inclusión de harina de pescado en la formulación del biofertilizante parece haber tenido un efecto positivo adicional, posiblemente debido a su alto contenido de proteínas y minerales, como señalan Smith et al. (2001) y Cabello et al. (2013).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El efecto del biofertilizante de harina de huesos de pescado en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la campiña de Cajamarca. Se determinó a través de los siguientes resultados, el tratamiento 4 (200 ml biofertilizante /10L agua), fue el más eficiente en todas las mediciones. En el rendimiento de forraje verde, alcanzó 2,60 Kg.m⁻², seguido del tratamiento 3 con 2,39 Kg.m⁻². Para la materia seca, el tratamiento 4 obtuvo un 30.08%, superando al tratamiento 3 con un 28.74%. En cuanto a la altura de las plantas, el tratamiento 4 registró 77.65 cm, mientras que el tratamiento 3 alcanzó 74.58 cm. Finalmente, en el número de brotes, el tratamiento 4 tuvo 18.35 unidades, seguido del tratamiento 3 con 16.36 unidades.

La mejor dosis de biofertilizante de harina de huesos de pescado para aumentar la producción de alfalfa en la campiña de Cajamarca fue el tratamiento T4, que utilizó 2000 ml por 10 litro de agua. Este tratamiento logró un rendimiento de 2,60 Kg.m⁻² en forraje verde, 30,08% de materia seca, una altura de planta de 78.1 cm y 18.35 brotes por mata.

Los resultados muestran que los tratamientos con biofertilizante superaron significativamente al testigo sin aplicación, mejorando el rendimiento, la materia seca, la altura y el número de brotes de la alfalfa. El tratamiento T4 fue el más efectivo, con un rendimiento de 2,60 Kg.m⁻², un 43% más que el testigo, y una altura un 20% mayor. Además, el porcentaje de materia seca en el T4 alcanzó el 30,08% con un 9.06 % más, y el número de brotes aumentó en un 51%, con un promedio de 18,35 brotes por planta.

5.2. RECOMENDACIONES

Realizar el análisis detallado de los componentes químicos y biológicos del biofertilizante y su interacción con el suelo y la planta.

Evaluación del impacto a largo plazo del biofertilizante en la salud del suelo y la sostenibilidad agrícola.

Estudio de la transferibilidad de los resultados a otras regiones y condiciones de suelo para determinar si la dosis óptima de biofertilizante y los beneficios observados en este estudio son aplicables en diferentes contextos agrícolas.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronovida. (2010). Comparación del efecto de 2 biofertilizantes líquidos a base de estiércol caprino y vacuno sobre parámetros de crecimiento de algarrobo (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) en fase de vivero. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/509/1/998.pdf>
- Azaña, V. Y. (2019). *Efecto de tres tipos de abono foliar biol en el rendimiento del cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.) en Tingua, distrito de Mancos, Yungay - Ancash 2019*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Santiago Antunes de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3499>
- Barone, D. (2010). *Los Fertilizantes Foliares. Grupo Campo Beltramino*. <http://www.barone.com>.
- Becerra, C. M. (2003). *Productividad de cuatro cultivares y tres líneas de alfalfa (Medicago sativa L.) en un andisol de la región de la Araucanía (en línea)*. [Tesis de Grado, Universidad de la Frontera]. https://praderasypasturas.com/rolando/02.-Tesis/01.-Alfalfa/02.-Christian_Marcelo_Becerra_Pea.pdf
- Cabello, A., García, A., Figuera, B., Higuera, Y., & Vallenilla, O. (2013). Calidad físico-química de la harina de pescado venezolana. *Saber*, 25(4), 414-422. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622013000400009&lng=es&tlng=es
- Carrera, E. (2011). *Biofertilizante anaeróbico a base de estiércol caprino: una fuente de fertilización económica para las zonas rurales del Municipio de Tehuacán, Puebla*. [Tesis de Grado, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. <https://oai.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/4627/T18725%20CARRERA%20PA%20CHECO%20%20ELIAZAR%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). (2018). *Fertilizantes y biofertilizantes descarga gratis*. Disponible: <https://www.tipsytemasagronicos.com/fertilizantes-y-biofertilizantes-descarga-gratis/>

Delgado, R. y Salas, A. M. (2014). Consideraciones para el desarrollo de un sistema integral de evaluación y manejo de la fertilidad del suelo y aplicación de fertilizantes para una agricultura sustentable en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 2006, vol. 56, pp. 289-323. ISSN 0002-192X. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007

Díaz, S. L. (2017). *Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (Medicago sativa V. vicius) en Cajamarca*. [Tesis de Grado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca – Perú]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/215/Tesis%20Final.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Durand, V. P. (2018). *Producción de biol utilizando mezcla de heces vacunos y cuy, para mejorar la producción de alfalfa (Medicago sativa) Pariacoto, 2018*. [Tesis de Grado, Universidad Cesar Vallejo, Lima – Perú]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28019/DURANT_VP.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernández, V., Sotiropoulos, T. y Brown, P. (2015). *Fertilización Foliar: Principios Científicos y Práctica de Campo*. Paris, Francia: Copyright. Disponible en: https://www.guiaverde.com/files/company/03032016122136_libro_2015_foliar_fertiliz_ers_spanish_def.pdf

Fundación MCCH (Maquita Cushunchic Comercializando como Hermanos). *Fertilización orgánica*. (En línea) consultado el: 23 de enero de 2017. Disponible en: file:///C:/Users/Downloads/29_Fertilizacion_organica_01.pdf

García, C. V. (2013). *Comportamiento agronómico del cultivo de la alfalfa (Medicago sativa L.) a la aplicación de tres tipos de abonadura orgánica en el cantón Pimampiro*

- provincia de Imbabura*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/500>
- Guanopatin, M. R. (2012). *Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (Medicago sativa L.)*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato].
http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/969/1/Tesis_009agr.pdf
- Guevara, G. A. (2011). *Evaluación de tres abonos líquidos foliares enriquecido con microelementos en la producción forrajera de una mezcla de Medicago sativa y Arrhenatheum elatius*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1011/1/17T01050.pdf>
- Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA). (2005). *Producción de Biol abono líquido natural y ecológico*. Consultado el 23 de marzo de 2019. Disponible en:
<http://www.quinoa.life.ku.dk/~media/Quinoa/docs/pdf/Outreach>
- Japón, L. S. (2012). *Respuesta a la fertilización química, orgánica y química-orgánica en praderas de alfalfa (Medicago sativa L.), en la comunidad de Cochapamba de la parroquia tenta del cantón Saraguro de la provincia de Loja*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5410>
- Laurin, M. (2006). *El papel de la agricultura ecológica en la disminución del uso de fertilizantes y productos fitosanitarios químicos*. Informe 2006. Zaragoza, España. 11 p. Disponible en:
<http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/215/Tesis%20Final.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Macias, J. J. (2023). *Eficiencia de la nutrición foliar en el cultivo de Banano (Musa paradisiaca) en el Ecuador*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].
<http://190.15.129.146/handle/49000/14811>
- Mamani, R. E. (2016). *Efecto de la frecuencia y altura de corte en la producción de alfalfa (Medicago sativa L.) en dos tipos de suelo*. [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano].
<http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/3966>

- Murillo, L. T. (2021). *Efecto de la aplicación de una enmienda a base de óxidos y silicatos sobre variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) en la empresa Agroinsumos Manantial, ubicada en Granada, Meta*. [Tesis de Grado, Universidad de Pamplona].
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/3062>
- Ortiz, D. M. (2023). *Elaboración y caracterización de un biol enriquecido, a base de estiércol ovino de pelo en biodigestores de tipo tradicional en Pastaza*. [Tesis de Maestría, Universidad Estatal Amazónica]. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/995>
- Peñaherrera, D., Paucar, B., Narváez, G., Torres, C., Villavicencio, A., Panchi, N., Enríquez, A., Escobar, J. (2021). *Insumos agroecológicos: estrategia de resiliencia al cambio climático en la Agricultura Familiar Campesina (AFC)*. Guía de Aprendizaje Nro. 14. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); Centro KOPIA- Ecuador; CIP; IICA; INIAP Quito, Ecuador.
<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/e18b6245-6c88-40d7-b09b-ad4be653c783/content>
- Promer. (2002). *El biol*. Consultado 17-abril-2010. Disponible en: www.promer.cl/agronegocios/biblioteca
- Quispe, B. A. (2009). *Efecto de tres fertilizantes foliares en el rendimiento de alfalfa (Medicago sativa L.) ecotipo San Pedro, en el ámbito de la Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://cip-trujillo.org/ovcipcddl/uploads/biblioteca/abstract/T002953.pdf>
- Rendón, A. R. (2013). *Elaboración de abono orgánico tipo biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6642>
- Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos, fermentados y biofertilizantes foliares*. IICA - Costa Rica. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6568>

- Rodríguez, R. (2011). *Fisiología vegetal*. Consultado 20-diciembre-2011. Disponible en: <http://www.slideshare.net/fmedin1/fisiologiavegetal-5web>
- Salvador, D. (2022). *Respuesta de algunas variables morfológicas al fertirriego y fertilización complementaria con fuentes orgánicas en Chile XCAT'IK (Capsicum anuum L.) producido con tecnología sustentable*. [Tesis de Grado, Instituto Tecnológico de la Zona Maya]. <http://51.143.95.221/handle/TecNM/6876>
- Smith, D. M & Allan, G. L & Williams, K. C. & Barlow, C. G. (2001). Reemplazos para la harina de pescado. *Vol. 6, No. 2*.
- Sociedad Nacional de Pesquería [SNP]. (2022). *Harina de pescado: Perú lidera su producción mundial*. <https://www.snp.org.pe/industria-pesquera/harina-de-pescado/>
- Tafolla, J. C., González, A., Tiznado, M. E., García, L. Z. y Báez, R. (2013). Composición, fisiología y biosíntesis de la cutícula en plantas. *Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36 (1): 3 – 12*. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/36-1/1a.pdf>
- Timana, N. R. (2015). *Efectos de la fertilización química-orgánica en el rendimiento de dos variedades de Alfalfa (Medicago sativa L.), en la Comunidad de Calpaqui, provincia de Imbabura*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/738/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000142.pdf>
- Tingal, J. (2015). *Evaluación de leguminosas en la región de Cajamarca –Baños del Inca*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/984>
- Toapanta, L. N. (2023). *Evaluación de un abono líquido en tres dosificaciones en el comportamiento productivo de remolacha (Beta vulgaris L.) en el Campus CEASA-UTC 2023*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/e61f8cc6-f5c5-4447-bcb1-5e3e6cd66f41>

- Torrez, M. (2010). *Influencia del estiércol de ovino en el rendimiento de materia seca en cuatro variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) Quipaquipani, Viacha*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5205/T1431.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vásquez, J. (2021). *Efecto de cuatro fertilizantes foliares en cultivo establecido de alfalfa (Medicago sativa L.), en el valle de Cajamarca-2019*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/4309>
- Veliz, J. C. (2021). *Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento del cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.) variedad Maopa en el fundo la Victoria - UNC*. [Tesis de Grado Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4238>

ANEXOS

Tabla 13

Datos del rendimiento de forraje verde de alfalfa en Kg.m⁻².

Bloque	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	Testigo
B1	1.98	2.08	2.42	2.67	1.77
B2	1.81	2.04	2.37	2.60	1.71
B3	1.73	2.13	2.38	2.54	1.95
Promedio	1.84	2.08	2.39	2.60	1.81

Tabla 14

Datos del porcentaje de materia seca.

Bloque	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	Testigo
B1	24.74	25.87	28.60	30.42	21.68
B2	24.48	26.16	28.40	29.51	20.27
B3	24.80	25.77	29.23	30.31	21.10
Promedio	24.67	25.94	28.74	30.08	21.02

Tabla 15

Datos de altura de mata de alfalfa en cm.

Bloque	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	Testigo
B1	68.00	70.80	75.30	77.85	64.15
B2	67.55	71.20	74.03	78.95	63.85
B3	67.25	70.65	73.75	77.50	64.30
Promedio	67.60	70.88	74.36	78.10	64.10

Tabla 16*Datos de numero de brotes maduros de matas de alfalfa.*

Bloque	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	Testigo
B1	13.00	14.80	17.30	17.85	12.15
B2	12.55	15.10	16.03	19.70	11.85
B3	12.35	14.65	15.75	17.50	12.30
Promedio	12.63	14.85	16.36	18.35	12.10

Figura 7

Resultados del análisis del biofertilizante utilizado en la investigación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : ANA IRIS SÁNCHEZ VARGAS

PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ CAJAMARCA/ CAJAMARCA

MUESTRA DE : BIOL

REFERENCIA : H.R. 78085

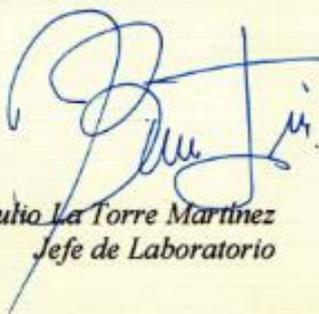
BOLETA : 3688

FECHA : 04/08/22

N° LAB	CLAVES	pH	C.E Ss/m	Sólidos Totales g/L	M.O en solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
1204	-	7.8	12.9	12.18	9.89	1195.55	4750.45	4574.85

N° LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
1204	-	1050.82	452.59	1468.92

N° LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
1204	-	37.70	0.9	1.09	1.85	0.55



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio



Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo Directo: 349-5622
 Celular: 946-505-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Figura 8

Resultados del análisis de suelo del campo experimental.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : ANA IRIS SÁNCHEZ VARGAS

Departamento : CAJAMARCA

Distrito :

Referencia : H.R. 73124-105C-20

Bolt: 4316

Provincia :

Predio :

Fecha : 04/08/2022

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
8312		7.04	1.04	3.43	6.07	232.9	407	53	21	26	Fr.Ar.A.	23.04	18.49	3.60	0.76	0.18	0.00	23.04	23.04	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N %
Lab.	Claves	
8312		0.50



B. La Torre Martínez
Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

Figura 9

Preparación del Biofertilizante.



Figura 10

Pesado e incorporación de harina de pescado.



Figura 11

Filtrado de biofertilizante y dosificación.



Figura 12

Distribución Tratamientos en estudio en la unidad experimental.



Figura 13

Aplicación del biofertilizante por tratamientos.



Figura 14

Medición de altura mata de alfalfa.



Figura 15

Conteo de numero de brotes por mata.



Figura 16

Rendimiento de forraje verde por m².



Figura 17

Muestra para determinar materia seca.



Figura 18

Muestras de cada tratamiento para determinar materia seca.



Figura 19

Muestras en estufa para determinar materia seca.

